

발간 등록 번호

11-1613000-100053-01

Guidelines for the Design and Management
of Road Drainage

도로 배수시설 설계 및 관리지침

2025. 2



국토교통부

Ministry of Land,
Infrastructure and Transport

지침 개정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간 시점부터 적용하며, 이미 시행 중인 설계 용역
이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하면
적용할 수 있습니다.

머 리 말

도로는 사회적, 경제적으로 중요한 역할을 수행하고 있습니다. 최근 빈발하는 집중호우에 의한 도로의 침수 또는 비탈면 유실은 인적 피해와 경제적 피해를 유발시키고 있으며, 특히 도시부 도로의 지하차도 침수는 도시의 기능을 정지시킴으로서 심각한 사회문제를 발생시키기도 합니다.

따라서 우리 부는 최근 집중호우로 인한 도시부 도로의 배수불량, 지하차도 침수로 인한 피해를 최소화하기 위하여 지역의 특성을 반영하여 효율적인 도로 배수시설을 설계할 수 있도록 하는 “도로 배수시설 설계 및 관리 지침”을 개정하게 되었습니다.

이 지침에서는 최근의 집중호우 특성과 설계빈도를 강화하여 배수시설 용량을 확보하도록 하였고, 도로 노면배수의 효율을 높이기 위한 방안으로 도로 측면 부지 전체를 이용하여 배수토록 하는 선배수 설계와 배수계통 설계 개념을 도입하여 기존 하수도시설과 효율적으로 연계 처리할 수 있도록 하였습니다.

특히, 집중호우에 의한 도시부 지하차도 침수를 방지하기 위해 설계빈도를 상향 조정하였으며 도로 배수시설 관리를 강화하여 도시지역의 수해 예방을 도모하는 방안도 마련하였습니다.

앞으로도 개정이 필요한 부분은 지속적으로 보완할 예정이오니 적용하시는 실무 기술자들의 지속적인 관심과 조언을 부탁드립니다. 마지막으로 본 지침을 마련하는데 참여하신 한국건설기술연구원 연구진, 자문위원 그리고 국토교통부 관계공무원 여러분의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

2025년 2월

국토교통부 도로국장 이 우 제 

<목 차>

I. 총 칙

제 1 장 목 적	I -1
제 2 장 적용범위	I -2
제 3 장 용어정의	I -4

II. 지방지역 도로배수시설

제 1 장 개요	II -1
제 2 장 배수시설의 계획	II -2
2.1 일반사항	II -2
2.2 배수시설의 구성	II -3
2.3 배수시설의 계획	II -5
2.3.1 배수시설의 기본계획	II -5
2.3.2 배수시설의 계통계획	II -7
2.4 배수시설의 설계조건	II -10
제 3 장 도로 배수 조사	II -12
3.1 일반사항	II -12

3.2 조사	II-15
3.2.1 기상조사	II-16
3.2.2 지형 및 지표 조사	II-16
3.2.3 토질과 지하수 조사	II-17
3.2.4 수계조사	II-18
3.2.5 토지이용 및 시설물 조사	II-19
3.2.6 지표수 조사	II-20
3.2.7 침투수 조사	II-20
3.3 수문 조사	II-21
3.3.1 수문자료 조사	II-21
3.3.2 유역 조사	II-22
3.3.3 하천 조사	II-23
3.3.4 범람원 조사	II-24
 제 4 장 도로 배수의 수문설계	 II-25
4.1 일반사항	II-25
4.2 설계빈도의 결정	II-25
4.3 설계홍수량	II-27
4.3.1 설계홍수량 산정	II-27
4.3.2 강우강도	II-28
4.3.3 유출계수	II-29
4.3.4 도달시간	II-32
4.4 개수로	II-34

4.4.1 개수로 흐름 상태	II -34
4.4.2 유량과 유속	II -37
4.4.3 경제적인 수로 단면	II -39
 제 5 장 노면 배수	 II -40
5.1 일반사항	II -40
5.2 노면 배수의 수리해석	II -43
5.3 도로의 경사	II -46
5.4 측구	II -47
5.4.1 측구의 수리해석	II -47
5.4.2 측구의 설계빈도	II -50
5.4.3 측구의 종류	II -51
5.5 집수정	II -55
5.6 쌓기 구간의 길어깨 배수	II -60
5.6.1 다이크	II -60
5.6.2 쌓기부 배수구	II -61
5.6.3 쌓기부 종배수구 간격 결정	II -62
5.7 깎기 구간의 길어깨 배수	II -63
5.7.1 깎기부 집수정 설치위치 결정	II -63
5.7.2 깎기부 집수정	II -65
5.7.3 집수정 간격	II -66
5.7.4 깎기부 배수구	II -67
5.7.5 종배수관 및 횡배수관	II -68

5.8 중앙분리대의 배수	II-68
5.8.1 중앙분리대의 집수정 간격	II-69
5.8.2 종배수관 및 횡배수관	II-71
5.9 선배수시설의 설계	II-72
5.10 도로 인접부의 배수	II-74
5.11 배수구조물 접합부 처리	II-75
5.12 기타 도로 배수시설	II-76
5.12.1 월류도로	II-76
5.12.2 자전거 도로의 배수	II-77
제 6 장 지하 배수	II-79
6.1 일반사항	II-79
6.2 지하 배수의 수리	II-80
6.2.1 지하 배수시설의 조사	II-80
6.2.2 지하 배수의 수리해석	II-82
6.3 지하 배수시설의 종류	II-86
6.3.1 종방향 배수시설	II-86
6.3.2 횡방향 및 수평 배수시설	II-87
6.3.3 배수층	II-88
6.4 지하 배수의 수리해석	II-88
6.4.1 지하 배수구의 기능	II-88
6.4.2 지하 배수구의 깊이	II-89
6.4.3 지하 배수구의 구조	II-90
6.4.4 길어깨의 지하 배수구	II-94

6.4.5	횡단 지하 배수구	II-96
6.4.6	차단배수층	II-97
6.4.7	토목섬유를 사용한 포장배수	II-98
6.4.8	중앙분리대 지하 배수시설	II-99
6.5	지하 배수 기타 사항	II-101
6.5.1	필터 재료의 선정	II-101
6.5.2	배수구 굴착	II-103
6.5.3	집수관의 매설	II-103
6.5.4	지하 배수구조물 접합부 처리	II-104
제 7 장	비탈면 배수	II-106
7.1	일반사항	II-106
7.2	비탈면 배수계획	II-108
7.2.1	깎기 비탈면의 배수계획	II-109
7.2.2	쌓기 비탈면의 배수계획	II-110
7.3	비탈면에 미치는 물의 작용	II-111
7.3.1	비탈면 배수와 비탈면의 안정	II-111
7.3.2	비탈면을 유하하는 우수에 의한 침식	II-111
7.3.3	비탈면 용출수	II-112
7.4	비탈면 배수시설의 설계	II-113
7.4.1	비탈어깨 배수시설 및 산마루 배수구	II-113
7.4.2	배수구	II-116
7.4.3	소단 배수시설	II-118

7.4.4 비탈끝 배수시설	II-119
7.4.5 비탈면에서 용출수 등의 처리	II-119
 제 8 장 횡단 배수	II-123
8.1 일반사항	II-123
8.2 도로암거의 수리	II-125
8.2.1 도로암거의 흐름 분류	II-125
8.2.2 도로 암거의 흐름 형상	II-126
8.2.3 도로 암거의 수리특성	II-136
8.3 도로 암거의 수리설계	II-138
8.3.1 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법	II-139
8.3.2 도식에 의한 방법	II-141
8.3.3 토사퇴적을 고려한 수리계산	II-148
8.4 도로암거의 설계 고려사항	II-164
 제 9 장 구조물 배수	II-166
9.1 일반사항	II-166
9.2 교량·고가구조의 배수	II-166
9.2.1 배수시설의 종류	II-166
9.2.2 배수 홈통	II-167
9.2.3 배수관	II-169
9.3 터널 배수	II-172
9.3.1 배수 형식	II-172

9.3.2 배수형 터널의 적용조건 및 고려사항	II-174
9.3.3 배수형 터널의 세부사항	II-175
9.3.4 터널 배수의 종류	II-176
9.3.5 터널의 배수시스템	II-177
9.3.6 배수용량 산정	II-179
9.4 옹벽 배수	II-180
 제 10 장 토석류 대책시설	II-184
10.1 일반사항	II-184
10.2 토석류 대책시설의 계획	II-185
10.2.1 토석류 대책시설의 설치 계획	II-185
10.2.2 토석류 흐름제어 방법	II-188
10.2.3 토석류 대책시설의 종류	II-189
10.3 토석류 조사 및 설계	II-189
10.3.1 조사	II-189
10.3.2 토석류 대책시설 설계	II-192
 제 11 장 도로 배수시설의 관리	II-194
11.1 일반사항	II-194
11.2 도로 배수시설의 관리계획	II-194
11.2.1 계획	II-194
11.2.2 관리절차	II-196
11.2.3 점검	II-197

11.3 도로 배수시설물별 관리 및 점검	II-199
11.3.1 노면 배수시설	II-199
11.3.2 지하 배수시설	II-200
11.3.3 비탈면 배수시설	II-202
11.3.4 횡단 배수시설	II-204
11.3.5 구조물 배수시설	II-205
11.3.6 토석류 대책시설	II-207

III. 도시지역 도로배수시설

제 1 장 개 요	III-1
제 2 장 배수 계획 및 조사	III-2
2.1 일반사항	III-2
2.2 도시부 도로 배수 계획	III-3
2.3 도시부 도로 배수 조사	III-6
2.4 도시부 도로 배수시설의 구성	III-7
2.5 도시부 도로 배수계통 계획	III-11
2.6 도시부 도로 배수시설의 하수도시설과의 연계처리	III-13
제 3 장 도로 배수의 수문 설계	III-14
3.1 일반사항	III-14
3.2 설계빈도의 결정	III-14

3.3 설계홍수량	III-16
3.3.1 유출계수	III-18
3.3.2 도달시간의 산정	III-19
3.3.3 인접지역 배수의 유역 산정	III-20
3.3.4 유속 및 유량	III-20
3.3.5 관수로	III-21
 제 4 장 노면 배수	 III-22
4.1 일반사항	III-22
4.2 측구	III-23
4.3 선배수 시설의 설계	III-25
4.4 집수정 및 우수받이	III-27
4.5 중앙분리대 배수	III-31
 제 5 장 종·횡단 배수	 III-32
5.1 일반사항	III-32
5.2 관거 수리설계	III-34
5.2.1 관거내 흐름의 분류	III-34
5.2.2 관거 내 흐름의 수리특성	III-35
5.2.3 도로 관거의 수리설계	III-37
5.2.4 도로 관거의 수리설계 고려사항	III-38
5.3 배수관거	III-39
5.3.1 단면 및 최소관경	III-39

5.3.2 도로 배수관거의 유속과 경사	III-40
5.3.3 도로 배수관거의 매설위치 및 깊이	III-40
5.3.4 도로 배수관거의 접합	III-41
5.3.5 우수배수 맨홀	III-44
 제 6 장 도시부 지하차도 배수	III-46
6.1 일반사항	III-46
6.2 지하차도 배수시설 설계	III-46
6.2.1 집수유역 면적 산정	III-46
6.2.2 우수 유입량 산정	III-47
6.2.3 배수측구 단면	III-48
6.2.4 횡단 배수관	III-48
6.2.5 집수정	III-49
6.3 펌프시설	III-50
 제 7 장 비탈면 배수 및 토석류 대책시설	III-51
7.1 일반사항	III-51
7.2 비탈면 배수시설	III-53
7.2.1 비탈어깨 배수시설	III-53
7.2.2 배수구	III-55
7.2.3 소단 배수시설	III-57
7.2.4 비탈끝 배수시설	III-58

제 8 장 도로저류시설	III-59
8.1 일반사항	III-59
8.2 도로저류시설의 계획 및 조사	III-60
8.2.1 도로저류시설의 계획	III-60
8.2.2 도로저류시설 조사	III-61
8.3 도로저류시설의 설계	III-62
8.3.1 도로저류시설의 설계빈도 및 홍수량 산정	III-62
8.3.2 도로저류시설의 배수능력 결정	III-64
8.3.3 도로저류시설 종류	III-64
8.3.4 도로침투시설	III-66
 제 9 장 도시부 도로배수 관리	III-69
9.1 일반사항	III-69
9.2 도시부 도로 배수시설의 관리 계획	III-72
9.3 도시부 도로 배수시설 관리	III-73
9.3.1 노면 배수시설	III-73
9.3.2 횡단 배수시설	III-73
9.3.3 지하 배수시설	III-74
9.3.4 비탈면 배수시설	III-74
9.3.5 토석류 대책시설	III-75
9.3.6 도로저류시설	III-76
9.3.7 지하차도 배수시설	III-76

<그 림 목 차>

II. 지방지역 도로배수시설

<그림 1.1.1> 지방지역의 도로 배치 개념도	II-1
<그림 2.2.1> 배수시설의 명칭 및 구분	II-4
<그림 2.3.1> 도로 배수시설의 설계 흐름	II-6
<그림 2.3.2> 도로 배수시설 설계 흐름	II-7
<그림 3.1.1> 도로 배수시설의 종류와 조사 항목	II-13
<그림 3.1.2> 도로 배수시설 조사 절차	II-14
<그림 3.2.1> 깊은 깎기의 조사 깊이	II-17
<그림 4.3.1> 수로 및 하천에서유입/유하시간	II-32
<그림 4.3.2> 횡배수 암거에서 유입/유하시간	II-32
<그림 4.4.1> 비에너지와 수심의 관계	II-35
<그림 5.1.1> 노면 배수의 종류	II-41
<그림 5.1.2> 노면 배수시설의 설계 흐름	II-41
<그림 5.1.3> 곡선 도로에 있어서 노면수의 집중	II-42
<그림 5.2.1> 등류 흐름 설계 절차	II-43
<그림 5.2.2> 부등류 흐름 설계 절차	II-44
<그림 5.2.3> 배수로로 유입되는 유량의 형태	II-45
<그림 5.2.4> 배수로의 흐름 형태	II-45
<그림 5.4.1> 측구흐름의 예	II-48

<그림 5.4.2> 두 종류의 직선경사를 조합하는 경우의 횡단경사	II-49
<그림 5.4.3> 토사 측구의 종류	II-51
<그림 5.4.4> V 형 측구	II-52
<그림 5.4.5> 산마루 측구	II-52
<그림 5.4.6> L형 측구 형식	II-53
<그림 5.4.7> U형 측구	II-54
<그림 5.5.1> 집수정 유입구 사례	II-56
<그림 5.5.2> 종단 곡선부와 고가도로의 우수받이 배치	II-56
<그림 5.5.3> 집수정의 덮개 종류	II-57
<그림 5.5.4> 스틸 그레이트 설치방향	II-57
<그림 5.6.1> 다이크 형식	II-60
<그림 5.6.2> 흙쌓기부 배수구 단면	II-61
<그림 5.6.3> 흙쌓기부 배수구 간격 결정을 위한 집수폭 개념도)	II-62
<그림 5.7.1> 깎기부 집수정 종류	II-65
<그림 5.7.2> 깎기부 배수구	II-67
<그림 5.8.1> 중앙분리대 배수시설(예시)	II-69
<그림 5.8.2> 중앙분리대 집수정 간격 결정을 위한 집수폭 개념도	II-70
<그림 5.8.3> 중앙분리대 집수정 간격의 보정계수	II-70
<그림 5.9.1> 선배수개념도	II-72
<그림 5.9.2> 도로의 선배수시설(예시)	II-73
<그림 5.11.1> L형측구와 v형측구 접합	II-75
<그림 5.11.2> 계곡부 v형측구 접합	II-75
<그림 5.11.3> 쌓기부 배수구와 V형측구 접합(자연수로가 있는 경우)	II-75

<그림 5.11.4> 쌓기부 배수구와 V형측구 접합	II-76
<그림 5.12.1> 월류에 의한 도로 성토면 유실방지 대책	II-77
<그림 5.12.2> 중앙분리대에 통과 집수정 설치사례	II-77
<그림 6.1.1> 지하 배수시설의 분류	II-79
<그림 6.2.1> 불투수층의 경사가 큰 경우	II-82
<그림 6.2.2> 불투수층 경사가 완만한 경우	II-83
<그림 6.2.3> 불투수층이 깊은 경우	II-84
<그림 6.2.4> 유선망의 예	II-85
<그림 6.3.1> 종방향 차단 배수	II-86
<그림 6.3.2> 지하수 강하를 위한 대칭형 종방향 배수	II-86
<그림 6.3.3> 포장층내 침투수 배제를 위한 종방향 배수	II-87
<그림 6.4.1> 지하 배수구의 깊이 산정(예)	II-90
<그림 6.4.2> 형식별 맨암거 상세도	II-93
<그림 6.4.3> 양측의 길어깨에 설치된 지하 배수구	II-94
<그림 6.4.4> 편측에 설치된 지하 배수구	II-94
<그림 6.4.5> 중앙분리대가 있는 경우의 지하 배수구	II-95
<그림 6.4.6> 지하 배수구의 설치(예)	II-96
<그림 6.4.7> 횡단 지하 배수구	II-97
<그림 6.4.8> 횡단 지하 배수구의 설치방향과 단면 사례	II-97
<그림 6.4.9> 차단배수층내에 매설된 집수관	II-98
<그림 6.4.10> 포장구조물에 적용되는 보강용 토목섬유의 각종 사용방법	II-99
<그림 6.4.11> 중앙분리대의 지하 배수구	II-100
<그림 6.4.12> 중앙분리대 양쪽 높이가 다를 경우	II-101

<그림 6.5.1> 필터재료의 입도곡선	II-102
<그림 6.5.2> 횡배수관과 v형측구 접합(예)	II-105
<그림 6.5.3> 망암거와 V형 측구 접합(예)	II-105
<그림 6.5.4> 종배수관과 신마루측구 및 v형측구 접합(예)	II-105
<그림 7.1.1> 비탈면 배수시설	II-107
<그림 7.3.1> 비탈면에서 용출수 배수시설(예)	II-113
<그림 7.4.1> 일반파기 배수로	II-114
<그림 7.4.2> 콘크리트 등에 의한 배수구	II-115
<그림 7.4.3> 프리캐스트제품에 의한 비탈어깨 배수시설	II-115
<그림 7.4.4> 비탈면 오목부분의 배수시설	II-117
<그림 7.4.5> 땅깍기부의 소단 배수로 예(배수경사 4% 또는 10%)	II-118
<그림 7.4.6> 지하 배수구의 배치	II-120
<그림 7.4.7> 수평 배수공 설치 예	II-121
<그림 7.4.8> 비탈어깨의 지하 배수구	II-122
<그림 7.4.9> 흙쌓기 재료가 서로 다른 경우의 배수시설 사례	II-122
<그림 8.1.1> 암거의 설계 흐름	II-123
<그림 8.2.1> 흐름 형식 개념도	II-125
<그림 8.2.2> 암거의 흐름 유형	II-128
<그림 8.3.1> 유입부지배단면의 수리조건	II-140
<그림 8.3.2> 유출부 지배단면의 수리조건(관수로일 경우)	II-140
<그림 8.3.3> 암거 수리계산표(예)	II-143
<그림 8.3.4> 유입부 손실 수두의 적용	II-148
<그림 8.3.5> 원형수로의 수리특성곡선	II-151

<그림 8.3.6> 암거단면의 설계계산 순서	II-152
<그림 8.3.7> 암거부의 흐름 제원	II-154
<그림 8.3.8> 등류수심 산출도	II-155
<그림 8.3.9> 한계수심 산출도	II-155
<그림 8.3.10> 단면 급축소에 의한 에너지 손실계수	II-158
<그림 8.3.11> 암거의 수리형태 (토사퇴적 및 부유물 및 퇴적토사를 고려한 경우)	II-161
<그림 9.2.1> 배수시설의 종류	II-167
<그림 9.2.2> 배수 홈통의 설치 예	II-168
<그림 9.2.3> 배수 홈통 보강철근 예	II-168
<그림 9.2.4> 배수홈통 구멍 예	II-169
<그림 9.2.5> 배수관 설치	II-170
<그림 9.2.6> 교량에서의 배수관 설치도면 예	II-171
<그림 9.2.7> 교량 선배수 시스템 개요도	II-171
<그림 9.3.1> 배수형 방수형식 터널의 개념도	II-173
<그림 9.3.2> 외부 배수형 방수형식 터널의 개념도	II-173
<그림 9.3.3> 비배수형 방수형식 터널의 개념도	II-173
<그림 9.3.4> 터널 배수상세(예1)	II-176
<그림 9.3.5> 터널 배수상세(예2)	II-176
<그림 9.3.6> 오·폐수 혼합 배수시스템 배수계통도 예	II-178
<그림 9.3.7> 오·폐수 분리 배수시스템 배수계통도 예	II-178
<그림 9.4.1> 간이 배수공	II-181
<그림 9.4.2> 구형 배수공	II-181

<그림 9.4.3> 옹벽의 면배수(예)	II-182
<그림 9.4.4> 이중 블랙킷 배수시설	II-182
<그림 9.4.5> 땅깍기부 배수공	II-183
<그림 9.4.6> 용출수가 있는 경우의 배수공	II-183
<그림 10.2.1> 토석류 차단시설 설치계획 절차	II-186
<그림 10.2.2> 도로점도구역내의 토석류 및 부유물 예방 절차	II-187
<그림 10.2.3> 토석류 차단시설의 선정과정	II-187
<그림 10.2.4> 도로점도구역내의 토석류 차단시설	II-188
<그림 10.2.5> 도로 배수시설 인접 토석류 대책시설 형식	II-189
<그림 10.3.1> 토석류 위험구역 설정 사례	II-192
<그림 10.3.2> 토석류 차단시설 설계 절차	II-193
<그림 11.2.1> 관리계획 수립시 작성내용	II-195
<그림 11.2.2> 관리절차의 흐름도	II-197
<그림 11.3.1> 노면 배수시설의 점검	II-200
<그림 11.3.2> 비탈면 배수시설의 점검	II-202
<그림 11.3.3> 비탈면 배수시설의 관리	II-203
<그림 11.3.4> 관거 및 암거의 관리의 흐름	II-205

III. 도시지역 도로배수시설

<그림 2.1.1> 도시부 도로 배수 개념도	III-2
<그림 2.2.1> 도시부 도로의 우수 흐름	III-5
<그림 2.4.1> 도시부 도로 배수시설의 구성	III-7

<그림 2.4.2> 교차로에서의 배수구의 배치사례	III-9
<그림 2.4.3> 교차로 선배수 설계사례	III-10
<그림 2.5.1> 도심지 도로 배수계통 설계 흐름	III-12
<그림 2.6.1> 차집관식 연결	III-13
<그림 2.6.2> 수직관식 연결	III-13
<그림 3.3.1> 주거지역에서의 설계홍수량 산정	III-18
<그림 3.3.2> 주거지역 이외(산업단지 및 구릉지등)에서의 설계홍수량 산정	III-18
<그림 4.1.1> 노면 배수시설의 설계 흐름	III-22
<그림 4.2.1> 측구흐름의 예	III-24
<그림 4.2.2> 두 종류의 직선경사를 조합하는 경우의 횡단경사	III-25
<그림 4.3.1> 도로의 선배수시설(예시)	III-26
<그림 4.4.1> 집수정 유입구 사례	III-27
<그림 4.4.2> 집수정 위치표시 사례	III-28
<그림 4.4.3> 종단 곡선부와 고가도로의 우수받이 배치	III-28
<그림 4.4.4> 집수정 및 우수받이의 덮개 종류	III-29
<그림 4.4.5> 스틸 그레이트 설치방향	III-29
<그림 4.5.1> 중앙분리대 집수정 단면	III-31
<그림 5.1.1> 관연결도의 예	III-33
<그림 5.1.2> 관거의 설계 흐름	III-33
<그림 5.2.1> 흐름 형식 개념도	III-35
<그림 5.3.1> 단차접합	III-43
<그림 5.3.2> 접합부의 경사가 급한 경우의 접합	III-43
<그림 6.2.1> 지하차도 개방형 유입구 사례	III-49

<그림 6.3.1> 집수정 설계 사례	III-50
<그림 6.3.2> 지상에 설치된 전원 사례	III-50
<그림 7.1.1> 비탈면 배수시설	III-52
<그림 7.2.1> 일반파기 배수로	III-54
<그림 7.2.2> 콘크리트 등에 의한 배수구	III-54
<그림 7.2.3> 프리캐스트제품에 의한 비탈어깨 배수시설	III-55
<그림 7.2.4> 비탈면 오목부분의 배수시설	III-56
<그림 7.2.5> 땅깍기부의 소단배수로(배수경사 4% 또는 10%)	III-57
<그림 8.1.1> 연결형식에 따른 저류시설 모식도	III-60
<그림 8.3.1> 전용형 도로저류시설	III-65
<그림 8.3.2> 공극형 도로저류시설	III-66
<그림 8.3.3> 저류형 화단 개념도	III-66
<그림 8.3.4> 조합하여 설치하는 경우의 표준구조	III-67
<그림 8.3.5> 도로침투시설 표준단면도	III-68
<그림 8.3.6> 도로의 우수받이 연결구조 사례	III-68
<그림 9.3.1> 비탈면 배수시설의 관리	III-75
<그림 9.3.2> 점검 통로	III-77

<표 목 차>

II. 지방지역 도로 배수시설

<표 2.2.1> 도로 배수시설의 구성	II-3
<표 3.2.1> 배수시설 계획을 위한 조사	II-15
<표 4.2.1> 도로 배수시설물의 설계빈도	II-26
<표 4.3.1> 합리식의 유출계수	II-29
<표 4.3.2> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정	II-30
<표 4.3.3> 토지이용도에 따른 유출계수 범위*1	II-31
<표 4.3.4> 자연유역에 대한 도달시간 공식	II-33
<표 4.4.1> 만닝의 조도계수 n 값	II-38
<표 4.4.2> 경제적인 수로 단면	II-39
<표 5.1.1> 비점오염원 관리시설 종류	II-42
<표 5.4.1> 측구의 설계빈도	II-50
<표 5.5.1> 스틸 그레이트 종별 기준	II-58
<표 6.2.1> 흙의 투수계수 (Terzaghi & Peck)	II-81
<표 6.2.2> 배수에 의해 지하수가 영향을 받는 수평거리 R 치	II-83
<표 6.4.1> 지하수면의 최소경사 및 수위	II-90
<표 6.4.2> 맨암거 형식 및 적용기준	II-92
<표 7.1.1> 비탈면 배수공의 종류와 기능	II-107
<표 8.1.1> 암거와 교량의 장·단점 비교	II-124

<표 8.2.1> 암거 흐름의 분류	II-126
<표 8.2.2> 흐름상태에 따른 수로경사의 분류 및 특성치 관계	II-137
<표 8.3.1> 도로암거 수리계산시 사용되는 설명	II-143
<표 8.3.2> BOX, PIPE 수리계산표의 설명	II-147
<표 8.3.3> 횡배수관 수리계산	II-163
<표 10.3.1> 조사의 종류와 실시 단계	II-192
<표 11.3.1> 비탈면 배수시설의 점검사항	II-203

III. 도시지역 도로배수시설

<표 3.2.1> 도시부 도로 배수시설의 설계빈도	III-15
<표 3.3.1> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식	III-19
<표 3.3.2> 파형강관 관경에 따른 조도계수	III-21
<표 4.1.1> 비점오염원 관리시설 종류	III-23
<표 4.4.1> 스틸 그레이트 종별 기준	III-30
<표 5.2.1> 관거흐름의 분류	III-35
<표 5.2.2> 흐름 상태에 따른 수로경사의 분류 및 특성치 관계	III-37
<표 7.1.1> 비탈면 배수공의 종류와 기능	III-52
<표 8.3.1> 시설별 설계빈도 및 규모결정 기준(서울시의 예)	III-62
<표 8.3.2> 저감방식별 침투저감효과 및 용량산정 기준	III-63
<표 8.3.3> 홍수량 산정시 검토사항	III-63
<표 8.3.4> 도로침투시설의 종류 및 특성	III-67

총 칙

제 1 장 목 적

제 2 장 적용범위

제 3 장 용어정의



제 1 장 목 적

이 지침은 도로 배수시설의 설계 및 관리에 적용되는 최소한의 일반적인 기준과 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

【해 설】

- 이 지침의 목적은 도로 관계자가 도시지역과 지방지역의 도로를 신설, 개량, 확장을 위하여 도로의 배수시설 설계 및 관리에 필요한 일반적인 기준과 방법을 제시하는데 있다.
- 이 지침은 집중호우로부터 도로의 침수를 예방하고, 토사 또는 이물질 등으로 인하여 배수 기능이 저하되는 것을 방지함으로써 도로 이용자 및 관리자의 편의와 안전을 목적으로 한다.
- 이 지침의 구성은 제 I 편 총칙과 제 II 편 지방지역의 도로 배수시설 그리고 제 III 편 도시지역의 도로 배수시설로 구성되어 있다.

제 2 장 적용범위

이 지침은 도로법 제8조에서 규정한 도로에 적용한다.

【해 설】

- 이 지침은 도로법에서 규정한 도로의 종류와 등급에 따른 고속국도, 일반국도, 특별 시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도에 적용하고, 기능별로 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도도로에 적용한다.
 - 이 지침은 도시지역의 도로와 지방지역의 도로 중 취락지로 형성된 지역에 위치한 도로의 배수시설 설계 및 관리에 적용하며, 도로관계자는 도로 및 주변의 지형·지역의 여건을 고려하여 합리적이고 경제적으로 적용한다.
 - 도로관계자가 이 지침을 적용함에 있어서 관계법령이 별도로 정해진 경우와 재해의 긴급성을 고려하는 경우, 그리고 지침의 조건과 다른 특수한 경우 이 지침을 적용하지 않을 수 있다.
 - 이 지침에서 규정되지 않은 사항은 관련 설계기준, 표준시방서, 지침 등을 발주청과 협의하여 적용하며, 구체적인 사항은 아래와 같이 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 도로 설계기준, 도로공사 표준시방서, 환경부에서 규정한 설계기준 및 표준시방서, 행정안전부의 자연재해 저감 종합계획 등 관련 기준 또는 지침 등을 참고 한다.
- 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙
 - 도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙
 - 소하천 설계기준
 - 도로 계획 지침
 - KDS 44 00 00 도로 설계기준
 - KCS 44 00 00 도로공사 표준시방서
 - KDS 11 70 00 비탈면 설계기준

- KDS 51 00 00 하천 설계기준
- KCS 51 00 00 하천공사 표준시방서
- KDS 61 00 00 하수도 설계기준
- KCS 61 00 00 하수관로 공사
- KDS 44 90 00 도로 암거 구조 설계기준
- 도시관리계획수립 지침
- 계획수립 지침
- 수질오염 총량 관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적 관리 지침

제 3 장 용어정의

이 지침에서 사용하는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

【해 설】

- (1) 강우강도: 일정기간 동안 내린 강우량을 단위시간에 내리는 강우량으로 표시한 것.
- (2) 강우강도곡선: 강우지속기간과 그 때의 최대 강우강도와의 관계를 그래프로 표시한 곡선도.
- (3) 개수로: 대기압을 받으면서 자유수면을 가지고 물이 흐르는 수로.
- (4) 개거: 지표면에 만든 수로
- (5) 관거: 개거와 암거의 총칭으로써 도로 배수시설 및 하수도시설의 우수관거로 사용.
- (6) 관수로: 수로 단면에 물이 가득 찬 상태로 압력 차이에 의하여 흐르는 수로.
- (7) 구조물 배수: 교량, 고가, 터널, 옹벽 등의 우수를 처리하는 것
- (8) 그레이트: 배수구의 뚜껑 등에 쓰이는 격자 모양의 철물.
- (9) 노면배수: 도로 노면의 우수를 원활히 처리하여 교통안전을 도모하기 위하여 설치
- (10) 노상: 포장을 지지하는 포장 하부지반
- (11) 도로 저류시설: 우수의 직접유출을 억제하기 위하여 우수를 도로 내 또는 지하에 침투시키거나 저류시키는 시설.
- (12) 도로 침투시설: 우수를 도로 내의 지하로 침투시켜서 우수의 노면 유출을 저감시키는 시설.
- (13) 도시지역: 시가지를 형성하고 있는 지역이나 그 지역의 발전 추세로 보아 시가지로 형성될 가능성이 높은 지역.
- (14) 맨홀: 배수관 점검이나 청소, 배수관의 연결이나 접합 등을 위해 설치된 시설.
- (15) 범람원: 강이나 하천이 범람 할 때 물이 넘쳐 흘러 침수되는 지역.

- (16) 배수: 하천을 따라 자연상태에서 유역 내의 물을 제거하는 것, 건축물이나 부지 내에서 우수나 오수 및 폐수 등을 배제하는 것으로 배수시설을 활용하여 과잉 지표수나 지중수를 인위적으로 배제하는 것.
- (17) 비탈면 배수: 땅깎기, 흩쌓기에 의한 비탈면과 자연 비탈면에서 지표를 통하여 유하하는 우수나 비탈면에서 용출된 지하수를 배제하여 침식이나 안정성의 저하를 방지하는 배수.
- (18) 선배수 시설: 도로 노면수를 연속적으로 배제 시키기 위해 중앙분리대와 길어깨 부분에 연속하여 설치하는 시설.
- (19) 설계홍수량: 홍수특성, 홍수빈도, 홍수피해의 가능성과 사회적·경제적 요인을 함께 고려한 배수구조물의 설계기준으로 채택하는 최대 유량.
- (20) 시공기면: 시공의 기준이 되는 높이.
- (21) 우수받이: 도로 및 단지 등에서 흘러오는 우수를 모아서 배수관으로 유출시키는 받이.
- (22) 유역면적: 강우 발생시 한 지점으로 모이는 평면상의 총 면적.
- (23) 유출계수: 특정 유역면적 내에서 일정 기간에 걸쳐서 총 강우량에 대한 총유출량의 비율.
- (24) 조도계수: 흐름이 있는 경계면의 거친 정도를 나타내는 계수.
- (25) 지방지역: 도시지역 외의 지역.
- (26) 지속기간: 강우 발생시 유역의 원점에서부터 홍수량 산정지점까지 우수가 도달하는 시간.
- (27) 지하차도: 도로의 교통 체증을 방지하기 위해 만든 입체 교차도로 지하에 있는 도로시설물.
- (28) 집수거: 도로의 우수나 지표수를 모으는 집수정.
- (29) 집수정: 우수를 한곳으로 모으기 위해 설치하는 시설.
- (30) 첨두유입량: 특정 유역에서 발생한 강우로 인하여 배수시설에 유입되는 최대 순

간유입량.

- (31) 침투유출량: 배수구역에서 유출되는 최대 유량.
- (32) 측구: 도로의 노면배수를 위해 도로 끝 또는 보도와 차도의 경계에 만들어져 있는 도랑.
- (33) 토석류: 집중호우 등에 의한 산사태가 일어나서 토석이 물과 함께 하류로 밀려 떠내려가는 현상.
- (34) 편책: 용출수 등에 의하여 사면이 침식되는 것을 막기 위해 설치하는 울타리 형태의 보호공.
- (35) 토석류 대책시설: 토석류로 인한 시설물의 피해를 방지 또는 저감 시키기 위한 시설.
- (36) 횡단배수: 도로와 도로의 인접 지역에서 유입되는 우수를 도로 횡단하여 하천 또는 수로 등으로 배수시키는 것

지방지역 도로 배수시설

- 제 1 장 개 요
- 제 2 장 도로배수시설의 계획
- 제 3 장 도로배수 조사
- 제 4 장 도로배수시설의 수문설계
- 제 5 장 노면배수
- 제 6 장 지하배수
- 제 7 장 비탈면 배수
- 제 8 장 횡단배수
- 제 9 장 구조물 배수
- 제 10 장 토석류 대책시설
- 제 11 장 도로배수시설의 관리

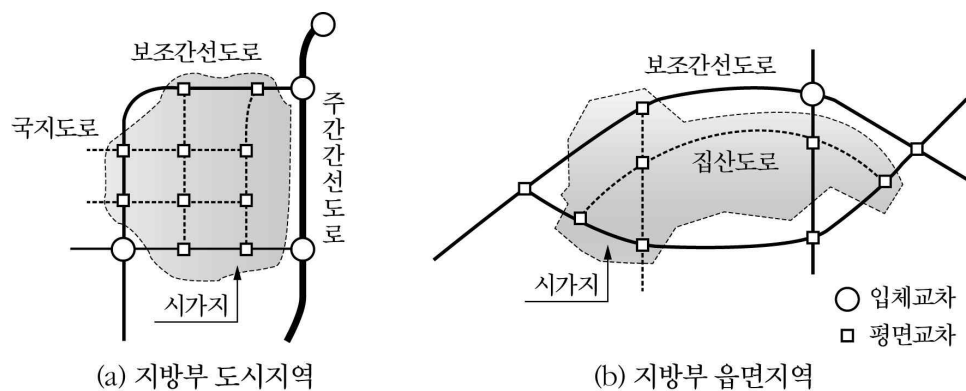


제 1 장 개요

이 지침은 지방지역의 도로를 신설 또는 개량 및 확장할 때 도로의 배수시설 설계 및 관리에 적용한다.

【해 설】

- 이 지침은 도로법의 지방도, 일반국도, 군도 등의 각종 도로와 기타 일반 공중에 이용되는 도로의 배수시설 설계 및 관리의 중요 요소를 신설 및 개량 그리고 확장하는데 적용한다.
- 이 지침은 지방지역의 도로의 배수시설 설계 및 관리에 필요한 기본적인 기준 및 방법을 제시하는데 있다.



<그림 1.1.1> 지방지역의 도로 배치 개념도

제 2 장 배수시설의 계획

2.1 일반사항

도로의 배수계획은 도로 노면의 우수와 도로로 유입되는 우수를 신속하게 처리하며, 도로 공용 기간 중 우수의 정체를 방지하도록 배수시설을 설치와 관리가 이루어지도록 계획한다.

【해 설】

- 도로 배수는 노면수의 흐름 지체, 월류, 지하수의 유입 등으로 도로 하부지반이 약화되거나 포장의 손상 등을 방지하고, 배수시설의 불량으로 발생 될 수 있는 미끄러짐에 의한 교통사고를 방지하는 등의 도로 기능 유지와 교통안전에 중요한 기능을 한다.
- 도로의 배수계획은 기상, 강우, 하천 및 수로, 기존의 배수시설 및 용량, 지형 및 지질, 침수 및 홍수흔적, 도시계획 및 하수관거 등을 조사하며, 공용기간 중의 청소, 점검 및 보수 등 관리가 효율적으로 이루어지도록 한다.
- 도로공사 기간의 배수는 집중호우에 의한 공사 구역 내의 탁수와 토사가 공사구역 밖으로 유출되지 않도록 사전의 준비배수를 실시하고, 공사 기간 내의 배수는 가설 또는 응급 배수시설을 설치한다.
- 산지부 도로는 지형 및 지질 조건을 고려하여 나뭇가지, 토사 등에 의한 배수시설의 기능 저하가 발생하지 않도록 배수 구조물의 규격을 확대하거나 토사 유입 방지시설을 도로접도 구역 내 설치를 검토한다.
- 나뭇가지, 토사 퇴적 등 이물질은 도로 배수시설 막힘, 도로 침수 및 손상에 영향을 미칠 수 있으므로 정기적인 배수시설의 관리 계획을 수립하여 우기 전에 배수시설의 기능이 유지되도록 청소, 점검, 보수 등을 실시한다.

2.2 배수시설의 구성

도로의 배수시설은 노면배수, 비탈면 배수, 지하배수, 횡단배수, 구조물 배수, 측도 및 도로 인접지 배수 등으로 구성된다.

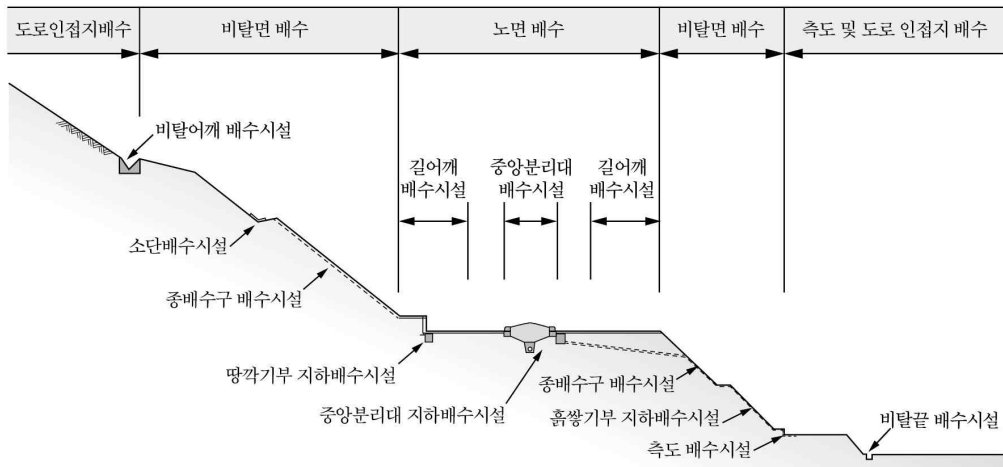
【해설】

- 도로 배수시설은 노면 배수, 비탈면 배수, 지하 배수, 횡단 배수, 구조물 배수, 측도 및 인접지 배수 등으로 구성되며, 각각의 배수시설의 설치 위치와 주요 배수시설은 <표 2.2.1> 및 <그림 2.2.1>과 같다.

<표 2.2.1> 도로 배수시설의 구성

구성	노면 배수	비탈면 배수	측도 및 도로 인접지 배수	지하 배수	횡단 배수	구조물 배수
설치 위치	·길어깨 ·중앙분리대	·땅깎기및흙쌓기 부의 비탈끝 ·비탈면 세로방향 ·비탈면 가로방향	·측도 (부체도로) ·비탈끝 ·비탈어깨	·땅깎기부 지중 ·흙쌓기부 지중 ·땅깎기 및 흙쌓기 경계부 ·중앙분리대 지중	·수로횡단 ·계곡부횡단 ·하천횡단	·교량 ·터널 ·옹벽
주요 배수 시설	·측구(L,U형) ·종배수구 ·집수정 ·배수관 ·배수구, 맨홀 ·토사및부유물 유입방지시설	·측구(V형,L형) ·산마루 측구 ·배수구 ·종배수구 ·집수정 ·소단배수시설 ·침식제어시설	·측구 ·집수정 ·배수관 ·배수구, 맨홀	·맹암거 ·유공관 ·배수층	·배수관 ·암 거 ·교 량 ·토사 및부유물 유입방지시설	·배수관 ·유공관 ·집수정

Ⅱ 지방지역 도로배수시설



<그림 2.2.1> 배수시설의 명칭 및 구분

가. 노면 배수

- 노면 배수는 도로 노면의 우수를 원활히 처리하여 교통안전을 확보하기 위하여 설치하며, 배수시설은 L형 측구, U형 측구, 집수정, 배수관, 배수구 등이 있다.

나. 비탈면 배수

- 비탈면 배수는 비탈면의 우수를 처리하기 위하여 깎기부 및 쌓기부의 비탈끝과 비탈면에 설치한다. 배수시설은 횡방향으로 설치되는 쌓기부 중배수구와 중배수구 설치시 접속되는 집수정 등 부속 구조물을 포함하며, V형 또는 U형 측구 등이 있다.

다. 지하 배수

- 지하 배수시설은 지하수위로 인하여 노상 또는 노체의 지지력이 약화되어 도로 하부 지반 파손을 방지하기 위해 설치하며, 배수시설은 맨암거, 유공배수관, 배수층 등의 시설이 있다.

라. 횡단 배수

- 횡단 배수시설은 도로와 도로 인접 지역으로부터 유입되는 우수를 횡단하여 하천 또는 수로 등으로 배수시키기 위하여 설치하며, 배수시설은 암거, 배수관 등이 있다.

마. 구조물 배수

- 구조물 배수는 구조물의 배수를 위하여 설치하며, 교량 및 고가, 터널, 옹벽 등의 배수시설 등이 있다.

바. 측도 및 인접지 배수

- 측도 및 인접지 배수는 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 위해 설치하는 것으로, 배수시설은 배수구, 집수정, 관거 등이 있다.

2.3 배수시설의 계획**2.3.1 배수시설의 기본계획**

도로 배수의 기본계획은 사전의 조사결과와 현지조건, 경제성 및 시공성, 유지관리 편리성을 고려하여 계획을 수립한다.

【해 설】

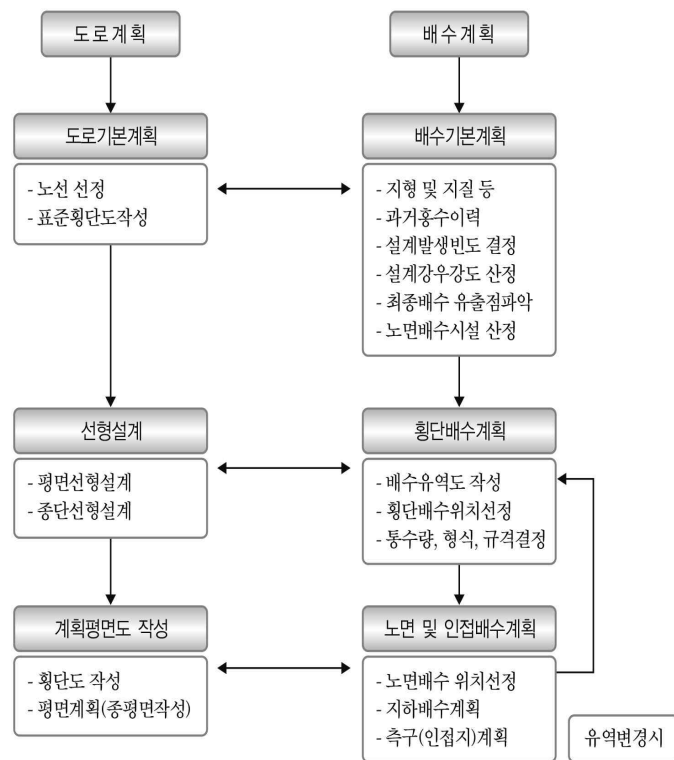
- 도로 배수시설의 계획은 지형 및 조건, 도로의 종류, 주변 배수시설 등을 고려하고, 홍수방지 수자원 계획, 하수도 정비계획과 같은 유관 계획을 검토하여 경제적이고, 합리적으로 배수계획을 수립한다.
- 도로 배수계획시 홍수발생으로 피해가 발생하는 범위와 정도를 분석하여 배수시설의 규모, 규격과 위치를 결정하고 시공중 침식과 토사유출로 인한 피해가 없도록 한다.
- 도로 배수 계획시 우수가 집중적으로 모이는 지형적인 위치의 도로 배수시설은 설계 기준 이상으로 설계하여 도로의 침수나 유실 등을 방지하도록 한다.

II 지방지역 도로배수시설

● 도로 배수시설의 기본계획에 다음 사항을 고려한다.

- 사전조사 결과.
- 자연조건과 사회적 조건 등 현지상황
- 경제성과 시공성
- 배수시설의 유출부 처리
- 유지관리의 편리성

● <그림 2.3.1>은 도로 배수시설의 설계 흐름을 나타낸 것이다.



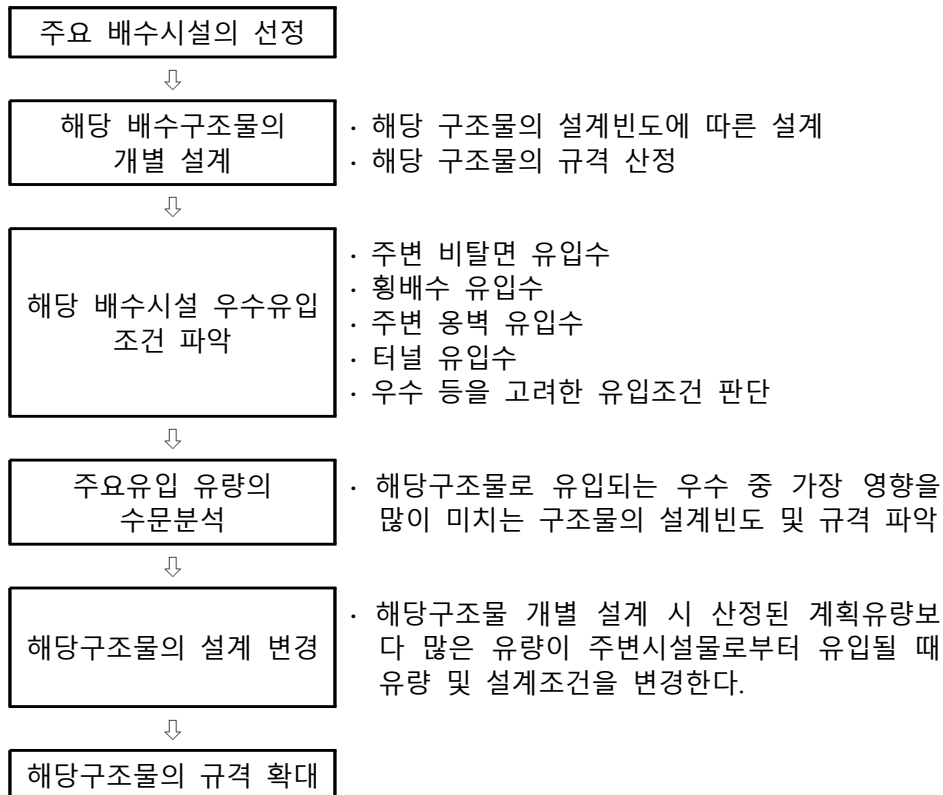
<그림 2.3.1> 도로 배수시설의 설계 흐름

2.3.2 배수시설의 계통계획

배수구역 내에 설치되는 배수시설은 우수흐름과 배수시설계통에 따른 배수의 형태, 설계빈도, 배수시설의 규격 등을 고려하여 구역내의 배수계통 설계를 한다.

【해 설】

- 배수계통 계획은 도로구간에서 비탈면 배수, 노면배수, 횡단배수, 구조물 배수, 인접지 배수 등 우수흐름을 고려하여 시설별 연계성을 가지고 배수계통도를 작성한다.
- 도로 배수공사 계획은 깎기, 쌓기, 횡단구조물 설치, 비탈면 정리, 배수 등의 공정으로 진행되므로 이와 같은 공정을 고려하여 계획을 수립한다.



<그림 2.3.2> 도로 배수시설 설계 흐름

II 지방지역 도로배수시설

- 배수계통 계획은 배수계통도, 횡단면도, 횡단 배수시설 도면 등을 포함한다.
- 배수계통도는 다음과 같은 사항을 고려한다.
 - 배수시설의 명칭, 크기, 매설깊이, 측구 및 배수관의 통수단면 등
 - 배수의 흐름방향
 - 배수의 경사
 - 배수시설의 표시
- 횡단면도는 배수계통 계획에서 결정한 매설 높이 등을 표시한다.
- 횡단 배수시설은 유출입의 매설 높이, 횡단시설의 경사, 배수구의 매설 높이 및 연계된 수로의 높이 등을 표시한다.

가. 노면 배수

- 노면 배수는 도로 노면에 내린 우수를 배수로, L형 측구, 중앙분리대, 집수정 등의 노면 배수시설을 통하여 배수한다.
- 흠쌓기 구간의 길어깨 배수는 길어깨 또는 길어깨 측구에 집수된 물을 배수하기 위하여 설치한다. 일반적으로 종배수구의 간격은 표준구간 및 곡선부 내측 구간에서 최대 100m, 곡선부 외측으로 길어깨의 우수를 배제 할 경우 최대 200m를 적용하며, 산지부 도로의 경우 최대 70m를 적용한다.
- 깎기 구간의 길어깨 배수는 L형 또는 U형(뚜껑있는 형식)등 다양한 형식이 있으며, 일반적으로 교통안전, 관리를 고려하여 L형 측구를 설치한다. 다만, 형식별 기준은 사용 편의를 위한 구분이며 지형 여건, 측구의 연장 시공성과 미관, 토질 조건을 고려하여 적절한 형식으로 선정한다.
- 도로 노면 배수 유역에 설치되는 우수받이 유입부의 형상은 다이크에 설치된 유입부와 측구에 설치된 유입부로 나눌 수 있으며, 도로의 배수 특성에 따라 적절한 형상을 선택한다.

- 종배수관의 최소규격은 도로의 등급과 폭원에 따라 노면수 처리에 충분한 규격으로 결정하며 일반적으로 고속국도는 600mm, 일반국도는 450mm를 적용한다.

나. 중앙분리대 배수

- 도로의 곡선부 중앙분리대는 노면수가 중앙분리대로 집수되므로 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면수를 배수하며, 배수 효율이 떨어지는 종단 선형 저점부는 선배수 시설을 설치하여 배수 효율을 높일 수 있다.
- 중앙분리대는 폭이 협소하여 큰 규격의 배수관 설치가 어려운 곳은 종배수관의 규격을 450mm로 할 수 있다.

다. 선배수 시설

- 노면 배수는 일반적으로 도로에 설치되는 길어깨를 통수단면으로 하여, 집수정과 종배수관 또는 집수거와 배수구를 통해 노면수를 배수시키는 점배수 형태로 배수가 이루어지고 있다.
- 집중호우에 의하여 우수가 모이는 곳을 따라 선배수 시설을 설치하여 통수단면 부족 등으로 배수 효율이 떨어지는 구간의 배수 효율을 높일 수 있다.
- 선배수 구조물은 여러가지 형태로 설치될 수 있으며, 강우량이 많은 도로구간은 측구대신 설치가 가능하고, 개거와 같은 형태의 구조물을 이용한다.

라. 횡단 배수시설

- 횡단 배수시설은 도로와 도로인접지역으로부터 유입되는 지표수를 배수하는 수리적 기능과 토사의 하중에 견디어야 하므로 수리적, 구조적으로 안전하며 경제적인 설계를 한다.

- 일반적으로 횡단 배수시설은 교량과 암거로 대별 할 수 있는데 교량은 유역이 넓은 하천이나 암거의 단면으로 충분한 배수 능력을 발휘할 수 없는 수로에 적용하고 그 외의 일반적인 소규모 수로는 암거로 계획한다. 단, 횡단 배수시설인 교량과 암거를 계획 할 경우, 부유물 등에 의한 막힘을 방지하기 위해 가능한 단 경간으로 계획한다.

마. 지하 배수시설

- 깔기부 길어깨 측구 하단은 지하수위를 낮추고 침투수의 처리 및 지하수 유입을 막기 위해 지하 배수구 설치가 필수적이며 적절한 위치에 배치한다.

바. 연결부 배수시설

- 배수 계통상 유역내 서로 다른 배수시설물이 연결되는 경우에는 상류에 위치한 시설물의 영향을 고려하여 수리·수문학적 요소들을 산정 후 하류시설물의 단면 규격과 설치간격을 결정한다.

2.4 배수시설의 설계조건

도로 배수시설의 설계는 현장조건, 장래계획, 기존 배수시설물과의 연계성, 침전과 침식, 수로의 형태 등 조사하여 설계하여야 한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 현장조건, 장래계획, 기존 배수시설물과의 연계성 등을 조사하며, 도로개설로 인하여 기존 배수 체계가 변화 될 경우 주변 지형과의 연계성을 반영한다.
- 배수시설의 설계는 공사 내용을 파악하고, 지형 및 지질, 기상, 자재, 주변환경 등에 대한 현지조사를 통하여 현지조건에 적합한 계획을 수립한다.

- 시공중 배수시설은 시공기면의 연약화를 방지하고 시공 장비의 이동성과 시공성을 확보하기 위해 중요하므로 시공단계의 배수처리 계획을 수립한다.
- 동결기 때 제설로 인한 막힘과 동결로 인한 파손으로 인한 배수능력 상실을 방지하기 위하여 집수정의 설치는 일조량이 많은 지점을 선정한다.
- 도로계획, 설계, 공사단계에서 침식방지 계획을 수립하여 도로의 안정성, 미관, 경제성의 효과를 얻을 수 있도록 한다. 특히, 공사 중 발생하는 침식은 민원 등의 문제를 일으킬 수 있으며 공사안전, 공사기간, 토공 균형에 영향을 미치므로 세심한 대책이 필요하다.
- 도로계획시 수로변경은 곡류부 반경, 변경수로의 수력, 경사도 및 곡류부의 제방보호를 고려하며, 수로의 안정화는 도로의 손상이나 피해 방지, 관리, 어류 서식지의 보호 등 경제적·환경적 타당성이 있도록 계획한다.
- 도로공사로 인한 깎기와 쌓기는 지하수위 변화를 수반하여 우수침투로 인한 비탈면의 안정을 저해하므로 침투수를 고려한 안정 검토를 수행한다.
- 토사의 퇴적으로 인한 배수용량의 저하를 고려한 배수시설의 용량 설계에 반영하며, 도로의 노상 및 노체 등 흙 구조물이 표면수의 침투에 의해 약화 되어 붕괴 되지 않도록 배수시설을 설치한다.

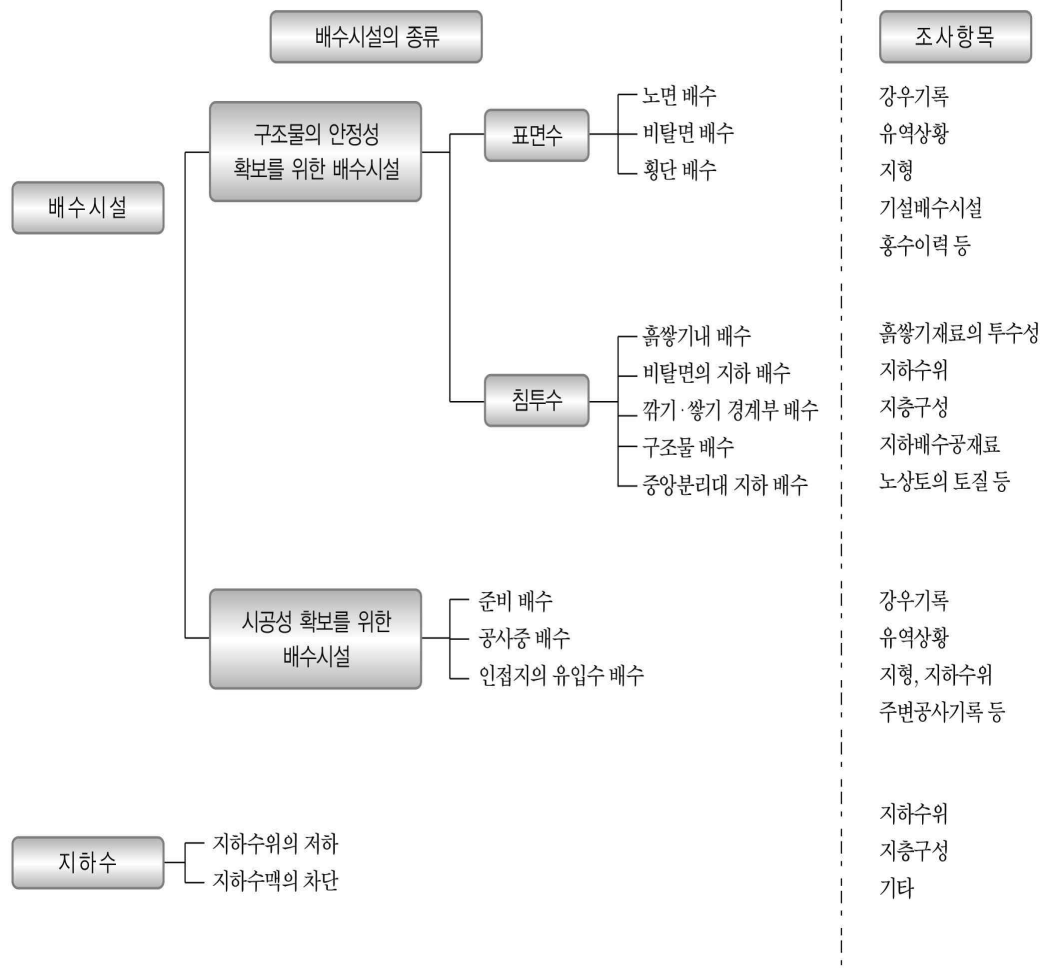
제 3 장 도로 배수 조사

3.1 일반사항

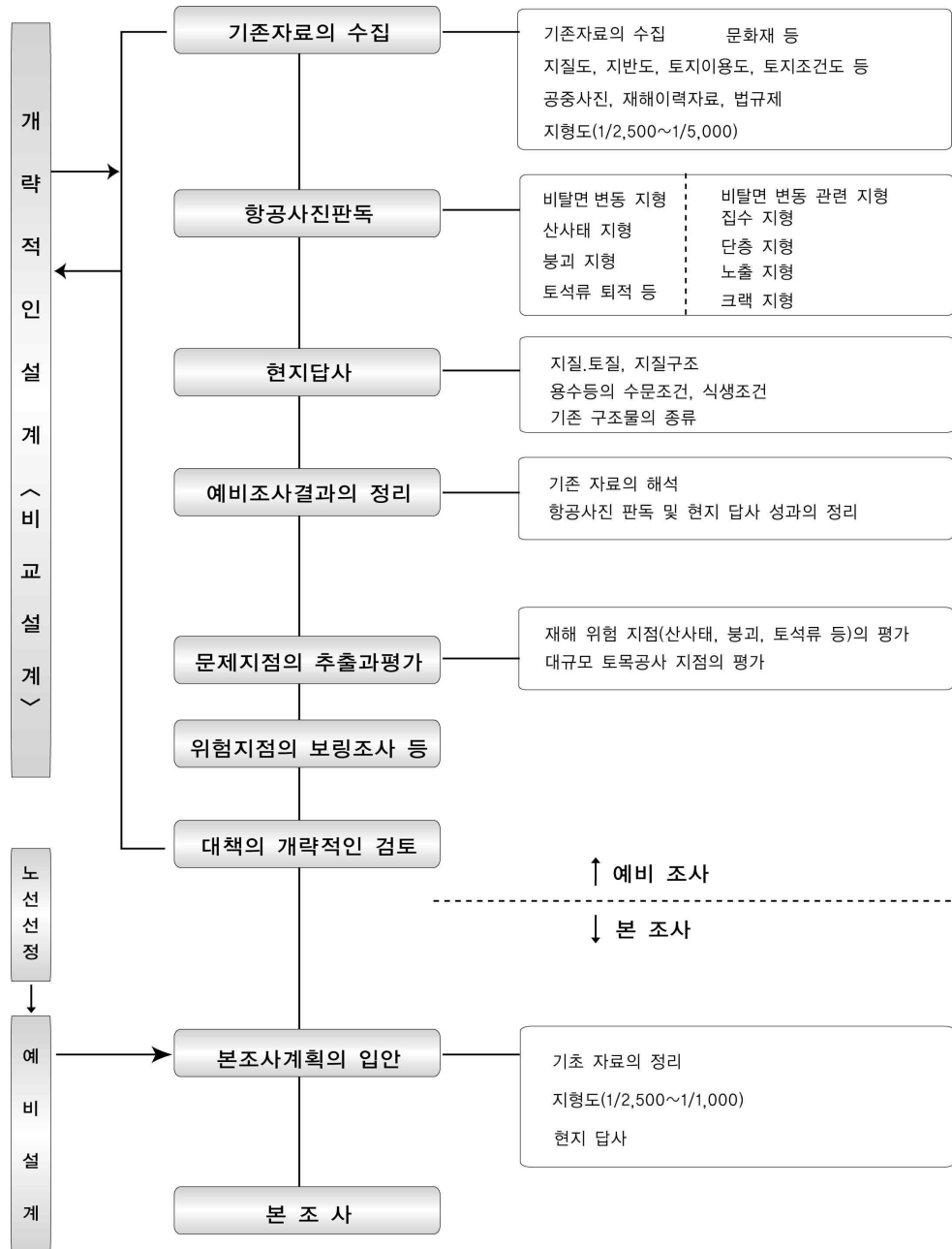
도로 배수 조사는 문헌조사, 현장조사 등을 실시하여 필요한 자료를 수집한다.

【해 설】

- 도로 계획단계의 조사항목은 다음과 같다.
 - 기상 및 강우자료, 과거 홍수이력, 유량기록표, 고수위와 홍수유출량에 관한 기록
 - 항공사진 촬영, 드론 등 3차원 지형정보
 - 토지이용과 개발상태, 지형 및 지질, 지반조사, 지질도 등
 - 도로 침수이력, 토사침식, 도로주변의 산사태, 토석류 발생이력 등
 - 하천, 저수지, 홍수방지용 댐, 범람원 등
- 조사의 주요한 목적은 다음과 같다.
 - 선정 노선의 설계 및 시공, 그리고 재해 상의 문제점 유무 검토
 - 배수시설 구조물의 형식 선정
 - 선정된 배수시설의 설계 및 시공
 - 공용 후 도로 배수시설의 보수에 필요한 자료 획득



<그림 3.1.1> 도로 배수시설의 종류와 조사 항목



<그림 3.1.2> 도로 배수시설 조사 절차

3.2 조사

배수시설 조사항목은 기상, 지형 및 지표, 토질과 지하수, 수계, 토지이용 및 시설물 조사 등이 있다.

【해 설】

- 배수시설의 계획 및 설계에 필요한 조사는 배수시설의 합리적, 기능적, 경제적으로 시공과 관리를 위해 실시한다. 특히, 시공 중 지표수와 침투수 흐름이 변화될 수 있으므로 배수시설 조사는 다음과 같은 점에 주의한다.
 - 표면수가 국부적으로 집중하여 흐르는 장소
 - 비탈면으로부터의 용출수와 침투수가 많은 장소
 - 지하수
 - 상습 침수지역, 토석류, 산사태
- 배수시설 계획을 위한 조사목적에 따른 조사항목은 <표 3.2.1>과 같다.

<표 3.2.1> 배수시설 계획을 위한 조사

조사항목	조사목적	조사항목	조사목적
기상	• 유출량의 결정 • 시공배수 계획 • 동결대책 • 융설대책	• 토질과 지하수	• 동결대책 • 시공시의 배수계획 • 지하 배수의 결정 • 비탈면 배수의 결정
지형 및 지표	• 유출량의 결정 • 지하침투수 예측 • 나뭇가지, 토석류	• 표면수 및 침투수	• 집수면적 • 우수량의 결정

3.2.1 기상조사

기상조사는 해당지역의 기상대, 지방자치단체 등으로부터 과거 기록된 기상자료를 수집하고 조사한다.

【해 설】

- 기상 조사는 배수시설을 계획하는데 가장 중요한 요소이고 배수시설의 구조, 규모를 결정하는 기본적인 조사 항목으로 기상자료는 계획지역의 강우량, 강설량, 기온 등의 기록을 수집한다.
- 대상 유역에 이용 가능한 기상관측 자료와 관련 자료 등을 조사하며 다음과 같은 사항이 포함된다.
 - 관측소명, 위치, 관측 기간
 - 기온, 기압, 습도, 풍향 및 풍속, 증발량, 일조량, 일사량 등의 관측 종류
 - 관측량의 평균, 최고·최저값 및 연간 기상 개황
 - 기타 기상에 관계되는 자료

3.2.2 지형 및 지표 조사

지형 및 지표 조사는 현장실사를 통하여 상세한 자료를 획득한다.

【해 설】

- 지형 및 지표 조사는 배수시설의 설치위치를 선정하고 유로의 수문분석과 배수시설 설계에 필요한 정보를 얻기 위해 조사한다.
- 도로 부근의 배수를 완벽하게 하기 위해서 토지이용도, 토질유형, 초목화 정도, 유출량 및 강우강도에 따른 유출량과 유속, 방향 등을 표시한 축척 1/1,200 이나 1/5,000 또는 1/25,000 의 배수 등고선을 작성한다.

3.2.3 토질과 지하수 조사

토질과 지하수 조사는 예비조사와 현지답사를 통하여 파악한 후, 필요에 따라 보링, 샘플링 등에 의해 토질, 지하수, 지층 상태 등을 조사 분석한다.

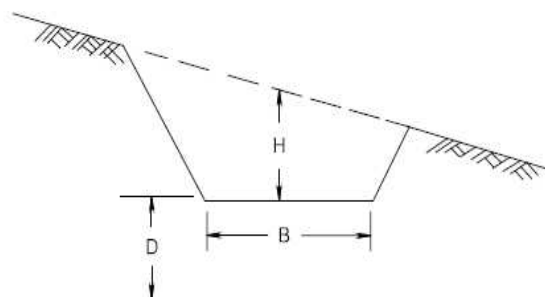
【해 설】

가. 토양 및 토질 조사

- 조사 대상 구역의 토양 및 토질 상태를 조사하며, 토양 및 토질조사 자료는 구역 내의 유출물, 침투율, 배수 상태 등의 상황을 판단한다.

나. 지하수 조사

- 지하 배수공의 계획을 세우기 위해서 도로 구조에 따른 지반의 지층구성, 지하수의 상황 등을 조사한다.
- 땅깍기 등에서 지하수의 조사 깊이는 계획고 아래 1m~2m 로 한다. 그러나 깊은 절취에 따른 비탈면 경사의 안정성, 지하수위, 투수층 등을 조사하며, 이때 조사 깊이(지반조사도 병행)는 <그림 3.2.1>에서 $D=0.75B \sim 1.0B$ 와 $D \approx 1.25H$ 중 작은 값을 취하는 것이 바람직하다.



H : 높이, D : 깊이, B : 폭

<그림 3.2.1> 깊은 깎기의 조사 깊이

- 지하 배수시설, 비탈면 배수시설 및 터널, 옹벽 등의 구조물 배수 설계는 지하수위, 지하수 상태, 용출수의 상황, 불투수층 깊이 등을 조사한다. 특히 연약지반은 배수 시설물의 침하로 배수 기능 저하를 일으킬 수 있으니 주의한다.
- 지하 배수시설은 도로의 인접지역 또는 노면에서 노상으로 침투하는 물을 차단하거나 배제하여 지하수위를 낮추어 포장이나 비탈면을 안전하게 유지하는 것을 목적으로 한다. 지하 배수시설은 포장이나 비탈면뿐만 아니라 옹벽 등의 구조물의 손상 방지와 산사태 대책으로 유용하다.

3.2.4 수계조사

수계조사는 하천망도 및 배수계통도, 수로형태 등을 포함한다.

【해 설】

- 수계조사는 조사 대상 구역의 유수 소통 능력을 판단하기 위하여 하천망도 및 배수 계통도, 수로형태 등을 조사한다. 이때, 대상 구역에 대한 기존의 보고서, 관측기록 등을 조사·수집하여 구역의 문제점과 이용 가능한 자료 상태 및 추가 조치 사항들을 결정한다.
- 수계 조사는 다음 사항이 포함된다.
 - (1) 하천망도 및 배수계통도
 - (2) 수로 종·횡단의 형태
 - (3) 하도 형상 및 제방 축조재료
 - (4) 조도계수의 범위
 - (5) 하천표석의 유무
 - (6) 일제 관측수위, 평수위, 홍수위 등 하천유량
 - (7) 기타 수계 조사에 관련된 사항

3.2.5 토지이용 및 시설물 조사

토지이용 및 시설물 조사는 유역의 유출에 영향을 미치는 인자를 분석하기 위하여 실시한다

【해 설】

가. 토지 이용 조사

- 인위적인 토지의 형질변경과 이용현황의 변경은 유출량의 변화로 이어진다. 특히, 도시화와 산림의 개간은 유역내 침투량을 감소시키고 홍수 유출량을 증가시켜 유역 규모가 변경된다.
- 조사 대상 유역의 유출에 영향을 미칠 수 있는 토지 이용 상태를 조사하며, 다음 사항을 포함한다.
 - (1) 유역 내 토지의 용도별 이용 상태 및 구성비
 - (2) 식생피복의 종류
 - (3) 투수 및 불투수 면적, 구성비 및 위치
 - (4) 기타 유출특성을 판단할 수 있는 토지 이용 상태

나. 주요 시설물 조사

- 주요시설물 조사는 유출에 영향을 줄 수 있는 시설물의 유무, 밀집도 등을 조사하여 유출에 영향을 미치는 정도를 판단하며, 다음 사항을 포함한다.
 - (1) 건물의 수와 밀집도
 - (2) 하수관거 부설현황
 - (3) 도로 및 포장된 면적 비율 현황
 - (4) 유수지, 댐, 저수지, 양수장, 호수 등 저류와 관계되는 시설
 - (5) 홍수터 및 제방의 관리상태, 홍수터의 시설 현황
 - (6) 교량, 철도 및 하천 부지에 설치된 교각 등의 상황
 - (7) 기타 주요 시설물

3.2.6 지표수 조사

지표수 조사는 강우기록, 유역상황(집수면적), 주변 지형 등 도로시설에 피해를 줄 수 있는 사항을 조사한다.

【해 설】

- 지표수 조사는 주변의 지형, 지표면의 상황, 토질, 지하수의 상황, 기존에 설치된 배수시설 및 계통 등을 조사한다.
- 택지, 교차로, 요철지, 함몰지역, 붕괴 가능성 있는 곳, 대규모 비탈면, 쌓기 구간의 급커브로 편경사가 발생하는 곳 등 표면수가 모이기 쉬운 곳은 용수 및 우수의 집수능력을 세밀하게 조사한다.
- 배수유역(집수면적)은 지표면의 토양특성 및 토지이용 등을 고려하여 유출계수를 산정한다. 특히 산지 지역은 경사지가 많고 집수 범위도 불명확한 경우가 많으므로, 항공사진 등을 이용하여 배수유역 면적을 산정한다.

3.2.7 침투수 조사

침투수 조사는 흠뻑기 구조물, 지하 배수공, 구조물 배수 등의 안정성 확보를 위하여 지층구성, 지하수 상황 등을 조사한다.

【해 설】

- 흠뻑기 부분의 붕괴는 표면수, 침투수, 용수가 원인이 되는 경우가 많다. 흠뻑기 구간의 경우 지하수위가 안정성에 미치는 영향이 매우 크다.
- 지하 배수시설은 도로로 침투하는 물을 차단하거나 배제하여 지하수위를 저하시켜 도로시설의 안전을 유지한다. 이를 위하여 지하 배수 계획은 도로구조에 따른 지반의 지층구성, 지하수의 상황 등을 조사 한다.

3.3 수문 조사

3.3.1 수문자료 조사

수문자료 조사는 축척 1/5,000 ~ 1/25,000 지형도를 이용하고, 유역면적과 구조물의 설치예정 위치별로 유량을 추정하고 후 현지조사를 실시하여 과거의 최고 홍수위, 기존 구조물의 규격 및 기타 필요한 자료를 수집한다.

【해 설】

- 자연 수로에 대한 고수위 및 홍수 유출량의 기록 등 수문조사 분석은 홍수 유출량 예측과 배수 구조물의 유입량 및 유출량을 결정하는 중요한 자료가 된다.
- 수문자료 조사는 과거의 재해자료, 지역주민의 증언, 기존도로, 철도 및 기타 공공시설물의 관리 자료, 기존수로의 배수용량 및 배수형식 등을 조사한다.
- 수문자료 조사는 유역 내 또는 인접지역에 있는 다음 자료들이 포함된다.
 - (1) 수문관측 시설 : 관측소명 및 고유번호, 관측 계기의 종류 및 고유번호
 - (2) 이용가능 관측소 : 관측소명, 위치, 관측기간
 - (3) 관측 종류 : 강우량, 강설량, 수위, 유량, 증발량, 지하수위 등
 - (4) 관측 관할 : 환경부, 지자체, 기상청, 한국수자원공사, 대학, 연구기관 등
 - (5) 관측 방법 : 원격관측(TM), 위성, 이동통신, 자기, 보통 등
 - (6) 조사 관측량 : 관측년도별 강우지속기간별 강우관측자료, 기왕최대 강우 및 유출량 자료, 기상관측자료 등
 - (7) 관측소 운영 상태 : 자료의 이용 가능성 여부, 관측의 중단여부, 관측시설의 시설 상황 등
 - (8) 유출량 : 수위-유량곡선의 획득 가능성, 유역의 수자원 부존량, 단위도 등의 유출 상황 분석자료 등
 - (9) 유황 조사 : 수위표 지점의 최대 유량, 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량, 하천 유지유량 등
 - (10) 기타 수문관측소의 역사 및 변경사항 등

3.3.2 유역 조사

유역조사는 유역특성인자 조사와 유역형상 조사를 실시한다.

【해 설】

- 유역의 규모는 유출량에 비례하고 배수시설의 규모를 결정하므로, 유역의 경계는 항공사진, 드론 등 3차원 지형정보와 지형도 및 현장조사 등을 이용하여 결정한다.
- 기존 구조물의 규격 및 연장, 침수 여부 등을 조사한다. 상류에 저수지가 있을 경우는 수문 및 여수로의 크기 등을 조사하고, 하류에 저수지나 하천의 합류지점이 있을 경우는 역류(back water)의 영향 유무·기존 교량의 세굴 상태 및 제방 높이 등을 조사한다.
- 현지 주민에게 탐문하거나 관계기관으로부터 신뢰할 수 있는 자료를 얻어 최고 홍수 위에 대한 조사 등을 실시한다.

가. 유역특성 인자 조사

- 유역특성인자 조사는 다음과 같은 사항을 포함한다.
 - (1) 유역 면적
 - (2) 유역 평균경사
 - (3) 유역의 방향성
 - (4) 유역 평균표고
 - (5) 유역의 토지 이용현황
 - (6) 기타 유역의 특성을 나타내는 인자

나. 유역 형상 조사

- 유역형상 조사는 다음과 같은 사항을 포함한다.
 - (1) 유역 형상의 분류 및 특징

- (2) 유역 평균폭
- (3) 유역 형상계수
- (4) 유역 밀집도
- (5) 기타 유역 형상에 관련된 사항

3.3.3 하천 조사

자연하천과 수로의 변동은 홍수발생에 영향을 미치므로 도로계획 및 배수계획시 검토한다.

【해설】

가. 하천의 구조와 형상

- 하천망의 기하학적 조건은 홍수 발생에 영향을 미치므로 도로 배수설계에 앞서 계획 단계에서 고려한다. 하천의 만곡부는 저류량과 유출량에 영향을 주며 하천망은 홍수 규모에 따라 영향의 정도가 달라진다.
- 하천 만곡부에 위치한 도로는 도로의 손상을 방지하기 위하여 돌붙임, 돌쌓기, 호안 블록 등의 보호공을 설치한다.

나. 하상의 변동

- 하천의 유역특성으로부터 하천의 수면 형태는 지속적으로 영향을 받는다. 유역으로부터 유입되는 부유물과 유사량은 하상의 상승과 하천 수면을 상승시켜 홍수 유출량을 증가시키며, 반대로 침식에 의한 하상저하는 수로용량을 증대시킨다. 하상의 변화, 계획하상고의 자료는 하천관리기관의 하천기본계획 또는 소하천정비종합계획으로부터 얻을 수 있다.

다. 수로변경

- 수로변경은 도로시설물이 있는 지점에서 최고유량과 수위에 영향을 준다. 도로계획시 수로변경 계획에 대한 상세 정보는 매우 중요하다. 수로의 변경, 수리관련 공사

계획 등을 조사하여 배수계획에 미치는 영향을 검토한다. 수로의 변경은 도로설계와 수로 변경 작업과 상호 연관성이 있으므로 도로 배수 설계자는 수로변경 계획을 숙지한다.

라. 수로의 경사

- 도로 배수구역은 일반적으로 홍수시에만 수로를 관찰할 수 있는 경우가 많기 때문에 현장조사를 통해 유로의 흔적을 찾아 배수계획을 수립한다. 수로의 형상이 유량에 영향을 미치지 않지만, 수로의 경사와 단면은 배수계획에 영향을 미치는 요소가 된다.

3.3.4 범람원 조사

범람원은 수로가 정비되지 않은 모든 지역에 넓게 분포하며, 도로의 배수계획시 하천이나 수로보다 더 많은 영향을 줄 수 있으므로 현장조사를 실시하고 범람원의 유로 방향 및 유출량을 검토한다.

【해 설】

- 범람유출의 발생 가능성은 일반적으로 범람원의 폭에 대한 깊이의 비로 예측할 수 있다. 범람원의 폭/깊이의 비가 크면 유속의 변화가 심하여 저지대 및 완경사 구간에 일시적인 저류 현상이 발생할 가능성이 높아진다.
- 범람원의 수용량을 평가할 때는 사전에 식물의 계절적 식생 변화에 대해 알고 있어야 한다. 여름, 가을보다는 늦겨울과 초봄에 범람원의 수위가 낮다.
- 도로를 건설할 장소가 범람원을 통과할 경우, 홍수 발생과 도로에 미치는 영향에 관한 기록물은 홍수위험분석에 중요한 기초자료가 되므로 이를 충분히 활용하도록 한다.

제 4 장 도로 배수의 수문설계

4.1 일반사항

도로 배수시설의 수문설계는 배수계획지점의 설계홍수량을 결정하고, 배수시설물의 규모를 결정한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 수문설계는 계획지점의 노면 배수, 비탈면 배수, 지하 배수, 횡단 배수 시설의 규모와 용량, 배수시설의 위치 등을 설계하는 것이다.
- 도로 배수구역 내에 설치되는 모든 배수시설물은 수리·수문 해석을 통하여 도로 배수구역의 계통을 고려하여 설계한다.

4.2 설계빈도의 결정

설계빈도는 배수시설의 중요도, 설계홍수량 이상의 유출량이 발생하였을 때의 중요도, 위험도, 경제성 등을 고려하며, 중요 배수시설은 관계기관과 협의하여 결정한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 규모 결정은 설계홍수량으로 결정하며 설계홍수량은 설계빈도(재현기간)의 함수이다. 설계빈도는 경제성과 위험도를 고려하여 시설물의 파괴로 인한 피해, 구조물의 중요도, 내구연한, 경제성에 따라 설계빈도를 결정한다. 도로 배수시설의 설계빈도는 <표 4.2.1>와 같다.
- 배수시설의 설계빈도는 지역별 방재 성능 목표 설정 기준을 최소기준으로 결정한다.
- 집중호우 등에 의한 산지부 도로 비탈면 취약구간은 2종 비탈면, 토석류 발생지역, 행정안전부의 재해위험지구 등은 도로의 침수, 유실, 과거의 홍수 이력 및 흔적, 토석류 발생 유무, 부유물, 지형, 저지대 등을 고려하여 관계기관과 협의하여 설계빈

Ⅱ 지방지역 도로배수시설

도의 상향 조정을 결정할 수 있다.

- 하천을 횡단하거나 하천구역을 일부라도 점유하게 되는 구조물은 해당 하천의 하천 기본계획 또는 소하천정비종합계획의 계획빈도를 고려하여 결정한다.

<표 4.2.1> 도로 배수시설물의 설계빈도

구 분	배수시설		설계빈도
일반국도	암거		30년 이상
	배수관		30년 이상
	노면		10년 이상
	비탈면		10년 이상
	측도 및 인접지 도로		10년 이상
산지부 도로	암거		50년 이상
	배수관		50년 이상
	노면		20년 이상
	비탈면	일반	20년 이상
		취약구간	30년 이상
	측도 및 인접지 도로		20년 이상
집수정 등 배수 구조물간 접속부		접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용	

4.3 설계홍수량

4.3.1 설계홍수량 산정

설계홍수량 산정은 유역의 크기, 유역의 특성, 유출특성을 고려한다.

【해 설】

- 설계홍수량은 관측 유출량 자료가 있는 경우 유출 빈도해석을 이용하여 직접 산정하며, 유역면적이 4.0km² 미만이거나 소규모의 배수시설은 합리식을 적용한다. 또한, 유역면적이 4.0km² 이상은 환경부에서 규정한 홍수량 산정 표준지침을 적용한다.
- 도로 배수시설의 설계홍수량은 대상지역의 강우특성과 유출계수, 도달시간, 배수면적 등을 고려한다.

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad (4.3.1)$$

여기서, Q : 설계홍수량(m³/sec) C : 유출계수 A : 유역면적(km²)

I : 유역특성에 따른 홍수도달시간과 같은 지속기간의 평균 강우강도(mm/hr)

- 합리식의 전제조건은 다음과 같다.
 - (1) 강우강도(I)의 강우에 의한 홍수량(Q)은 그 강도의 강우가 유역의 도달시간과 같거나 더 큰 시간동안 계속될 때 최대치에 도달한다.
 - (2) 강우의 지속기간이 유역의 도달시간과 같거나 길 때 강우에 의한 첨두홍수량은 강우강도와 직선적 관계를 가진다.
 - (3) 첨두홍수량의 발생확률은 주어진 도달시간에 대응하는 강우강도의 발생확률과 동일하다.
 - (4) 유출계수는 각각 다른 발생확률을 가지는 강우-유출 형태와 관계없이 동일하다.
- 설계홍수량의 유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태, 개발상황 등을 고려하여 결정한다.

4.3.2 강우강도

강우강도는 강우지속기간 5분 이상을 적용하며, 강우강도-강우지속기간-빈도(I-D-F)곡선 또는 강우강도 공식으로부터 결정한다.

【해 설】

- 설계 강우강도는 환경부의 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)을 활용하여 결정하되, 강우지속기간 1시간 미만은 강우강도-강우지속기간-빈도(I-D-F)곡선 또는 강우강도식을 유도하여 결정한다. 단, 제주도는 최근 수립된 하천기본계획 또는 소하천정비종합계획의 강우분석 결과를 참고하여 결정한다.
- 관측된 분 단위 강우자료가 시·공간적으로 부족한 현실에서 가능한 높은 정도의 시간단위이하 강우강도-지속시간-발생빈도(IDF, Intensity-Duration-Frequency) 관계식은 다음과 같은 방법을 통해 산정한다.
 - (1) 분 단위 강우자료를 직접 해석하여 강우강도 식을 산정하는 방법
 - (2) 시간 단위 강우자료를 분 단위 자료로 변환하여 이용하는 방법
 - (3) 시 단위 자료와 분 단위 자료사이의 관계를 통계적으로 정량화하여 분 단위 자료의 특성을 추정하여 이용하는 방법
- 합리식의 홍수량(Qd)은 설계 강우강도(I)와 동일한 재현기간을 가지도록 나타나며 강우강도공식은 일반적으로 다음의 세 가지 형태로 나타난다.

$$\text{Japanese 형 : } I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (4.3.2)$$

$$\text{Sherman 형 : } I = \frac{a}{t^b} \quad (4.3.3)$$

$$\text{Talbot 형 : } I = \frac{a}{t+b} \quad (4.3.4)$$

여기서, $I_{(t)}$: 강우지속기간에 따른 강우강도(mm/hr)

t : 강우지속기간(min), a, b : 상수

4.3.3 유출계수

유출계수는 유역의 형상, 지표면의 상태, 식생 피복상태, 주변 개발 상황 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

- 유출계수는 선행강우조건, 지표면 경사, 피복상태, 노면재류, 토양 함수 상태, 유역의 모양, 지표류 속도, 강우강도 등에 영향을 받으며 상습적인 침수지역이거나 주요한 배수시설에 대한 유출계수는 0.8 이상으로 적용할 수 있다.
- 유역이 상이한 토지이용의 피복 상태로 구성되는 복합 토지이용은 다음 식을 이용하여 가중평균 유출계수를 구하며 단, 산지지역의 유출계수는 경사를 고려하여 급경사지 0.8, 완경사지 0.7을 적용하며 도시지역은 불투수 면적을 고려하여 0.7 이상을 적용할 수 있다.

$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i} \quad (4.3.5)$$

여기서, C : 가중평균 유출계수

A_i : 상이한 피복상태의 면적,

C_i : 상이한 피복상태의 유출계수.

- 일반적으로 사용되는 유출계수의 값은 <표 4.3.1>과 같다.

<표 4.3.1> 합리식의 유출계수

구분	C	구분	C
포장면	0.9	도시지역	0.7
가파른 산지 및 비탈면	0.8	잡지	0.6
가파른 계곡 경작지	0.8	경작하는 평작지	0.5
논	0.8	경작하는 평계곡	0.6
완만한 산지	0.7	수림	0.3
완만한 경작지	0.7	밀림수림과 덤불숲	0.2

Ⅱ 지방지역 도로배수시설

- 합리식에 사용되는 유출계수는 유역의 형상 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하는 것으로 하나, 자연하천 유역 및 토지이용에 따른 유출계수는 <표 4.3.2>~<표 4.3.3>를 적용한다.
- 유출계수는 유역의 개발로 인하여 큰 변화를 받는 일이 많다. 따라서 계획 값으로 채택하는 유출계수는 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 고려한다.

<표 4.3.2> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정(Stephenson, 1981)

지 표 상 황	보정치 : 가감량
나 지	◆ 경사 < 5% : -0.05
초 지	◆ 경사 > 10% : +0.05
경 작 지	◆ 재현기간 < 20년 : -0.05
삼 림	◆ 재현기간 > 50년 : +0.05
	◆ 연평균강수량 < 600mm : -0.03
	◆ 연평균강수량 > 900mm : +0.03

주) 하천설계기준해설(국토교통부, 2019)

<표 4.3.3> 토지이용도에 따른 유출계수 범위*1

토 지 이 용		기본유출계수, C	토 지 이 용			기본유출계수, C	
상업지역	도심지역	0.70-0.95	산지*3	급경사 산지		0.40-0.80	
	근린지역	0.50-0.70					
주거 지역	단독주택*2	0.30-0.50	잔디	완경사 산지		0.30-0.70	
	독립주택단지	0.40-0.60					
	연립주택단지	0.60-0.75		사질토	평탄지	0.05-0.10	
	교외 지역	0.25-0.40			평균	0.10-0.15	
	아파트	0.50-0.70			경사지	0.15-0.20	
산업 지역	산재 지역	0.50-0.80		중토	평탄지	0.13-0.17	
	밀집 지역	0.60-0.90			평균	0.18-0.22	
					경사지	0.25-0.35	
도로	아스팔트	0.70-0.95		농경지	나지	평탄한 곳	0.30-0.60
	콘크리트	0.80-0.95	거친곳			0.20-0.50	
	벽 돌	0.70-0.85	경작지		사질토	작물있음	0.30-0.60
공원, 묘역		0.10-0.25				작물없음	0.20-0.50
운동장		0.20-0.35			점토	작물있음	0.02-0.40
철로		0.20-0.40				작물없음	0.10-0.25
미개발 지역		0.10-0.30	관계중인 답			0.70-0.80	
차도 및 보도		0.75-0.85	초지		사질토	0.15-0.45	
지붕		0.75-0.95			점토	0.05-0.25	

- 1) 유출계수는 재현기간 5-10년에 적용되므로 이보다 길 경우에는 Ponce(1989, Engineering Hydrology) 등의 보정그래프를 참고하여 활용한다.
- 2) 단독주택인 경우, 미국의 주거사항과 한국의 주거사항이 같지 않으므로 유출계수 추정시 주의한다.
- 3) 산지의 경우 유출계수 추정시 현장조건을 고려하여 판단이 필요하며, 유역면적이 작은 지역은 비교적 큰 유출계수를 사용하고 유역면적이 큰 지역에서는 비교적 적은 유출계수를 사용하여 홍수량이 과소 또는 과다 추정되지 않도록 유의한다.

주) 하천설계기준 해설(국토교통부, 2019)

4.3.4 도달시간

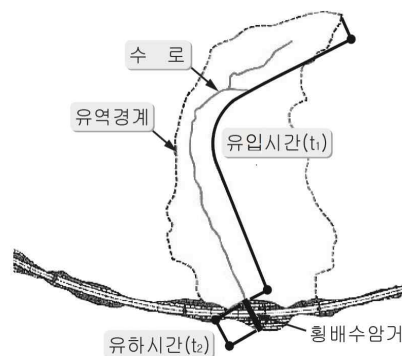
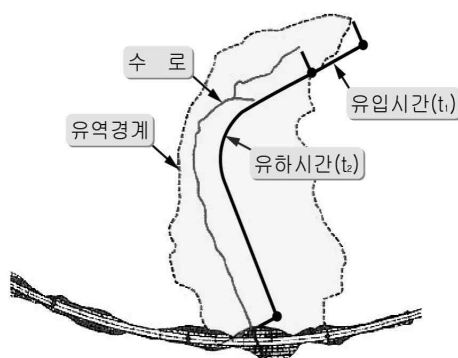
강우도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 표시한다.

【해 설】

- 도로의 유입시간은 배수구역(집수구역)의 가장 먼 지점에서 배수공 최상단류까지 강우가 유입되는 시간이고, 유하시간은 강우가 배수시설물이나 하천을 유하하는데 걸리는 시간이다.
- 도로의 유하시간은 횡단 배수일 경우는 횡단배수암거 및 관거를 유하하는 시간이고, 수로의 수리계산일 경우는 설치되는 수로의 시점에서 종점까지 유하하는 시간이다.
- 도달시간(travel time) 또는 집중시간(time of concentration)은 유역의 최원점에서 하도의 시점까지 표면류 흐름 유입시간과 하도 시점에서 하도 종점까지의 유하시간을 합한 것이다.

- 노면 배수의 경우 $t = t_1$
- 이설수로 및 하천의 경우 $t = t_1 + t_2$
- 횡단 배수구조물의 경우 $t = t_1 + t_{2※}$

(단, $t_{2※}$ 은 구조물에서 흐르는 유하시간이 유입시간에 비해 상대적으로 적을 경우 유입시간만을 고려)



<그림 4.3.1> 수로 및 하천에서 유입/유하시간 <그림 4.3.2> 횡배수 암거에서 유입/유하시간

<표 4.3.4> 자연유역에 대한 도달시간 공식

공식명	공 식	제한사항 또는 비고
Kirpich (1940)	$T_c = 3.976 L^{0.77} S^{-0.385}$ L : 유역의 최장 하천 길이 S : 유역 평균 경사(H/L, m/m) H : 유역 출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3~5%, 유역면적 0.453km²
Kerby (1959)	$T_c = 36.264 (L \cdot N)^{0.467} / S^{0.2335}$ L : 유로 최원점부터 하천 유입부까지의 직선거리(km) S : 유역 평균경사(m/m) N : 유역의 조도 상수	- 불투수성 완만한 표면 N=0.02 - 나지의 비포장 표면 N=0.10 - 초지가 없는 나지 거친 표면 N=0.20 - 초지로 구성된 표면 N=0.40 - 낙엽으로 덮인 수목지역 N=0.60 - 초지와 산림이 우거진 지역 N=0.80
Kraven	$T_c = 0.444 L S^{-0.515}$ L : 유로 길이(km) S : 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중·하류, 하도 경사가 1/200 이하인 유역
Rizha	$T_c = 0.833 L S^{-0.6}$ L : 유로길이(km) S : 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도 경사가 1/200 이상인 지역
SCS Lag Eq. (1975)	$T_c = [100L^{0.8} \{ (1000/CN) - 9 \}^{0.7}] / [1900S^{0.5}]$ L : 최장 흐름 경로(ft) CN : SCS 유출곡선지수 S : 유역 평균경사(%)	- 주로 농경지 유역에 적용, 8km² 이하인 도시유역에도 적용 가능 - 도시 불투수 지역은 $T_c = 1.67 \times \text{유역 지체시간}$

주) 하천설계기준 해설(국토교통부, 2019)

4.4 개수로

4.4.1 개수로 흐름상태

개수로 흐름은 시간과의 변화에 따라 정상류, 부정류, 등류, 부등류로 구분하고, 흐름 특성에 따라 상류, 하류 한계류로 구분한다.

【해 설】

- 도로 배수시설은 단면 형상에 관계없이 자유수면이 존재하는 개수로의 상태가 일반적이므로 개수로의 수리조건과 도로 배수시설의 관계를 파악하는 것이 중요하다.

가. 정상류와 비정상류

- 개수로의 흐름은 정상류의 상태로 분석하는 것이 일반적이며 홍수류와 같이 시간에 따라 급변하는 경우 비정상류 조건으로 분석한다. 개수로의 흐름이 정상류인 경우 유량은 연속방정식으로부터 유도할 수 있으며 다음과 같다.

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \cdots A_n V_n \quad (4.4.1)$$

여기서, Q : 개수로내 유량, (m³/sec)

A_n : 임의 지점에서 수로단면적, (m²)

V_n : 임의 지점에서 유속, (m/sec)

나. 등류와 부등류

- 개수로내 모든 공간에서 수심이 동일한 경우 그 흐름을 등류(uniform flow), 변하는 경우 부등류(varied flow)라 하며, 등류와 부등류는 시간변화에 따라 수심이 변하는지 그렇지 않은지에 따라 정상류 및 비정상류로 구분된다.

다. 상류와 사류

- 흐름의 비에너지(specific energy)는 수로바닥을 기준으로 측정한 단위무게의 물이 갖는 흐름의 에너지를 말하며, 개소내의 임의의 한 점에서 물이 갖는 비에너지는 식 (4.4.2)과 같다.

$$E = d + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (4.4.2)$$

여기서, E : 비에너지(specific energy)

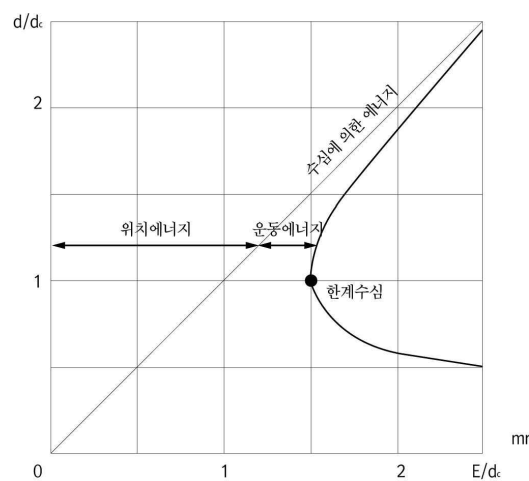
d : 수심(m)

α : 에너지 보정계수

V : 평균유속(m/sec)

g : 중력가속도(9.8m/sec^2)

- 개수로의 유량(Q)을 일정하게 유지하고 수로의 조도, 경사 등 흐름조건을 변경하여 수심(d) 변화에 따른 비에너지와 수심의 관계를 작성하면 <그림 4.4.3> 과 같다.



<그림 4.4.1> 비에너지와 수심의 관계

- 비에너지가 최소가 되는 수심을 한계수심(d_c)이라 하는데 한계수심 이하로 흐르는 경우는 사류라 하고, 한계수심 이상으로 흐르는 경우는 상류라 하며, 일반적으로 사류는 급류, 상류는 완속류의 상태로 규정한다. 비에너지가 최소가 되는 조건은 Fr (프루드수, Froude number)가 1인 경우로 식 (4.4.3)과 같다.

$$\frac{Q^2 T_c}{g A_c^3} = \frac{V_c^3}{g d_c} = Fr^2 = 1 \quad (4.4.3)$$

여기서, Q : 유량(m^3/sec)

T_c : 한계수심으로 흐를 때 개수로의 수면폭(m)

A_c : 한계수심으로 흐를 때 유수의 단면적(m^2)

V_c : 한계유속(m/sec)

g : 중력가속도($9.8m/sec^2$)

Fr : 프루드 수(사류 : $Fr > 1$, 상류 : $Fr < 1$)

d_c : 한계수심

- 비에너지 최소조건으로부터 최소 비에너지, 한계수심, 한계유속을 계산할 수 있으며 식 (4.4.4)와 식 (4.4.5)와 같다.

$$E_{\min} = \frac{3}{2} d_c \quad (4.4.4)$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot d_c} \quad (4.4.5)$$

여기서, $E_{\min}$: 최소 비에너지(m),

d_c : 한계수심(m),

g : 중력가속도(m/sec^2)

V_c : 한계유속(m/sec)

4.4.2 유량과 유속

개수로의 유량과 유속은 만닝공식을 사용하여 산정한다.

【해 설】

- 만닝(Manning)은 Chezy 공식에서 C 값을 다음과 같이 제시하고, 평균유속공식을 유도하였다.

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}, \quad V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (4.4.6)$$

여기서, V : 평균속도(m/sec)

n : 조도계수

R : 동수반경(m)

S : 수로경사(m/m)

- 만닝의 평균유속공식에서 유량은 식 (4.4.7)과 같다.

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (4.4.7)$$

여기서, Q : 유량(m³/sec)

A : 단면적(m²)

n : 조도계수

R : 동수반경(m)

S : 수로경사(m/m)

<표 4.4.1> 만닝의 조도계수 n값

수 로 상 태			n값	
			양호	보통
폐수로		콘크리트 파이프	0.013	0.015
		강관	0.011	-
		콘크리트 수로	0.015	0.017
개수로	콘크리트 수로	바닥에 자갈 산재	0.015	0.017
		양호한 단면	0.016	0.019
	아스팔트 수로	매끈함	0.013	-
		거칠음	0.016	-
고속도로 수로	콘크리트 수로	매끈한 표면처리	0.013	
		거침 표면처리	0.015	
	아스팔트 수로	매끈한 표면처리	0.013	
		거침 표면처리	0.016	
	콘크리트 포장수로	미장마감	0.014	

4.4.3 경제적인 수로 단면

배수로의 단면은 통수능을 고려하여 수리학적으로 가장 유리하도록 결정한다.

【해 설】

- 만닝 유량공식은 $Q = K \cdot S^{\frac{1}{2}}$ 로 표현할 수 있는데, K는 단면형상과 조도계수와 관련된 매개변수 향으로, 일반적으로 통수능(Conveyance)이라고 한다.
- 통수능력 K 는 다음과 같다.

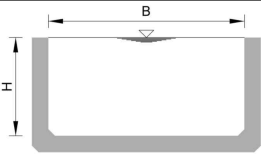
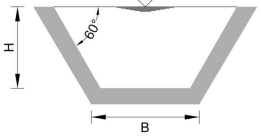
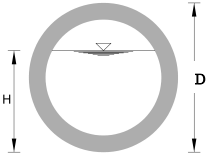
$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{n} \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.4.8)$$

여기서, K : 수로 통수능

R : 동수반경 (A/P, P=수로의 윤변)

n : 조도계수

<표 4.4.2> 경제적인 수로 단면

구 분	단 면 도	경제적인 단면의 조건
직사각형 수로		$B = 2 \cdot H$
사다리형 수로		$\alpha = 60^\circ$ $B = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot H$
원형 수로		$H = 0.94 D$

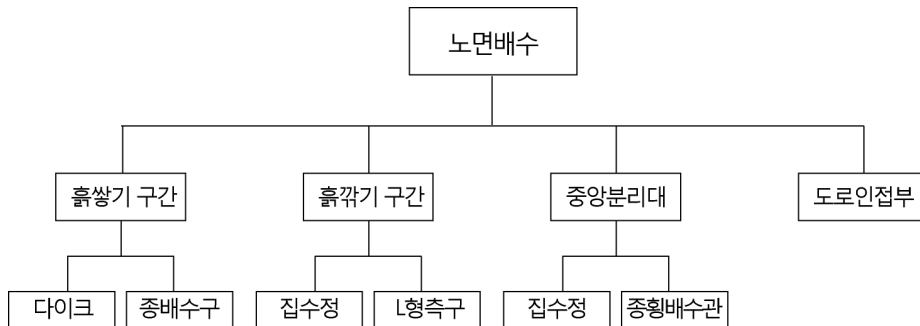
제 5 장 노면 배수

5.1 일반사항

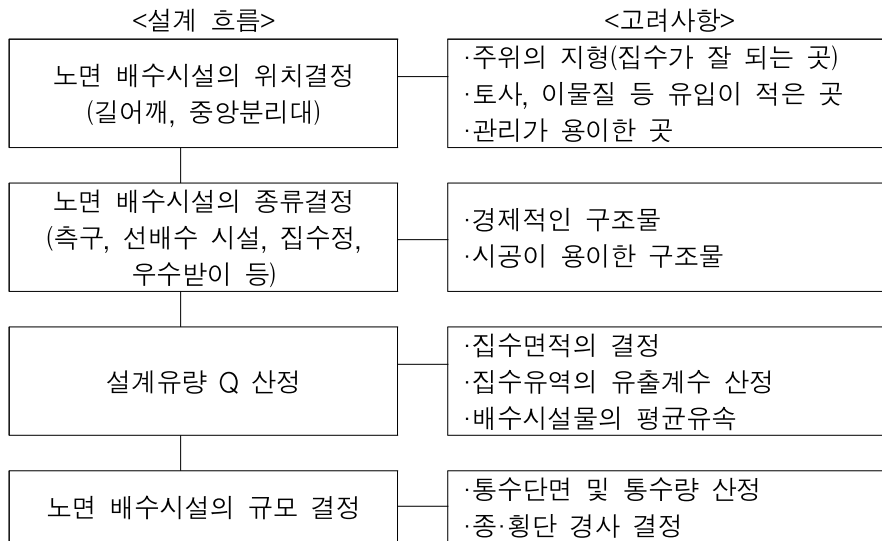
노면 배수시설은 도로부지내 강우 또는 강설에 의해 발생한 우수와 도로인접지역에서 유입되는 우수를 원활히 처리하기 위해 설치한다.

【해 설】

- 도로부지 내에서 발생하는 우수는 노면과 비탈면의 우수, 그리고 도로의 인접지역에 내린 우수 및 용설수가 있다.
- 도로 노면우수는 지체 없이 집수정을 통하여 배제하며, 이때 이물질에 의한 막힘이 없도록 한다.
- 노면 배수시설은 부유물에 의한 통수능 저하 및 배수구조물에 피해 가능성이 적고, 원활한 배수가 이루어지는 곳에 설치하되, 관리가 용이하게 이루어질 수 있는 곳에 설치한다.
- 쌓기 구간의 배수흐름은 흠쌓기부 다이크, 집수거, 흠쌓기부 배수구, 인접배수시설 순으로 배수되며, 설계는 강우강도, 도로의 종단 및 횡단경사, 집수폭(도로폭) 등을 연계하여 고려한다.
- 깎기 구간의 배수흐름은 L형 측구, 집수정 및 종배수관, 횡배수관, 인접배수시설 순으로 배수되며, 설계는 강우강도, 도로의 종단 및 횡단경사, 집수폭(도로폭+비탈면 폭) 등을 연계하여 고려한다.
- 중앙분리대의 배수흐름은 강우, 중앙분리대 집수, 집수정 및 종배수관, 횡배수관, 인접배수시설 순으로 배수되며, 설계는 강우강도, 도로의 종단 및 횡단경사, 집수폭(도로폭) 등을 연계하여 고려한다.

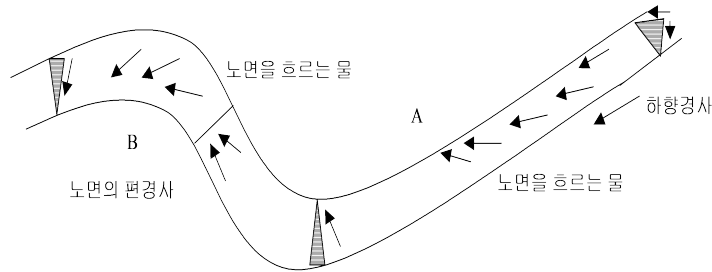


<그림 5.1.1> 노면 배수의 종류



<그림 5.1.2> 노면 배수시설의 설계 흐름

- <그림 5.1.3>은 높이가 가장 낮은 지점에 노면수가 집중하여 비탈면을 흘러가는 경우에 대한 일례이다. 곡선부의 흙쌓기에서는, 노면의 횡단구배가 편경사로 되어 있어 그림 A, B지점에 노면수가 집중하고, A, B에 설치된 집수구의 배수 능력을 초과하여 노선 밖으로 표면수가 유출하여 비탈면을 침식하는 경우가 있다. 이 경우, 완성 후의 노면수 흐름을 검토하여 측구 연석의 간격, 위치, 용량에 대해 여유를 가지도록 한다.



<그림 5.1.3> 곡선 도로에 있어서 노면수의 집중

- 도로 노면의 유출수가 인근 방류수역으로 직접 유출되는 구간은 『비점오염원 최적관리지침』과 『도로저류시설』에 준하여 초기강우시 유출되는 각종 오염물질을 처리할 수 있는 비점오염원 처리시설이 필요한 구간에 대하여 검토 후 설치한다.

<표 5.1.1> 비점오염원 관리시설 종류

관리유형	시설의 개요	관리기술 종류
저류형	우수 유출저감을 위한 가장 일반적인 방법	하수관거, 저류연못, 이중목적저류지(유수지활용), 인공습지, 지하저류
침투형	우수를 지하로 침투되도록 유도하는 시설	침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성포장
식생형	동·식물 서식공간 및 녹지경관 조성	식생여과대, 식생수로
장치형	물리·화학적장치를 이용하는 관리기술	여과형, 와류형, 스크린형 시설
처리형	하수처리형 시설로 에너지 소모적이고, 비용이 고가	초고속응집·침전시설, 생물학적처리시설(접촉안정법, 살수여상법, 회전원판법 등)

5.2 노면 배수의 수리해석

노면 배수의 수리해석은 등류 해석을 원칙으로 하고, 유량의 변화를 고려하여야 하는 경우에는 부등류 해석을 적용할 수 있다.

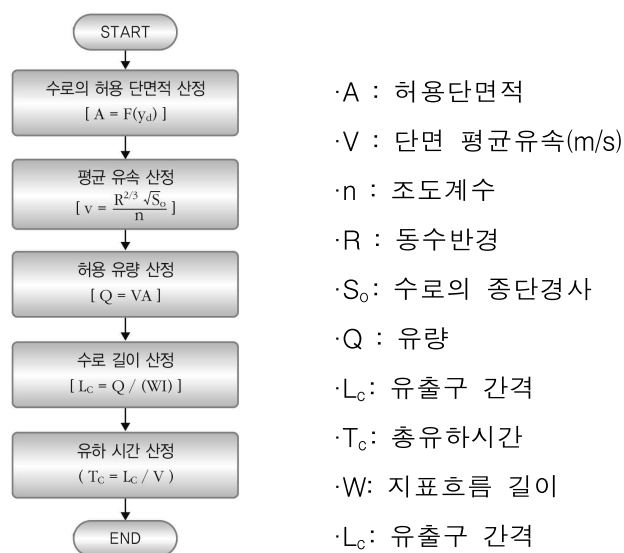
【해 설】

- 등류해석은 임의 수로구간 내 수심이 변하지 않는다고 가정하고 해석하는 방법으로 도로 노면을 배수 유역면적으로 하여 수로 내 임의지점에 유입되는 유출량이 길어깨 또는 길어깨 측구의 허용 통수량과 같다고 가정하는 방법이다.

$$Q_d = Q_c \quad (5.2.1)$$

여기서, Q_d :설계홍수량(유출량) (m^3/sec)

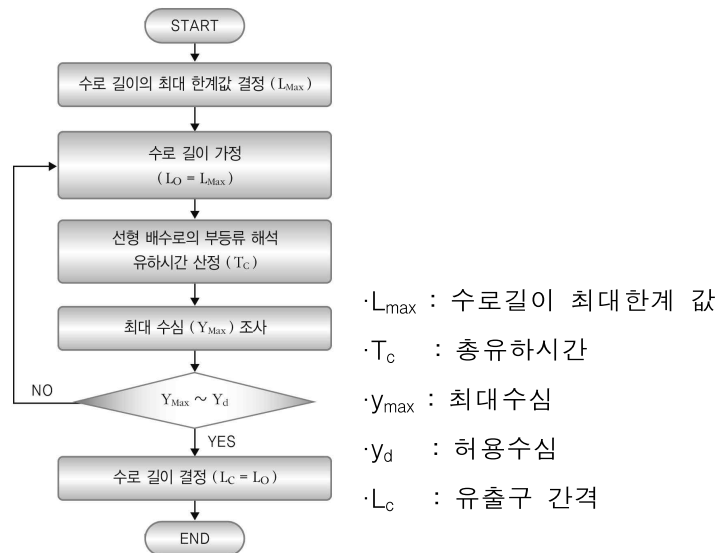
Q_c : 허용통수량 (m^3/sec)



<그림 5.2.1> 등류 흐름 설계 절차

II 지방지역 도로배수시설

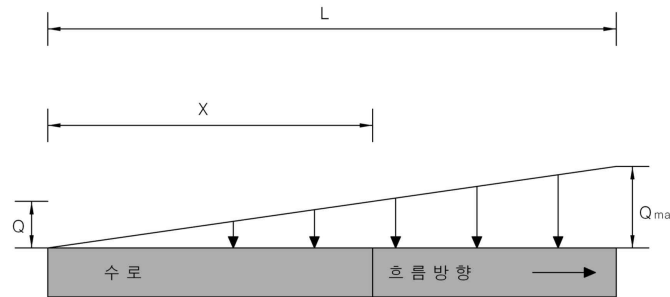
- 부등류 해석은 임의구간 내 수심이 도로의 종단방향 거리의 증감에 따라 변한다는 가정으로 해석하는 방법은 다음과 같다.



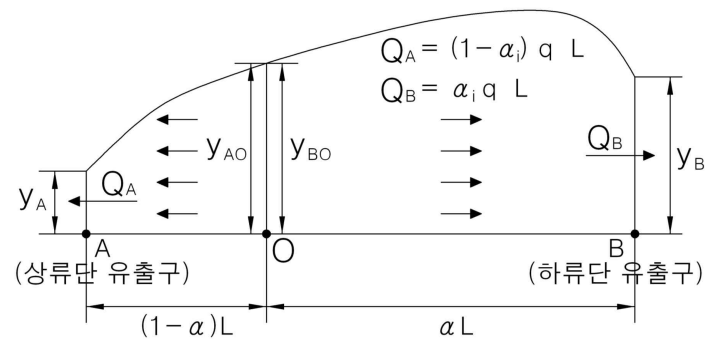
<그림 5.2.2> 부등류 흐름 설계 절차

가. 양단에 유출구를 갖는 선형 배수로

- 노면에 내리는 우수의 배수를 위한 수로는 양단에 유출구를 갖는 배수로로서, 연속적으로 유입되는 횡유입량에 의하여 유량이 배수로의 길이 증가율에 따라 증가한다<그림 5.2.3>.
- 수로의 양단에 유출구를 갖는 배수로 내 일반적인 흐름 형태를 나타낸다<그림 5.2.4>. 여기서 O지점은 분수계(water dividend)를 의미하며, 이를 기준으로 상류 측에서 유입된 유량(Q_A)은 상류단(A지점)을 통하여, 하류 측에서 유입된 유량(Q_B)은 하류단(B지점)을 통하여 유출된다.
- 배수로의 종단경사가 없다면 수면곡선은 수로 중앙에 위치한 분수계를 중심으로 좌우 대칭이 되며 최대수심은 수로 중앙에서 발생한다. 종단경사가 커짐에 따라 하류측 유출구를 통하여 유출되는 유량이 증가하게 되고, 분수계는 상류단 쪽으로, 최대 수심 발생지점은 하류단 쪽으로 이동한다.



<그림 5.2.3> 배수로로 유입되는 유량의 형태



<그림 5.2.4> 배수로의 흐름 형태

나. 흐름 계산 모형과 방법

- 단면형과 종단경사가 일정한 배수로 흐름에 대한 지배방정식은 운동량 보존법칙에 따른 다음과 같은 미분방정식의 형태로 나타낸다.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f - (2Q/gA^2)(dQ/dx)}{1 - (Q^2/gA^2D)} \quad (5.2.2)$$

여기서, A : 통수단면적, Q : 유량, x : 종방향 위치
D : 평균수심, y : 수심, S₀ : 수로 종단경사
g : 중력가속도

- S_f 는 마찰경사로서 만닝의 식으로부터 다음과 같이 나타낸다.

$$S_f = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad (5.2.3)$$

여기서, n : 만닝의 조도계수 R : 동수반경

- 배수로 흐름에 대한 지배 방정식으로서 다음 식과 같은 유한 차분 형태의 대수방정식을 사용할 수도 있다.

$$\begin{aligned} \frac{1}{g} (Q_2 V_2 - Q_1 V_1) - \frac{1}{2} S_o (A_1 + A_2) dx \\ + \frac{1}{2} (A_1 S_{f1} + A_2 S_{f2}) dx \\ + \frac{1}{2} (A_1 + A_2) (y_2 - y_1) = 0 \end{aligned} \quad (5.2.4)$$

여기서, dx : 지점 1과 2 사이의 거리 V : 단면평균 유속
아래첨자 1인 변수 : 기지의 값
아래첨자 2인 변수 : 수심의 함수

5.3 도로의 경사

도로의 경사는 횡단경사와 종단경사로 구분한다. 횡단경사 중 노면 배수의 경우, 시멘트콘크리트 포장 및 아스팔트콘크리트포장은 1.5~2.0%, 그 외의 노면 간이포장의 경우 2.0~4.0%, 비포장도로 3.0~6.0% 으로 하며, 보도 및 자전거도로의 횡단경사는 2.0% 이하를 표준으로 한다.

【해 설】

가. 횡단경사

- 노면의 횡단경사는 강우 또는 융설에 의한 노면상의 우수를 측구로 유도시킨다. 단면형상은 노면의 우수를 배제하는 동시에 주행 차량의 안전에 지장이 없는 것으로

한다. 횡단경사는 기상, 선형, 종단경사, 노면의 종류 등을 고려하여 결정한다.

- 길어깨는 노체의 보호 혹은 교통흐름의 여유를 위해 설치하지만 배수시설로 병용하는 경우도 있다.
- 자동차 전용도로 등의 높은 규격의 도로에서 길어깨를 넓게 시공하는 경우는 차량교통의 안전성과 배수용량 증대 등을 고려하여 4%로 한다. 단, 차도와 동등한 포장 구조이거나 길어깨 폭이 협소한 구간은 시공성을 고려하여 차도의 횡단경사와 동일한 경사를 적용할 수 있다.
- 보도의 횡단경사는 측구 등에 배수할 수 있는 정도, 즉, 2%를 표준으로 하며, 보도 내에 식수대가 연속된 경우는 식수대내에 물을 유입시키는 등 보도에 물이 고이지 않도록 한다.

나. 종단경사

- 종단경사의 크기는 우수의 도달시간에 영향을 미치고, 배수시설에 의해 우수를 배제하는 도로에서는 배수시설의 낙하율에도 영향을 미친다.
- 우수의 도달시간은 종단경사가 클수록 짧아지기 때문에 종단경사가 큰 경우 설계강우강도가 커지므로 배수시설 규모가 커진다. 또한, 종단경사가 작으면 우수는 노면을 종단방향으로 흐르기 때문에 배수시설로 우수가 처리되지 않으므로 측구 및 배수시설의 규모, 배치 등에 주의하여 검토 설치한다.

5.4 측구

5.4.1 측구의 수리해석

측구는 도로 노면에 흐르는 우수를 배수하기 위하여 노면 양측에 위치하며 설계 유량은 합리식으로 결정된다.

【해설】

- 측구는 노면 우수를 배수하기 위하여 노면 양측에 위치한 삼각형 단면의 개수로이

다. 설계유량은 합리식으로 계산하며, 다음의 수식을 사용한다.

$$q = C \cdot I \cdot L \quad (5.4.1)$$

여기서, q : 지면의 단위길이당 침투유량(m^3/sec)

C : 유출계수

I : 강우강도(mm/hr)

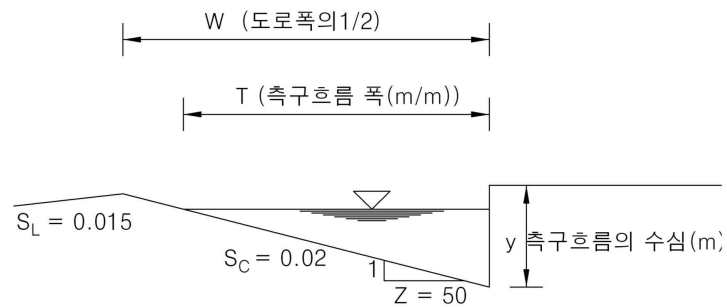
L : 등고선에 수직방향에서 지표류의 길이(km)

● 지표류의 길이 L 은 다음식으로 주어진다.

$$L = \frac{W\sqrt{r^2+1}}{r} \quad (5.4.2)$$

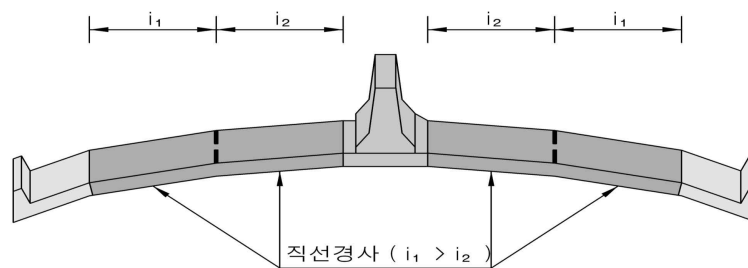
여기서, L : 지표류의 길이(km), W : 도로폭의 1/2

r : 종방향경사(S_L)에 대한 횡방향경사(S_C)의 비($r = \frac{S_C}{S_L}$)



<그림 5.4.1> 측구하름의 예

- 측구의 용량은 모양, 경사 및 조도에 따라 다르며, 용량은 만닝 공식을 사용한다. 우수의 유입구(inlet)는 측구의 유량이 허용측구용량을 초과하는 지점에 설치된다.
- 집중호우로 인하여 우수가 우수받이로 차집되지 못하고 노면위로 흐르게 되는 지역(종단경사가 심하여 침수가 예상되는 지역 등)의 경우, 집수정 및 집수정 설치간격을 축소하여 우수관으로 배출될 수 있도록 한다.
- 횡단경사는 자동차의 주행에 안전하고 지장이 없어야 하며, 직선구간에서 노면 배수를 원활히 하기 위해 2% 이상으로 한다.
- 길어깨의 횡단경사와 차도의 횡단경사의 차이는 시공성, 경제성 및 교통안전을 고려하여 8% 이하로 한다. 다만 측대를 제외한 길어깨 폭이 1.5m 이하인 도로, 교량 및 터널 등의 구조물 구간은 그 차이를 두지 않을 수 있다.
- 차도 및 측대의 횡단경사 형상은 직선경사, 곡선경사 및 직선과 곡선이 조합된 경사가 있으며 일반적으로 도로 중심을 정점으로 하여 양측으로 내리막 경사가 되도록 설치한다.
- 넓은 폭의 도로에서 외측 차로의 횡단경사를 크게 할 필요가 있는 경우는 <그림 5.4.2>와 같이 2종류의 직선경사를 조합하는 방법을 사용할 수 있다.



<그림 5.4.2> 두 종류의 직선경사를 조합하는 경우의 횡단경사

5.4.2 측구의 설계빈도

측구의 설계빈도는 배수의 목적, 배수량, 배수위치, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

【해 설】

- 측구는 노면과 인접한 비탈면의 물을 배수하기 위하여 도로의 종방향에 따라 설치하는 배수시설로, 측구의 형상과 구조는 배수량, 경제성, 교통에 대한 안정성 등에 따라 결정한다. 단, 측구의 설계빈도는 지역적 여건을 고려하여 관계기관과 협의하여 적용할 수 있다.
- 측구의 설계빈도는 다음과 같다.

<표 5.4.1> 측구의 설계빈도

	측구의 종류	설계빈도
일반 국도 도시부 도로	토사측구	10 년 이상
	V형 측구	10 년 이상
	산마루측구	10 년 이상
	L형, U형 측구	10 년 이상
산지부 도로	토사 측구	20 년 이상
	V형 측구	20 년 이상
	산마루 측구	20 년 이상
	L형, U형 측구	20 년 이상
취약한 지역의 도로	토사 측구	30 년 이상
	V형 측구	30 년 이상
	산마루 측구	30 년 이상
	L형, U형 측구	30 년 이상

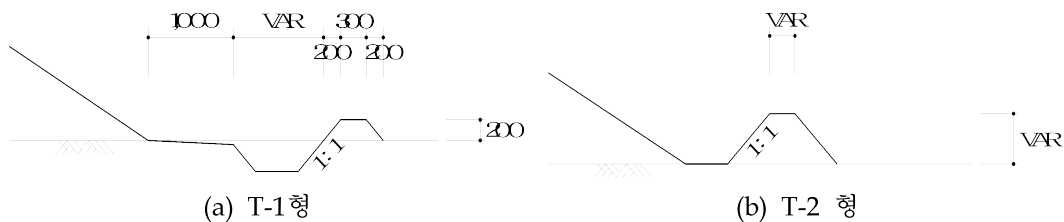
5.4.3 측구의 종류

측구는 지형 및 배수위치 등을 고려하여 결정하며, 측구의 종류는 토사측구, V형 측구, 산마루 측구, L형 측구 및 U형 측구 등이 있다.

【해 설】

가. 토사 측구

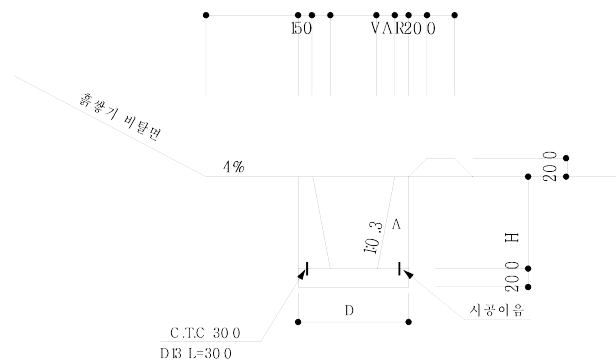
- 토사측구는 평지, 농경지, 구릉지, 산지 등 용지확보가 용이한 구간에 설치하며, 흩쌓기 지역은 비탈면 끝에 설치하여 자연수로에 연결시킨다.
- 논지역의 경우, 뚝쌓기를 하여 경작에 피해가 없도록 하며, 측구의 경사가 급하거나 세굴 될 가능성이 많은 곳에서는 V형 측구로 대체한다.
- 토사 측구는 그림과 같으며, 비탈면에 설치할 경우는 비탈기슭에 폭 1.0m 정도의 소단을 설치하여 토사유입을 방지한다.
- 폭과 깊이는 배수량과 관계가 있으며, 단면의 20% 정도는 토사의 퇴적을 고려하여 여유 있게 설계한다.



<그림 5.4.3> 토사측구의 종류

나. V형 측구

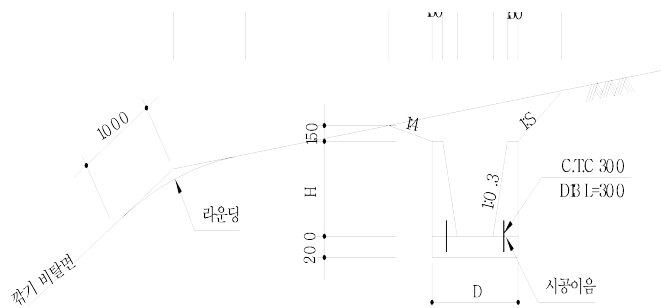
- V형측구는 흩쌓기 비탈면 끝에 설치하여 도로 표면수를 자연수로에 연결시키며, L형 측구와 토사 측구의 연결 부근이나 땅깍기 및 흩쌓기 비탈면에 단차가 커서 침식 될 가능성이 많은 곳에 설치한다.



<그림 5.4.4> V 형 측구

다. 산마루 측구

- 깎기부 비탈면의 정상 끝단에서 2m 벗어난 지점에 설치한다. 산마루 측구는 자연경사면에서 도로 비탈면으로 유하하는 우수를 집수하여 기존 자연 수로측이나 깎기부 배수구를 통하여 배수한다. 또한, 지형여건 및 토질조건에 따라 되메우기 시공방법, 측구 하단부로의 우수 침투를 방지하기 위한 하부그라우팅 방안을 고려 할 수 있다.



<그림 5.4.5> 산마루 측구

라. L 형 측구

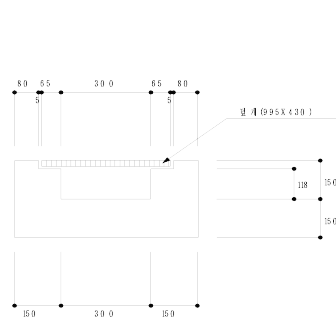
- 노면 및 땅깎기 비탈면의 배수 및 도로 보호의 목적으로 설치한다. L형 측구만으로 배수량이 과다할 때, L형 측구밑으로 종방향 배수관이나 U형 측구를 설치하는 방법으로 배수처리하거나 통수단면을 확대한다.

구 분	형 태	비 고
형식1 (H=0.50m)		땅깎기면 토사 및 리핑암 전 구간, 발파암 H=10m 미만인 구간에 설치.
형식2 (H=1.20m)		땅깎기면 리핑암+발파암 10.0m이상 또는 발파암 H=10.0m이상~30.0m 미만인 구간에 설치.
형식3 (H=2.30m)		땅깎기면 발파암 H=30.0m 이상이 되는 구간 중에서 길이가 약 20m 이상인 구간에 설치.
형식4 (H=0.35m)		측도 및 부체도로에 설치.

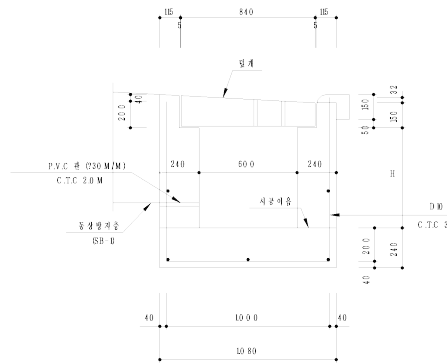
<그림 5.4.6> L형 측구 형식

마. U 형 측구

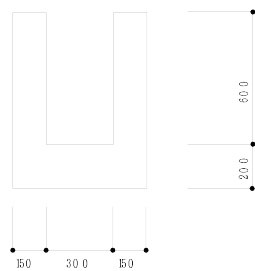
- U형 측구는 인터체인지나 분리차로, 녹지대 및 부체도로에 지형여건을 감안하여 설치한다.
- 각 형식별 적용 기준은 다음과 같다.
 - 형식-1 : 영업소, 휴게소 광장부 등에 설치
 - 형식-2~4 : 시가지 구간 높이에 따라 설치
 - 형식-5 : 부체도로에 설치
 - 형식-6 : I.C 및 분리구간 녹지대에 설치



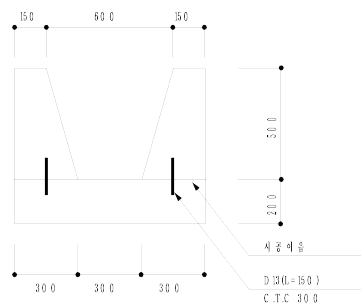
(a) U 형측구 형식-1



(b) U 형측구 형식-2,3,4



(c) U 형측구 형식-5



(d) U 형측구 형식-6

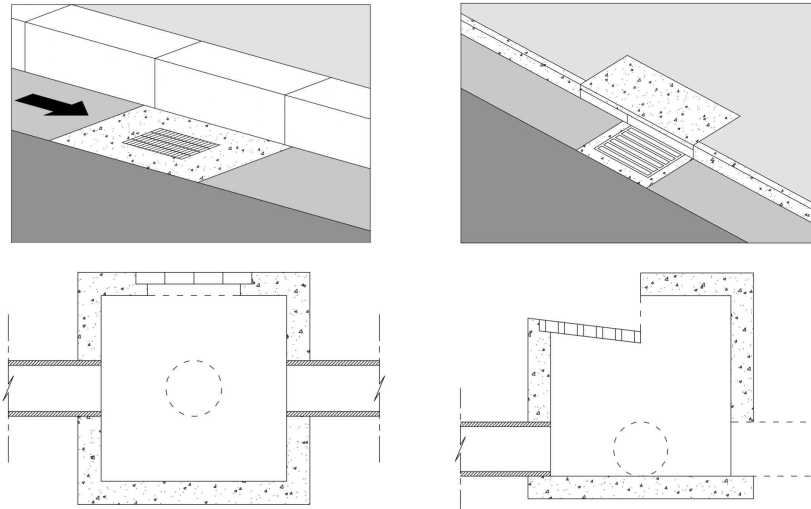
<그림 5.4.7> U형 측구

5.5 집수정

집수정은 종배수관이 연결되는 곳, 종배수관의 단면이 변화하는 곳, 그리고 종단경사의 가장 낮은 위치 등에 설치하며, 집수정은 노면수를 관거 또는 집수정으로 연결시켜주는 유입부에 설치한다.

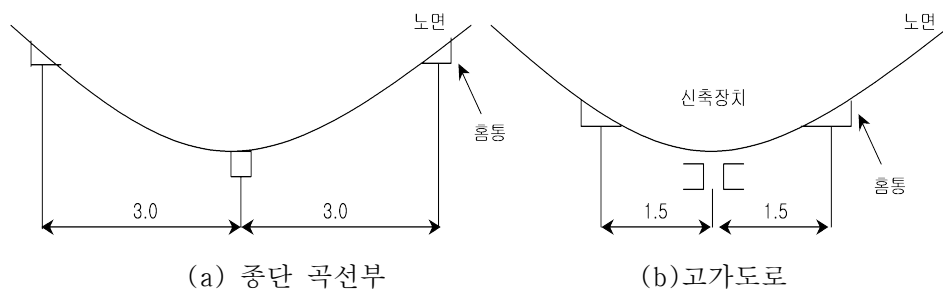
【해 설】

- 집수정은 선배수 시설 등과 같이 사용하여 교차로 등 우수가 모이기 쉬운 지역의 우수를 배제 시킨다.
- 나뭇가지, 토사퇴적 등 이물질은 도로 배수시설의 막힘, 침수, 손상에 영향을 미칠 수 있으므로, 집중호우 시 도로 침수를 방지하기 위하여 환경부의 도시침수지도를 검토하여 집수정의 위치를 파란색으로 경계석에 표시하거나 침수시에도 확인할 수 있는 봉과 같은 형태로 표시할 수 있다.
- 우수받이는 노면수를 관거 또는 집수정으로 연결시켜주는 유입부에 설치되며, 보도와 차도 구분이 있는 경우는 그 경계로 하고, 구분이 없는 경우는 도로와 사유지의 경계에 설치한다.
- 급경사지와 같이 우수 차집이 어려운 곳은 도로 전폭을 차집 할 수 있는 배수 구조물을 설치하도록 하여 저지대로의 우수유출을 최대한 억제해야 하며, 토사 및 낙엽 등 유입구의 통수능력을 저하시키는 이물질이 예상되는 곳은 집수정과 우수받이 유입구의 막힘 현상을 고려하여 <그림 5.5.1>과 같이 다양한 형태의 유입구 형상, 크기 및 덮개를 결정한다.



<그림 5.5.1> 집수정 유입구 사례

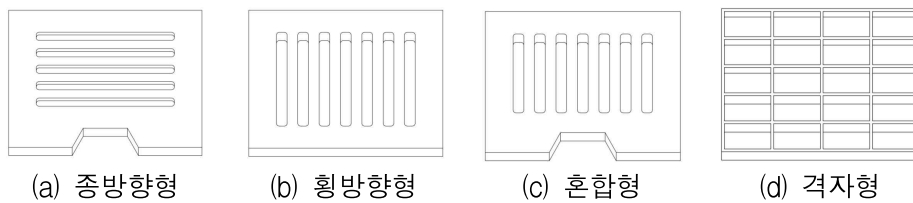
- 우수받이는 일반적으로 내폭 30~50cm, 깊이 80~100cm 정도로 하며, 우수의 유입량에 따라 크기를 선정하나 도로가 5% 이상의 급경사인 장소나 교차로, 광장 등에는 낙수공의 면적이 큰 우수받이를 사용하고, 연결부 저부로부터 토사의 유입량에 따라 15cm 이상의 깊이로 토사받이를 설치한다.
- 도로 종단 곡선부 구간은 그림(a)와 같이 곡부의 최저부에 반드시 1개소 이상의 우수받이를 설치하고, 그 전후 3~5m 떨어져 1개소씩 설치하며, 고가도로에서 종단 곡선부의 중심이 신축이음으로 되어 있는 경우는 그림(b)와 같은 횡목 구조에 따르지만 곡선부의 중심에서 1.5m 정도 떨어진 양측에 우수받이를 설치한다.



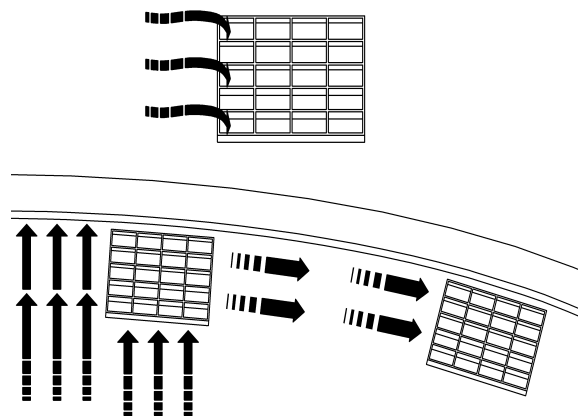
<그림 5.5.2> 종단 곡선부와 고가도로의 우수받이 배치 (단위:m)

가. 집수정 덮개

- 집수정 등의 덮개는 배수능력이 큰 것이어야 하며 동시에 자동차 하중 등의 외력에 견딜수 있도록 강재, 주철재(덕타일주철재 포함), 철근콘크리트재, 그 외의 견고하고 내구성이 있는 재질로 한다.
- 토사, 낙엽, 쓰레기 등 이물질이 집수정 위에 쌓이는 것을 방지하고 청소 차량 또는 인력에 의한 청소를 쉽게 할 수 있는 시설을 설치 할 수 있다.
- 그레이트의 설치 방향에 따라 배수 효율이 달라지므로 그림과 같이 현장 여건을 반영하여 원활한 배수가 이루어지도록 설치한다.



<그림 5.5.3> 집수정의 덮개 종류



<그림 5.5.4> 스틸 그레이트 설치방향

II 지방지역 도로배수시설

● 스틸 그레이트의 재료

- 스틸그레이트는 철강제품에 아연도금을 한 것으로, 『도로공사 표준시방서』의 재료가 기준을 만족하여야 한다.
- L형 측구 및 중분대 집수정에 설치하는 스틸 그레이트 덮개는 후륜일축하중 8,000 kgf 에 견딜 수 있어야 하며, U형 측구용 스틸 그레이트 덮개는 13.4 kgf/판 이상의 강도를 가지고 있어야 한다.

<표 5.5.1> 스틸 그레이트 종별 기준

종 별	총중량 (ton)	후륜일축하중 (kgf)	충격을 고려한 하중 (kgf)	차량접지면적 Acm × Bcm
T = 20	20	8,000	11,200	20×50
T = 14	14	5,600	7,840	20×50
T = 6	6	2,400	3,360	20×24
T = 2	2	800	1,120	20×16

나. 집수정 설치 간격

- 집수정 및 우수받이의 설치 간격은 노면 배수시설 전체에 대한 수리계산 결과에 따라 설치하며, 시공성 및 관리를 고려할 때 최소 5m 이상, 최대 30m 이하로 한다. 단, 침수기록지역, 상습침수지역 등 저지대 도로부에 대해서는 수리계산 결과를 토대로 집수된 우수가 신속히 처리될 수 있도록 집수정 및 우수받이 간격을 좁게 설치할 수 있다.
- 도로에 사용되는 집수정과 우수받이의 덮개 및 유입구는 형상에 따라 배수효율이 다르므로, 설치간격을 결정할 때 이를 반영하여 계산하며, 기본식은 다음과 같다. 단, 선배수 시설 등이 포함된 경우는 별도 수리계산을 한다.
- 계곡부를 통과하는 도로에서 토석류가 예상되는 경우, 인력 장비 등 굴착 복구가 가능한 집수정의 규모를 검토한다.

(1) 도로 노면 배수만 고려하는 경우

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q \times \gamma}{C_{\text{도로}} \times I \times W} \quad (5.5.1)$$

여기서, S : 집수정 및 우수받이 간격

$C_{\text{도로}}$: 도로의 유출계수

I : 설계 강우강도(mm/hr)

W : 도로의 집수폭(m)

γ : 유입부 배수효율(0~1.0, 덮개가 없는 경우 1.0)

Q : 배수 용량(m³/sec)

(2) 인접지에서 유출된 노면수가 도로로 유입되는 경우

$$S = \frac{Q \times \gamma}{q} = \frac{Q \times \gamma}{q_{\text{도로}} + q_{\text{인접지유입량}}} \quad (5.5.2)$$

여기서, q : 총 유입량

Q : 배수용량(m³/sec)

$q_{\text{도로}}$: 도로부 유출량($= \frac{1}{3.6 \times 10^6} CIW$)

$q_{\text{인접지유입량}}$: 인접지 유입량

γ : 유입부 배수효율(0~1.0, 덮개가 없는 경우 1.0)

5.6 쌓기 구간의 길어깨 배수

5.6.1 다이크

다이크는 노면에 내린 우수가 쌓기 비탈면으로 흘러 비탈면이 유실되는 것을 방지하기 위하여 설치하며, 설계빈도는 10~20년을 적용한다. 단, 설계빈도는 지역적 여건을 고려하여 관계기관과 협의하여 적용할 수 있다.

【해 설】

- 길어깨 배수시설은 노면에 내린 우수가 쌓기 비탈면으로 흘러들어 비탈면이 유실되는 것을 방지하기 위하여 설치한다.
- 길어깨를 통수단면으로 사용할 경우 통수폭은 원칙적으로 연석으로부터 포장끝선(측대)까지로 하며, 도시부 등에서 길어깨를 축소하거나 생략한 경우 측대도 통수폭으로 포함시킬 수 있다. 일반적으로 길어깨 폭이 좁은 도로나 시가지구간 등에는 L형 측구로 대체한다.
- 설계시 다이크 설치높이를 검토하고 다이크 끝부분은 배수구에 연결하며, 종단선형 조건에 따라 오목구간에는 T형(양방향집수형태), 일반구간에는 L형(일방향 집수형태)으로 계획한다. 다이크의 형식은 다음과 같다.

구 분	형 태	비 고
형 식 1		• 기계타설 • 쌓기부의 일반구간에 설치
형 식 2		• 기성제품 또는 현장제작 (Pre-cast) • 기계화시공이 어렵거나 설치연장이 짧아 경제성이 없는 곳에 설치

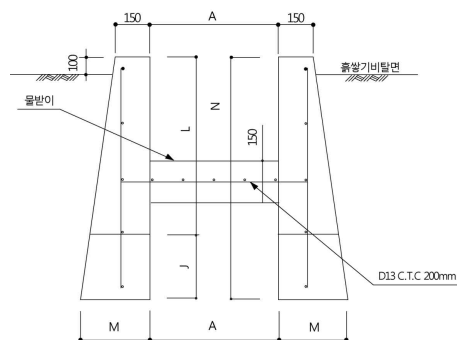
<그림 5.6.1> 다이크 형식

5.6.2 쌓기부 배수구

길어깨 또는 길어깨 측구로 흐르는 물을 배수하기 위하여 배수구를 설치하며, 설계빈도는 10~20년을 적용한다. 단, 설계빈도는 지역적 여건을 고려하여 관계기관과 협의하여 적용한다.

【해 설】

- 길어깨 또는 길어깨 측구로 흐르는 물을 배수하기 위하여 배수구를 설치한다. 흠쌓기부 배수구는 현장 타설로 함을 원칙으로 하며, 배수구의 주변은 콘크리트로 보호한다.
- 배수구는 유량이 길어깨 또는 길어깨 측구의 허용통수량과 같게 되는 곳, 길어깨 또는 길어깨 측구의 가장 심한 요철부, 교량 고가구간 및 연약지반, 높은 흠쌓기 구간에서 장기 성토 침하에 의해 길어깨 배수에 지장을 준다고 예상되는 곳에 설치한다. 설계시에는 지형, 비탈면의 상태, 연결되는 배수시설을 고려해서 가장 효과적인 위치에 배수구를 설치한다.
- 배수와 용수를 위한 배수구는 관의 규격에 따라 $H=0.3\sim0.6\text{m}$ 로 하며, 노면 배수용 배수구는 $H=0.35\text{m}$ 로 하여 견고한 구조물이 되도록 한다. 인터체인지 구간(녹지대 측면부 제외), 도시지역 시가지 통과 구간은 미관을 고려하여 지중 매설관($\phi 300\text{mm}$ 이상)으로 설치한다.



<그림 5.6.2> 흠쌓기부 배수구 단면

5.6.3 쌓기부 종배수구 간격 결정

종배수구의 간격은 30~100m 로 하며, 곡선부 외측으로 길어깨의 물만을 배제할 경우 최대 200m 를 적용한다. 단, 계곡부의 우수를 처리하기 위하여 종배수구의 간격을 조정할 수 있다.

【해 설】

- 쌓기 배수구의 간격은 30~100m 로 하며, 수리 계산에서 30m 이하인 경우 인근 배수구의 규격을 키우거나 길어깨 측구 등에 별도의 대책을 강구한다.
- 쌓기부 배수구의 간격은 아래 식으로 산정하며 쌓기부 배수구 간격 결정을 위한 집수폭 개념도는 그림과 같다.

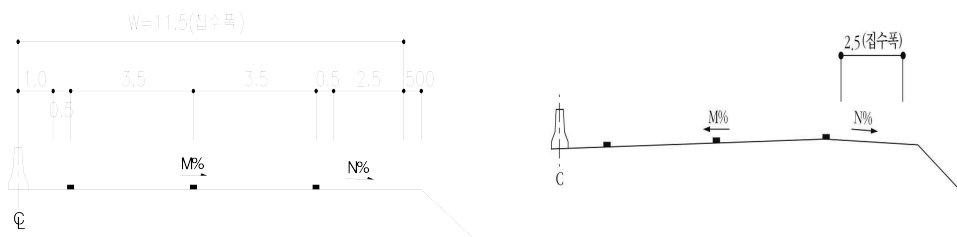
$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q}{C \times I \times W}$$

여기서, S : 흙쌓기부 종배수구의 간격(m)

Q : 길어깨(또는 측구)의 허용 통수량(m^3/sec),

(마닝공식으로 계산한 최대 통수량의 80%)

C : 유출계수 I : 설계강우강도(mm/hr) W : 집수폭(m)



(a) 곡선 내측구간 및 직선구간

(b) 곡선 외측구간

<그림 5.6.3> 흙쌓기부 배수구 간격 결정을 위한 집수폭 개념도(편도 2차로)

5.7 깎기 구간의 길어깨 배수

깎기 구간의 길어깨 배수는 도로의 종단경사, 횡단경사와 집수폭을 고려한 노면수의 유출량과 측구의 배수용량을 비교하여 집수정 간격을 결정한다.

【해 설】

- 집수정의 우수는 측구 하부의 종배수관 또는 횡배수관을 설치하여 배수시키며 배수관의 관경은 수리 계산을 통해 결정한다.
- 깎기구간의 길어깨 배수는 L형 또는 U형(뚜껑있는 형식) 등 측구가 있으며, 교통안전과 유량이 많은 곳을 고려하여 적합한 것을 설치한다.

5.7.1 깎기부 집수정 설치위치 결정

깎기부 초기 집수정 설치위치 결정은 집수면적으로 한다.

【해 설】

- 기존의 방법은 비탈면(절개부, W_2)의 높이가 거의 같다고 가정하고 집수구역을 직사각형으로 가정하여 계산하였다. 그러나 실제로 비탈면의 높이가 땅깎기부에서 거의 같지 않으므로 직사각형으로 가정하여 초기 집수정의 설치위치를 결정할 수 없으므로, 집수면적으로 결정한다.
- 최대 통수량(Q)은 만닝공식을 적용하고 설계유량(Q_d)은 합리식($CIA / (3.6 \times 10^6)$)으로 산출하여 $Q_d = Q$ 가 되는 지점을 구한다. 따라서 초기 집수정 설치위치는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q = 0.2778 \times 10^6 \times I \times (C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2)$$

Ⅱ 지방지역 도로배수시설

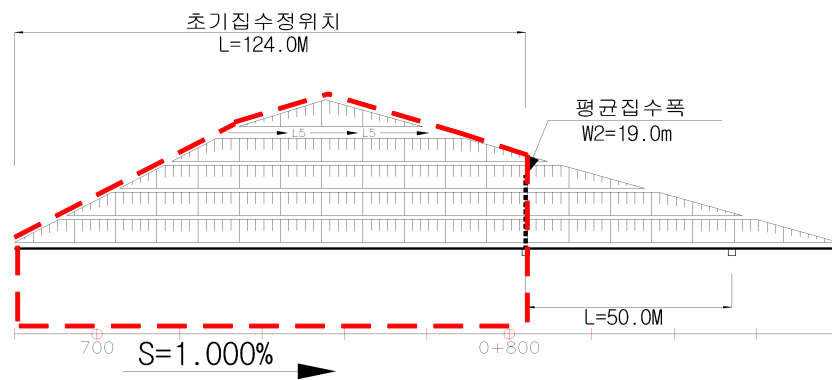
여기서, C_1, C_2 : 유출계수, C_1 (포장부)=0.9, C_2 (절개부)=0.8

I : 설계강우강도 (mm/hr)

Q : 길어깨에 집수되는 총유량 (m^3/sec)

A_1, A_2 : 유역면적 (m^2), A_1 (포장부), A_2 (절개부)

W_1, W_2 : 집수폭(m), W_1 (포장부), W_2 (절개부)

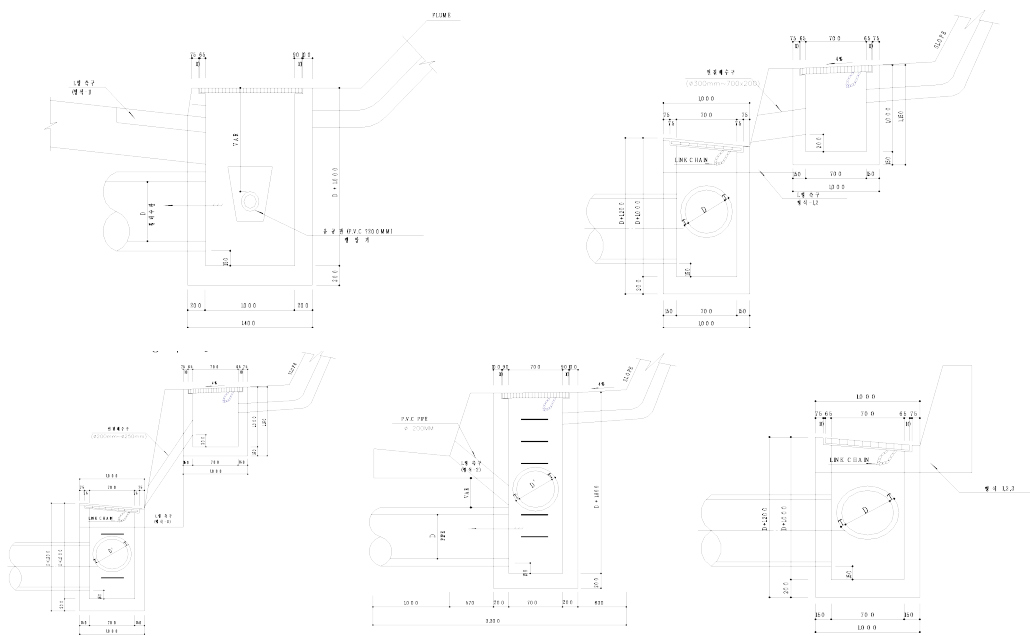


5.7.2 깎기부 집수정

깎기부 집수정은 길어깨에 흐르는 우수를 배제할 목적으로 설치한다.

【해 설】

- 집수정은 유량이 길어깨의 허용 통수량과 같게 되는 곳, 깎기부의 비탈면 배수구 또는 종배수관과 연결되는 곳과 지하 배수관 또는 종배수관의 단면이 변화하는 곳, 그리고 종단경사의 가장 낮은 위치 등에 설치한다.
- 집수정은 설치위치, 접속 배수시설의 관계에 따라 적합한 형식으로 계획하며 일반적인 집수정의 형태는 다음과 같다.



<그림 5.7.1> 깎기부 집수정 종류

5.7.3 집수정 간격

집수정 간격은 청소와 관리를 고려할 때 최대 30m 정도, 시공성을 고려할 때 최소 5m 정도로 한다.

【해 설】

- 대규모 깎기 구간이 연속될 경우, L형 측구만으로 노면 및 법면수 배수량을 감당하기 어려운 경우, 깎기부의 비탈면 종배수구 또는 종단배수관과 연결되는 곳, 지하배수관 또는 종단배수관의 단면이 변화하는 곳, 종단상 최저 오목부의 L형 측구 상단 및 하단에 설치한다.
- 깎기구간 길어깨에 설치되는 집수정의 간격은 식(5.4.1)에 의해 결정한다. 단, 계산결과 집수정 간격이 최소값 이하인 경우 길어깨에 설치된 측구의 형태를 재검토한다. 또한 우수의 흐름이 모이는 오목한 부분에 집수정을 설치 할 수 있다.
- 집수정의 간격은 청소와 관리를 고려할 때 최대 50m 정도, 시공성을 고려할 때 최소 5m 정도가 바람직하나, 계산결과 집수정 간격이 최소값 이하인 경우 길어깨에 설치된 측구의 형태를 재검토한다.
- 우수의 흐름으로 물이 한 곳으로 모이는 오목한 부분에 집수정을 설치한다.

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q}{I (C_1 W_1 + C_2 W_2)} \quad (5.7.1)$$

여기서, S : 집수정 간격(m),

W_1 : 집수폭 (포장부)

I : 설계강우강도(mm/hr),

W_2 : 집수폭 (절개부)

C_1 : 유출계수(포장부 0.9),

Q : 허용통수량(m³/sec)

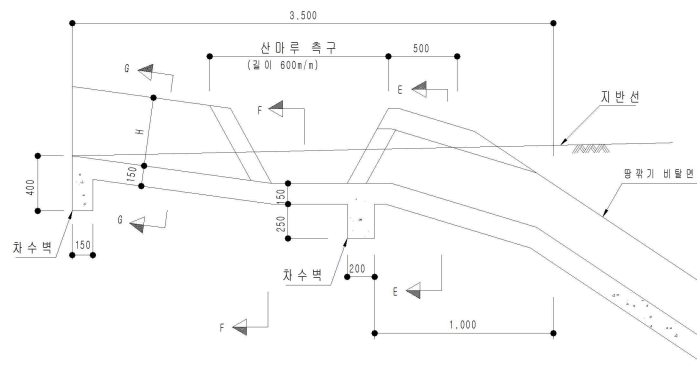
C_2 : 유출계수(<표 4.3.1> 참조)

5.7.4 깎기부 배수구

깎기부 배수구는 산마루 측구 및 소단측구에 흐르는 물을 배수하기 위해 설치하며, 설계빈도는 10~20년을 적용한다.

【해 설】

- 깎기부 배수구는 산마루 측구 및 소단측구에 흐르는 물을 배수하기 위해 설치한다.
- 소단 연장이 100m 이하의 산마루 측구를 설치하며 소단 연장이 100m 이상은 유량 계산에 의해 배수구의 위치를 결정하나 최대 간격은 100m 를 한도로 하며, 현지 여건에 따라 소단 배수로 형태를 조정하여 적용한다.
- 배수구는 현장 타설 또는 기성 콘크리트 제품으로 시공하며, 배수구가 다른 수로와 합류하는 곳과 흐름의 방향이나 경사가 갑자기 변하는 곳은 원칙적으로 집수정을 설치한다.



<그림 5.7.2> 깎기부 배수구

5.7.5 종배수관 및 횡배수관

종배수관의 최소규격은 450mm 이상을 적용하며, 횡배수관은 최소 1,000mm 이상을 적용한다. 다만, 지형 및 지역여건을 고려하여 부득이한 경우 800mm 이상으로 한다.

【해 설】

- 종방향으로 설치하는 종배수관의 규격은 도로의 등급과 폭원에 따라 노면수 처리에 충분한 규격으로 결정하며, 최소규격은 450mm 이상을 적용한다.
- 횡배수관은 관리의 편의를 위해 최소 1,000mm 이상을 적용하며, 지형 및 지역여건과 도로의 중요도 등을 부득이한 경우에는 800mm 이상으로 한다.
- 깎기부는 비탈면의 길어깨에 흐르는 우수를 배제할 목적으로 집수정을 설치한다. 집수정은 유량이 길어깨의 허용통수량과 같게 되는 곳, 깎기부의 비탈면 배수구 또는 종단배수관과 연결되는 곳, 지하 배수관 또는 종단배수관의 단면이 변화하는 곳 그리고 종단경사의 가장 낮은 위치 등에 설치한다.

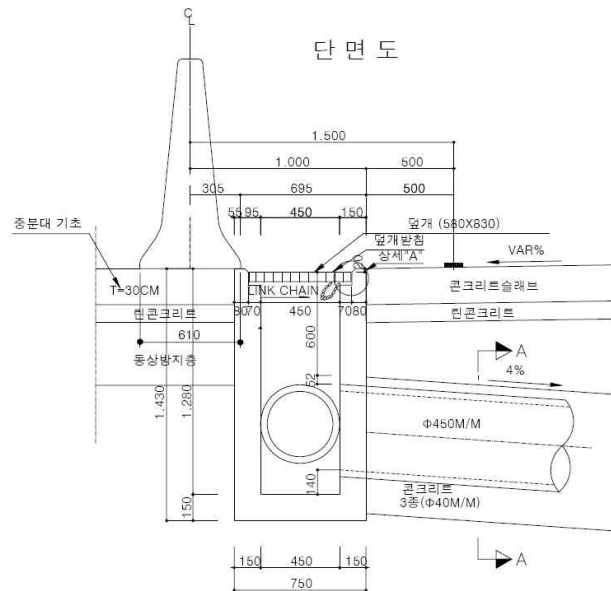
5.8 중앙분리대의 배수

중앙분리대 배수는 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면으로부터 유입되는 우수를 배제한다.

【해 설】

- 중앙분리대 배수시설은 곡선구간에서 본선 노면수를 배수하기 위해 설치한다. 설치 위치는 중앙분리대측에 집수정을 설치하고 외부로 배수한다.
- 중앙분리대가 설치된 도로의 곡선부는 노면수가 중앙분리대로 집수되어 흐르므로 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면수를 배수한다.
- 침전물이 배수관으로 유입되는 것을 방지하기 위해 집수정 저부에서 15cm 이상의 위치에 배수관을 위치한다.

- 중앙분리대 배수는 도로의 종단경사, 횡단경사, 집수폭을 고려한 노면수의 유출량과 측대와 중앙분리대로 형성되는 사다리형 수로의 배수용량을 비교하여 집수정 간격을 결정하고 종배수관으로 배수할 수 있는 최대길이를 산정한다.



<그림 5.8.1> 중앙분리대 배수시설 (예시)

5.8.1 중앙분리대의 집수정 간격

중앙분리대의 집수정 간격은 최대 30m, 최소 5m 이내로 배치한다. 중앙분리대의 집수정의 설계빈도는 10~20년을 적용한다. 단, 설계빈도는 지역적 여건을 고려하여 관계기관과 협의하여 적용한다.

【해 설】

- 중앙분리대의 집수정 간격은 식으로 구하며, 최대 30m, 최소 5m 이내로 되도록 등간격으로 배치한다. 동일구간에서 집수정의 간격을 달리할 경우 설치간격이 너무 크게 변화하지 않도록 한다.

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q \times \alpha}{C \times I \times W} \quad (5.8.1)$$

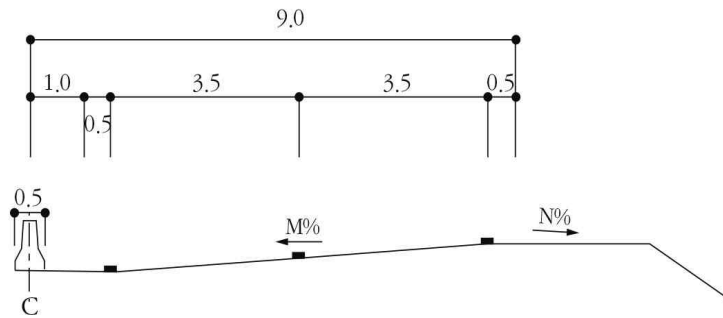
여기서, S: 집수정 간격(m)

C: 유출계수(0.9)

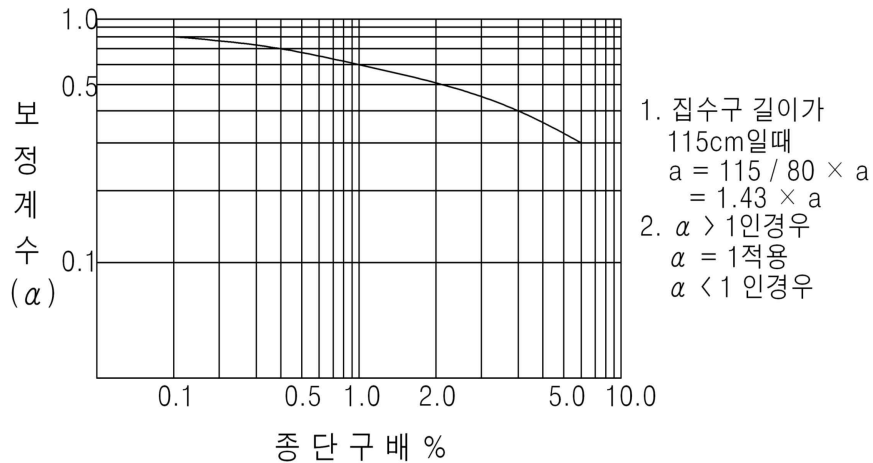
I: 평균강우강도(mm/hr)

Q: 최대의 배수용량(m³/sec)

W: 집수폭(m) <그림 5.8.1> 참조 α: 보정계수 그림참조



<그림 5.8.2> 중앙분리대 집수정 간격 결정을 위한 집수폭 개념도(편도 2차로)



<그림 5.8.3> 중앙분리대 집수정 간격의 보정계수 (방호벽형 중앙분리대)

5.8.2 종배수관 및 횡배수관

중앙분리대 종배수관의 규격은 450mm 를 적용하며, 횡배수관은 포장층내에 위치하는 경우가 많으므로 콘크리트로 보강하고 최소 450mm 이상을 적용한다.

【해 설】

- 중앙분리대의 폭은 협소하므로 큰 규격의 배수관 설치가 곤란하다. 중앙분리대 횡배수관의 유출구는 배수구 또는 방수거에 연결하여야 한다. 깎기구간의 집수정과 같이 유출구가 제한적인 배수계통에 연결하는 것은 부득이한 경우에 한하여 연결 집수정의 수위이상으로 횡배수관을 접속시킨다.
- 종배수관의 최대연장은 청소 및 관막힘을 고려하여 300~500m로 제한하여 횡배수 처리한다.

5.9 선배수시설의 설계

선배수 시설은 도로 노면수를 연속적으로 배제시키기 위해 길어깨 부분에 연속하여 설치하는 시설을 말하며, 배수효율이 높아 교차로 등의 주요부에 설치한다.

【해 설】

가. 선배수

- 노면배수는 일반적으로 도로에 설치되는 길어깨를 통수단면으로 하여, 집수정과 종배수관 또는 집수거와 배수구를 통해 노면수를 배수시키는 점배수 형태이다.
- 집수정의 그레이팅의 효율과 길어깨의 통수단면 부족 등으로 배수 효율이 떨어지는 구간은 선배수 시설을 설치하여 배수 효율을 높일 수 있다.

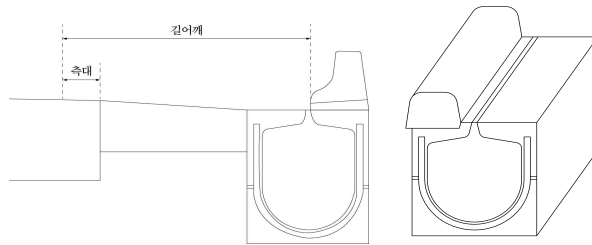
나. 선배수 구조물

- 선배수시설은 여러가지 형태로 설치될 수 있으며, 강우량이 많은 도로구간에는 측구 대신 설치가 가능하고, 개거와 같은 형태의 구조물을 이용함으로써 배수 효율을 높인다.

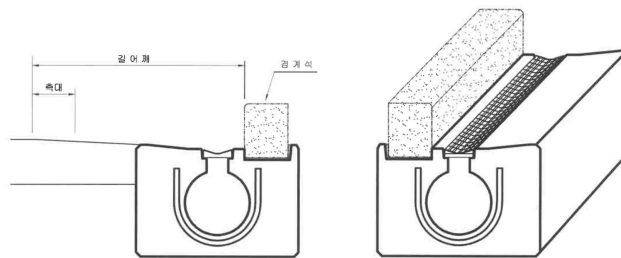


<그림 5.9.1> 선배수개념도

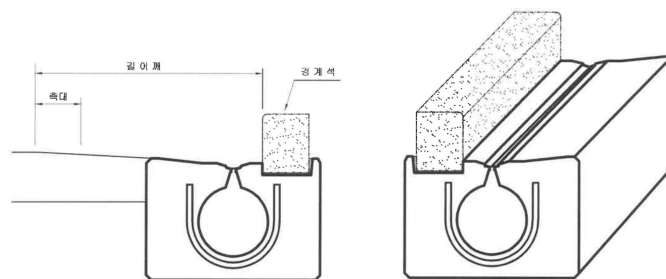
- 도로의 선배수 시설은 용도, 규모, 기능 등을 고려하여 일반적인 도로, 편경사 구간, 교차로, 지하차도, 교량, 주차장, 휴게소 등 우수가 집중되는 지역의 도로에 적용하여 배수 효율을 높일 수 있다.



(a) U형 선배수 시설



(b) 원형 그레이팅 선배수 시설



(c) 원형 선배수 시설

<그림 5.9.2> 도로의 선배수시설(예시)

5.10 도로 인접부의 배수

측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 위해 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다.

【해 설】

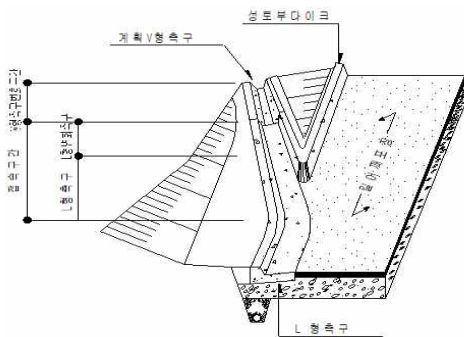
- 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위해 도로를 횡단하는 배수관은 최소직경 1,000mm 이상을 적용한다. 단, 지형 및 지역 여건을 고려하여 부득이한 경우 800mm 이상으로 한다.
- 도로 인접 지역의 배수설계시 현지 조사를 통하여 배수로의 유출구가 경작지 등으로 연결되는 경우 또는 하수도나 하천으로 연결되는 경우는 배수로의 관리주체와 협의를 하여 다른 시설에 지장이 없도록 구조를 결정한다.
- 측도 및 도로 인접지의 배수시설은 지형 및 지역특성을 고려한다.
- 인터체인지 주변 등에서 관의 길이가 길어질 경우나 토사가 퇴적하기 쉬운 장소는 최소관경 기준이나 계산된 관경에 관계없이 관의 지름이 큰 것을 사용한다. 또한, 유입부의 유속은 3m/sec 이내가 되도록 적절한 처리를 한 후 관거에 유입하도록 한다.
- 굴곡된 자연 하천이나 여러 개의 지선 하천이 본 노선과 수회에 걸쳐 교차하여 다수의 구조물을 설치해야 하는 경우는 하천에 체류현상이 생겨 역류, 세굴 또는 침전이 발생하므로, 비경제적, 비효율적인 설계가 되며 이러한 경우 수로의 이설을 고려한다.
- 녹지대는 도로의 경관미를 제공하는 것이기 때문에 떼측구를 사용하여 녹지의 연속성을 유지하되, 부득이 유량이 많은 곳은 U형 측구를 사용한다.
- 기존 도로와 병행하여 신설되는 구간 중 신설구조물과의 사이에 기존 수로의 일정부분을 과업 범위에 포함하여 개수한다.

5.11 배수구조물 접합부 처리

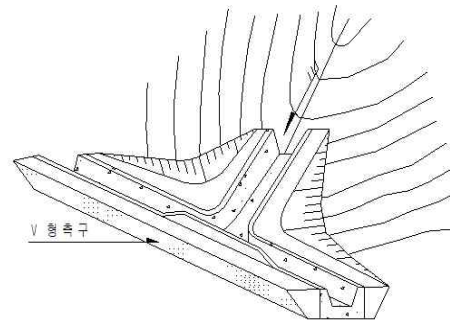
배수구조물의 접합부 처리는 현장 여건을 고려하여 배수구조물간 접속부를 접속 처리한다.

【해 설】

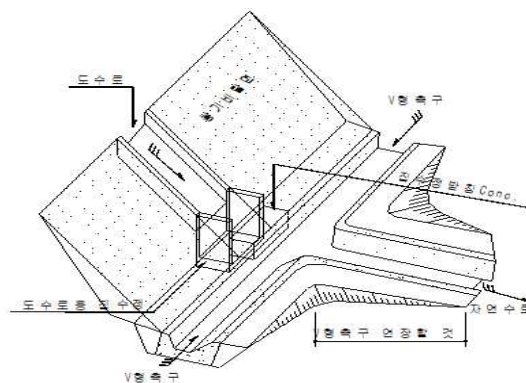
- 배수구조물의 접합부 시공여부에 따라 통수능의 차이가 발생할 수 있다. 배수구조물 선형이 곡선으로 유로가 급하게 변환하는 경우, 월류 방지를 위해 외측 벽체부 등의 높이를 증가시켜 시공한다.
- 배수구조물간의 접합부 처리 예시는 <그림 5.11.1>~<그림 5.11.4>와 같다.



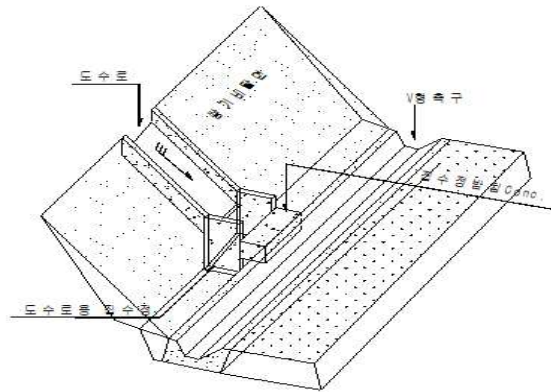
<그림 5.11.1> L형측구와 V형 측구 접합



<그림 5.11.2> 계곡부 V형 측구 접합



<그림 5.11.3> 쌓기부 배수구와 V형 측구 접합(자연수로가 있는 경우)



<그림 5.11.4> 쌓기부 배수구와 V형측구 접합

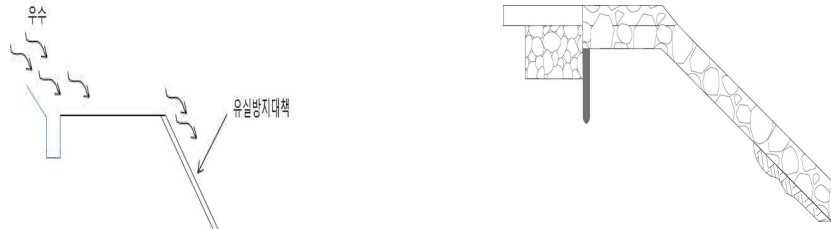
5.12 기타 도로 배수시설

5.12.1 월류도로

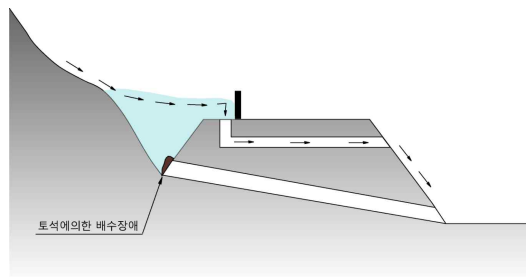
산지부 및 하천 주변의 도로는 월류에 의하여 도로가 유실되는 것을 방지하기 위하여 성토비탈면에 침식방지 대책을 수립한다

【해 설】

- 집중호우시 하천에 접한 도로는 쌓기 비탈면이 세굴되거나 월류되어 도로가 유실되고, 산지 계곡부에 위치한 도로는 도로 횡단 배수구조물의 단면부족으로 인하여 월류되어 도로가 유실된다.
- 비탈면에서 발생하는 월류수가 도로에 유입하는 경우 중앙분리대에 집수정과 성토하부에 횡단 배수시설을 설치하여 도로의 차단을 방지할 수 있다.
- 월류수에 의한 도로성토면의 유실을 방지하도록 보호공을 설치한다.
- 2+1차로 도로는 방향별로 추월차로를 교대로 제공하여 추월수요 해소를 통한 지체 감소와 정면 충돌사고를 줄일수 있는 3차로 도로로, 배수시설은 차로확장에 따른 종횡단 경사와 우수의 흐름을 고려하여 배수시설을 설치한다.



<그림 5.12.1> 월류에 의한 도로 성토면 유실방지 대책



<그림 5.12.2> 중앙분리대에 통과집수정
설치사례

5.12.2 자전거 도로의 배수

자전거 도로는 노면에 물이 고이지 않도록 횡단경사 2.0% 이하를 표준으로 하고, 배수를 위하여 설치하는 그레이트는 자전거 바퀴가 틈새에 끼이지 않도록 그레이트 간격이 좁은 것을 사용한다.

【해 설】

- 노면의 배수를 양호하게 하기 위하여 횡단경사는 1.5~2.0%가 적당하지만, 노면 배수가 중요한 장소에서는 횡단경사를 3.0% 이상을 적용할 수 있다. 단, 일반적으로 4% 이상의 횡단경사는 자전거 및 보행자의 통행에 불편하고, 미끄러지기 쉬우므로 적절하지 않다.

Ⅱ 지방지역 도로배수시설

- 자전거 도로는 주변여건을 고려하여 집수정 등의 배수시설을 설치하며, 포장 측면에 자전거 운행에 장애를 주지 않으며, 우수 등을 배재할 능력이 있는 경우에는 하부의 배수시설을 생략할 수 있다.
- 그레이트는 통수단면 확보, 차량 하중 및 이물질 거름 등으로 그레이트의 간격을 조정하지만, 자전거 도로 주변에 설치하는 그레이트는 자전거 주행방향을 고려하여 자전거 바퀴가 틈새에 끼지 않도록 설계한다.

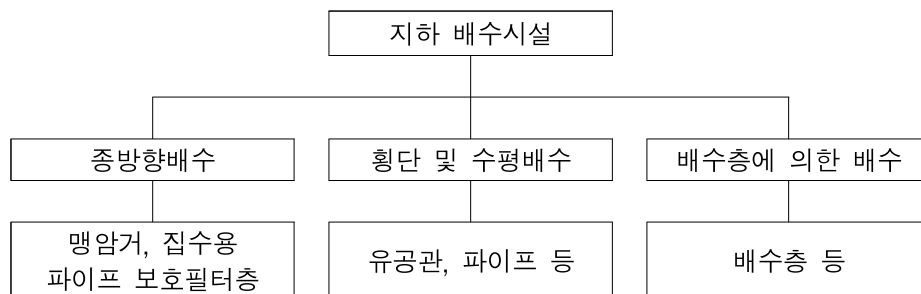
제 6 장 지하 배수

6.1 일반사항

지하 배수시설은 지하수위를 저하시켜 포장체의 지지력을 확보하고, 도로에 근접하는 비탈면, 옹벽 등의 손상을 방지하기 위해 설치한다. 지하 배수 시설은 종방향배수, 횡단 및 수평배수, 배수층에 의한 배수로 구분한다.

【해 설】

- 지하 배수시설은 불투수층 상부에서 침투수의 차단, 지하수위 억제, 다른 배수시설로부터 유입되는 우수의 집수 기능을 한다.



<그림 6.1.1> 지하 배수시설의 분류

6.2. 지하 배수의 수리

6.2.1 지하 배수시설의 조사

지하 배수시설의 조사는 유수 영역의 지형적 특성, 재료의 특성, 기상자료 등을 조사한다.

【해 설】

가. 유수 영역의 지형특성

- 유수영역의 자료는 도로설계 자료와 도로하부의 지형조건이 포함되며 가장 기본적인 설계자료가 된다.
- 도로설계 자료는 종단경사, 횡단경사(편경사), 포장, 길어깨 폭 및 기층 보조기층, 동상방지층 재료, 땅깍기·흙쌓기 높이, 땅깍기·흙쌓기 비탈면 경사, 측구 및 노면 배수와 관련된 사항들은 지하수의 유선장과 유로방향, 유량등을 판단하는 기초자료가 되며, 도로하부의 지형조건을 파악하면 유사지역의 사례로부터 지하 배수처리 여부를 예측할 수 있다.
- 지하 배수상태를 조사 할 경우 우기 또는 우기 직후의 현장조사가 매우 효과적이며, 건기에 알 수 없는 용출, 간헐적인 침투에 대한 자료를 수집할 수 있다. 또한 식물 성장 환경으로부터 토사와 지하수에 대한 자료를 얻을 수 있다.

나. 재료의 특성

- 지하 배수에 영향을 미치는 재료의 특성으로는 입자의 크기, 소성특성(Atterberg한계), 토사분류(구분) 등이며, 유수 영역내의 자연토와 사용재료(포장재, 배수용 필터 등)에 대한 입도분석을 수행하여 자료를 수집한다.
- 입도분포 분석으로부터 세립토사의 유실 또는 파이핑 방지용 보호필터층 필요조건을 예측할 수 있으며, 입도분포에 따른 소성한계로부터 흙의 거동특성과 흙의 분류가 가능하다.

- 재료 및 원지반의 수리학적 특성은 지하 배수량과 배수시설을 결정할 기초자료로서 특성을 나타내는 대표적인 인자는 투수계수, 유효간극율, 재료의 동결에 대한 민감성 등이다.
- 지하 배수시설의 설계는 지하수위와 투수계수로 결정한다. 지하수위는 보링에 의한 조사를 하거나 보링에 의한 조사를 할 수 없을 경우 근처 가정용 우물을 이용하여 우물을 사용하기 전 지하수위를 조사할 수 있다.
- 지하 배수시설의 위치(깊이)와 유량은 투수계수를 측정하여 결정한다. 실내·현장시험 등을 하지 않고 개략치를 추정할 필요가 있을 경우는 <표 6.2.2>를 참고한다.

<표 6.2.1> 흙의 투수계수 (Terzaghi & Peck)

대표적인 흙	투수계수 (cm/sec)	투 수 성
자갈이 섞인 흙	0.1 이상	투수성이 상당히 높다
모래, 세립 모래	$0.1 \sim 1 \times 10^{-3}$	투수성이 중간이다
모래질 로움 (loam)	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	투수성이 낮다
실 트 (silt)	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-7}$	투수성이 상당히 낮다
점 토 (clay)	1×10^{-7}	불투수성

다. 기상자료

- 강우량이 많은 지역은 지하수로 인하여 지반연약화 문제들이 발생할 수 있으며, 지하수위의 변동은 강우량과 상관관계를 갖는다. 포장체속으로 침투하는 침투량은 강우강도나 강우빈도보다 강우지속기간에 더 큰 영향을 받으며, 포장체의 균열과 직접적인 관계가 있다.
- 동상에 의한 포장파손을 막기 위해 설치한 차단 배수층 설계의 중요인자로서 동결심도는 매우 중요하며, 관련 자료를 참조하여 동결심도를 구한다.

6.2.2 지하 배수의 수리해석

지하 배수 설계시 배수관의 단위길이당 배수량은 불투수층의 경사가 큰 경우, 불투수층의 경사가 완만한 경우, 불투수층이 깊은 경우, 피압지하수에 의한 침투류가 있는 경우로 나누어 구한다.

【해 설】

가. 불투수층의 경사가 큰 경우

- 배수관의 단위길이 당 배수량은 식(6.2.1)로 구한다<그림 6.2.1>.

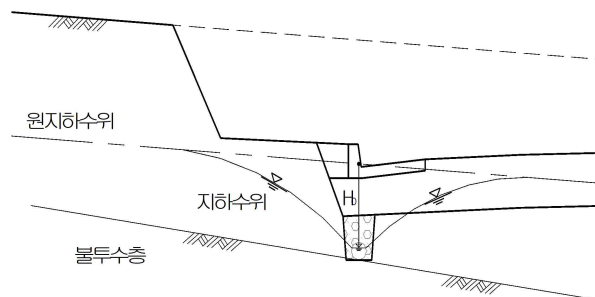
$$q = k \cdot i \cdot H_0 \quad (6.2.1)$$

여기서, q : 단위길이당 배수량($\text{cm}^3/\text{sec}/\text{m}$)

i : 불투수층 경사

k : 투수계수(cm/sec)

H_0 : 배수관 매설위치 부근의 지하수위 저하량(cm)



<그림 6.2.1> 불투수층의 경사가 큰 경우

나. 불투수층의 경사가 완만한 경우

- 배수관의 단위길이당 배수량은 식(6.2.2)에 의해 구한다(그림 6.2.2).

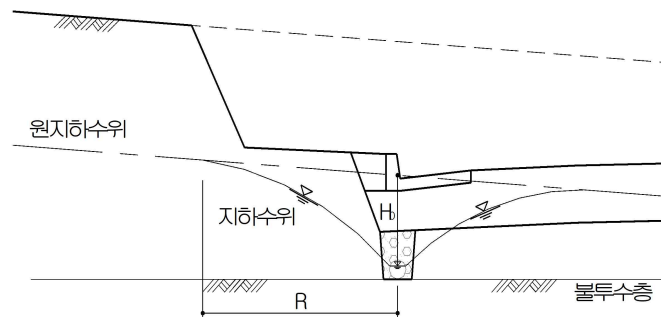
$$q = \frac{k(H_0 - h_0^2)}{2R} \quad (6.2.2)$$

여기서, H_0 : 배수전 지하수위(cm)

h_0 : 배수관 매설위치 지하수(cm)

R : 배수에 의해 지하수가 영향을 받는 수평거리(cm)

- 이때 R 은 일반적으로 투수계수, 수위저하량, 투수층의 두께와 넓이 등의 지역적인 조건의 영향을 받는다는 점에서 <표 6.2.1>의 값을 이용하여 개략적인 계산을 할 수 있다.



<그림 6.2.2> 불투수층 경사가 완만한 경우

<표 6.2.2> 배수에 의해 지하수가 영향을 받는 수평거리 R치

흙의 종류	영향수평거리
세립 모래	25 ~ 500m
중간 정도의 입자를 가진 모래	100 ~ 500m
조립 모래	500 ~ 1000m

다. 불투수층이 깊은 경우

- 투수층이 깊은 경우는 배수관의 단위길이 당 배수량 산정식은 다음과 같다<그림 6.2.3>.

$$q = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{2\ln\left[\frac{2R}{r_0}\right]} = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{4.6\log\left[\frac{2R}{r_0}\right]} \quad (6.2.3)$$

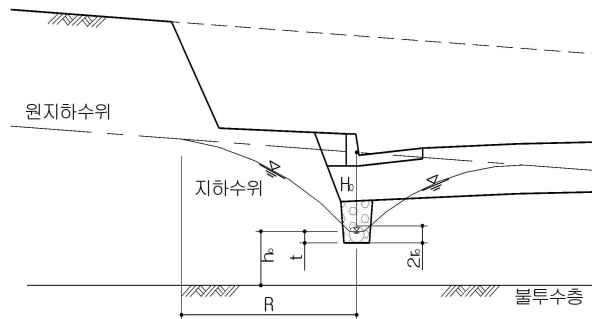
여기서, r_0 : 배수구 폭의 반 (cm)

q : 단위길이당 배수량($\text{cm}^3/\text{sec}/\text{m}$)

k : 투수계수(cm/sec)

H_0 : 배수관 매설위치 부근의 지하수위 저하량(cm)

R : 배수에 의해 지하수가 영향을 받는 수평거리(cm)



<그림 6.2.3> 불투수층이 깊은 경우

라. 피압지하수에 의한 침투류가 있는 경우

- 심부에서 침투류를 배수시킬 경우는 지반을 포함한 도로의 단면도에 유선망을 그리고 다음 식에 의해 배수량을 구한다(그림 6.2.4).

$$Q = k \cdot H_0 \left[\frac{N_f}{N_p} \right] \quad (6.2.4)$$

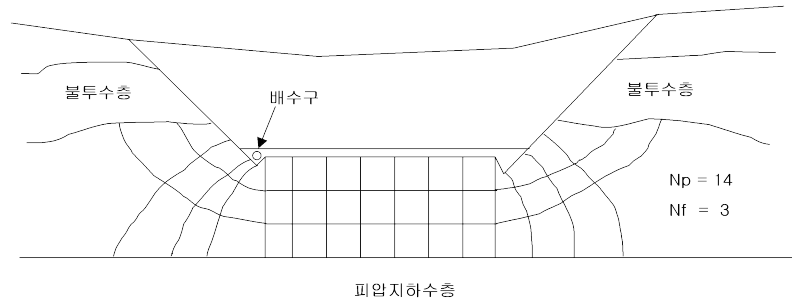
여기서, Q : 단위길이당 전배수량(cm^3/sec)

H_0 : 전수두(cm)

N_f : 유선에 둘러싸인 유로의 수

N_p : 등포텐셜선에 둘러싸인 대상부 수

- 또한, 도로의 양측에 2개의 배수구를 설치할 경우 배수관 1개의 단위길이당 배수량은 Q 를 $q = \frac{1}{2} \cdot Q$ 로 한다(그림 6.2.5).



<그림 6.2.4> 유선망의 예

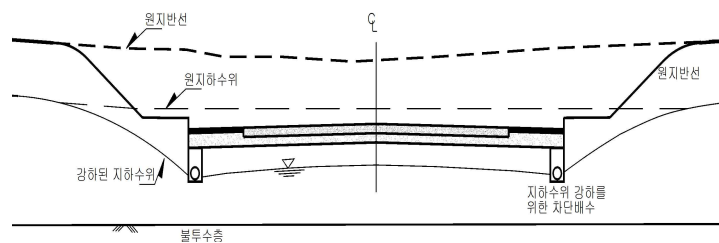
6.3 지하 배수시설의 종류

6.3.1 종방향 배수시설

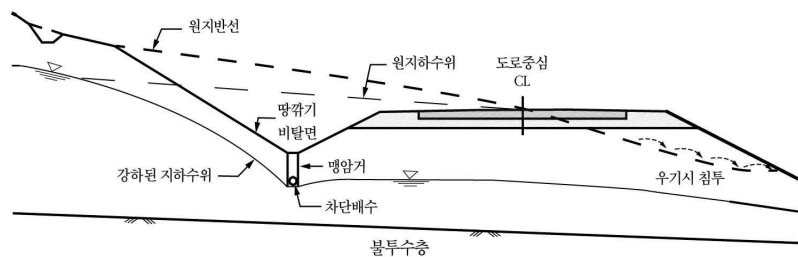
종방향 배수시설은 노선을 따라 종단방향으로 설치되는 맨암거 및 집수용 파이프, 보호필터층을 포함한다.

【해설】

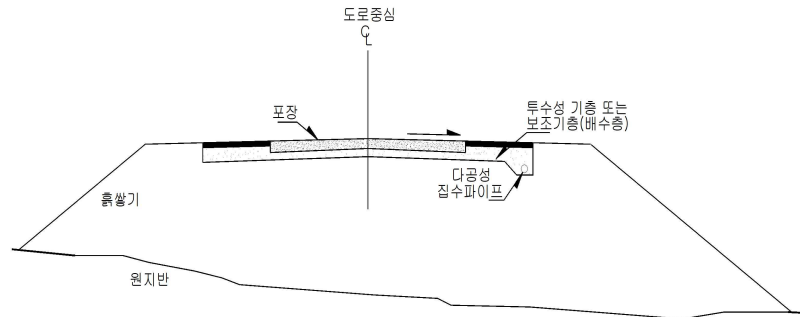
- 종방향 배수시설은 도로중심선과 평행하게 종단방향으로 설치되는 배수시설로 적당한 깊이나 규격으로 설치하여 지하수위 상승 억제, 지하수 유입차단, 포장층 내 침투수 배제 등의 기능을 한다.
- 지하 배수시설들은 일반적인 경우에 대한 것으로 필요한 위치에 추가 또는 재배치할 수 있으며, 과거 시행착오로 얻은 경험과 수리계산을 통해 설계자의 판단으로 결정할 수 있다(그림 6.3.1)~(그림 6.3.3).



<그림 6.3.1> 종방향 차단 배수



<그림 6.3.2> 지하수 강하를 위한 대칭형 종방향 배수



<그림 6.3.3> 포장층내 침투수 배제를 위한 종방향 배수

6.3.2 횡방향 및 수평배수시설

횡방향 및 수평배수를 위해 포장층내 또는 포장층과 접하여 하부에 설치하는 횡방향 지하 배수시설과 깎기부·쌓기부 비탈면에 지하수 용출을 차단하기 위해 수평으로 구멍을 뚫어 설치하는 수평배수시설을 사용한다.

【해 설】

- 횡방향 배수시설은 도로중심선과 직각 또는 경사방향으로 설치하며 종방향 배수시설과 조합하여 지하 배수망을 형성하여 침투수를 제거한다(<그림 6.4.7>참조).
- 지하수 흐름방향이 도로 선형방향으로 발생하는 경우가(도로가 기존 등고선과 수직 방향으로 깎기부분이 되는 경우) 있으며, 이런 경우 횡방향 배수가 지하수를 차단하고, 지하수위를 낮추는데 종방향 배수보다 효과적인 기능을 발휘한다.
- 동결심도가 깊은 지역의 광폭도로는 동상방지층 이외에 유공관을 포함한 횡단 배수시설을 설치하면 포장내구성증대에 효과적이다.

6.3.3 배수층

배수층은 지하수와 침투수 처리를 위해 포장체, 땅깍기 비탈면, 흙쌓기부 원지반 등에 층상으로 설치되는 배수시설이다.

【해 설】

- 배수층(Drainage Blanket)은 쌓기지역 하부 및 깎기부의 지하수 처리에 매우 효과적이다.
- 땅깍기부에 설치되는 배수층은 종방향 배수로와 연결하여 지하 배수는 물론 활동에 저항하여 비탈면 안정에 기여하며, 흙쌓기부에 설치되는 배수층은 우기시 원지반의 활동을 방지하며 경사면의 간극수압을 감소시켜 흙쌓기 비탈면 안정에 기여한다.

6.4 지하 배수의 수리해석

6.4.1 지하 배수구의 기능

지하 배수구(맹암거)는 종방향 및 횡방향 배수시설은 물론 평면배수, 배수층 배수에서 집수 및 배수의 기능을 갖는 지하 배수시설이다.

【해 설】

- 지하 배수구는 지하수를 집수하여 외부로 배출하는데 이용되며 종방향 및 횡방향 집수 위치와 깊이, 유공관의 규격과 경사, 토사유출 방지 필터, 배수구 자체의 규격과 재료 등을 고려하여 설치한다.

6.4.2 지하 배수구의 깊이

지하 배수구의 최소 설치 깊이는 노상의 불량 부분에 대한 치환두께와 노상면에서 지하수위를 고려한 계산치 중에서 큰 값으로 한다.

【해 설】

- 배수구의 깊이가 60cm 이하일 경우에는 60cm 로 하며, 설치 깊이보다도 얇은 위치에 불투수층이 있을 때에는 현장조건을 고려하여 조정한다. 또한, 노면이 심하게 한 쪽으로 기울어졌거나 지하수면이 경사져 있을 때에도 현장 조건을 고려하여 깊이를 정한다.
- 지하 배수관의 최소 매설깊이 산정식은 다음과 같다.

$$H = \frac{(S_w - S)B}{200} + h + D_w + h_p \quad (6.4.1)$$

여기서, H : 배수관의 최소 매설깊이(m)

S_w : 지하수면의 최소 경사도

S : 노면의 경사(%)

h : 배수관 부근의 지하수위

B : 배수관의 간격(m)

D_w : 노상에서 지하수위까지의 깊이(원칙적으로 0.6m)

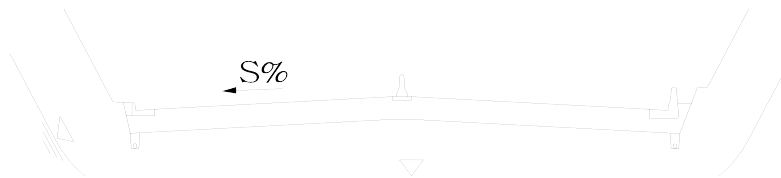
h_p : 노면과 노상과의 높이 차이(m)

- 토질의 조건이 일정하고 지하수위가 전면에 걸쳐 높을 때 식(6.4.1)을 적용한다. <표 6.4.1>의 값은 임의의 지역에서 실제 측정한 값으로 타지역의 현장조건과 상이할 수 있으므로 해당지역에서 조사한 자료를 활용한다. 단, 조사자료가 없을 경우에는 시공 중에 수위측정을 통해 보완할 수 있도록 시방서 등에 명시한다.

<표 6.4.1> 지하수면의 최소경사 및 수위

흙의 종류	최소 경사도 $S_w(\%)$	지하수위 $h(m)$
모 래	1	0.05
사 질 토	2	0.10
점 성 토	3	0.15

- 지하수량이 많거나 지하수위가 높을 때 지하 배수구의 배치는 <그림 6.4.1>과 같이 격자형 배치, 화살날개모양 배치, 필터 등을 병용한다. 도로의 횡방향으로 설치하는 맨암거는 유공관을 두지 않는 것으로 하며, 도로 중심선과 60° 의 각도로 설치하는 것을 표준으로 하고 도로의 종단경사가 완만한 경우 직각으로 설치한다. 격자형 맨암거의 상호간격은 점토질 지반의 경우 9m, 사질토 지반의 경우 30m 까지 배치할 수 있다.



<그림 6.4.1> 지하 배수구의 깊이 산정(예)

6.4.3 지하 배수구의 구조

지하 배수구는 투수계수가 높은 필터재로 구성된 구조를 원칙으로 하며, 필요에 따라 유공배수관(동일기능의 타재료 사용 가능)을 설치한다.

【해 설】

- 지하 배수구는 유공배수관과 필터재로 구성된 구조를 원칙으로 하지만, 배수량이 적을 때에는 필터재만 사용가능하며, 배수관 단면의 결정은 지하 배수관의 소요 통수 단면에 의한다. 지하 배수관의 소요 통수단면 A 의 산정식은 식(6.4.2) 이다.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{F_s \cdot q \cdot L}{V} \quad (6.4.2)$$

여기서, A : 소요통수단면(m^3)

q : 배수관 1m 당의 배수량(m^3/sec)

L : 유공배수관의 길이(m)

V : 유공관 내의 평균 유속(m/sec)

F_s : 안전율

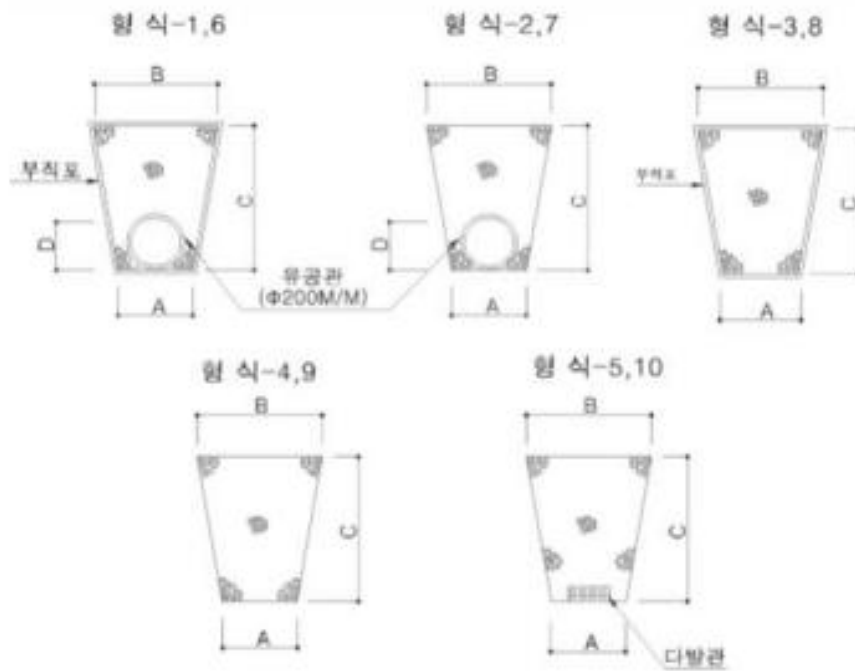
● 맨암거의 설치위치

- (1) 땅깍기부의 길어깨
- (2) 한쪽깍기, 한쪽쌓기 및 땅깍기부 경계부
- (3) 용수다발지역
- (4) 기타 필요한 곳

- 폭설 및 한파로 인해 저토평 암거 상단 포장층에 포장용기 및 균열이 발생하지 않도록 암거 상부에 맨암거를 설치한다.
- 깍기부 비탈면에 설치하는 맨암거는 비탈면에 용수가 있을 때 설치하며 부직포를 사용하지 않는 맨암거로 한다.
- 도로 횡방향으로 설치하는 맨암거는 유공관을 두지 않는 것으로 하며, 도로 중심선과 60° 의 각도로 설치한다. 도로 종방향의 맨암거는 유공관을 두는 것을 원칙으로 하고, 암반구간(리핑암과 발파암)에는 부직포를 두지 않는다.
- 맨암거에 매설되는 유공관의 내경은 20cm를 표준으로 하며 유공관 구멍의 직경은 1.2~2.0cm를 표준으로 하며, 유공관의 경사는 0.5% 이상이 바람직하나 최소 0.2% 이상으로 한다.
- 맨암거의 형식 및 적용기준은 다음 <표 6.4.2>와 같고, 형식별 맨암거 상세도는 <그림 6.4.2>와 같다.

<표 6.4.2> 맨암거 형식 및 적용기준

구 분	적 용 기 준	유 공 관 사용여부	부 직 포 사용여부	비 고
형식-1	땅깍기부 L형측구 아래에 설치(토사 구간)	○	○	
형식-2	땅깍기부 L형측구 아래에 설치(리핑암, 발파암 구간)	○	×	
형식-3	- 한쪽깍기, 한쪽쌓기 구간 및 땅깍기, 흙쌓기 구간에 설치(토사 구간) - 땅깍기부 비탈면 통수부에 설치(토사 구간)	×	○	중분대쪽 맨암거유출부는 도로 중심선과 60°각도로 100m 마다 설치하며, 곡선 구간은 40m 마다 설치
형식-4	형식-3과 동일 (리핑암·발파암 구간)	×	×	
형식-5	지하수 유출 및 용수 다발지역에 설치	다 발 판넬사용	×	
형식-6~10	표고 400m 이상 산지를 접한 계곡 등 영향권 내의 지역	-	-	



구 분	형 식	토 질	치 수 (M/M)				비 고
			A	B	C	D	
일반부	1	토 사	400	500	600	200	
	2	리핑, 발파암	400	500	600	200	
	3	토 사	400	500	600		
	4	리핑, 발파암	400	500	600		
	5		400	500	600		다발관
산지부	6	토 사	600	n	800	400	
	7	리핑, 발파암	600	n	800	400	
	8	토 사	600	n	800		
	9	리핑, 발파암	600	n	800		
	10		600	n	800		다발관

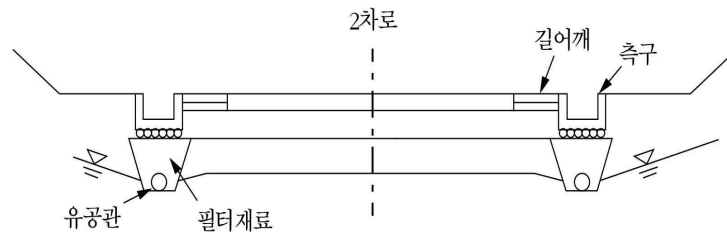
<그림 6.4.2> 형식별 맨암거 상세도

6.4.4 길어깨의 지하 배수구

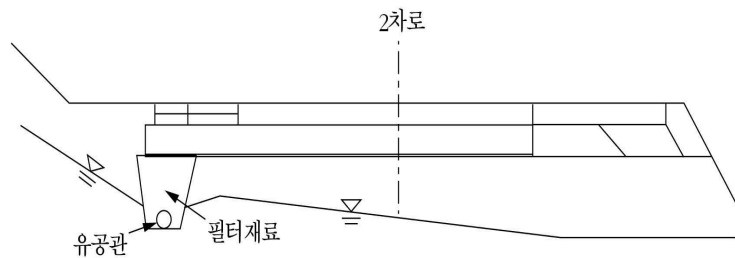
지하 배수구에 의한 배수는 노상을 대상으로 한다. 지하수가 높은 지역에 시공하며, 지중 배수에 매우 유효하다.

【해 설】

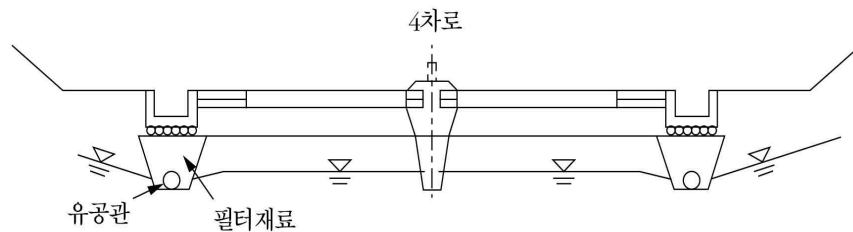
- 지하수면이 거의 일정한 곳은 <그림 6.4.3>과 같이 길어깨의 지하 배수를 도로 양측에 설치한다. 그러나, 지하수가 한쪽에서만 유출되는 곳은 <그림 6.4.4>와 같이 비탈면 측에만 설치하는 경우도 있다.
- 도로의 노폭이 큰 경우는 <그림 6.4.5>와 같이 중앙의 분리대에 지하 배수구를 설치한다.



<그림 6.4.3> 양측의 길어깨에 설치된 지하 배수구

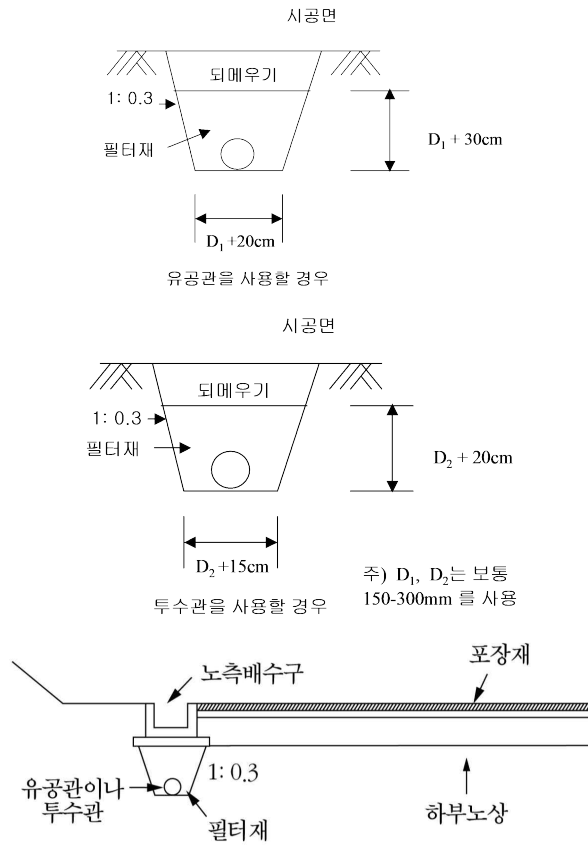


<그림 6.4.4> 편측에 설치된 지하 배수구



<그림 6.4.5> 중앙분리대가 있는 경우의 지하 배수구

- 지하수가 많은 지역은 지하 배수구만으로 배수능력이 부족할 수 있으므로 노상과 노반의 경계, 또는 노상과 노체내에 수평 차단배수층을 설치하여 침투류를 지하 배수구로 유도한다. 지하 배수구의 깊이는 1.0~2.0m 정도이지만 지형, 토질, 지하수위 등을 고려하여 지하 배수구의 깊이를 조정한다.
- 지하 배수구의 저부에는 집수관을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 집수관 종류에는 유공콘크리트관이 이용되고 있는 경우가 많지만 콘크리트제 투수관 및 합성수지 등으로 만들어진 투수관, 유공관 등을 다양하게 이용할 수 있다.
- 지하 배수구에 매설된 집수관은 내경 15~30cm 를 표준으로 하며, 이보다 작은 내경의 지하 배수구 관은 토사침전 등이 발생할 수 있으므로 사용하지 않는다. 또한, 유공관의 주위에 토목섬유를 사용하는 것도 관내에의 토사유입을 방지하는 데 효과적이다. 투수관(콘크리트제품 및 합성수지제품)은 양질의 필터재로 보호한다.
- 지하 배수구 안에 집수관을 매설하는 대신에 조석 등을 설치하는 경우도 있지만 배수능력이 작으며, 세립토로 인해 배수기능이 저하하기 쉬우므로 불가피한 경우외에는 사용을 피한다.
- 지하 배수구의 되메우기 재료는 투수성이 좋고 양측 흙의 세립분 유입을 방지할 수 있는 필터재료를 이용한다. 지하 배수구의 위치가 측구 하부이거나 노면이 포장되어 있는 경우 지표수가 직접 지하 배수구의 필터부에 침투할 우려가 있으므로 표면의 30cm 정도를 투수성이 낮은 흙으로 덮고 다짐한다.



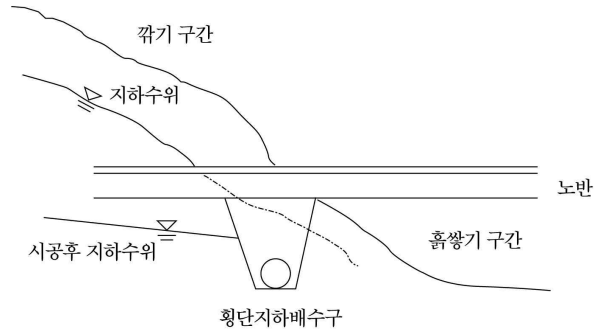
<그림 6.4.6> 지하 배수구의 설치(예)

6.4.5 횡단 지하 배수구

횡단 지하 배수구는 도로 직각인 방향으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

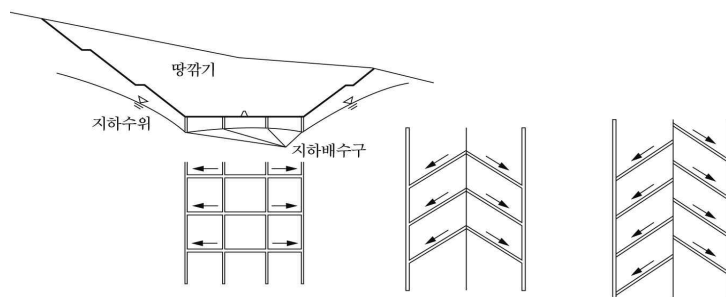
【해 설】

- 지하수위가 높은 대지를 깎으면 땅깎기면에서 침투수가 유출되고 접해있는 흙쌓기부로 물이 유입하는 경우가 있으므로 이와 같은 경우에는 <그림 6.4.7>과 같이 횡단 지하 배수구를 설치한다. 또한, 노상부에서 침입해 오는 물을 제거하기 위해 차단배수층과 병용하면 효과가 크다.



<그림 6.4.7> 횡단 지하 배수구

- 횡단 지하 배수구는 도로에 직각인 방향으로 설치하는 경우도 있지만 도로에 종단경사가 있을 때에는 <그림 6.4.8> 사례와 같이 경사로 설치한다.



<그림 6.4.8> 횡단 지하 배수구의 설치방향과 단면 사례

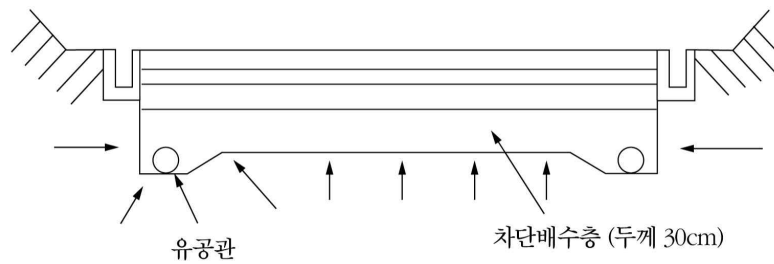
6.4.6 차단배수층

차단배수층은 투수성이 높은 자갈, 쇠석 등을 사용하고, 그 두께는 30cm 이상으로 하며, 투수계수 $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 이상으로 한다.

【해 설】

- 노반의 배수성이 충분하지 않고 노상이 불투수성이거나 지하수위가 높아 침투수가 많은 경우 차단배수층을 시공한다.

- 차단배수층으로 배수시킬 때 유량이 많을 경우는 <그림 6.4.9>과 같이 배수층내에 집수관을 배치할 수 있다. 또한, 침투수가 있는 경우 배수층의 배수능력을 검토하고 차단배수층은 충분한 두께를 갖도록 한다.



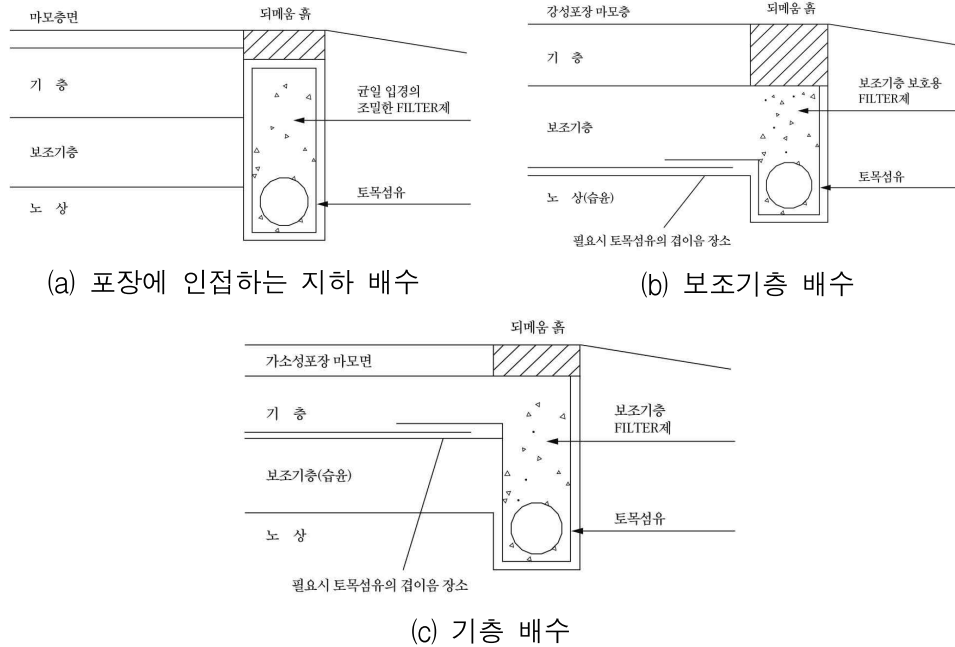
<그림 6.4.9> 차단배수층내에 매설된 집수관

6.4.7 토목섬유를 사용한 포장배수

토목섬유를 사용한 포장배수는 포장체에 인접해 설치된 하나의 층, 또는 몇 개 층의 입상 배수층과 치환된 토목섬유를 지닌 재래식 암거 배수로이다.

【해 설】

- 토목섬유를 이용한 포장배수는 주변 지역의 정상적인 지하수위를 낮추기 위해 사용할 수 있고, 보조기층과 노상층 가운데서 표면침투수를 배수할 목적으로 설치하는 것도 있다.
- 큰 투수성을 가진 강성 콘크리트 포장구조에서 토목섬유는 투수성 구조물의 밑에 준재하는 노상 위에 설치한다.
- 한 층 이상의 하부 포장구조를 가지는 가소성 포장 또는 다른 시스템이 사용될 때 토목섬유는 기층과 보조기층 사이에 위치하는데, 이는 미세한 입자의 보조기층재와 큰 투수성을 가진 기층재의 혼합을 방지하기 위함이다.



<그림 6.4.10> 포장구조물에 적용되는 보강용 토목섬유의 각종 사용방법

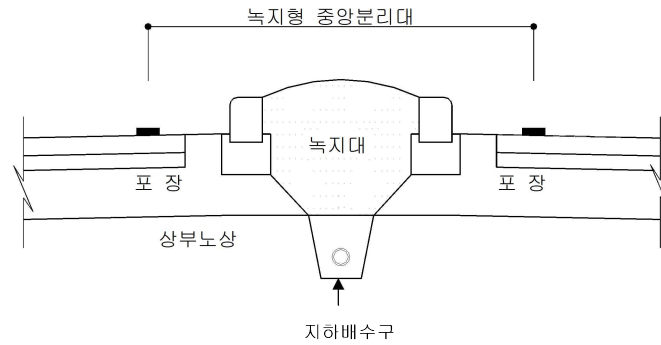
6.4.8 중앙분리대 지하 배수시설

중앙분리대 지하 배수구는 분리대 내에 침투한 우수를 배제하기 위해 분리대 바닥에 차량의 진행방향으로 설치한다.

【해 설】

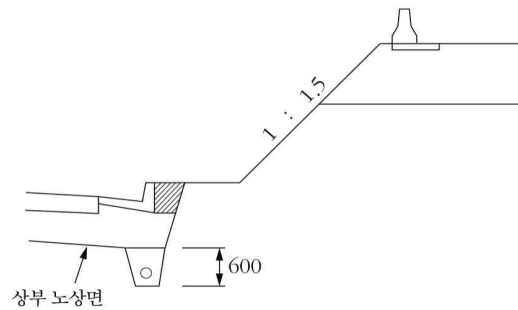
- 중앙분리대의 표면이 콘크리트, 아스팔트 등의 불투수성의 재료로 피복되어 있어도 도로의 노후, 피복의 균열, 줄눈 등에 의해 침투수가 발생하므로 지하 배수구의 설치의 필요하다. 그러나 노상재료가 투수성이 양호한 재료로 구성되어 있는 경우에는 지하 배수구를 설치하지 않을 수 있다.
- 중앙분리대 지하 배수구는 중앙분리대에 내린 우수가 땅속으로 스며든 것을 배제할 목적으로 설치한다. 단, 깎기구간에서 지하수위가 높은 곳은 지하수의 배수를 겸하게 할 수도 있으므로 유공관을 사용한다.

- 중앙분리대 지하 배수구의 설치위치는 그림과 같으며, 지하 배수구의 윗부분을 상부 노상면에 일치시킨다.



<그림 6.4.11> 중앙분리대의 지하 배수구

- 중앙분리대에는 전기통신시설 등의 관이 매설되어 있을 수 있으므로 주의하여야 한다.
- 중앙분리대의 양쪽 높이가 다를 경우는 <그림 6.4.12>에 나타낸 것과 같이 낮은 쪽의 상부 노상면에 중앙분리대 지하 배수구의 상부를 맞춘다.
- 횡단 지하 배수관을 길어깨 집수정에 연결할 때에는 집수정에 들어간 물이 횡단 지하 배수관에 역류하지 않도록 한다. 대규모 땅깍기부에서 역류할 수 있으므로 유공관을 설치할 수 있다.
- 인터체인지, 휴게시설, 간이휴게소 및 버스 정류장의 배수구 등에서 흘러 들어온 우수가 인접 포장체에 침입할 경우에는 중앙분리대와 같이 지하 배수구를 설치한다. 이때 설치구조는 중앙분리대에 준하며 구역의 크기, 모양을 고려해서 효과적인 위치, 구조를 선정한다.
- 중앙분리대 지하 배수구에 사용하는 재료는 깎기부 지하 배수구와 동일한 재료로 한다.



<그림 6.4.12> 중앙분리대 양쪽 높이가 다를 경우

6.5 지하 배수 기타 사항

6.5.1 필터재료의 선정

배수구내에 집수관을 설치하여 되메우기 하는 경우, 또는 노상에 차단배수층을 설치하는 경우 그 기능을 지속시키기 위한 양호한 재료를 사용한다. 필터 재료에는 투수성이 크고 입도배합이 좋은 천연의 자갈, 혹은 입도조정을 한 자갈, 쇄석, 폐콘크리트 등을 이용한다.

【해 설】

- 배수구내 집수관 설치를 위한 재료의 조건은 다음과 같다.

(1) 필터재료는 다음의 조건을 만족시키는 입도 배합의 것을 원칙으로 한다.

- 필터재료가 주변의 흙에 의하여 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15} \text{ (필터재료)}}{D_{85} \text{ (주변의흙)}} < 5 \quad (6.5.1)$$

- 필터재료가 주변의 흙에 비하여 충분한 투수성을 갖기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15} \text{ (필터재료)}}{D_{15} \text{ (주변의흙)}} > 5 \quad (6.5.2)$$

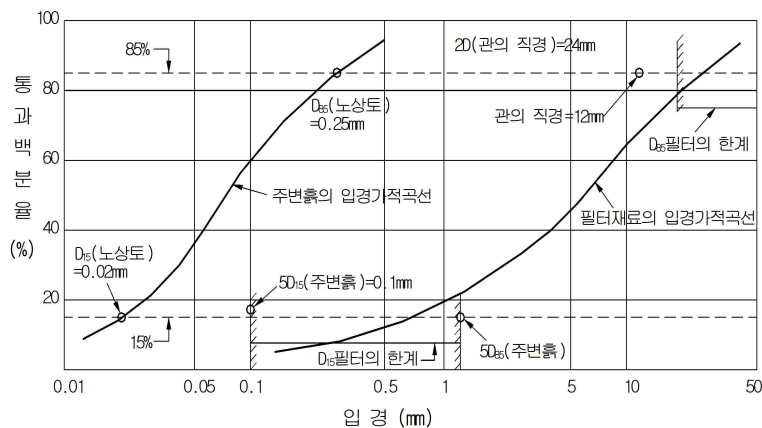
- 유공관의 구멍과 관의 이음 부분이 필터재로 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{85} \text{ (필터재료)}}{d} > 2 \quad (6.5.3)$$

여기서, D_{15} , D_{85} : 입경가적곡선에 있어서 통과백분율이 각각 15%, 85%에 해당하는 입경(mm)

d : 유공관의 직경, 또는 관의 이음 간격 (mm)

- (2) 유공관은 원심력 철근 콘크리트관 또는 경질 염화비닐관을 사용하며 관의 지름은 1.2~2.0cm 를 표준으로 한다.
- (3) 필터재료의 입도곡선은 <그림 6.5.1>에 나타내었다. 주변의 흙이 막자갈을 함유했을 때, 입경이 25mm 이하의 재료에 대한 입도곡선을 만들어 필터재료를 선정한다.
- (4) 필터재료는 0.08mm 이하의 입자를 5% 이상 함유해서는 안 되며, 점착성이 있어도 안된다. 노상토가 막자갈을 함유했을 때 그 가운데 5.0mm 이하의 입자만 고려한다.
- (5) 지하 배수에 사용하는 유공관은 KS M 3404(일반용 경질 염화비닐) 또는 KS F 4409(원심력 유공철근콘크리트관)에 소정의 간격으로 구멍을 뚫은 것으로 한다. 또한, 하중의 영향이 큰 장소에 유공관을 설치할 때는 관의 강도를 검토한다.



<그림 6.5.1> 필터재료의 입도곡선

6.5.2 배수구 굴착

배수구의 굴착형상은 지하수 및 토질 조건과 사용하는 굴착기계의 종류, 시공법 등에 의해 변화한다. 그 단면은 다짐 및 배수관 설치 여건을 고려하여 배수관의 외경보다 약 15~20cm정도 크게 하는 경우가 많으며, 되메우기 다짐을 확보하고 토공량 감소 등을 고려하여 굴착각도를 설정한다.

【해 설】

- 깎기구간의 비탈면 아래에 배수구 굴착시 비탈면 끝에서 적당한 간격을 두고 배수구의 굴착한다.
- 깎기부 지하 배수 설치시 다음과 같은 점을 주의하여 설치한다.
 - (1) 굴착의 기계시공
 - (2) 터널 갱구부의 전기통신 지하매설물, 비탈면 보호공의 기초, 가드레일의 기둥, 비상전화, 조명등의 배관, 표지판의 기둥, 배수관, 집수정, 기타 지하에 매설되는 구조물과의 관계
 - (3) 노상의 불량 부분 및 국부적인 지반의 불량 부분 치환장소의 지하 배수(유공관을 사용하지 않는 것)와의 관계
 - (4) 노면 및 비탈면 배수시설 등과의 관계
 - (5) 비탈면 끝에 접하여 배수구를 설치할 경우, 배수구 터파기시 비탈면의 활동에 대한 검토 실시

6.5.3 집수관의 매설

집수관 매설시 지반이 연약하거나 암반인 경우 터파기 바닥에 쇠석, 자갈, 모래 등을 일정 두께로 포설하고, 매설하는 관이 부등침하 등을 일으키지 않도록 처리한다.

【해 설】

- 터파기의 되메우기재료는 필터재료를 이용한다. 적당한 재료를 얻기 어려운 경우 관

내에 토사 유입을 방지하기 위해 관에 접한 부분은 최소 15cm 의 두께의 필터재료를 이용한다.

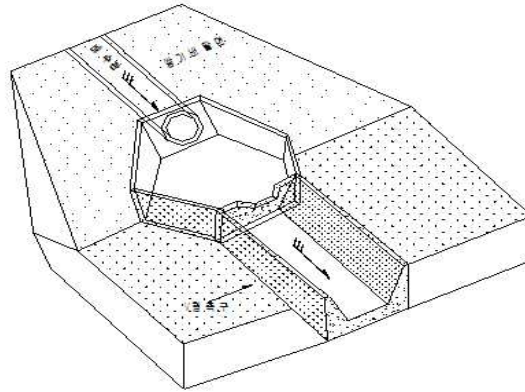
- 매설후의 배수능력을 확보하고 관의 파손을 방지하기 위해서는 사질토로 되메우며, 되메우기 재료에는 입경 10cm 이상의 자갈을 포함하지 않는 것을 선택한다.
- 되메우기는 20cm 두께로 고르게 펴면서 실시하고 특히 관의 양측 부분은 주의 깊게 시공한다.
- 지반의 붕괴와 관의 손상을 방지하기 위해 관의 설치가 완료하면 가능한 한 빨리 되메우기 한다.
- 외부로부터 토사가 유입될 우려가 있으므로 쇠팅과 울타리 등의 적당한 방호조치를 강구한다.
- 지하 배수구 등 터파기의 바닥이 사질계의 양호한 재료라면 소정의 높이로 편 후, 집수관을 직접 설치하고 되메우기 한다.

6.5.4 지하 배수구조물 접합부 처리

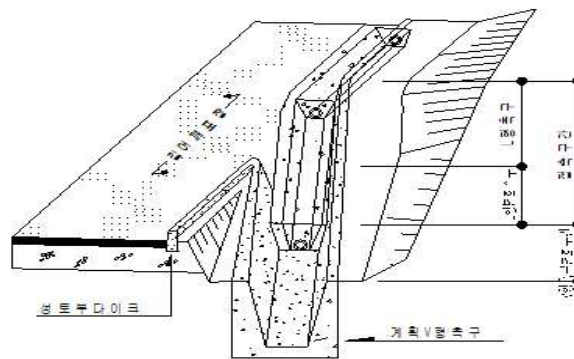
배수구조물의 접합부는 현장시공시 지형 등의 여건을 고려하여 우수 흐름에 지장이 발생하지 않도록 배수구조물간 접속부를 정교하게 접속 처리한다.

【해 설】

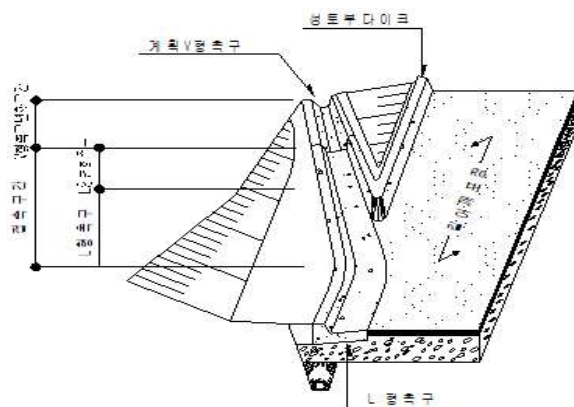
- 배수 구조물의 경우 접합부의 시공여부에 따라 많은 통수능이 차이가 날 수 있다. 배수구조물 선형이 곡선으로 유로가 급하게 변환하는 경우 월류방지를 위해 외측 벽체부 등의 높이를 증가시켜 시공한다.
- 그림은 배수 구조물간의 접합부 처리방법을 예시한 것이다(그림 6.5.2) ~ (그림 6.5.4).



<그림 6.5.2> 횡배수관과 V형측구 접합(예)



<그림 6.5.3> 맨암거와 V형측구 접합(예)



<그림 6.5.4> 종배수관과 산마루측구 및 V형측구 접합(예)

제 7 장 비탈면 배수

7.1 일반사항

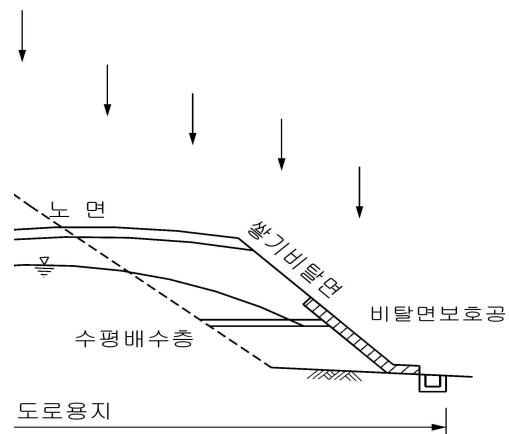
비탈면 배수는 도로 비탈면으로 유입되는 우수(지표수) 및 지하수를 배수처리하기 위하여 설치하는 것으로, 비탈면 및 비탈면 끝에 설치되는 배수시설을 이용하여 우수 및 지하수를 기존배수로 또는 하천으로 배제하는 것이다.

【해 설】

- 비탈면 배수시설은 표면수에 의한 표면 침식과 붕괴를 방지하도록 설계한다. 비탈면의 손상은 비탈면을 유하하는 표면수에 의해 표면이 침식되며 세굴 및 침투수에 의해 비탈면을 구성하는 흙의 전단강도 감소 또는 간극수압 증가에 의해서 발생한다.
- 비탈면 침투수의 작용은 토질조사로 정확하게 파악하기 어렵고 시공중에 지하수와 투수층 존재가 판명되는 경우도 있기 때문에 시공 중 계획을 변경하여 유효한 배수시설을 설치해 나가는 것이 중요하다.
- 유수량이 적고 물의 침투로 인하여 배수구의 측면 손상 우려가 있는 산마루 배수구와 소단 배수구는 토사측구의 사용도 가능하지만, 유량이 많거나 식생발육 등으로 원할한 배수가 어려울 때 콘크리트 등으로 저면과 측면을 보호하거나 콘크리트 수로, 유공관 형태로 계획한다.
- 비탈면 배수는 우수(지표수)가 비탈면에 들어오지 못하도록 하는 것(산마루 배수구)과 우수(지표수)와 비탈면 속의 지하수를 비탈면 밖에 있는 배수시설로 유도하기 위한 것(소단배수구, 배수구, 맹암거 등)이 있다.
- 비탈면 배수공의 종류와 그에 따른 기능을 <표 7.1.1>에 나타내었다.
- 도로의 비탈면 배수시설의 개요를 <그림 7.1.1>에 도시하였다.

<표 7.1.1> 비탈면 배수공의 종류와 기능

목 적	배수공의 종류	기 능
지표수 배수 (노면, 인접지, 비탈면의 배수)	- 산마루배수구 - 배수구 - 소단배수구	- 비탈면의 표면수 유하를 막는다. - 비탈면의 우수를 배수구로 유도한다. - 비탈면 표면에서 흐르는 물을 배수구 또는 비탈끝으로 유도한다.
지하 배수 (비탈면으로의 침투수, 지하수의 배수)	- 지하배수구(맹암거) - 돌망태배수공 - 수평배수공 - 수직배수공 (집수우물) - 수평배수층	- 비탈면으로의 지하수, 침투수를 배수시킨다. - 용수가 발생하는 구간 또는 비탈 끝에 설치하여 비탈끝을 보강한다. - 수평배수층과 같이 사용할 수 있다. - 용수를 비탈면 밖으로 뺀다. - 비탈면 내의 침투수를 집수정으로 유도하여 배수한다. - 흙쌓기내 또는 자연지반으로 부터 흙쌓기토체 내부의 침투수를 배제한다.



<그림 7.1.1> 비탈면 배수시설

7.2 비탈면 배수계획

비탈면 배수계획은 흩쌓기부와 땅깍기부 그리고 소단에 대한 배수면적, 표면형상, 주변의 지형, 지질, 지하수의 현황, 기후조건 등을 고려하는 것이다.

【해 설】

- 비탈면 배수의 목적은 노상·노체의 강도 확보 및 손상 방지, 비탈면 표층의 침식이나 비탈면 붕괴 방지 등이다. 따라서 비탈면 배수 시설은 지표수 및 지하수를 처리하도록 계획하고, 토석류 등의 대규모 붕괴에 대해서는 별도로 대책을 고려한다.
- 비탈면 배수시설이 그 기능을 다하기 위해서는 토사 침전을 방지하고, 파손된 경우 보수를 하기 쉬운 구조로 한다. 이를 위해 비탈면 배수시설의 단면 형상이 시공시와 시공 완료 후 하중에 대해 구조적으로 안전해야 하며, 배수량에 대한 단면 확보가 필요하며 다음과 같은 항목에 주의한다.
 - (1) 대규모 쌓기 비탈면은 10m 높이마다, 대규모 깎기비탈면은 20m 높이마다 소단 배수구를 설치하며, 비탈면 조건을 고려하여 소단배수구를 추가로 설치한다.
 - (2) 배수시설은 배수용량을 만족시키는 범위 내에서 관리가 쉽고, 배수구 주변지반에 해로운 영향을 주지 않는 구조를 갖도록 단면을 설계하며, 지형적 여건에 따라 배수경사 확보가 어려운 경우는 배수량을 계산하여 필요한 배수공 단면과 경사를 결정한다. 기본적인 조건은 다음과 같다.
 - 비탈면에 설치하는 배수구의 최소경사는 0.3% 이상 확보한다.
 - 일반적으로 소단배수구의 폭은 1~3m 로 한다.
 - 급류가 발생하는 구간이나 배수구의 연결부 등에는 배수구를 통하여 흐르는 물이 원활한 배수가 될 수 있도록 설계한다.
 - (3) 배수구 설치를 위해 지반을 굴착할 경우, 여굴이 발생하지 않도록 하며 특히, 시공 연결부에 대해 정밀 시공한다.
 - (4) 산마루 배수구 및 소단 배수구의 정기적인 점검을 위한 점검로를 계획한다.
- 배수시설 설계는 예비조사에서 강우, 지표면의 상황, 토질, 지하수 상황, 기설 배수로 계통 등을 조사하여 배수량을 결정한다.

● 특히, 실제 조사는 다음과 같은 점에 주의한다.

- (1) 표면수가 국부적으로 집중하여 흐르는 지점
- (2) 자연 지반으로부터의 용수나 침투수가 많은 지점
- (3) 주위의 지하수 상황

7.2.1 깎기 비탈면의 배수계획

깎기 비탈면의 배수시설은 표면수와 지하수를 고려하여 측구, 수평배수공 등의 시설 물을 설치한다.

【해설】

- 깎기 비탈면의 배수시설 계획시 땅깎기면과 접촉하는 자연 비탈면에서도 표면수가 유입되지 않도록 배수로 또는 측구 등을 설치하여 물의 유하 방향을 바꾸거나, 물을 저장하여 비탈면 붕괴를 방지한다. 또한 장대 비탈면에서는 강우시에 비탈면을 유하하는 물이 하부에 상당히 많이 모이기 때문에, 표면수로 인한 침식을 막기 위하여 소단에 측구를 설치하여 유하수를 배제한다.
- 깎기면의 용수나 강우시에 용수가 발생할 우려가 있는 경우, 수평배수 구멍이나 배수를 고려한 비탈면 보호공 등으로 안정을 확보한다. 이 경우, 수평 배수 구멍은 소단 배수홈 등에 연결시켜 비탈면 안으로의 유입을 막는다.
- 깎기의 경우 사전 조사를 수행하여 지하수면의 높이나 용수의 유무를 정확하게 알기 어렵기 때문에, 시공 중 땅깎기면을 지속적으로 관찰하여 필요한 배수 시설을 추가 시공한다.
- 깎기 진행 과정 초기에는 지하수위가 높고, 다량의 용수가 있더라도 공사 진행과 더불어 급격하게 유량이 감소하는 경우가 있다. 반대로 굴착 시기가 종종 건조기여서 침투류는 존재하지 않지만, 강우시 마다 심한 용수가 생기는 지층도 있다. 이와 같은 현상은 파쇄대, 단층 및 우수로 인한 지하수 공급을 받기 쉬운 투수층 등을 포함한 지층에서 발생하는 경우가 많아 미리 배수구멍을 설치하는 등, 용수로 인해 지반이 침식되지 않도록 대비한다.

- 깎기의 경우 특히 주의해야 하는 것은 시공 중의 배수이다. 자연 지형의 경우에는 표면수의 흐름이 땅깎기로 인하여 변화하기 때문에 충분한 용량의 배수로를 계획해 두어야 한다.
- 시공 중의 임시 배수로일지라도 시공이 불량하면 배수시설로 물이 유도되지 않거나, 수로의 뒤쪽으로 물이 흘러, 비탈면의 붕괴 원인이 되므로 주의한다. 공사 중에 자연지반을 굴착하여 만든 임시 배수로는 공사 완료 후에도 지하 배수구 등으로 활용한다.

7.2.2 쌓기 비탈면의 배수계획

쌓기 비탈면의 배수시설은 표면수와 지하수를 고려하여 측구, 수평배수공 등의 시설 물을 설치한다.

【해 설】

- 쌓기부의 붕괴는 일반적으로 호우시 또는 장마철에 발생하는 경우가 많다. 또한, 흙쌓기부 내의 침투수 배수가 불량한 늪지부의 흙쌓기부 등은 지진시에 붕괴하는 경우도 있다. 또한, 시공 중 또는 완성 직후의 흙쌓기 비탈면은 중간 정도의 강우에서도 붕괴하는 경우가 있다.
- 모래질의 재료로 시공한 쌓기는 표층붕괴를 일으키기 쉽다. 표층 붕괴가 일어날 우려가 있는 지점에는 필요에 따라 배수층을 두어 배수를 하거나, 비탈면끝에 돌쌓기, 또는 비탈면끝단을 돌망태 등으로 바꾸어서 보강과 배수를 병용한 대책을 세운다.
- 흙쌓기 비탈면 표면 부근의 재료에 점착성이 있는 자갈 혼입토를 사용하여 충분히 다짐하고 침투수가 집중되지 않도록 비탈면의 안정성을 향상시킨다.
- 한 쪽 깎기 한쪽 쌓기부는 땅깎기 자연지반의 우수가 비탈끝 측구로 배수되지 않은 채 그대로 노면을 횡단하여 흙쌓기부 비탈면을 유하하고 세굴하는 경우가 있다. 이 경우 자연 비탈면으로 부터의 유출량을 고려하여야 하며, 토사퇴적을 고려한 여유있는 단면의 비탈끝 측구를 사용한다.

7.3 비탈면에 미치는 물의 작용

7.3.1 비탈면 배수와 비탈면의 안정

침투류가 있는 경우의 비탈면은 비탈면의 안정성을 확보하기 위하여 안정분석을 수행하고, 비탈면 안정 분석에 필요한 지하수위 저하량과 수평배수공 등을 검토한다.

【해 설】

- 자연비탈면을 깎거나 쌓기를 함으로써 지하수위가 변동하거나 침투수가 지하수위를 상승시켜 비탈면의 안정성을 위협하는 경우가 있다. 이와 같이 침투류가 있는 경우 비탈면 안정분석을 수행하고, 지하수위 저하량과 수평배수 등을 검토하여 비탈면 안정 계획을 수립한다.
- 비탈면의 안정분석에 대하여 토사 비탈면은 깊은파괴(원호파괴 등)와 얕은파괴(표층파괴) 구분하여 검토하고, 느슨한 사질토, 사질의 화강풍화토 등 표층유실의 가능성이 높은 구간에 대해서는 세립분 유실에 따른 지반의 강도저하를 고려하여 안정 해석을 수행하며 KDS 11 70 05 쌓기 및 깎기 설계기준을 참고한다.

7.3.2 비탈면을 유하하는 우수에 의한 침식

비탈면의 침식방지를 위해 비탈어깨 배수구, 배수구, 소단 배수구 등을 설치한다.

【해 설】

- 상부 비탈면과 비탈면에 내리는 우수는 침투능력을 초과하는 경우, 비탈면을 따라 흐르게 되며, 그 물은 분산작용과 운반작용에 의해 비탈면을 침식한다.
- 침투량 또는 침투능은 강우강도와 토질, 함수상태, 지하수위, 지표면 경사, 식생 정도 등에 따라 달라지지만 일반적으로 사질토가 크고 점성토는 작다.
- 비탈면의 침식방지는 비탈면으로 흐르는 물을 감소시키고 비탈면을 보호하기 위해 설치하며, 비탈어깨 배수구, 배수구 등을 설치한다. 소단에 모인 우수량이 적을 때

에는 소단 배수구를 설치하지 않는 경우도 있지만 소단에 모인 우수가 국부적으로 모여 비탈면을 따라 흐르지 않도록 한다.

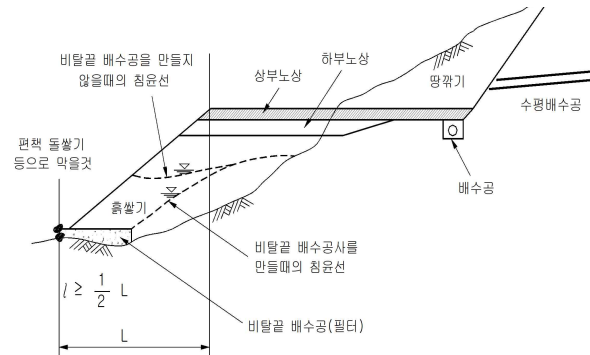
- 깎기부에서는 표면수에 의한 토사붕괴가 발생할 수 있으므로 주의한다.
- 비탈면에 식생공을 시공한 직후에 식생이 충분히 발휘되지 않을 경우, 비탈면의 침식과 식생공의 탈락(미끄럼)이 일어나기 쉬우므로 배수가 원활히 이루어지도록 주의한다.

7.3.3 비탈면 용출수

비탈면 용출수를 배수하는 시설로는 편책, 돌망태공, 지하 배수구, 수평배수층, 수평 배수공 등이 있다.

【해 설】

- 비탈면의 용출수는 비탈면을 침식할 우려가 있거나, 용출수가 유출되는 지층을 따라 활동면이 형성되어 비탈면이 붕괴되는 경우도 있다. 일반적으로 땅깎기부와 흠쌓기부의 경계는 지하수위가 높고 지표면에서 침투수가 모이기 때문에 용출수 양이 많다. 특히, 붕적토지역은 높은 땅깎기를 실시할 경우, 호우시 침투수에 의해 비탈면이 붕괴가 발생하는 경우가 많으므로 주의한다.
- 비탈면에서 용출수 유무와 양을 평가하기 위해 땅깎기시 지하수위, 침투층의 노출가능성 유무, 경사를 조사한다. 땅깎기를 진행하면서 예기치 못한 곳에서 용출수가 발생할 수 있으므로 시공 중에 주의하여 공사를 진행한다. 비탈면의 용출수는 지하수와 지중에 침투한 우수가 원인이고 쌓기 비탈면의 용출수는 노면과 원지반에서 흠쌓기부에 침투한 물이 원인이 된다.
- 비탈면에서의 용출수를 배수하는 시설에는 <그림 7.3.1>에 나타난 것과 같이 편책, 돌망태공, 지하 배수구, 수평 배수층, 수평 배수공 등이 있다.



<그림 7.3.1> 비탈면에서 용출수 배수시설(예)

7.4 비탈면 배수시설의 설계

배수시설의 단면설계는 토사 등의 퇴적을 고려하여 20% 여유를 둔다. 특히, 집중호우시에 다량의 토사가 유출될 우려가 있는 지역은 발주청과 협의하여 결정한다.

【해 설】

- 비탈면 배수시설의 손상은 주로 물이 배수구내로 흐르지 않고, 그 외측과 최하단측으로 흘러 주위의 흙이 세굴됨으로써 발생한다. 급류가 발생하는 곳에서 물이 튀어나오지 않도록 뚜껑을 설치하거나 약간의 도수가 있더라도 배수구의 외측이 세굴되지 않도록 잔디와 바위 등을 깔아 보호해 두는 등의 조치가 필요하다.

7.4.1 비탈어깨 배수시설 및 산마루 배수구

비탈어깨 배수시설로는 일반파기 배수구, 철근콘크리트 U형 배수구, 현장타설 콘크리트 배수구 등을 사용한다.

【해 설】

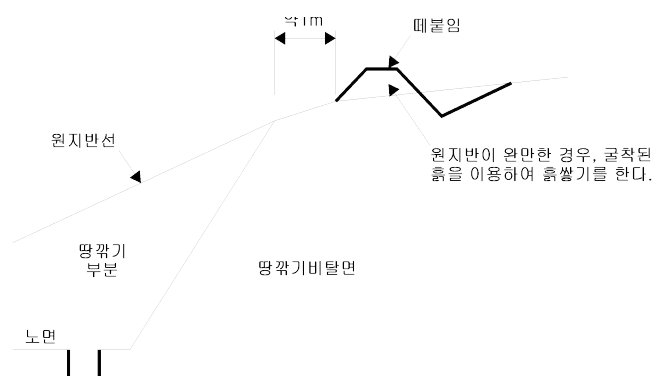
- 비탈어깨 배수시설은 상부 비탈면에 내린 우수와 용출수를 비탈면에 유입시키지 않도록 하기 위해 비탈어깨에 설치하는 것이다.

II 지방지역 도로배수시설

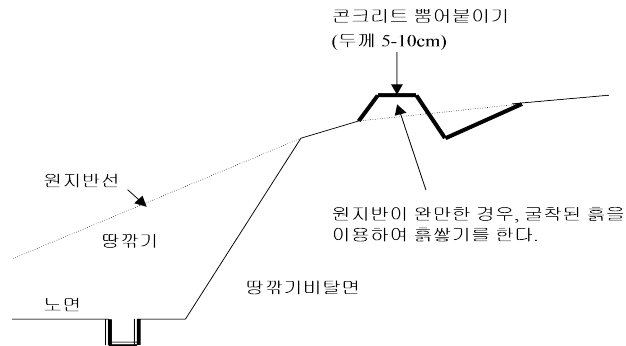
- 비탈어깨 배수구의 종류는 비탈면이 존재하는 지형, 유하량 및 토질 등을 검토하여 결정한다.
- 비탈어깨 배수구는 관리가 어렵고, 배수구에 토사가 퇴적되어도 청소하기 어려운 위치에 있는 경우가 많다. 토사가 퇴적되면 비탈면에 미치는 영향이 크기 때문에 배수구 단면은 크게 해 둘 필요가 있다. 또, 배수구의 끝부분은 지형을 고려하여 비탈면의 안정에 영향이 없도록 마감처리되어야 한다.

가. 일반파기 배수구

- 유출량이 적고 횡방향으로 이어진 자연비탈면과 다른 수로에 유출량을 용이하게 배수할 수 있는 경우나 원지반의 투수계수가 낮고 세굴 우려가 없는 경우 그림에 나타난 것과 같이 간단한 제방을 쌓고 잔디 등의 때붙임을 시공한다.
- 물이 침투하기 쉬운 토질에서 침투한 물이 비탈면 붕괴 원인이 될 우려가 있는 경우 <그림 7.4.2>와 같이 콘크리트 또는 시멘트모르타르를 이용하거나 철근콘크리트 U형 등을 설치한다. 단, 흙시멘트를 이용한 배수구는 풍화와 동해에 대한 내구성이 없고, 단기간에 균열이 생겨 우수등이 지하에 침투하거나 잡초 등에 의해 배수불량을 일으키기 쉽다. 따라서 소일시멘트 배수구는 일반적으로 임시 배수구로 이용된다.



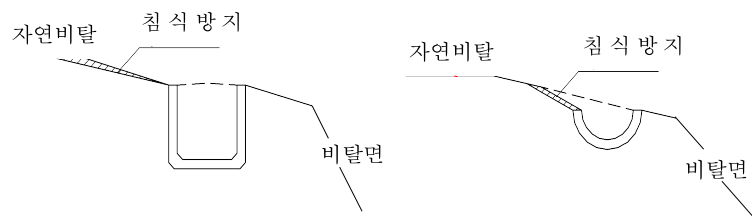
<그림 7.4.1> 일반파기 배수로



<그림 7.4.2> 콘크리트 등에 의한 배수구

나. 철근콘크리트 U형 배수구

- 배수구에 모인 물의 양이 많고, 그 연장도 길어지는 경우는 <그림 7.4.3>과 같이 프리캐스트 철근 콘크리트 U형과 원심력 철근콘크리트 반원관 등을 사용한다. 집수면적, 지표면 상태에 따라 배수구의 크기가 결정되지만 300×300mm의 프리캐스트 철근 콘크리트 U형을 사용하는 경우가 많다.
- 비탈어깨 배수구는 통상 경사가 급하기 때문에 상당한 배수능력을 가지도록 설계하지만 만약 프리캐스트 제품과 원지반이 충분히 흡수하지 못하면 배수구를 흐르는 물의 속도가 증가되어 경사 변화점과 임의의 장애물에 닿아 튕겨나가 측면을 세굴하기도 한다. 따라서 배수구의 뒷채움 시공을 충분히 하여야 하며 산측에는 침식방지책으로 하고 배수구 경사 변화점에 뚜껑을 설치할 수 있다. 경사가 급해지는 경우는 중배수 시설과 마찬가지로 소켓부착 제품을 이용한다.



<그림 7.4.3> 프리캐스트제품에 의한 비탈어깨 배수시설

다. 현장타설 콘크리트 배수구

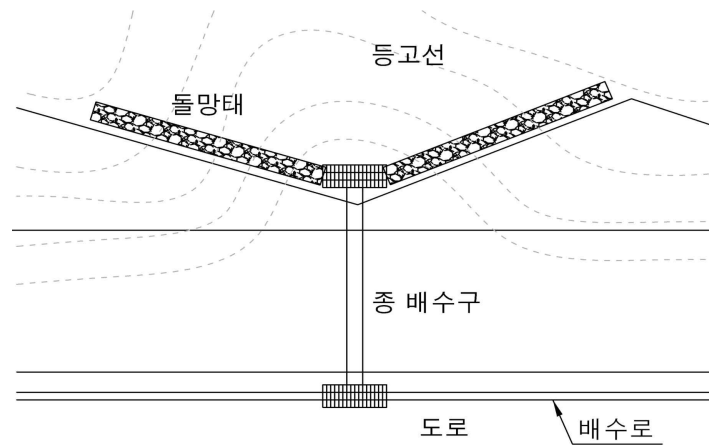
- 산마루측구에서 떼붙임, 콘크리트뿔어붙이기, 프리캐스트 제품 등을 사용시 하자가 우려될 경우 현장타설 콘크리트 측구를 적용한다.
- 현장타설 콘크리트 측구의 경우 시공시 콘크리트 타설의 어려움이 따르지만 관리나 기능면에서는 효과적일 수 있다. 단, 산마루배수구를 설계하는 경우 터파기후 되메우기시에 세굴이나 유실을 방지하기 위해 다짐을 실시할 수 있도록 설계도서에 명기하고 필요시 지표수의 유입이 원활하도록 산측에 콘크리트를 타설하여 지표수가 토층으로 스며들지 않도록 한다.

7.4.2 배수구

배수구는 길어깨 측구에서 흙쌓기 아래 수로와 또는 비탈어깨 배수구와 소단배수구에서 노측수로로 배수하기 위해 비탈면을 따라 설치하는 것으로 현장타설콘크리트, 철근콘크리트관, 돌쌓기 등을 사용한다.

【해 설】

- 배수구는 쌓기 비탈면의 비탈어깨 배수구 또는 깎기비탈면의 산마루 배수구와 소단배수구에서 비탈면 하부 배수시설로 지표수를 배수시키기 위해 비탈면을 따라 설치하는 배수시설로 유량이 많은 경우는 배수구 주변의 침식 및 세굴이 발생하는 문제가 있으므로 침식이나 세굴 방지를 위한 대책을 수립한다.
- 땅깎기에 의해서 기존 연못을 메우거나 <그림 7.4.4>처럼 비탈면의 오목한 부분을 횡단하여 땅깎기하는 경우, 이와 같은 곳에서 집중호우에 의해 토석을 포함한 우수가 직접 도로에 흘러들어갈 우려가 있으므로 집수구역내의 지형, 지질, 지표상태 등을 조사하여 콘크리트, 돌쌓기, 돌망태 등을 설치하고, 유하수의 유속을 떨어뜨리고 유하수를 적당한 수로까지 유도한다.



<그림 7.4.4> 비탈면 오목부분의 배수시설

가. 현장타설콘크리트

- 배수구는 원칙적으로 현장타설콘크리트로 설치한다. 배수구의 주변은 콘크리트로 보호하고, 세굴이나 이물질 등의 유입에 의한 통수능 저하를 방지한다. 한랭지에서 동결위험이 있을 때는 붙임 콘크리트 밑에 동해방지를 고려한 기초 재료 등으로 시공한다. 단, 배수구 연장이 짧을 때 세굴이나 통수 기능 저하의 염려가 적을 때는 잔디붙임, 조약돌 붙임 등으로 보호한다.
- 또한 배수구가 다른 수로와 합류하는 곳과 경사가 변화하는 곳 그리고, 흐름 방향이 급하게 변하는 곳에는 홈통을 설치하고 홈통에는 깊이 15cm 이상의 토사가 적치되는 곳을 설치하며 반드시 뚜껑을 설치한다. 그리고 경사가 1:1보다 급한 곳과 비탈 꼬리에서 1~2m의 구간, 경사 변화점 등의 배수구는 물이 튀어오를 우려가 있으므로 뚜껑을 부착한다.
- 소단 홈통의 청소가 곤란하기 때문에 소단에 홈통을 설치하지 않는 경우도 있다. 이와 같은 경우 홈통이 없기 때문에 유속도 빠르고 월류도 심하므로 하류측 배수구의 상부 뚜껑은 견고하게 한다.

나. 철근콘크리트 관 등

- 비탈면 경사가 급하고 연장이 길다는 이유로 유량·유속과 도수가 커지는 경

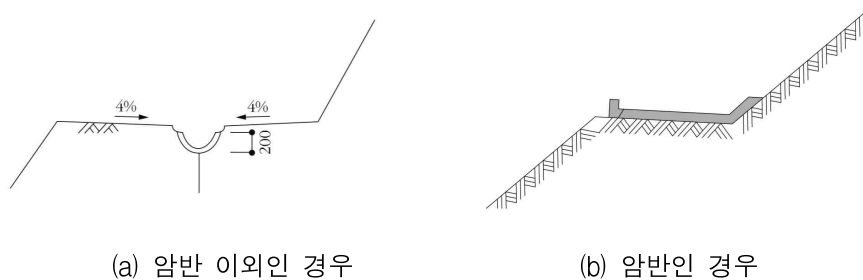
우 중배수시설로 철근콘크리트관 등을 사용하는 경우, 이와 같은 암거 구조는 U형 배수구 등의 개거 구조에 비해 관리가 용이하지 않기 때문에 적당한 간격으로 홈통을 설치한다. 그리고 다른 수로와의 합류점, 경사 변화점, 흐름방향 변화점에도 홈통을 설치한다.

7.4.3 소단 배수시설

소단 배수는 비탈면에 흐르는 우수나 용출수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위해 설치하며, 소단 배수구는 폭이 3m 이상 넓은 소단에 설치한다. 단, 비탈면 침식의 위험성이 적다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

【해 설】

- 종단경사에 따라 배수처리를 실시하며, 20m 이상 땅깍기 구간이 끝나는 곳에 산마루측구와 연결 또는 방류하여 비탈면이 유실되지 않도록 설치한다.
- 비탈면 및 소단의 토질이 암반인 경우는 <그림 7.4.5>와 같이 소단에 10% 정도의 경사를 주어 콘크리트라이닝을 시공한 배수구 구조로 하여도 된다.



<그림 7.4.5> 땅깍기부의 소단 배수로 예(배수경사 4% 또는 10%)

7.4.4 비탈끝 배수시설

땅깎기부에서 비탈끝 배수는 길어깨 배수시설을 겸하지만 비탈면 용출수가 많은 장소 및 콘크리트 뿔어붙이기를 시공한 특수조건외 비탈면과 소단 배수시설이 없는 대규모 비탈면은 비탈끝 배수시설을 검토한다.

【해 설】

- 땅깎기부에서의 비탈끝 배수는 원칙적으로 길어깨 배수시설을 설치하지 않지만 비탈면 용출수가 많은 장소 및 콘크리트 뿔어붙이기 등을 시공한 특수한 비탈면으로 소단배수를 설치하지 않는 대규모 비탈면 등에서는 비탈끝 배수구 설치를 검토한다.

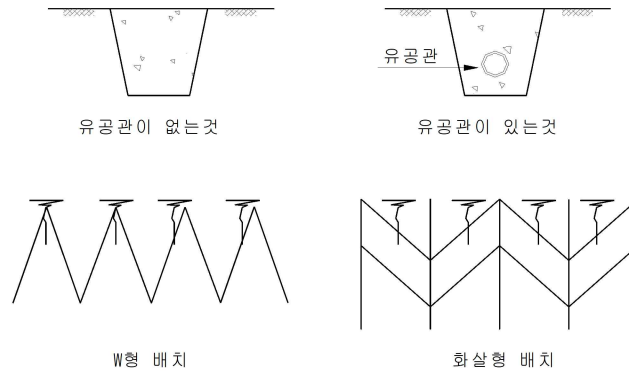
7.4.5 비탈면에서 용출수 등의 처리

비탈면에서 침투수 및 용출수는 지하 배수구, 돌망태공, 수평 배수공 등을 사용하여 신속하게 배제해야 한다.

【해 설】

가. 지하 배수구

- 지표면 부근의 침투수를 모아 배수하기 위해 지하 배수구를 설치한다. 지하 배수구의 역할은 조립재료의 투수성을 이용하여 지중 물을 배제하는 것이기 때문에 재료는 투수성이 좋고, 잘 막히지 않는 것을 선정한다.
- 땅깎기 비탈면에서 용출수 상황에 따라 지하 배수구를 <그림 7.4.6>에 나타난 것과 같이 화살형과 W형 등으로 배치하는 동시에, 용출수에 의한 비탈면 붕락에 대처하기 위해 각종 필터매트와 비탈거푸집공 등을 병용하는 경우가 있다. 또한, 용출수량이 많은 곳에서는 유공관을 넣은 지하 배수구를 시공한다.



<그림 7.4.6> 지하 배수구의 배치

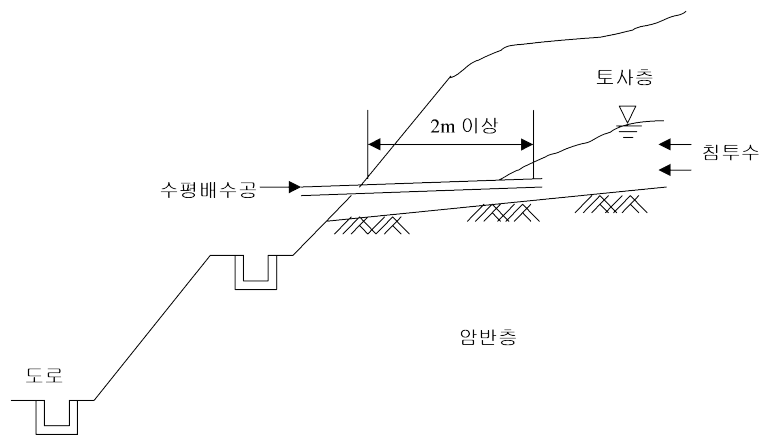
나. 비탈면 망태공

- 망태공은 용출수가 많은 비탈면에서 지하 배수구와 병용하고 비탈끝에 나란히 배치하여 배수와 비탈면의 붕괴방지에 병용한다. 또한, 소규모 비탈면에서는 지하 배수구 대신으로 사용할 수 있다.
- 돌망태공에는 원형, 선형 및 요 등 여러 가지 형상이 있으며, 두께, 길이, 눈금 간격 등에도 어느 정도 자유롭다. 돌망태가 사용되는 장소, 채취된 돌의 크기 등을 고려하여 그 형상을 결정한다.

다. 수평 배수공 등

- 흙쌓기 비탈면의 붕괴를 방지하기 위하여 흙쌓기의 일정 두께마다 모래 배수층을 사용하는 경우도 있다. 특히, 함수비가 높은 흙으로 높은 흙쌓기를 시공하면 흙쌓기 내부의 간극 수압이 상승하고, 비탈면의 돌출이나 붕괴가 발생하는 경우가 있으므로 모래 배수층을 사용하여 간극 수압을 저하시켜 흙쌓기의 안정성을 향상시킨다.
- 배수 재료로서 높은 배수 기능을 가진 토목섬유를 사용할 수 있으며, 또한 자연 지반으로 부터의 침투수가 흙쌓기 내로 침투하는 경우의 흙쌓기부 붕괴방지도 효과를 기대할 수 있다.

- 자연 지반에서 흙쌓기로 침투하는 것을 방지하기 위하여 자연지반 표면에 모래층의 배수층을 설치하는 경우도 있다. 배수층의 두께는 침투 유량의 대소에 따라서 다르지만, 일반적으로는 20~30cm 정도로 한다. 특히 침투수가 많을 때에는 배수층 안에 유공관을 매설하는 것도 효과적이다.



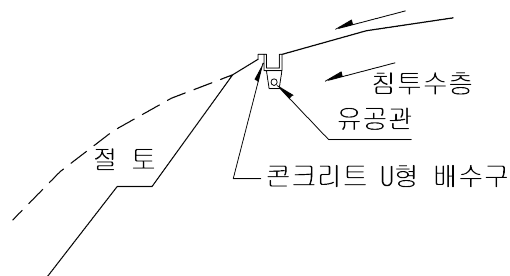
<그림 7.4.7> 수평 배수공 설치 예

라. 기타 용출수 처리

- 용출수 발생이 예상되는 비탈면은 콘크리트 비탈 격자, 돌 붙임, 블록 붙임 등의 구조물에 의한 보호공을 시공한다. 이러한 구조물에는 수발공으로 조치하나 경우에 따라서 지하 배수구 등과 겸하는 것도 고려한다. 수발공은 비탈 격자공의 격자내에 돌 붙임 등을 실시해도 되며, 콘크리트 붙임으로 하는 경우는 지름 5cm 정도의 수발공을 적어도 2㎡마다 1개소 설치한다.
- 콘크리트 또는 모르타 뿔어 붙임은 보통 용출수가 있는 비탈면에 사용하지 않는다. 뿔어붙이는 면 일부에 용출수가 있을 때는 이 부분에 돌 붙임을 실시하거나 지름 2~5cm 정도의 수발관을 삽입하고, 그 위에 콘크리트 또는 모르타르를 뿔어 붙여야 한다. 수발관은 뿔어붙이는 과정에서 추가로 설치해야 하는 경우도 많으나 용출수가 비탈면 바깥에 튀기 쉬우므로 관의 경사에 유의한다.

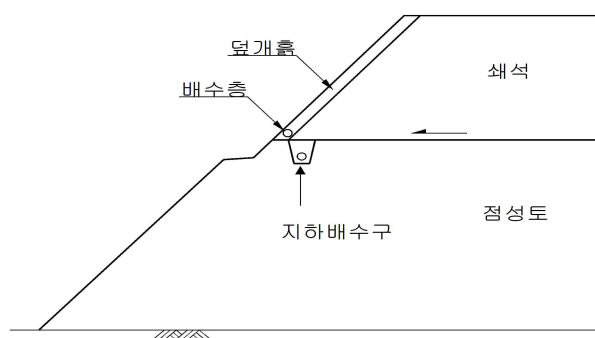
Ⅱ 지방지역 도로배수시설

- 비탈면의 용출수 발생을 억제하기 위해 <그림 7.4.8>과 같이 비탈어깨로 침투수를 처리하는 경우도 있다. 이때는 표면수와 침투수를 따로 설치, 처리하는 것이 경제적이다.
- 우수가 침투하기 쉽고 우수에 의해 강도저하가 큰 토질이나 높은 함수비의 점성토부에 높은 흠쌓기를 해야 할 때는 흠쌓기 비탈면내에 배수층을 만들어 비탈면의 안정을 도모한다.



<그림 7.4.8> 비탈어깨의 지하 배수구

- 불투수성 재료의 흠구조물 위에 투수성 재료를 쌓을 때는 쌓기표면에서 침투한 물이 하부의 불투수성 흠을 연약하게 하여 비탈면의 붕괴를 일으키는 수가 있으므로 불투수층 위에 미리 지하 배수구를 설치한다(<그림 7.4.9>).



<그림 7.4.9> 흠쌓기 재료가 서로 다른 경우의 배수시설 사례

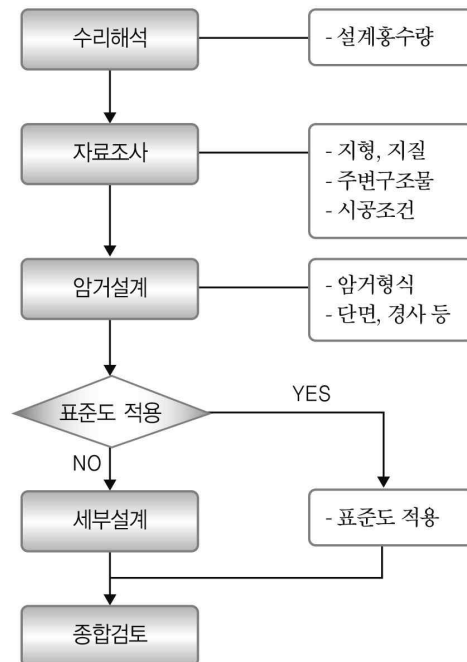
제 8 장 횡단 배수

8.1 일반사항

도로 암거는 수문 분석에서 결정된 설계홍수량으로 암거 상류부의 수위를 과다하게 상승시키지 않은 상태에서 하류로 원활하게 배수할 수 있는 경제적인 단면과 경사를 갖도록 한다.

【해 설】

- 암거의 단면은 원형관 또는 박스 형태가 일반적이며, 암거의 크기, 경사, 유·출입부의 수심 등의 조건에 따라 유입부 조절 또는 유출부 조절을 받는 흐름을 만든다. <그림 8.1.1>은 암거의 일반적인 설계 흐름을 나타낸다.



<그림 8.1.1> 암거의 설계 흐름

II 지방지역 도로배수시설

- 암거 설치에 있어서, 토사 퇴적 및 부유물로 인한 암거 등 도로 배수시설 손상으로 주변 피해가 있다고 판단되는 경우 교량과 같은 형식으로 토사 퇴적 및 부유물을 통과시키도록 한다. 계곡부 및 산지부 등에 위치한 암거 등의 횡단 배수시설은 수로의 상류로부터 발생하는 부유물, 토석류 등이 원활히 빠져나가도록 유입구의 폭을 가능한 수로폭과 일치하도록 한다.

<표 8.1.1> 암거와 교량의 장·단점 비교

암거	장점	미관상 도로노선의 끊임이 없다.
		도로 주변을 이용할 수 있다.
		도로의 확장이 가능하다.
		교량과 비교하여 구조적 유지보수가 적게 요구된다.
		용량을 추가적으로 증가시킬 수 있다.
		교량과 비교하여 시공이 쉽다.
		교량과 비교하여 세굴을 보다 쉽게 예측하고 제어할 수 있다.
	단점	주기적인 청소가 필요하다.
		토사퇴적 및 부유물에 의한 막힘이 발생할 수 있다.
		침식과 유출부의 세굴 위험이 있다.
		부식과 마모, 균열의 위험이 있다.
		부력 및 침투, 파이프에 의해 파괴될 위험이 있다.
교량	장점	토사퇴적 및 부유물에 의한 막힘현상을 방지할 수 있다.
		홍수위를 넘지 않는한 통수능력을 증가할 수 있다.
		유로가 유동적이다.
		수리적 환경과 습지에 대한 영향을 적게 받는다.
		확장 시 수이용량에 영향을 미치지 않는다.
	단점	암거와 비교하여 더 많은 구조적 유지를 필요로 한다.
		교대 등의 구조물이 세굴에 의하여 파괴될 수 있다.
		동결에 의하여 구조물이 영향을 받기 쉽다.
		주기적인 상판 배수시설의 유지보수가 필요하다.

자료 : Highway Drainage Guidelines(AASHTO, 1999)

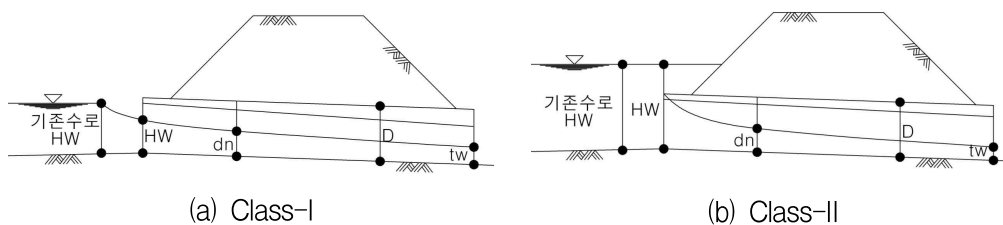
8.2 도로암거의 수리

8.2.1 도로암거의 흐름 분류

일반적으로 도로의 배수시설로 설치되는 박스(BOX), 혹은 관(PIPE)의 흐름은 Class-I, Class-II 두 가지로 분류할 수 있다.

【해설】

- 도로 배수시설로 사용되는 암거의 흐름은 <표 8.2.1>과 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다.
- Class-I과 같이 HW(유입부수두)와 TW(유출부수두)가 잠수되지 않은 흐름과 Class-II의 ①처럼 HW는 잠수되었지만 TW가 잠수되지 않아 자유수면을 갖는 흐름을 개수로 흐름이라 하고, Class-II의 ②처럼 HW와 TW가 모두 설치될 관경보다 커서 잠수되어 자유수면을 갖지 않는 흐름을 관수로 흐름이라 한다.
- 도로 암거의 수리 형상에 따라 개수로의 일반사항으로 암거를 해석해야 할 때도 있고, 관수로의 흐름(오리피스)으로 도로암거를 해석할 수도 있다.
- 일반적으로 산지부에서 유출되는 유량을 기존수로로 방류시킬 경우 Class-I, Class-II의 ①처럼 개수로의 흐름을 유지하는 것이 적합하고, 산지부 또는 유입부의 상황이 유량은 많으나 지형적인 요건으로 인해 큰 규격의 관을 설치하지 못하고, 수위가 높은 상태로 방류시킨다면 Class-II의 ②처럼 관수로의 흐름까지 감안하여 설계할 수 있다. 단, 도로 배수의 경우는 우수의 완전배제를 원칙으로 하고 있으므로, 가급적 관수로의 흐름은 피한다.



<그림 8.2.1> 흐름 형식 개념도

<표 8.2.1> 암거 흐름의 분류

Class- I	$HW \leq 1.2 D$	암거의 유입부 및 유출부가 잠수되지 않은상태 개수로의 흐름
Class- II	① $HW > 1.2 D$ 그리고 $TW < D$	암거의 유입부는 잠수된 상태 암거의 유출부는 잠수되지 않은상태 웨어의 수리특성(개수로의 흐름)
	② $HW > 1.2 D$ 그리고 $TW \geq D$	암거의 유입부는 잠수된 상태 암거의 유출부도 잠수된 상태 관수로의 수리특성

8.2.2 도로 암거의 흐름 형상

암거의 흐름 조건은 8가지 형상으로 분류 가능하며, 각각의 흐름에 대한 수리특성이 존재한다.

【해 설】

- 도로 암거의 수리 설계는 수문분석으로 결정되는 계획홍수량을 도로나 철도의 범람 없이 유입부수두(HW: Head Water Level)를 과다하게 상승시키지 않은 범위에서 안전하게 하류로 배수시킬 수 있는 가장 경제적인 암거 단면과 매설 경사를 결정하는 것이다.
- 설계조건에서 도로 암거에 발생할 수 있는 흐름은 8가지의 흐름이 가능하며 지형 및 현장여건에 맞는 유형을 찾아 설계에 적용한다.
- 도로 암거내 흐름의 유형 및 현장 여건에 맞는 유형을 찾아내어 유입부 수두(HW)를 구하고 해당 지점의 허용 상류수심(AHW)과 비교하여 홍수시에 도로 및 철도의 월류 여부를 판단한다(그림 8.2.2).
- 도로 암거의 수리 계산은 대부분의 흐름이 자유수면을 유지하는 개수로의 흐름을 가지므로 유입부에서 모든 물의 흐름을 지배하는지, 유출부에서 모든 물의 흐름을 지배하는지에 대한 판단이 중요하다.

● 흐름의 종류에 따른 8가지 수리형상에 대해 설명하면 다음과 같다.

구 분	수 리 모 형	수 리 조 건
1 형식		<상류의 흐름> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So < Sc$ $Tw < dc$ dn : 암거내 등류수심 So : 암거의 경사 Sc : 암거의 한계경사
2 형식		<상류의 흐름> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So < Sc$ $dc \leq TW < D$ dn : 암거내 등류수심 TW : 유출부수두 dc : 한계수심
3 형식		<사류의 흐름> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So \geq Sc$ $Tw \leq dc < D$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심
4 형식		<사류→상류 : 도수발생> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So \geq Sc$ $Tw > dc$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심

구분	수리모형	수리조건
5 형식		<사류의 흐름> $HW \geq 1.2D$ (Class II) $So > Sc, So < Sc$ $TW < dc$ $dn < dc$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심
6 형식		<관수로의 흐름> $HW \geq 1.2D$ (Class II) $So > Sc, So < Sc$ $TW < D$ $dn > D$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심
7 형식		<관수로의 흐름> $HW \geq 1.2D$ (Class II) $So > Sc, So < Sc$ $TW > D$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심
8 형식		<사류→상류 : 도수발생> $HW \geq 1.2D$ (Class II) $So > Sc, So < Sc$ $TW > D$ dn : 암거내 등류수심 dc : 한계수심

<그림 8.2.2> 암거의 흐름 유형

가. 제 1 형식

- 제 1 형식은 암거의 경사(S_o)가 한계경사(S_c)보다 작은 완경사이며, 유출부에서 하류수심(TW)이 한계수심(d_c)보다 작은 상류(常流) 상태로 흐름의 지배단면은 유출부가 된다. 이와 같은 흐름조건을 만족시키는 설계는 경사가 완만하고 소류지가 있는 소하천의 경우에 적합하며 유입부와 유출부의 에너지 방정식으로부터

터 식(8.2.2)를 얻을 수 있다.

- 식(8.2.2)는 해석할 수 있는 모노그래프를 제시하지 못하므로, 1형식이 예상된다면 h_e (유입부 손실수두), h_f (마찰 손실수두)등을 계산하여 적용하여야 하며 1형식으로 수리형태가 결정되었을 경우의 유출부 유속 V_o 는 한계유속(V_c)일 때이다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + \left(d_c + \frac{V_c^2}{2g}\right) \quad (8.2.1)$$

$$HW = h_e + h_f + \left(d_c + \frac{V_c^2}{2g}\right) - S_o L \quad (8.2.2)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

h_e : 유입손실 수두 = $\left(C_e \cdot \frac{V^2}{2g}\right)$ (m)

h_f : 마찰손실 수두 $\left(= 19.6 \frac{n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \cdot \frac{V^2}{2g}\right)$ (m)

d_c : 한계수심(m)

V_c : 유출부의 한계유속(m/sec)

g : 중력가속도(9.8m/sec^2)

S_o : 암거의 경사(m/m)

L : 암거의 길이(m)

C_e : 유입부 손실계수

n : 마닝의 조도계수

R : 암거의 동수반경(m)

나. 제 2 형식

- 제 2 형식은 수로경사가 완만하고 하류수심(TW)이 한계수심보다 크고 암거의 높이보다 낮은 경우로 지배단면은 유출부가 된다. 이런 흐름은 경사가 완만하고 폭이 좁으며 수심이 깊은 수로에서 발생하나 흔하지 않은 경우이며 유입부와 유출부의 에너지 방정식으로부터 식(8.3.3)을 얻을 수 있다.
- 2형식을 해석할 수 있는 모노그래프를 제시할 수 없으므로 h_e , h_f , dtw 등을 구하여 식(8.2.3)의 방정식을 통해 HW 를 구한다. 2형식으로 수리형태가 결정되

있을 경우의 유출부 유속(V_o)는 유출부의 평균유속 즉, TW가 이루는 유속(d_{tw})를 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = h_e + h_f + (d_{tw} + \frac{V_{tw}^2}{2g}) - S_o L \quad (8.2.3)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

h_e, h_f : 유입손실 및 마찰손실 수두(m)

d_{tw} : 유출부 수심(m)

V_{tw} : 유출부의 평균유속(m/sec)

S_o, L : 암거의 경사 및 길이

다. 제 3 형식

- 제 3 형식은 수로경사가 급하고 하류수심(TW)이 한계수심과 암거 높이보다 낮은 사류(射流)의 상태이며 입구부가 지배단면이 된다. 이와 같은 흐름은 급경사의 산악지역 수로에 적합하며 암거 상류부와 유입부의 에너지 방정식으로 부터 다음 식을 얻을 수 있다. 이때의 수리형상으로 결정되었을 경우에는 설치될 암거의 길이가 5m 미만일 경우 한계수심일 때의 유속(V_c)을 사용하고 암거의 길이가 5m 이상일 경우 등류 수심일때의 유속(V_n)을 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = C_e \frac{V_e^2}{2g} + (d_c + \frac{V_c^2}{2g}) \quad (8.2.4)$$

- 박스 암거의 경우, 직경을 S 라 하면 한계수심(d_c)과 한계유속(V_c)은 다음과 같다.

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g}(\frac{Q}{b})^2} = 0.467(\frac{Q}{S})^{\frac{2}{3}} \quad (8.2.5)$$

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{bd_c} \right)^2 = 0.234 \left(\frac{Q}{S} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (8.2.6)$$

여기서, S : 암거 대각선의 길이

- 파이프의 경우, 입구부에서 d_c 와 V_c 의 표현이 쉽지 않으므로 관경(D) = S로 간주하여 상기 HW 산출식을 정리하면 다음과 같다.

(1) 파이프의 경우 :

$$HW = 0.467 \left(\frac{Q}{D} \right)^{\frac{2}{3}} + 0.054(1 + C_e) \cdot V_c^2 \quad (8.2.7)$$

(2) 박스의 경우 :

$$HW = 0.701 + 0.234 C_e \cdot \left(\frac{Q}{S} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (8.2.8)$$

라. 제 4 형식

- 제 4 형식은 하류수심(TW)이 암거높이(D) 보다 높아 하류부가 잠수된 상태로 암거내 유출부와 인접한 곳에 도수가 발생한다. 도수가 상류로 이동하여 유입부에 도달하면 제 7 형식의 흐름과 같고 하류로 씻겨 내려가면 제 8 형식의 흐름이 된다. 이와 같은 흐름은 급경사의 산악지 수로에서 하류수위가 암거높이 위로 올라가는 상황을 의미하므로 실제 발생가능성은 희박하며 지배단면이 유입부가 되어 제 3 형식의 수리식과 동일한 조건이 된다. 이와 같은 흐름형상에서의 유출부 유속(V_o)은 유출부에서 도수가 발생하고 도수의 시작점이 암거내부이므로 만관일 때의 유속(V_f)을 유출부 유속으로 사용한다.

(1) 파이프의 경우 :

$$HW = 0.467 \left(\frac{Q}{D} \right)^{\frac{2}{3}} + 0.051(1 + C_e) \cdot V_c^2 \quad (8.2.9)$$

(2) 박스의 경우 :

$$HW = 0.701 + 0.234 C_e \cdot \left(\frac{Q}{S}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (8.2.10)$$

여기서, HW : 유입부 상류수심(m)

Q : 유량(m^3/sec)

C_e : 유입부 손실계수

D : 파이프의 직경(m)

S : 박스 암거의 직경, 암거의 대각선 길이(m)

V_c : 유입부에서 한계유속(m/sec)

마. 제 5 형식

- 제 5 형식은 암거내 자유수면을 갖는 흐름으로 유입부의 흐름이 수문 아래로 흐르는 경우처럼 흐름의 상태가 오리피스류가 되어 지배단면은 유입부가 된다. 유입부와 상류부의 에너지 방정식으로부터 다음식을 얻을 수 있다. 이와 같은 수리형태의 유출부 유속은 등류수심일 때의 유속 즉 등류 유속(V_n)을 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW - \frac{D}{2} = C_e \frac{V_D^2}{2g} + \frac{V_D^2}{2g} \quad (8.2.11)$$

$$HW = \frac{D}{2} + \frac{V_D^2}{2g} (1 + C_e) \quad (8.2.12)$$

여기서, HW = 유입부 상류 수심(m)

D = 암거의 직경 또는 높이(m)

V_D = 깊이 D 인 암거입구에서의 평균 유속(m/sec)

C_e = 유입부손실 계수

g = 중력가속도($9.8m/sec^2$)

바. 제 6 형식

- 제 6 형식은 암거내 흐름이 만수상태로 관수로의 특징을 갖고 있으며, 압력차에 의해 흐르게 되어 지배단면은 유출부가 된다. 암거상류 수면과 유출부사이의 에너지 방정식은 식(8.2.13)과 같다.
- 수리형태의 흐름의 유출부 유속(V_o)은 만관일때의 유속(V_f)을 사용한다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + h_v + h_o \quad (8.2.13)$$

- 식(8.3.13)에서 유입손실 수두(h_e), 마찰손실 수두(h_f) 그리고 속도수두(h_v)를 대입하면 다음과 같다.

(1) 파이프의 경우 :

$$HW = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + h_o - S_o L \quad (8.2.14)$$

(2) 박스의 경우 :

$$HW = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + h_o - S_o L \quad (8.2.15)$$

여기서, HW : 유입부 상류수심(m)
 V_o : 유입부 유속(m/sec)
 C_e : 유입부손실 계수
 n : 만닝의 조도 계수
 L : 암거의 길이(m)
 D : 암거의 직경 또는 높이(m)
 R : 암거의 동수반경(m)
 h_o : 유출부 단면의 중립축까지의 높이로 이론상 $D/2$ 이나 설계시 흐름의 조건을 유지하기 위해 파이프는 $0.75D$, 박스는 $0.8D$ 를 적용
 S_o : 암거의 경사(m/m)

사. 제 7 형식

- 제 7 형식에서 암거내 흐름은 상류와 하류의 수위차로 인해 흐르는 관수로의 흐름이 되며 지배단면은 암거 하류의 수면이 된다. 상류부와 하류부의 에너지 방정식으로부터 식(8.2.16)을 유도할 수 있다. 이러한 수리형태의 유출부유속 (V_o)은 만관일때의 유속(V_f)을 사용한다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + h_v + TW \quad (8.2.16)$$

- 식(8.3.16)을 제6형식과 같은 형태로 표현하면 다음과 같다.

(1) 파이프의 경우 :

$$HW = \frac{V^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + S_o L \quad (8.2.17)$$

(2) 박스의 경우 :

$$HW = \frac{V^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + TW - S_o L \quad (8.2.18)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

V : 암거의 평균 유속(m/sec)

TW : 암거의 하류의 수심(m)

아. 제 8 형식

- 제 8 형식에서 흐름은 하류수심(TW)이 암거의 높이(D)보다 크지만 암거내 유속이 빨라 유출부가 잠수되지 않는 형식으로 지배단면은 유입부가 된다. 이런 흐름은 암거내에서 제 5 형식과 동일한 모형을 갖고 있으므로 제 5 형식과 같은 식으로 표현할 수 있다. 이러한 형태에서의 유출부 유속(V_o)은 하류부에서

도수가 발생하나, 도수가 발생하는 지점이 암거의 외측이므로 Class - I 의 4 형식과는 달리 등류 유속(V_n)을 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = \frac{D}{2} + \frac{V_D^2}{2g}(1 + C_e) \quad (8.2.19)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

D : 암거의 직경 또는 높이(m)

V_D : 깊이 D 인 암거입구에서의 평균유속(m/sec)

C_e : 유입부 손실 계수

g : 중력가속도(9.8m/sec^2)

8.2.3 도로 암거의 수리특성

암거 수리특성은 사류(비교적 급경사)와 상류(완만한 경사)로 분류되며, 이때 개수로의 흐름의 분류는 유입부 지배단면과 유출부 지배단면으로 구분된다.

【해 설】

가. 흐름상태에 따른 수로 경사분류 및 특성치 관계

- 개수로 내의 흐름은 수로 경사의 가장 큰 영향을 받는다. 그리고 개수로 및 자연하천인 경우 흐름을 등류로 가정해야만 수리계산이 가능하다. 따라서 개수로의 수리계산을 위해서는 설치될 관경과 홍수량 (Qd)에 따른 등류수심(Dn)을 구하여 암거내의 수리형상을 파악하여야 한다.
- 개수로내 등류수심(dn)이 한계수심(dc)와 동일하게 유지되었을 때의 수로경사를 한계경사(Sc) (Critical Slope)라 하고 이대의 흐름을 한계등류 (Critical Uniform flow)또는 한계류라고 한다. 따라서 임의 수로의 한계경사는 만닝공식으로부터 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Sc = \frac{n^2 Vc^2}{Rc^{4/3}} = \frac{n^2 gDc}{Rc^{4/3}} \quad (8.2.20)$$

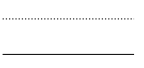
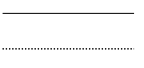
여기서, Rc : 한계수심일때의 동수반경

Dc : 한계수심일때의 수리평균심

- 유량이 일정할 때 한계경사 (Sc)보다 작은 수로경사 (So)를 가지는 수로상에 등류가 흐르면, 흐름의 등류수심(dn)은 한계수심(dc)보다 커져 상류(Subcritical flow)가 되고 지배단면은 유출부가 된다.
- 반대로 한계경사보다 큰 수로경사위에 등류가 흐르면 흐름의 등류수심(dn)은 한계수심(dc)보다 작아지며, 이때 흐름은 사류(Subcritical flow)의 흐름을 가지고, 지배단면은 유입부가 된다.

- 지배단면이 유입부 또는 유출부가 된다는 것은 모든 물의 흐름을 유입부 또는 유출부에서 지배한다는 뜻이며 유입부가 지배단면이 되면, 유출부의 모든 상황 즉, 손실수두(h_o), 위치수두(h), 수로경사(S_o) 수로연장(L) 등은 HW 산정에 영향을 미치지 않는다. 이러한 흐름의 상태를 요약하면 <표 8.2.2>과 같다.

<표 8.2.2> 흐름상태에 따른 수로경사의 분류 및 특성치 관계

흐름의 상태	수로경사	흐름의 형상	평균유속	지배단면
한계류	한계경사	 $dc = dn$	$V_n = V_c$	-
사 류	급경사	 $dc > dn$	$V_n < V_c$	유 입 부
상 류	완경사	 $dc < dn$	$V_n > V_c$	유 출 부

나. 유입부 지배단면

- 유입부 지배단면이란 개수로 수리해석에서 적용되는 개념으로 설치될 도로암거의 모든 물의 흐름을 유입부에서 지배 통제한다.
- 유입부 수심(HW, Head Water)과 관경, 날개벽의 유무 등에 의해 흐름이 결정된다. 즉 유입부 지배단면의 흐름에서는 위치수두 H , 관의 길이 등에 의해 산출되는 마찰손실수두(H_f), 손실수두 (h_o), S_oL 등은 수두 및 흐름의 결정에 커다란 영향을 미치지 않으므로 구하지 않아도 무방하다.
- 등류수심과 한계수심의 위치에서 사류의 흐름을 나타낸다.

다. 유출부 지배단면

- 유출부 지배단면이란 설치될 도로 암거의 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배, 통제된다.

- CLASS-1 의 1형식처럼 경사가 완만하고 연장이 긴 횡배수관이 설치되었다면, 암거내의 흐름의 특성은 상류의 특성을 가지며, 지배단면이 유출부이다. 이러한 수리 특성은 유출부까지의 상황 즉 마찰손실수두 (H_f), 유입손실수두 (C_e), 경사와 길이 (S_oL) 등이 유입부 수두(H_W)의 높이를 좌우한다.
- 이 경우 H_W/D 등, 관경의 크기는 유입부수두(H_W)를 결정하는데는 큰 영향을 미치지 않으므로 무시해도 좋다.
- 설계조건에서 도로암거에서 발생할 수 있는 흐름은 8가지 흐름이 가능하며, 지형 및 현장여건에 맞는 유형을 찾아 설계에 적용한다.

8.3 도로 암거의 수리설계

도로 암거의 수리설계는 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법, 방정식과 수리학적 공식에 의한 방법(도식에 의한 방법), 부유물 및 토사퇴적을 고려한 수리계산 방법 등의 세 가지가 있다.

【해 설】

- 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법과 도식에 의한 방법은 지형여건과 구조물의 설치형태에서 비교적 토사퇴적의 우려가 적은 지역에 적용한다.
- 부유물 및 토사퇴적을 고려한 수리계산 방법은 부유물 및 퇴적된 토사가 암거의 유입부를 막아 유수의 흐름을 방해할 우려가 있는 지역에 적용한다.
- 도로암거를 수리학적으로 해석하기 위해서는 설계홍수량(Q)이 일정한 기준수로 혹은 자연수로 흘러 도로암거 구조물을 만났을 때 암거구조물에 의한 범람 또는 월류를 방지할 수 있는 유입부수두(H_W)를 산출하여 월류 혹은 범람의 여부를 판단한다. 홍수위가 생성되는 기준 유입부수두 및 유출부수두(TW)등의 사전조사가 필요하며, 사전조사를 바탕으로 설치될 구조물의 흐름을 파악하여 기준수로에서 흘러내린 홍수위가 도로암거를 만났을때 암거 유입부수두(H_W)를 구하는 과정을 수리계산이라 한다.

8.3.1 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법

도표를 이용한 반복시산에 의한 방법은 유출부 수두(TW) 또는 유입부 수두(HW)이 사전조사되어 예측이 가능한 경우에 적용한다.

【해 설】

- 도표를 이용한 반복 시산방법은 유출부 수두(TW) 또는 유입부 수두(HW)가 사전조사 되어 암거의 수리형태를 8가지 수리모형중 하나로 예측이 가능한 경우 적용하는 것이 적절하며, 이러한 수리형태를 예측하기 위해 여러 수리 모형과의 관계를 이용하여 반복시산에 의해 유입부 수두(HW)만을 산출한다.

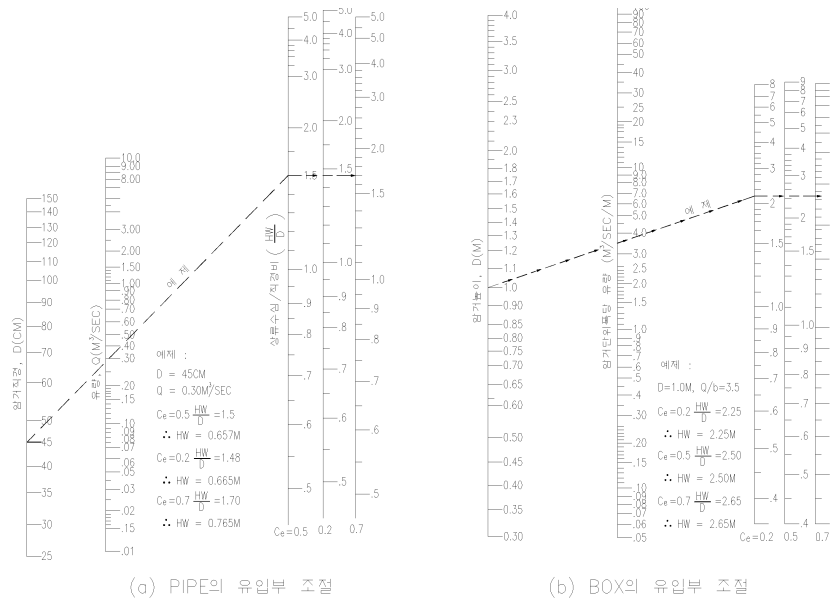
[STEP - 1] 설계 조건에 관련되는 모든 자료를 획득한다.

- (1) 설계배수량(Q_d)을 결정한다.
- (2) 설치될 암거의 유입부 및 유출부 기존수로에 대한 제원, 평균경사도 등 제반사항을 획득한다.
- (3) 계획된 설계홍수량이 암거 유입부까지 도달할 때의 수두를 구한다.
- (4) 암거의 단면형, 입구부의 모양 및 암거의 종류를 선택한다.
- (5) 다음의 상황을 고려하여 암거초기 치수를 가정한다.
 - ① 배수량의 크기를 고려하여 경험적으로 임의선정
 - ② 암거의 단면적 $A = Q/10$ 을 기준으로 하여 선정
 - ③ <그림 8.3.1> 또는 <그림 8.3.2>에서 주어진 설계홍수량 Q 와 $HW/D = 1.5$ 를 연결하여 얻어지는 D 값을 선정

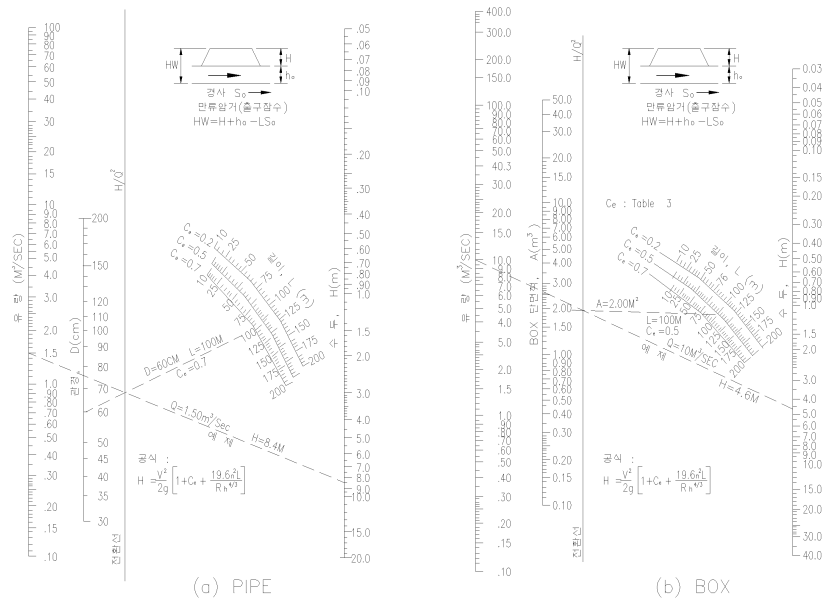
[STEP - 2] 위의 자료를 바탕으로 주어진 암거 하류부 수심과의 관계에서 반복 시산 방법으로 적절한 단면을 찾아간다. 이때 설치될 암거의 유입부수두(HW)만을 구한다.

[STEP - 3] 구해진 유입부 수심과 허용상류수심(AHW)와의 관계에서 해당암거의 설치여부를 판단한다.

II 지방지역 도로배수시설



<그림 8.3.1> 유입부지배단면의 수리조건



<그림 8.3.2> 유출부 지배단면의 수리조건(관수로일 경우)

8.3.2 도식에 의한 방법

방정식과 수리학적 공식에 의한 방법은 기존 유입부 및 유출부 수두 및 수리형상을 알 수 없거나 설계홍수량의 상황을 추적하는 방법으로 유입부 수심(HW)을 구하는 방법이다.

【해 설】

- 8가지 수리형태에서 해당지점의 수리상황을 가정하여 하나의 수리형상을 만들어 가는 과정으로 기존 유입부 및 유출부의 수두 및 수리형상을 알 수 없거나 설계홍수량(Q)의 상황을 추적하는 방법으로 유입부 수심(HW)을 구하는 방법이다. 다음 절차에 의거하여 수리계산을 수행한다.

[STEP - 1] 설계조건에 관련되는 모든 자료를 획득한다.

- (1) 설계홍수량(Q)을 결정한다.
- (2) 설치될 암거의 유입부 및 유출부 기존수로에 대한 제원, 평균경사도 등 제반사항을 획득한다.
- (3) 계획된 계획홍수량이 암거 유입부까지 도달할 때의 수두를 구한다.
- (4) 암거의 단면형, 입구부의 모양 및 암거의 종류를 선택한다.
- (5) 다음의 상황을 고려하여 암거초기 치수를 가정한다.
 - ① 배수량의 크기를 고려하여 경험적으로 임의선정
 - ② 암거의 단면적 $A = Q/10$ 을 기준으로 하여 선정
 - ③ 〈그림 8.3.1〉 또는 〈그림 8.3.2〉에서 주어진 설계홍수량(Q)와 $HW/D = 1.5$ 를 연결하여 얻어지는 D값을 선정

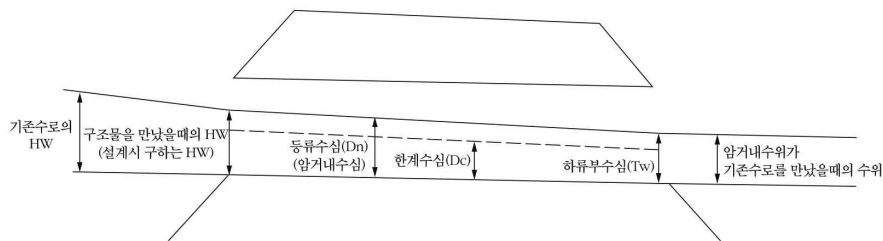
[STEP - 2] STEP 1에서 구해진 자료로 암거의 수리형상을 도식한다.

- (1) 위 방법에서 산정된 암거의 규격에 위해 형성될 암거의 흐름 형태를 다음과 같이

산정한다.(지배단면의 결정)

- ① 암거의 흐름은 등류로 가정되므로 Q 가 흐를때의 암거의 등류수심(d_n)을 구한다.
- ② 암거의 흐름에 따른 한계수심(d_c)를 구한다.
- ③ 등류수심(d_n) 과 한계수심(d_c)의 위치로 상류와 하류를 구분한다.
- ④ 암거를 흐른 물이 하류에 접속될 유출부 기존수로로 만났을 때의 유출부수심(TW)을 구한다.
- ⑤ 설계홍수량이 유입부 기존수로로 흐를 때의 유입부수두(HW)를 구하여 유입부의 잠수여부를 판단한다.

(2) 다음의 그림과 같이 ①~⑤까지 구한 한계수심(d_c), 등류수심(d_n), 하류부수심(TW), 유입부 기존수로의 유입부수두를 위치별로 도식하여, 위에서 제시한 8가지 단면중 하나를 찾아내고, 해당단면의 방정식을 적용하여, 유입부수두(HW)를 구한다.



[STEP - 3] 이러한 도식으로 하나의 수리형상이 정해지면, 정해진 균형의 유입부수두(HW)를 허용 상류부수심(AHW)와 비교하여, 암거의 설치여부를 판단한다.

- 만일, 도식후 해당되는 단면이 8가지 수리유형에 포함되어 있지 않다면, 이는 적절하지 못한 단면으로 판단하고, 관경, 경사 등 설치 여건을 변화시키면서 반복시산을

한다.

- 한 개의 도로암거를 설계하기 위해서는 각종 계산과 모노그램을 이용하는 등 복잡한 시행착오의 과정을 거치고, 하나의 암거에 여러 형태의 수리모형이 나올 수도 있다. 따라서 이러한 과정을 일정한 수리계산 양식을 만들어 쓰고 있다. 이러한 수리계산 양식에 대해 설명하면, 다음 <그림 8.3.3>과 같다.

BOX, PIPE 수 리 계 산 표

도로명 및 STA : 4 + 925.00
 하 선 명 :
 구조물 번호 : 12

설 계 기 간 :
 설 계 자 :
 입 계 자 :

수리 및 구조물에 대한 요약

유역면적(A) = 0.015 km^2 설계발생기빈도 25 년
 $Q_d = 0.452 \text{ m}^3/\text{sec}$ 표 고 차 : 60.00 m - 10.00 m
 유달거리(L) = 525.00 m = 50.00 m

합관식 $Q_d = 0.278 C I A$	표준유출식 $Q_d = R_F \times L F \times F F \times Q$	관우구역
$T_c = 0.167 \text{ hr}$	$R_F =$	수분지역 : IV 구역
$I = 154.8 \text{ mm/hr}$	$L F =$	관우지점 : 수 원
$C = 0.7$	$F F =$	
$A = 0.015 \text{ km}^2$	$Q =$	
$Q_d = 0.452 \text{ m}^3/\text{sec}$	$Q_d =$	

암거내수위 : 0.267

단 면 도

배수구조물 종 류 (사상번호)	Q_d (m^3/sec)	관 직	수 리 계 산										조 절 HW	유출부 유 속 V_o	제 단 면	소 관
			유입부 조 절	H	H	H	H	H	H	H	H	H				
PIPE	0.452	φ 1000	0.50	0.50	0.5	0.05	0.378	0.689	0.30	0.75	1.00	-0.20	0.50	2.68	유입부	O.K

요약 및 설계지 의견 1. 유출부 유속이 2.5 m/sec 이하이므로 원직 및 직선로 놓아도 됨.

<그림 8.3.3> 암거 수리계산표(예)

<표 8.3.1> 도로암거 수리계산시 사용되는 설명

항	용어/(단위)	기 호	내 용
1	유역면적 (km^2)	A	도로암거(Highway Culvert)를 설치하려는 지역으로서 분수령을 경계로 하여 면적을 구한다.(통상 Planimeter 사용)
2	설계유량 (m^3/sec)	Q_d	해당지역 강우에 따른 최대 홍수량으로 유역면적의 크기로 구분하여 산출한다. 1) 유역면적이 4.0 km^2 이하(소규모)일 때는 합리식 사용 $Q_d = 0.2778 C I A$ 2) 유역면적이 4.0 km^2 이상인 경우 설계홍수량은 환경부에서 정한 홍수량 산정 표준 지침을 적용한다
3	설계빈도 (년)		설계하고자 하는 배수구조물에 대한 유량의 회기빈도 (동일용어 : 발생주기 = 회기빈도 = 생기빈도)
4	유달거리 (m)	L	설계 유역내에서 배수구조물 설치지점으로부터 유로를 따라서 측량한 거리와 최상류점과 그 점에서 가장 먼 지점과의 직선거리를 합산한다.
5	표고차(m)	Hs	배수구조물 설치지점과 유달거리에서 정한 가장 먼 지점과의 표고차

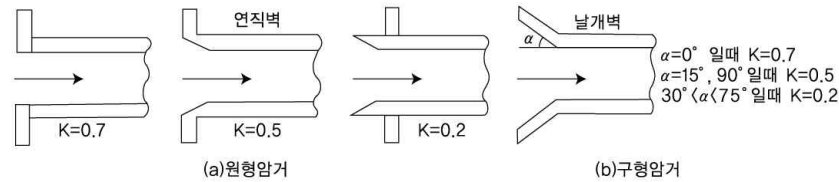
II 지방지역 도로배수시설

항	용어/(단위)	기 호	내 용
6	지속시간(hr)	Tc	배수구역의 가장 먼 지점의 유량이 배수구조물 까지 도달 하는데 소요된 시간
7	강우강도 (mm/hr)	I	본 지침 부록편에 제시한 개정 I.D.F 곡선을 사용하여 강우강도를 구한다.
8	유출계수	C	강우에 대하여 배수구역의 특성에 따라 결정되는 유출계수
9	기존수로의 수두와 관경의 비	HW/D	유입부에서 연결되는 기존수로에서 흐르는 수두와 설치될 암거와의 비율을 표시한다. HW/D가 1.2D 이상이면 설치될 암거가 잠수될 가능성이 있는 것으로 CLASS - II로 가정하고, 1.2D 이하이면 잠수되지 않는 것으로, 즉 CLASS - I로 가정한다.
10	유입구수심 (m)	HW	기존수로에서 흘러온 계획홍수량이 설치될 암거를 만났을 때 발생하는 유입부의 수두.
11	유입손실율	Ce	넓은 단면에서 유입부가 수축되면 단면 수축에 따라 손실수두가 발생하여 $h_e = C_e(V^2/2g)$ 로 구한다.
12	위치수두	H	관수로 흐름상태에서의 위치수두로써 관수로의 흐름은 이 위치수두 H 만큼의 압력에 의해 상류부에서 하류부로 흐름의 조건이 완성된다. $H = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) : \text{PIPE}$ $H = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) : \text{BOX에서 구한다.}$
13	한계수심 (m)	dc	비에너지가 최소가 되는 이론상의 수심, 즉 프로이드수 $F^2=1$ 이 될 때의 수심을 한계수심이라고 하며, $\frac{Q^2 T_c}{g A_c^3} = \frac{V_c^2}{g D_c} = F^2 = 1$ 에서 구하거나, (부록 III-1 ~ III-23)에서 구한다 한계수심은 암거내 흐름이 상류의 흐름인지 하류의 흐름인지를 판단하는 중요한 근거이다.
14	한계유속	Vc	암거내에서 형성되는 한계수심일때의 평균유속으로 $V_c = \frac{Q}{A_c}$ 에서 구한다.
15	한계경사	Sc	개수로내 등류수심이 한계수심과 동일하게 유지되도록 했을때의 수로경사를 한계경사라고 한다. $S_c = \frac{n^2 V_c^2}{R_c^{4/3}} = \frac{n^2 g D_c}{R_c^{4/3}}$ 에서 구할 수 있다. 여기서, Rc 는 한계수심에 대응하는 동수반경 Dc 는 한계 수리평균심이다.
16	유출부단면의 중립축까지의 높이	ho	유출부 단면의 중립축까지의 높이로 이론상으로는 D/2이나, 설계시 흐름의 조건을 유지하기 위해 파이프는 0.75D 박스는 0.80D를 적용한다.

항	용어/(단위)	기 호	내 용
17	조정HW	HW	암거의 수리특성이 사류일 경우는 모든 물의 흐름이 유입부에서 지배가 되고, 상류일 경우는 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배가 된다. 따라서 조정HW는 이러한 단면의 특성에 따른 유입부의 수두를 에너지 방정식으로 풀 것이다.
18	유출부 유속	V_o	유출부의 유속 V_o 는 횡배수관의 수리계산에서는 제시된 8가지 균형에 따라 모두 다른 유속을 적용하고 있다. 예를 들어, 설치될 암거의 수리형상이 CLASS-1의 1형식이면, 한계유속인 V_c 를 유출부 유속으로 사용하고, 설치될 암거의 수리형상이 CLASS-1의 2형식이면 V_{tw} 를 유출부 유속으로 사용한다.
19	유출수두 (m)	TW	하류수면으로부터 출구단면의 하단까지의 수심, 일반적으로 배수구조물을 통과한 설계유량이 하류부 기존수로로 만났을 때의 수심을 말하며, 하류수로(유출부의 기존수로) 단면과 설계유량과의 관계에서 추정한다. 예) 하류수로 단면이 사다리꼴 일 때 (시산법) Q_d = 설계유량 I = 수로의 바닥경사도 S_1 S_2 : 측면경사도 b :저변폭 n : Manning 계수 s : $(S_1 - S_2) / 2$: 평균측면경사도 $Q_d = AV = A \times 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$ $A = (b + TW \cdot S) \times TW$ $R = A/P$ $P = b + 2TW \times \sqrt{(1 + S^2)}$ $Q_d = \frac{\{(do + TW \cdot S) \cdot TW\}^{5/3}}{n \{bo/2 \cdot TW \cdot \sqrt{(1 + S^2)}\}} \cdot I^{1/2}$ $\left(\frac{nQ}{I^{1/2}}\right)^3 = \frac{(do + TW \cdot S) \cdot TW^5}{\{bo/2 \cdot TW \cdot \sqrt{(1 + S^2)}\}^2}$ $= \frac{TW^5 \left(\frac{bo}{TW} + S\right)^5}{bo/2 + TW + 2 \cdot \sqrt{(1 + S^2)}}$ 또는 가능하면 (부록 III-24 ~ III-36)를 이용해서 구한다.
20	허용상류 수심	AHW	도로의 계획고에서 여유고를 고려한 허용상류수심. 1) 도로의 낮은노면 보다 0.3M 이하의 높이 2) 토피고가 높을 경우에는 2.2D만을 사용. 3) 허용수두는 다음 사항에 피해가 없는 높이로 한다 ① 가옥 또는 인접 시설물 ② 식생지 또는 경작지 ③ 사람, 동물, 식물

<표 8.3.2> BOX, PIPE 수리계산표의 설명

① HW/D	유입부에서 연결되는 기존수로에서 흐르는 수두와 설치될 암거와의 비율을 표시한다. HW/D가 1.2D 이상이면 설치될 암거가 잠수될 가능성이 있는 것이며 1.2D 이하이면 잠수되지 않는 것으로, 즉 CLASS - 1으로 가정한다.
② HW(지배단면이 유입부 일때의 유입부 수두)	여기서의 HW (유입부수두)는 지배단면이 유입부로 될 때의 수두 즉 모든 물의 흐름을 유입부에서 지배할 때의 유입부수두를 구한 값을 적는다. 참고) 모든 물의 흐름이 유입부에서 지배가 되므로 유출부지배(조정)의 ④ H ⑦ TW ⑧ ho ⑨ SOL ⑩ HW 등은 표기하지 않아도 무방하다.
③ Ce (유입손실수두)	기존수로를 흐른 물이 설치될 암거의 입구부의 형상을 만났을 때 형상에 의해 손실되는 수두 값으로 <그림 11.4.4>를 참고하여 적용한다.
④ H (위치수두)	도로암거(Highway Culvert)의 유입부와 유출부가 모두 잠길 때 즉 CLASS - II 6형식과 7형식으로 흐름이 발생할 경우(관수로의 흐름)의 압력으로 작용하는 위치수두의 값으로 CLASS - II 6형식과 7형식으로 예상되는 흐름에서만 구하면 된다.
⑤ dc(한계수심)	본 지침 <표 8.3.1>의 13항 참고
⑥ TW (유출부수두)	본 지침 <표 8.3.1>의 16항 참고
⑦ ho (중립축의높이)	유출부 단면의 중립축까지의 높이로써 이론상 D/2이나 설계 시 흐름의 조건을 유지하기 위해 파이프는 0.75D, BOX는 0.8D를 사용한다. 단, 흐름의 조건을 유지할 수 있는 단면은 CLASS - II의 6형식과 7형식과 같이 관수로 흐름을 가지는 흐름에서 유효한 것이며, 유입부 지배단면 혹은 유출부 지배단면 일 때라도 CLASS - I의 1형식, 2형식일 경우는 해당되지 않는다.
⑧ Sol (경사도)	암거의 경사와 연장을 곱한 값으로 지배단면이 유출부일 경우 모든 물의 흐름은 유출부의 상황이 좌우하므로 유출부까지의 경사와 암거의 연장은 유입부 수두(HW)산정에 큰 영향을 미친다.
⑨ HW(지배단면이 유출부일 경우의 유입부 수두)	수리계산의 결과 해당하는 흐름의 지배단면이 CLASS - I의 1형식과 2형식, CLASS - II의 6형식과 7형식일 경우 구해지는 유입부 수두(Head Water Level, HW)이다. 즉, 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배가 되면, ②HW(유입부 지배단면일 때의 유입부 수두)를 최종 HW로 산정 하는 것이 아니고, ⑨번란의 HW(유출부지배단면일때의 유입부수두)를 유입부 수두로 사용하는 것이다.
⑩ 조정 HW (통제단면의 HW)	8가지 수리형상 중 해당되는 흐름의 형상이 결정되면 해당 통제단면(지배단면)의 HW를 구하는 방정식에 의해 또는 모노그래프에 의해 구해진 HW(유입부 수두)를 표기한다.
⑪ 암거내수위 (dn)	횡배수관 수리계산은 암거내의 물의 흐름을 등류로 가정하는 것이므로 등류수심(dn)을 구해 암거내 수위로 적용한다.



<그림 8.3.4> 유입부 손실 수두의 적용

- 도로암거의 수리계산과정은 일차적으로 개수로 흐름으로 설계하느냐 또는 관수로 흐름으로 설계하느냐를 결정한 다음 개수로의 흐름으로 설계한다면 개수로의 이론에 따라 등류수심(dn)과 한계수심(dc) 그리고 도수의 여부 등에 따른 지배단면별 유입부수두(HW)를 구하는 과정이고, 관수로의 흐름으로 설계를 한다면 관수로 흐름의 중요 요인인 위치수두(H)와 연장, 경사의 관계에 따라 유입부수두(HW)를 구하는 과정이다.

8.3.3 토사퇴적을 고려한 수리계산

암거의 수리계산은 토사퇴적을 고려한다.

【해 설】

- 토사퇴적을 고려한 수리계산은 기존의 암거 수리계산방법과 다르다. 그 이유는 암거 전후에 흐름 상황이 급격하게 변화하는 경우는 등류조건에 적합한 Manning식 설계 계산법을 적용하기 어려우며, 태풍 피해조사 등에서 부유물 및 토사퇴적을 고려하여야 하는 것으로 나타났다.
- 본 설계계산법은 미국 지질조사소(USGS)의 매뉴얼을 참고로 하였다. 또, 미국과의 도로, 지형조건 등의 차이에 의해 직접 응용할 수 없는 부분도 있어 수정을 추가하였다. 암거에서의 수리에 관한 조사·연구가 적기 때문에 본 설계계산법의 신뢰성에 대해서는 금후 검토를 필요로 하는 점도 있으므로 발주청과 협의하에 이를 시행한다.

가. 설계계산 순서

● 암거 단면의 설계계산법은 다음 2가지 경우로 구분하여 나타낸다.

- (1) 수로의 단면 및 경사가 유입부 및 유출부를 따라 일률적이고 수로와 동일폭의 암거를 설치하는 경우(유입부 및 유출부의 수로의 폭과 암거의 경사를 기존수로와 비슷하게 설치하는 경우)
- (2) (1)이외의 경우로 특히, 산지부의 수로, 계곡 등 부정형인 수로를 횡단하는 경우(유입부 기존수로의 제원과 유출부 기존수로의 제원이 다르거나, 설치될 암거의 경사가 기존수로의 경사와 많이 다른 경우)

● 각각의 경우에 대한 설계계산법은 다음과 같다.

(1)의 경우

● 이 경우는 암거의 경사(S_0) 및 B 는 수로와 같게 한다. 암거의 조도계수는 수로에 비해 일반적으로 작지만 암거의 흐름은 유입부 및 유출부 수로조건에 강하게 지배된다. 또한 암거내에 상시 토사퇴적이 예상된다는 점에서 암거단면 설계에는 수로의 조도계수를 이용한다.

● 수심 (h)을 다음 식에 의해 구한다.

$$Q = Av = \frac{A}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad (8.3.1)$$

여기서, Q : 설계유량(m^3/sec), A : 유수단면적(m^2)

v : 유속(m/sec), n : 상하유수로의 조도계수($sec/m^{1/3}$)

R : 경심(m), S_0 : 암거(상하유수로)경사

● 이것은 암거 단면형상에 따라 다음과 같이 계산한다.

(가) 구형 단면의 경우

$$A = B \cdot h$$

$$R = \frac{A}{P} \frac{Bh}{B+2h} \quad (8.3.2)$$

여기서, B : 암거폭(m)

P : 윤변(m)

h : 수심(m)

● 식 (8.3.2)를 식 (8.3.1)에 대입하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot (B \cdot h) \cdot \left(\frac{Bh}{B+2h}\right)^{2/3} \cdot S_o^{1/2} \quad (8.3.3)$$

● 위 식에 h 의 값을 시행오차법으로 반복 계산함으로써 h 의 값을 얻을 수 있다. 암거의 높이 D 를 다음 (식 8.3.4)에 의해 결정한다.

$$D = (1 + \alpha_1 + \alpha_2) \cdot h \quad (8.3.4)$$

여기서, α_1 : 통상의 토사퇴적에 의한 통수단면의 축소를 고려한 여유로 적어도 20% 정도를 예상한다.

α_2 : 호우시에 대량의 토사·유목 등이 유입할 우려가 있는 경우에 예상하는 것이 바람직하다.(설계자 판단사항)

(나) 원형단면의 경우

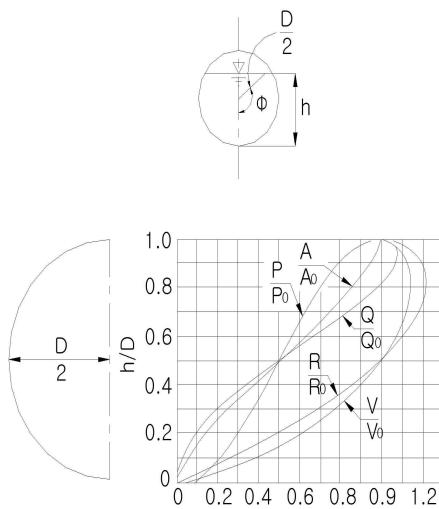
● 이 경우 <그림 8.3.5>를 이용하여 다음과 같이 계산한다.

- 우선 유량에 대해서 (식 8.3.4)의 α_1 , α_2 을 적용한 여유를 예상하고, (식 8.3.5)로 나타낸다.

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{1 + \alpha_1 + \alpha_2} \quad (8.3.5)$$

여기서, Q_0 : 만관일때의 유량

- 이 유량비에 대한 h/D 를 <그림 8.3.5>에 의해 읽고, $h = \frac{D}{2}(1 - \cos\phi)$ 에서 ϕ 를 구한다. 이 값을 $v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2}$ 에 대입하여 직경 D 를 구한다. 그리고 여기서 얻어진 직경 D 는 식 (8.3.4)에 대응하는 여유가 식 (8.3.5)에서 적용된다.



h : 수심(m), $h = \frac{D}{2}(1 - \cos\phi)$

P : 율변(m), $P = \phi \cdot D$

A : 유수단면적(m^2),

$$A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \left(\phi - \frac{1}{2} \sin 2\phi\right)$$

R : 경심(m), $R = \frac{D}{2} \cdot \frac{2\phi - \sin 2\phi}{4\phi}$

v : 유속(m/sec), $v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

Q : 유량(m^3/sec), $Q = A \cdot v$

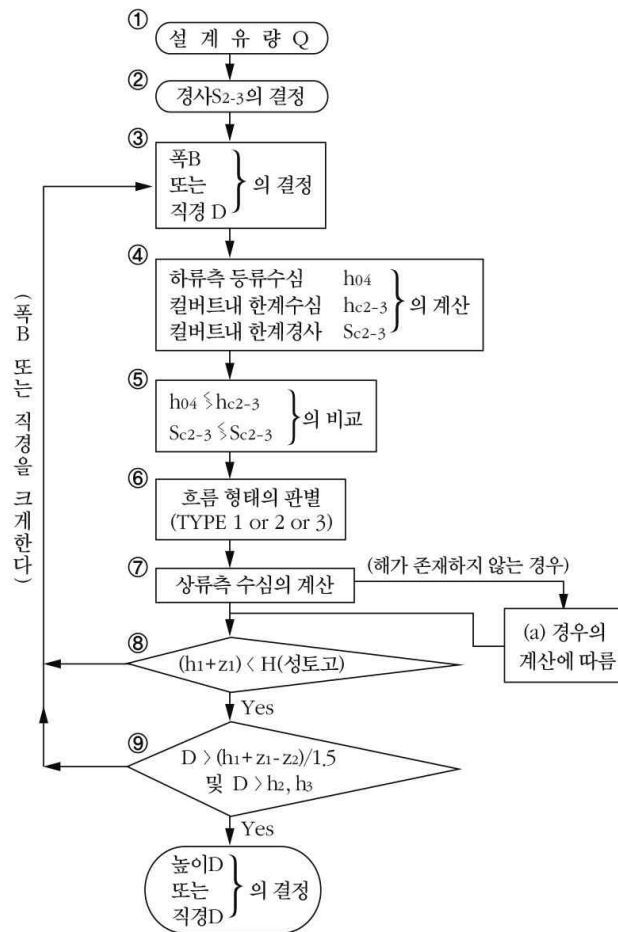
단, 첨자0은 만관일 때를 표시함

(이때 $\phi = \pi$ 가 된다.)

<그림 8.3.5> 원형수로의 수리특성곡선

(2)의 경우

- 이 경우 수로와 암거의 단면형상 등이 다르고 흐름이 복잡해진다.
- 암거단면의 설계계산은 <그림 8.3.6>에 있는 순서로 실시한다.



<그림 8.3.6> 암거단면의 설계계산 순서

① 설계유량 Q

- $Q = 0.2778C \cdot I \cdot A$ 인 합리식을 사용하여 설계유량을 산정한다.

② 경사 S_{2-3} 의 결정

- 암거의 경사, 저면 높이 및 폭은 토사의 퇴적과 침식을 방지하기 위해 기존수로와 일치시키는 것이 원칙이다. 단, 계곡과 같은 하상경사가 매우 급한 지점에 암거를 설치하는 경우 시공상 문제, 미끄럼 문제, 토사에 의한 마찰 문제 등이 발생할 우려가 있는 경우 암거 경사를 10%정도 이내로 한다.
- 암거의 폭이 상류측 수로의 폭에 비해 적은 경우 수로폭의 급격한 축소에 의해 암거 상류의 수위를 막아서 역류시키기 때문에 암거 전체 혹은 유입구의 폭을 가능한 한 넓게 하여 상류측 수로로 원활하게 빠져나가도록 한다. 그 외 소구경 암거의 경우 계산상의 유량과 관계없이 청소 또는 보수를 고려하여 높이 1.5m 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 관리상 특히 필요한 경우에는 충분한 크기를 확보하여야 하는 경우도 있다.

③ 암거 폭 B_{2-3} (구형단면) 혹은 직경 D_{2-3} (원형단면)의 설정

- 암거의 높이(혹은 직경) D 는 다음 조건을 만족하도록 결정한다.

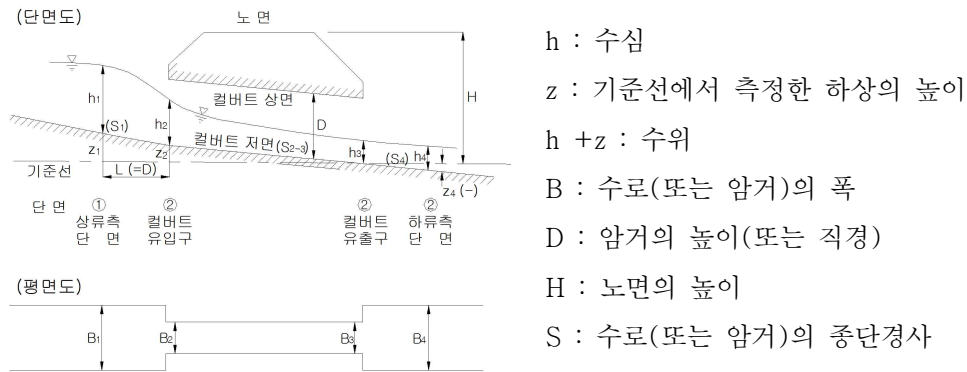
- (1) 수면이 암거 상면에 접하지 않는다.
- (2) 암거 상류측의 수심이 암거 높이의 1.5배를 넘지 않는다.

$$D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$$

- (3) 암거 상류측의 수위가 쌓기부 높이를 넘지 않는다.

$$h_1 < (\text{쌓기부 높이})$$

- 단, 위의 기호는 <그림 8.3.7> 컬버트부의 흐름제원을 참조한다.



<그림 8.3.7> 암거부의 흐름 제원

④ (a) 하류측등류수심 h_{04} 의 계산

- 하류측 수로를 구형단면 혹은 제형단면으로 치환하여 <그림 8.3.8>에서 구할 수 있다. 같은 그림에서 h_{04} 를 구하기 위해서는 다음과 같이 하면 좋다.

(1) $A \cdot R^{2/3} / B^{8/3} = n_4 \cdot Q / (S_4^{1/2} \cdot B_4^{8/3})$ (횡축 값)를 계산한다.

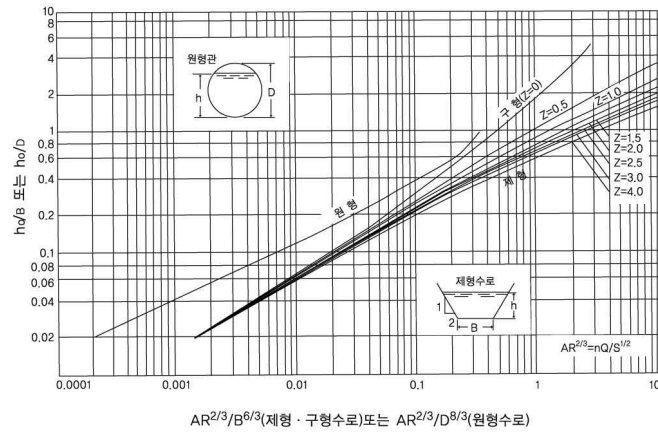
(2) 수로측벽의 경사 z 에 대응하는 h_0 / B (종축 값)를 읽어낸다.

(3) $h_{04} = (h_0 / B) \times B_4$

- 구형 단면의 경우는 다음 식에서 반복계산에 의해 h_{04} 를 구할 수도 있다.

$$h_{04} = \left(\frac{n_4 \cdot Q}{B_4 \cdot S_4^{1/2}} \right)^{3/5} \cdot \left(1 + \frac{2h_{04}}{B_4} \right)^{2/5} \quad (8.3.6)$$

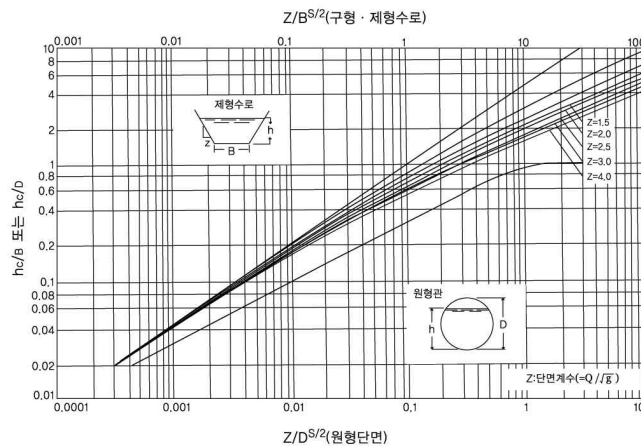
- 수로가 암거 하류에 굴곡한 경우 하류측 등류수심 h_{04} 로서 식 (8.3.6)에서 얻어지는 값에 적절하게 할증한 값을 이용한다. 그리고 하류에서 합류하는 하천의 수위에 지배 받는 일이 예상되는 경우에는 그 수위를 이용한다.



<그림 8.3.8> 등류수심 산출도

(b) 암거내 한계수심 h_{c2-3} 의 계산

● 이것은 <그림 8.3.9>를 이용하여 다음 순서에 따라서 구할 수 있다.



<그림 8.3.9> 한계수심산출도

- (1) $Z/B^{5/2} = Q/(\sqrt{g} \cdot B^{5/2})$ (구형단면) 혹은 $Z/B^{5/2} = Q/(\sqrt{g} \cdot D^{5/2})$ (원형단면)을 계산한다.
- (2) 그림에서 대응하는 h_c/B 혹은 h_c/D 값을 읽는다.
- (3) $h_{c2-3} = (h_c/B) \times B_{2-3}$ 또는 $h_{c2-3} = (h_c/D) \times D_{2-3}$

● 또한, 이것은 다음과 같이 계산에 의해서도 구할 수 있다.

(구형단면의 경우)

$$h_{c\ 2-3} = \left(\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot B_{2-3}^2} \right)^{1/3} \quad (8.3.7)$$

단, α : 에너지보정계수(≒ 1.0)

g : 중력의 가속도(= 9.8m/sec²)

(원형단면의 경우)

$$\frac{Q}{\sqrt{g}(D_{2-3}/2)^{5/2}} = \sqrt{\frac{\left(\phi - \frac{1}{2}2\sin\phi_c\right)^5 \sin\phi^c}{1 - \cos 2\phi_c}} \quad (8.3.8)$$

(c) 암거내 한계경사 $S_{C\ 2-3}$ 의 계산

● 위에서 구한 한계수심 $h_{c\ 2-3}$ 등을 이용하여 다음 식으로 계산된다.

(구형단면의 경우)

$$S_{c\ 2-3} = \frac{g \cdot n_{2-3}^2 \cdot h_{c\ 2-3}}{\left(\frac{h_{c\ 2-3}}{1 + 2h_{c\ 2-3}/B_{2-3}} \right)^{4/3}} \quad (8.3.9)$$

(원형단면의 경우)

$$\begin{aligned} S_{c\ 2-3} &= \left(\frac{n_{2-3} \cdot Q}{A \cdot R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{n_{2-3} \cdot Q}{\frac{D_{2-3}^2}{4} \left(\phi_c - \frac{1}{2} \sin 2\phi_c \right) \cdot \left\{ \frac{D_{2-3}}{4} \left(1 - \frac{1}{2\phi_c} \sin 2\phi_c \right) \right\}^{2/3}} \right)^2 \end{aligned} \quad (8.3.10)$$

● 단, 암거의 조도계수 n 은 본문의 <표 4.4.1>에 있는 값을 이용한다.

⑤, ⑥ 수리조건과 흐름 형태는 다음과 같이 적용한다.

구 분	$S_{2-3} > S_{c2-3}$	$S_{2-3} < S_{c2-3}$
$h_{04} < h_{c2-3}$	type - 1	type - 2
$h_{04} > h_{c2-3}$	type - 1	type - 2

- 주1) 이 분류는 엄밀하게는 정확하지 않은 점도 있지만 실용성을 배려하여 다소 간략화하고 있다.(8.3.2절과 8.3.3절에서 제시한 수리형태와는 다른 것이므로, 토사퇴적 및 부유물 및 퇴적토사를 고려하는 경우는 <그림 8.3.11>에 제시한 수리형태만을 고려한다.)
- 주2) $S_{2-3} > S_{c2-3}$, $h_{04} > h_{c2-3}$ 의 조건에서는 정확히는 1타입이지는 하지만 타입 1의 설계법에 따라 안전측이라 생각하여 이와 같이 분류하고 있다.
- ⑦ 상류측 수심 h_1 의 계산
 - 상류측 수심 h_1 의 계산은 본 설계계산 중에서도 특히 중요하다. 그 계산법은 기본적으로는 위에서 기술한 형태마다 다른 것이지만 여기에서는 근사를 이용하여 타입 1~3을 통해 같은 계산식에 의해 산정하도록 한다.
 - 타입 1의 흐름에서는 암거유입구에서 한계수심(h_c)이 발생한다. 타입 2의 흐름에서는 암거 유출부에서 한계수심(h_c)이 발생한다. 타입 3은 전체가 상류이다.
 - 흐름의 수리 계산은 지배단면(한계수심을 낳는 단면)을 시점으로 이루어진다. 이에 따라서 타입 1에서는 암거 유입부, 타입 2에서는 암거 유출부, 타입 3에서는 하류측에서 각각 부등류 계산을 하고 상류측 수심 h_1 을 구하게 된다. 그런데 이 계산을 충실히 실행하는 것은 번거롭기 때문에 여기에서는 <그림 8.3.7>의 단면 ①-②간에 에너지식을 세워 수심 h_1 을 구하기로 한다. 이 때 타입 2, 3에 대해서 단면 ②에서의 수심을 근사적으로 등류수심 h_{02} 와 같다고

되어 있다.

- 단면 ①-②간에 다음 에너지 식이 성립한다<그림 8.3.7>.

$$h_1 = (1+\epsilon) \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 + h_2 - \frac{\alpha_1}{2g} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 + h_{f1-2} - (z_1 - z_2) \quad (8.3.11)$$

여기서, h_1 = 상류측(단면 ①에서의) 수심

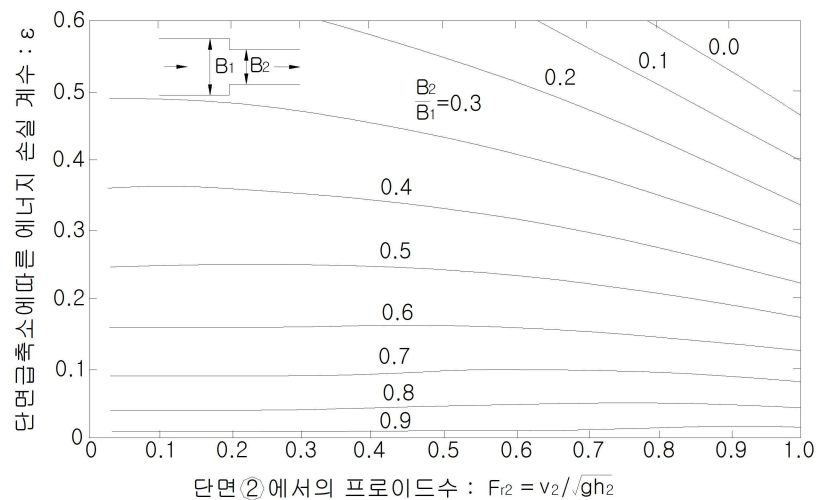
h_2 = 단면 ②에서의 수심

Type - 1에서는 $h_2 = h_{c2}$ (단면 ②에서의 한계수심)

Type - 2에서는 $h_2 = h_{02}$ (단면 ②에서의 등류수심)이 된다.

ϵ = 단면 축소에 의한 에너지 손실 계수

- 단면 ②에 일어나는 프로이드 수 Fr_2 를 다음 식에 의해 계산하고, <그림 8.3.10>으로부터 찾는다.



<그림 8.3.10> 단면 급축소에 의한 에너지 손실계수

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{Q}{A_2 \sqrt{gh_2}} \quad (8.3.12)$$

(단, A_2 : 단면②에서의 유수단면적)

● 타입 1에서는 $Fr_2 = 1$, 타입2, 3에서는 $Fr_2 < 1$ 이다.

● A_1, A_2 : 단면 ①, ②에서의 유수단면적

(「구형단면」의 경우)

$$A = B \cdot h \quad (8.3.13)$$

(「원형단면」의 경우)

$$A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \left(\phi - \frac{1}{2} \sin 2\phi\right)$$

(8.3.14)

● 그리고 원형단면의 경우 다음과 같이 해도 좋다. 즉, 만관으로 흐르는 경우의 유량(Q_0)을 다음 식에 의해 계산한다.

$$Q_0 = \frac{1}{n} \cdot \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot S_{2-3}^2 \quad (8.3.15)$$

● 다음으로 <그림 8.3.5>를 이용하여 Q/Q_0 에 대응하는 h/D 의 값을 읽어낸다.

단지, 여기서 $Q/Q_0 > 1$ 이 되면 ③으로 돌아가고 D 를 크게 해서 계산을 다시 한다.

● 같은 그림에서 이 h/D 에 대응한 A/A_0 값을 읽고 다음 식으로 구한다.

$$A_2 = A_0 \cdot (A/A_0) = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (A/A_0) \quad (8.3.16)$$

여기서, α_1 : 에너지보정계수(통상 $\alpha_1=1.0$ 으로 한다)

h_{f1-2} : 단면 ①-②간에 마찰손실수두(무시해도 좋다)

z_1, z_2 : 단면 ①, ②에서 기준선에서 측정한 하상높이

- 식 (8.3.11)에서 경우에 따라서는 답을 얻을 수 없는 경우가 있다. 그 때에는 (a)의 경우의 설계계산법을 근사적으로 적용할 수 있다.
- 이것은 본래 구형단면수로에 대해 구해지는 것이다. 원형단면의 암거에 대해서는 <그림 8.3.10>을 이용하는 것으로 한다.
- ⑧ 상류측에서 보를 막아 수위가 도로를 월류하지 않는다는 조건이다.
- 이 조건을 만족하지 않는 경우에는 ③으로 되돌아가고 암거의 폭 B 혹은 직경 D 를 크게 하여 계산을 다시 한다.
- ⑨ 타입 1, 2 혹은 3과 같은 개수로의 흐름이 형성되기 위한 필요조건이다. 이 조건을 만족하는 D 에 하기의 여유를 예상한 D 를 설정할 수 있으면 계산은 종료하고 설정할 수 없는 경우에는 상과 똑같이 ③으로 되돌아간다. 설계상의 D 는 식 (8.3.3) 혹은 식 (8.3.4)에 의해 결정한다.

II 지방지역 도로배수시설

형식	수리조건	흐름의 형태	비고
1	유입부에서 한계수심 발생 $D > (h_1 + z_1 - z_2)/1.5$ $h_4 < h_c$ $S_0 > S_c$		
2	유출부에서 한계수심 발생 $D > (h_1 + z_1 - z_2)/1.5$ $h_4 < h_c$ $S_0 < S_c$		
3	전체를 통해 완만한 흐름 (상류의 흐름) $D > (h_1 + z_1 - z_2)/1.5$ $h_c < h_4 \leq D$		
4	관수로의 흐름 $D < h_4$		
5	유입부가 잠기고, 사류의 형상 $h_4 \leq D \leq (h_1 + z_1 - z_2)/1.5$		
6	관수로의 형상 (유출부는 자유 방류) $h_4 \leq D \leq (h_1 + z_1 - z_2)/1.5$		

<그림 8.3.11> 암거의 수리형태(토사퇴적 및 부유물 및 퇴적토사를 고려한 경우)

- 횡단 배수시설은 도로의 횡방향으로 설치되는 파이프, 박스, 교량 등의 배수시설물이다.

(1) 배수로 및 배수거(암거, 배수관)의 통수단면 결정

- 배수로 및 배수관의 단면을 설계할 때는 관리의 효율, 퇴적의 종류를 감안하여 설치 위치 및 종류에 따라 다음과 같이 설계통수량으로 선정한다.

① 배수관 수로암거가 기존 수로의 유량을 받는 경우

도로에 설치되는 횡배수관 및 수로암거가 기존 계곡부 및 기존 수로에 연결되어 설계유량(Q_d)을 통수시키는 경우로써 암거단면은 최초 설치되는 배수관 및 암거 통수 단면을 100%로 보고 횡배수관 수리계산을 수행하여 유입부 수두(HW)를 산정함으로써 횡배수관의 규격을 검토 설치한다.

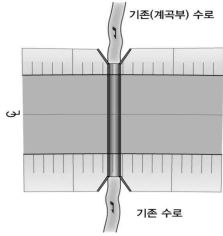
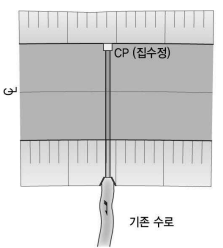
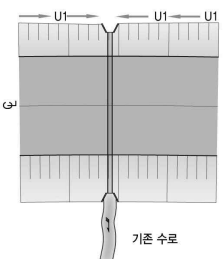
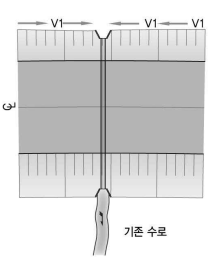
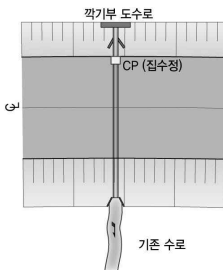
② 배수관 수로암거가 유입부에 설치된 배수구조물의 유량을 통수시키는 경우

도로에 설치되는 횡배수관 수로암거의 유입부에 설치되는, 집수정, V형측구, 배수구, U형 개거, 토사측구 등 배수구조물에서 유입된 유량을 횡단 배수시설이 통수시키는 경우에는 유입되는 설계유량(Q_d)와 통수단면(A)의 관계에서 통수량에 의해 규격을 검토하고 설치한다.

(2) 유출부 유속의 저감 시설의 확보

- 횡단 배수시설의 유출부에서 발생하는 유속은 하류수로의 흐름 및 쌓기비탈면의 안정 등에도 지대한 영향을 미친다.
- 유출부의 유속이 6.0m/sec 이상일 것으로 예상되는 배수 구조물은 설치되는 횡배수 구조물에 적합한 집수정 또는 침전조 등을 고려하며, 횡배수 구조물의 설치경사를 조정하거나 유속 감세 시설을 배수 설계에 반영하여 횡배수 시설의 안정성을 확보한다.

<표 8.3.3> 횡배수관 수리계산

	배 수 형 태	규 격 검 토
연속수로		• 횡배수관 수리계산을 통해 유입부 수두 H_w 산정에 의한 규격 검토 • 토사유적수리계산을 통해 α_1과 α_2의 토사 및 토사퇴적 및 부유물을 고려한 유입부 수두 (H_w)를 산정하여 규격 검토 • 적용통수단면은 배수관 암거규격의 100% 고려한다
비연속수로		• 유입구구조물에서 집수되는 설계유량 (Q_d)와 설치되는 암거의 통수량 ($Q = AV$)의 관계에서 규격을 검토하여 횡배수관 및 암거를 설치한다.
		• 적용 통수 단면은 원형배수관일 경우 배수관 단면의 70%를, BOX 암거일 경우 암거단면의 80%를 고려한다.
		• 암거의 경사는 토사의 퇴적을 최소화 할 수 있는 암거경사 0.2% 이상, 유속 0.6m/sec 이상의 암거경사와 유속을 유지하는 것으로 한다.
		• 도로를 횡단하는 유입부와 유출부가 선형이고, 횡단 배수관이 중간에서 집수점으로 연결되어 있을 경우에는 연속수로에서의 수리계산을 실시한다.

8.4 도로암거의 설계 고려사항

도로암거는 도로가 홍수의 피해를 받지 않도록 수리학적으로 안전하고 경제적인 단면으로 설계한다.

【해 설】

- 주어진 여건 (유입부 형상, 기존수로의 폭, 지배단면위치 등)에 대해 설계조건을 만족하는 암거내 흐름 조건이 여러 유형이 될 수 있으므로 가능한 설계흐름의 조건중 경제성을 고려하여 설계한다. 도로암거의 설계시 고려사항은 다음과 같다.
 - (1) 암거의 유입구와 유출구의 부가시설은 흐름의 모든 단계에서 물, 소류표사, 부유물을 알맞게 처리한다.
 - (2) 암거는 어떤 불필요한 특성을 갖거나 암거가 가져야 할 특성이 지나치게 손상되어서는 안 된다.
 - (3) 일반적으로, 구조물의 상·하부에 설치되는 암거는 피해를 발생시키지 않도록 흐름의 변화 없이 유출수를 운반해야 한다.
 - (4) 장래의 수로와 도로 개량에 대해 원활하게 대처할 수 있도록 설계한다.
 - (5) 흙이 다져진 후에 적절하게 기능을 발휘할 수 있도록 설계한다.
 - (6) 모기들이 번식할 수 있는 정체된 웅덩이가 없어야 한다.
 - (7) 토지개발에 의해 야기되는 증가된 유출수를 잘 처리하도록 미래에 대한 사용성을 고려하여 설계한다.
 - (8) 암거는 수리학적으로는 설계유출량을 적절하게 다룰 수 있어야 하고 구조적으로는 영구성과 관리가 편리하도록 축조되어 경제성을 보장할 수 있어야 한다.
 - (9) 암거는 재료손상, 암거막힘, 흙의 포화, 혹은 부유물이 상류에서 정체되는 것 등을 일으킬 수도 있는 유입구의 정체를 피하여 설계한다.
 - (10) 암거의 유입구에는 암거의 기능을 저하시키는 이물질 등이 암거를 통하여 흐르지 못하도록 소규모 스크린을 설치한다. 암거로 유입되는 흐름을 원활하게 하기 위하여 필요하다면 기울기를 변화시켜 유속을 변화시킨다.
 - (11) 유출구는 세굴과 유실에 저항 할 수 있도록 설계한다.

- (12) 우리나라의 경우 대부분 산지부이므로 횡단 배수 암거의 경우 유속이 불가피하게 커지므로 유속에 따른 유속 조절방안 및 세굴 대책을 세워야 한다.
- (13) 토사 퇴적·침전에 의한 단면의 축소 등을 고려하여 20%의 단면적의 여유를 두어야 한다.
- (14) 배수구조물(BOX, PIPE)의 침식을 방지하기 위해 유속이 0.6~3.0m/sec 범위가 되도록 하고, 부득이한 경우 유속이 2.5m/sec 이상일 때 유입·출부에 수로보호공 및 감쇄공 등을 설치하도록 한다.

① 유입부

- 유속이 2.5m/sec 초과시 침식방지용 수로보호공 설치
(바닥은 콘크리트로 T=20cm이상, L=3D 이상)

② 유출부

- 유속이 2.5m/sec 초과시
(바닥은 콘크리트 원칙, T=20cm 이상)
 - 2.5m/sec < V ≤ 4.0m/sec : 콘크리트바닥을 포함하여 배수구조물 높이 3배 이상 설치
 - 4.0m/sec < V ≤ 6.0m/sec : 배수구조물 높이의 3배이상 되도록 하고 감쇄공설치
 - 6.0m/sec < V : 침전조 설치(관리를 고려하여 가급적 지양하고, 부득이한 경우에만 설치)

- (15) 주변 지형이 계곡부이거나 부유물에 의해 피해가 예상되는 지역에는 암거 설치 이전에 충분한 현지조사와 피해가능성 등을 조사하여 부유물물에 의한 피해가 발생하지 않도록 한다.

제 9 장 구조물 배수

9.1 일반사항

구조물 배수는 구조물의 시공중 혹은 시공후에 시행하는 배수로서, 교량·고가구조의 배수, 터널의 배수, 옹벽의 배수 등을 포함한다.

【해 설】

- 구조물 시공중 또는 시공후에 강수, 지하수 등이 구조물의 배면에 머물거나 구조물 내로 침투되면 구조물의 안전성이 저하되고 구조물의 파손으로 이어지는 경우도 있다. 또한, 노면에 우수가 정체되면 차량의 안전주행을 해칠 뿐만 아니라 물의 비산이 주위 환경을 해치고 미관상으로도 좋지 않는 여러 가지 피해를 일으키기 때문에 물 처리에 대한 주의가 필요하다.
- 특수한 교량·고가구조에서 이 지침 적용이 어려운 경우 현장상황에 맞도록 합리적인 설계·시공을 한다.

9.2 교량·고가구조의 배수

9.2.1 배수시설의 종류

배수시설은 하천용과 육교용으로 구분한다.

【해 설】

- 하천 교량의 배수는 교면수를 하천에 직접 방류하여도 좋은 경우에 적용하며 육교용은 하부에 도로 및 철도등이 존재하여 교면수를 직접 방류하기 곤란한 경우 설치한다. 단, 하천의 경우에도 교면수의 직접 방류가 곤란한 구간은 부분적으로 육교용으로 설치한다.

구분	하 천 용	육 교 용
개요도		
설치도		

<그림 9.2.1> 배수시설의 종류

9.2.2 배수 홈통

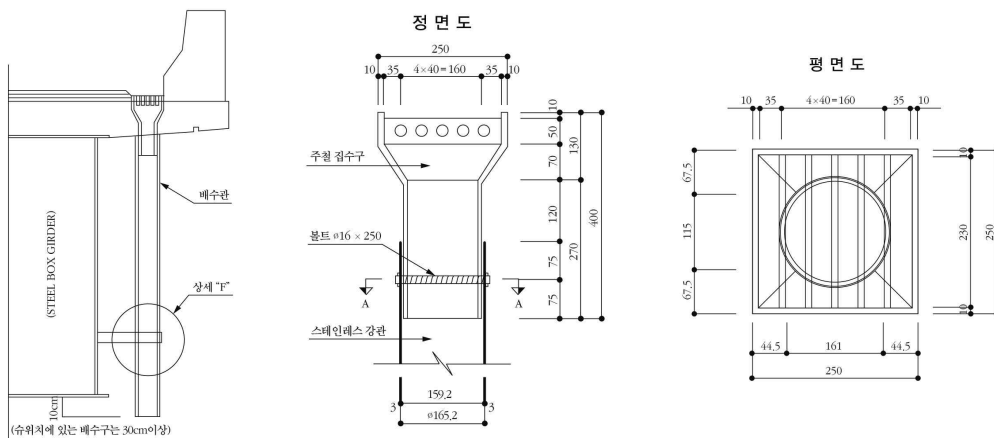
배수 홈통의 재질은 스테인리스강 또는 알루미늄으로 한다. 배수 홈통의 간격은 20m 이하로 하며, 배수 홈통은 종단경사가 오목한 구간에서는 그 저부에 반드시 1개, 그 양측에 각각 3~5m 정도 떨어져 설치한다. 배수계산 결과, 배수 홈통의 간격이 3m 미만인 경우는 수리검토 결과를 토대로 간격을 조정한다.

【해 설】

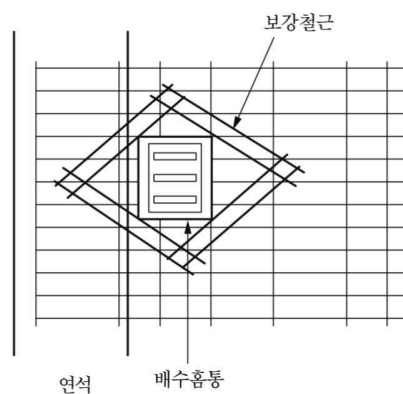
- 신축장치 근처에 배수 홈통을 설치하여 신축장치에 대한 유입량을 최대한 줄이는 배수 구조가 바람직하다. 또한, 종단경사 중 오목구간 중심에 신축장치를 설치하는 경우에는 그 양측에 1.5m 정도 떨어져 배수 홈통을 설치한다.
- 완화 곡선구간 혹은 S 자 곡선구간의 변곡점 부근에 발생하는 횡단경사가 수평인지 여부를 판단하며, 수평에 가까운 구간이면 종단경사도 고려하여 배수구의 설치위치를 검토한다.
- 배수구의 설치 높이는 배수구위치의 포장면보다 20mm 아래로 하고, 배수구 측면에 구멍을 뚫어 침투수가 바닥판에 채수 되지 않도록 하여야 한다.
- 배수 홈통의 설치 위치 설치 예는 <그림 9.2.2>와 같으며, 배수 홈통면은 포장면보다 5~10mm 정도 낮게 설치한다. 배수 홈통을 설치하기 위해 상판 등의 철근을 부

특이하게 절단할 때는 <그림 9.2.3>와 같이 절단한 철근에 상당하는 보강철근을 배수 홈통의 주위에 배치한다.

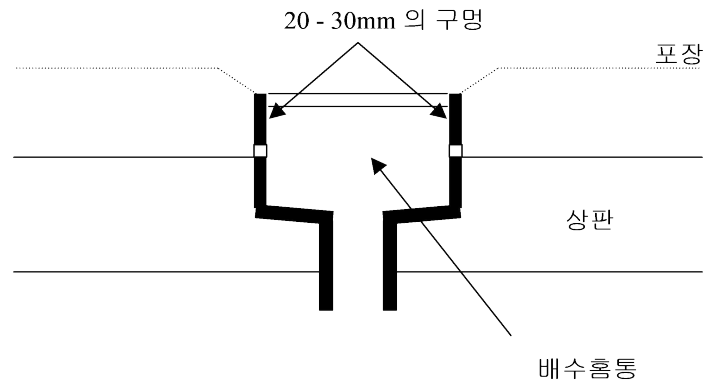
- 상판 혹은 지표 등의 콘크리트 타설, 포장 시공시 배수 홈통에 콘크리트 혹은 아스팔트 합재 등이 들어가지 않도록 한다.
- 배수 홈통 설치후, 미포장으로 장시간 방치할 경우 <그림 9.2.4>와 같이 홈통의 측면에 구멍($\phi 20 \sim 30\text{mm}$)을 두어 배수한다.
- 배수 홈통 외에 최근 측구 형식에 의한 배수방식을 채용하는 경우도 있다.



<그림 9.2.2> 배수 홈통의 설치 예



<그림 9.2.3> 배수 홈통 보강철근 예



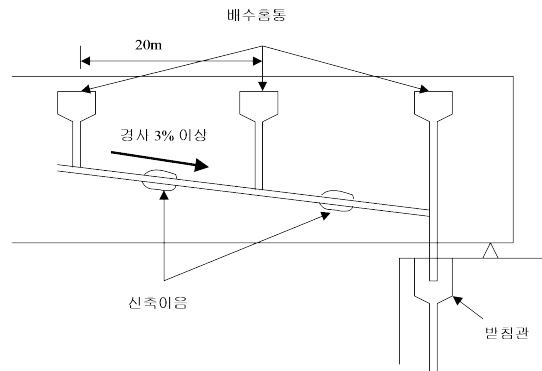
<그림 9.2.4> 배수흡통 구멍 예

9.2.3 배수관

배수관의 재질은 스테인리스강, 알루미늄, 경질염화비닐 또는 FRP로 한다. 배수관의 형상은 원형으로 내경은 150mm 이상, 경사는 3% 이상, 계획강우량의 3배를 배수할 수 있는 용량으로 계획하며, 장래 유지보수가 용이하도록 설치한다.

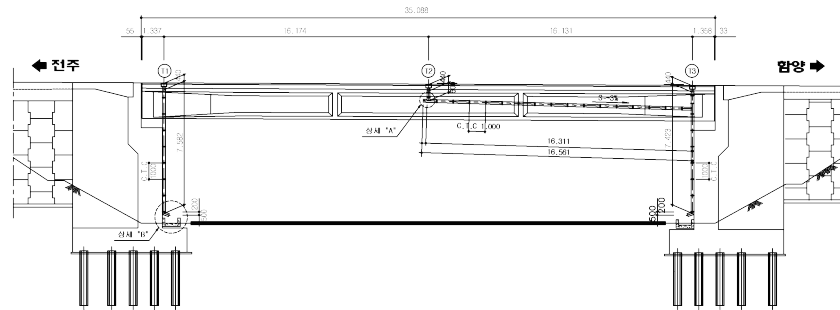
【해 설】

- 배수관의 경사는 원칙적으로 3% 이상으로 하고 부득이한 경우에는 2% 이상으로 한다. 그리고 교량 상판의 신축과 상대신축량을 고려하여 10m에 1개소를 표준으로 하여 신축이음을 설치하며, 횡관이 2개 이상의 배수구와 직결되는 경우는 <그림 9.2.5>와 같이 그 중간에 1개의 신축이음을 설치한다.
- 장대교량 구간의 배수관 설치시에는 자동차의 반복하중과 횡풍에 의한 처짐, 비틀림 등을 고려하여 배수관재질, 이음부, 연장 등을 결정한다.
- 배수관 경로에서 상부공과 하부공과의 접속부는 <그림 9.2.5>와 같이 받침관을 두어 상하부를 연결한다.
- 하천으로 배수관을 설치할 경우, 홍수시 하천 부유물 등이 배수관에 걸려 하천 흐름에 지장이 없도록 배수관 길이를 조절한다.



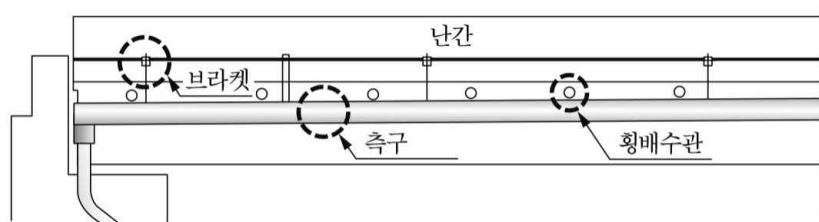
<그림 9.2.5> 배수관 설치

- 배수관 배치를 위한 철물은 부식방지 처리를 한다.
- 배수관에서 상부공과 하부공의 접속부는 연결관을 두어 상하부를 연결한다. 상부공과 경사배수관 연결부에는 청소구를 두어 배수관이 막힐 경우 청소가 가능하게 한다.
- 경질염화비닐관을 사용하는 경우 관에 작용하는 온도응력의 영향을 고려하여 이에 대해 안전하도록 설계한다.
- 알루미늄 배수관을 사용하는 경우 연결관은 유지보수가 용이하도록 탈부착식을 사용한다.
- FRP 관을 사용하는 경우, 접합시 파손이 발생하지 않도록 주의하며, 직관 및 연결이음부의 흠 등 이물질들을 완전히 제거하여 누수 및 배수기능의 저하를 초래하지 않도록 한다.
- 한랭지에서는 배수관의 끝부분이 지면보다 50cm 이상 떨어지도록 한다. 한랭지에서는 관의 끝단에서 배수된 물이 얼어 붙어 배수기능이 저하되는 일이 많으므로 배수관 끝단의 설치높이는 지표면에서 최소 50cm 떨어지도록 하고 가능하면 1m 이상 떨어지도록 시공한다.
- 하천용 배수관의 경우, 배수관 유출부의 우수가 비산되어 교각의 교좌장치에 영향이 가지 않도록 고려하여 유출구의 위치를 고려한다.



<그림 9.2.6> 교량에서의 배수관 설치도면 예

- 교량구간 배수효율 증대를 위한 집수구 배수시스템이 아닌 방호벽 하부 횡배수관으로 배수를 하고, 방호벽 후면 측구 개념의 선형 배수시설을 설치하여 배수하는 선배수 시스템을 적용할 수 있다.
- 선배수설계 및 배수구 설치 위치는 KCS 24 40 25 (교량배수시설)와 KCS 24 41 25 교면배수(한계상태설계법)를 따른다.
- 교량 신축이음 장치는 유입되는 토사, 낙엽 등의 이물질에 의한 막힘을 방지하는 구조와 우수를 배출하기 위한 배수구를 설치하여야 한다. 이때 최종 배수구는 교량 하부 낙수 피해를 저감하는 방안을 검토하고 인접한 교대부로 유도하여 설치하여야 한다.



<그림 9.2.7> 교량 선배수 시스템 개요도

9.3 터널 배수

9.3.1 배수 형식

터널의 배수는 유입되는 지하수의 배제 여부에 따라 배수형 터널과 비배수형 터널로 구분한다.

【해 설】

- 비배수형 터널은 하저 또는 해저터널과 같이 지하수 배제가 곤란한 경우 완전방수 처리하는 방법이며, 배수형 터널은 유입되는 지하수를 외부로 유도배수하는 방법으로 경제성이 우수하여 일반적인 터널 구축시 사용되는 방법이다. 배수형 터널은 배수방법에 따라 완전배수형, 부분배수형, 외부배수형 터널로 구분된다.
- 배수형 터널은 터널로 유입되는 지하수를 배수하는 터널로서 배수방법에 따라 다음과 같은 세가지 형식으로 구분하여 설계할 수 있다.

(1) 완전 배수형

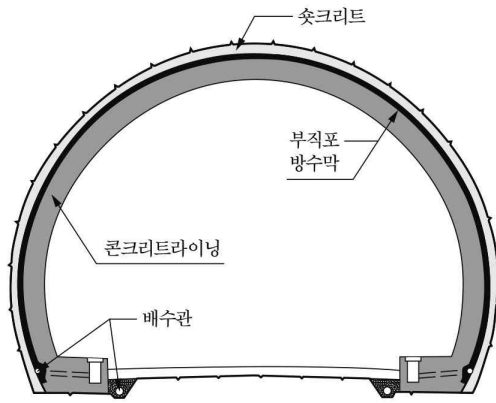
- 터널내부의 전주면으로 배수를 허용하는 형식

(2) 부분 배수형

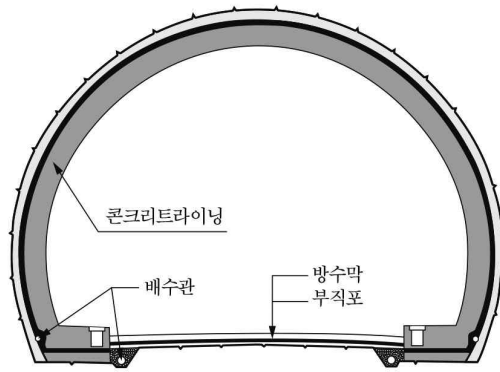
- 쾌적한 공간을 제공할 목적으로 터널 천단과 측벽에만 방수막을 설치하여 유입수를 한곳으로 유도하여 배수하는 형식

(3) 외부 배수형

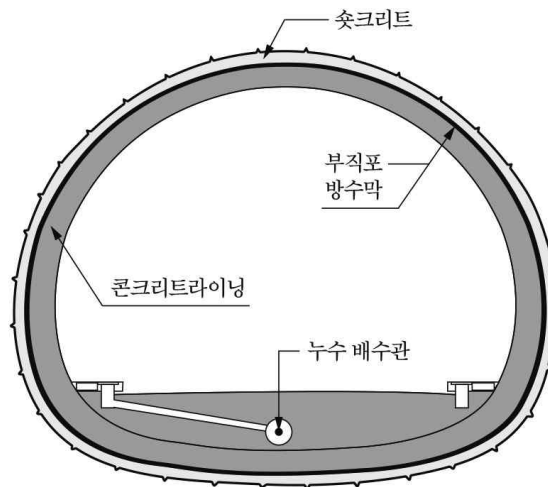
- 유해 지하수로부터 터널 내부 시설물이나 콘크리트 라이닝을 보호하기 위하여 콘크리트 라이닝 외부 전체를 방수막으로 둘러싸고 그 밖으로 배수로를 설치하여 배수하는 형식



<그림 9.3.1> 배수형 방수형식 터널의 개념도



<그림 9.3.2> 외부 배수형 방수형식 터널의 개념도



<그림 9.3.3> 비배수형 방수형식 터널의 개념도

9.3.2 배수형 터널의 적용조건 및 고려사항

배수 형식의 선정은 터널의 설치 목적, 지반조건, 지하수 조건, 안정성, 경제성, 시공성 등을 고려하여 선정하도록 한다. 터널계획시 배수 및 시공성을 고려하여 종단선형을 결정하고, 경사는 배수에 지장이 없는 범위내에서 가급적 완만하게 계획하며, 터널의 제기능상 부합되어야 한다.

【해 설】

가. 배수형 터널의 적용조건

- 지반조건이 양호하여 유입수가 적은 반면 지하수위가 비교적 높은 지역에서는 배수형 터널을 채택한다.
- 지하수위가 비교적 높은(수압 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상)경우 터널의 안정성을 감안하여 배수형 터널을 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- 주변지반의 여건상 과다한 유입수가 예상되는 지역에 터널을 구축해야 하는 경우 유입수의 양수를 위한 관리비용의 절감을 위하여 터널주위 지반에 차수 그라우팅을 실시하여 유입수를 최대한 줄인 후 배수형 터널을 채택한다.

나. 배수형 터널 적용시 고려사항

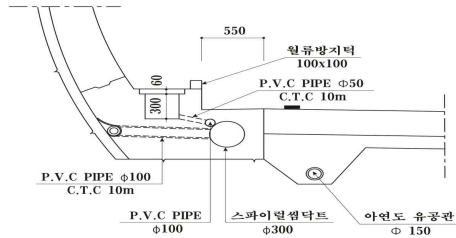
- 종단선형은 주행안전성, 환기, 방재설비, 배수 및 시공성을 고려하여 결정하고, 경사는 배수에 지장이 없는 범위내에서 가급적 완만하게 계획하며 기능상 부합되어야 한다.
- 터널 개통 후 터널내부 용출수를 종단배수구로 자연유출 시킬 경우 0.1%이상의 경사가 효과적이지만, 시공중의 용출수를 자연유출 시키기 위해서는 용출수가 적을 경우 0.3%이상, 많은 경우 0.5%정도의 경사가 필요하지만 경사를 크게 하면 시공상의 문제와 개통 후 교통용량이 저하될 수 있다.
- 노면수가 터널내로 유입되면 결빙되어 차량운행에 안전사고가 발생할 수 있으므로 터널의 시·종점부의 갱구로 노면수가 유입되지 않도록 한다.

9.3.3 배수형 터널의 세부사항

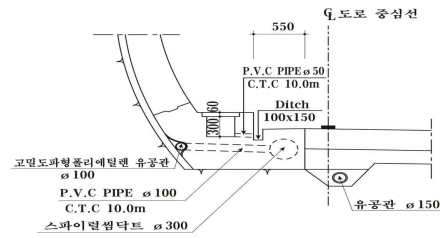
터널 내의 유입수 처리는 측방 배수관 또는 주 배수관에 의해 배수하는 것을 원칙으로 하되, 배수상태의 점검이나 배수관의 청소를 위하여 50m 이하의 간격으로 청소구(맨홀)를 설치한다. 인버트 부에 설치하는 주 배수관의 직경은 300mm 이상이어야 하며, 콘크리트관, 아연도 강관 등을 사용한다.

【해 설】

- 부분배수형 터널의 경우 슛크리트와 콘크리트 라이닝 외부에 설치되는 방수막 사이에 부직포를 설치하여 터널 측벽 하단으로 유입수를 유도하며, 사용 부직포는 유입 지하수를 충분히 배수시킬 수 있는 기능을 갖추어야 한다.
- 세립토립자를 함유한 지반에서는 부직포의 막힘현상 발생가능성을 검토하고, 필요시 부직포의 두께를 증가시키거나 드레인 보드 또는 이와 동등 이상의 배수능력을 가지는 기타의 배수용 자재, 배수관 등을 추가로 설치한다.
- 지반의 절리나 지층에서 흘러나온 물은 배수시스템을 통하여 수압이 발생하지 않도록 터널 밖으로 배수한다. 이를 위하여 터널의 저부에 측방 배수관을 설치하며 관리를 위해 직경이 150mm 이상 되어야 한다.
- 측면에 설치한 청소구(맨홀)에는 뚜껑을 설치한다. 보통 청소구(맨홀)는 관리측면에서 50m 이하 간격이 적정하며 사람이 작업할 수 있도록 최소한 60cm×80cm 크기로 한다.
- 터널 저부의 중앙부 또는 측방에 설치하는 주배수관은 콘크리트관, 아연도 강관 등을 사용할 수 있다. 이러한 주배수관의 직경은 300mm 이상이 되어야 한다. 터널의 주배수관은 터널내 대형화재 사고 발생시 유출된 기름에 의한 2차 발화로 유독가스가 발생된 사례가 있어 불연성 재질로 한다.
- 시공중 유입되는 지하수를 배수할 수 있는 배수시설을 갖추도록 한다.
- 콘크리트 라이닝에 누수가 발생할 경우에 대비하여 적절한 배수 처리 시설을 갖추도록 하며 한냉지역에서는 도수부가 동결하는 경우도 있으므로 단열 등에 대한 대책을 마련한다.



<그림 9.3.4> 터널 배수상세(예1)



<그림 9.3.5> 터널 배수상세(예2)

9.3.4 터널 배수의 종류

터널 배수는 노면 배수, 배면배수, 저면배수로 구분된다.

【해 설】

가. 노면 배수

- 터널 내부로 부터 유입되는 노면수 및 터널 내 청소 또는 소화설비로 부터 발생하는 표면수를 처리하는 것으로 오·폐수 혼합, 분리 여부에 따라 배수구 또는 별도의 배수관으로 배수한다.

나. 배면 배수

- 방수막 배면으로 유도되는 용출수 처리를 위한 것으로 터널 구조물 안전에 중요한 영향을 미친다. 측벽 하단에 종방향 유공관을 설치하여 배면의 용출수를 유도하고, 배수구에 연결시켜 최종적으로 배수구를 통해 처리한다.

다. 저면 배수

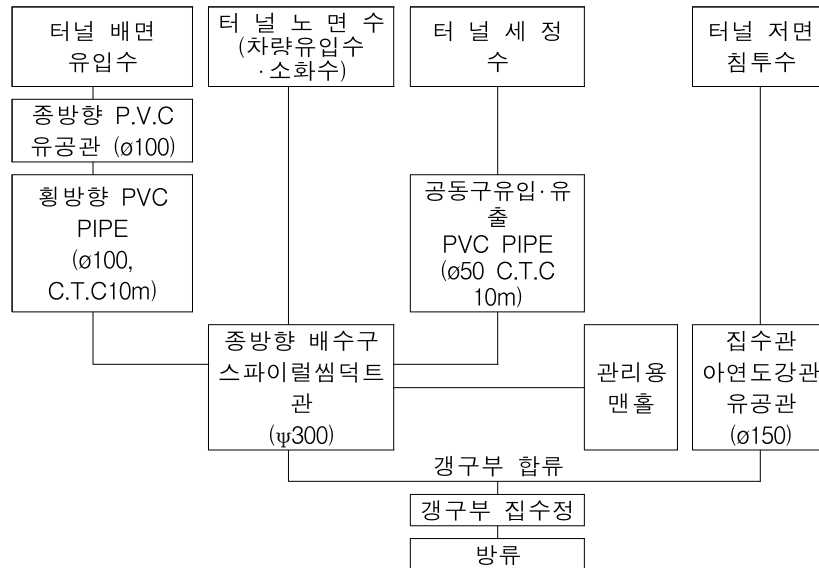
- 지하수 배수공은 터널 인버트부 지반으로부터 용출수를 대상으로 한 배수로서 터널 전장에 걸쳐 양측에 설치하고 노반 및 용출수의 배수를 원활히 할 수 있도록 설치한다.

9.3.5 터널의 배수시스템

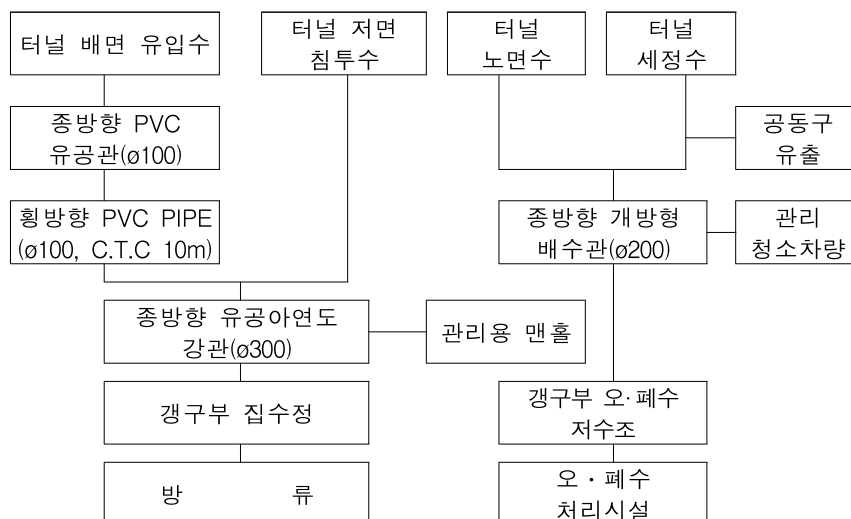
도로 터널의 배수시스템은 오·폐수의 처리방법에 따라 오·폐수 혼합 배수시스템과 오·폐수 분리 배수시스템으로 구분한다. 수질오염방지 및 기계화 관리를 위해 지하수와 오·폐수의 완전분리가 가능한 배수시스템 구성이 요구되며, 터널의 목적, 위치, 주변 여건 등을 고려하여 오·폐수 처리방법에 따른 배수시스템을 선정한다.

【해 설】

- 터널의 주배수는 지반에서 나온 물만의 배출을 위한 오·폐수 분리 배수시스템 또는 지반에서 나온 물 이외에 기타의 물도 같이 배수시킬 목적의 오·폐수 혼합 배수시스템으로 설치한다. 오·폐수 분리 배수시스템은 지하수가 많은 경우 직접 배수를 용이하게 하기 위해 설치한다. 오·폐수 혼합 배수시스템은 터널의 주배수시스템을 통해 지반에 흘러나온 물과 터널 사용중에 나온 기타의 물과 액체를 동일 배수관으로 배수한다.
- 터널 안의 세정수는 수질오염방지법의 규제대상에서 제외되지만, 현재로는 공공수역에 직접 방류하는 것은 곤란하며 임의의 처리가 필요하다.
- 오수처리시설을 터널별로 만드는 것은 비경제적이며, 일시적인 저수조를 만들어 이동식 처리차로 처리하거나 다른 장소에서 처리하는 방법을 채용하고 있다. 세정을 필요로 하는 터널에는 일시적인 저수조를 만들어야 하며, 그 규모는 터널세정수 및 화재시 소화전 수량 등을 고려하여 처리용량을 확보한다.
- 갱구 부근의 저수조에서 이동식 처리차가 일시 정차할 수 있도록 배려하고, 또한 공사중 오·폐수 처리용 저수조를 공사완료 후, 세정수의 저수조로 이용한다.



<그림 9.3.6> 오·폐수 혼합 배수시스템 배수계통도 예



<그림 9.3.7> 오·폐수 분리 배수시스템 배수계통도 예

9.3.6 배수용량 산정

배수용량은 오·폐수 혼합 및 분리 시스템을 고려하여 각각의 배수계통에 따라 노면 배수량과 배면 배수량을 처리하도록 설계하며, 이때 검토될 항목으로는 터널 내로 유입되는 우수, 측벽 유입수, 차량 유입수, 벽면 세정수, 수분무용수 및 화재시의 소화용수 등이 있다. 대부분의 터널은 우수가 터널 내부로 유입되지 않도록 하며, 소화용수 및 수분무용수 등은 방재설비의 종류 등에 따라 다르므로 터널별로 별도로 검토한다.

【해 설】

- 국내의 시가지 터널을 제외한 도로터널은 보통 산악을 통과하므로 터널구간은凸형곡선의 정점부에 위치하여 터널내부로 우수유입은 없으나, 경사구간에 터널이 위치하는 경우 배수시스템 연결을 계획한다. 이때 터널로 유입되는 수량은 일반도로의 측구, U형 측구 등의 처리수량과 동일하게 산출한다.
- 강우에 의한 배수량의 결정을 위해 고려해야 하는 사항은 강우강도, 설계빈도와 강우지속시간이다.
- 터널심도, 터널연장 및 지반의 투수계수, 파쇄정도에 따라 용출수량의 변화가 심하여 측벽 유입수의 정량적인 평가는 어려운 실정이다.
- 토사지반의 경우 서울지하철 실측 자료를 적용할 수 있으며, 암반지반의 경우는 1km 당 0.5~1.5m³/min 정도로 경험적으로 적용할 수 있지만, 최근의 설계에서는 이론적 해석과 수치해석적 방법을 함께 이용해 유입수량을 평가한다.
- 도로 터널의 경우 일정주기로 물청소가 이루어지며 세척과 씻어내는 2단계로 구분청소된다. 터널 세정수량에 대한 일례로 한국도로공사에서는 단위 세정수 발생량을 15ℓ/m, 세정속도는 1.0km/h로 검토한다.
- 소화작업 역시 배수 시스템에 비교적 많은 양의 물을 제공한다. 소화용수량은 이미 설치된 소화방재시스템의 용량 안에서 소화작업 동안 터널내로 펌프할 수 있는 물의 최대유출율을 산정하여 결정한다.

- 차량 유입수량은 미소하기 때문에, 만약 배수시스템이 상기의 모든 양을 처리하도록 설계되었다면 차량유입수는 충분히 처리될 수 있다.

9.4 옹벽 배수

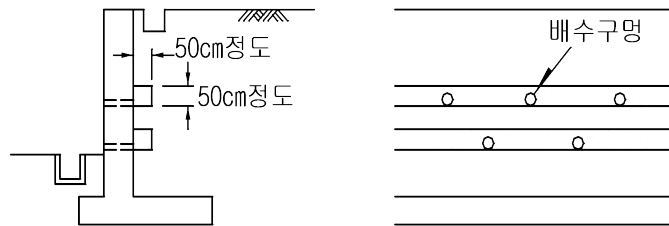
옹벽 배수는 지표면 배수와 뒤펀 배수로 구분하며, 지표면 배수는 식생공, 블록 등의 불투수층을 마련하여 배수구로 집수시킨다. 뒤펀 배수로는 간이배수공, 구형 배수공, 연속배면 배수공, 기타 배수공 등을 사용한다.

【해설】

- 옹벽 설계에 있어서 배수공은 토압 경감을 위한 중요한 시설이다. 즉, 물의 침투에 의해 배면토의 함수비가 증가하면 흙의 중량 증가와 전단강도 감소에 의해 토압이 증가하고 옹벽 형식에 따라서 변형이 일어나거나 경사 등의 변형이 발생한다. 따라서 종래부터 여러 방법의 배수공이 이용되고 있지만 최근에는 합성수지제품, 폐자재 재활용 제품 등 투수성이 확보되는 배수공을 사용한다.
- 옹벽 배수는 지표면 배수와 뒤펀 배수로 구분한다. 지표면 배수는 우수 등의 지표면수가 뒤펀 흙 속에 침투하는 것을 방지하는 것이며, 뒤펀 배수는 뒤펀내부로 침투한 물을 신속하게 배수하기 위한 배수공이다.
- 배수공의 설계에 있어서 우선 옹벽 배면과 지지지반에 물이 침투하는 것을 방지하는 것이 중요하다. 따라서, 식생공과 콘크리트, 현장 콘크리트 타설, 콘크리트 제품, 블록 등의 불투수층을 설치하여 지표면수를 배수구로 집수시키거나 지하수위가 높은 경우 지하수 배수공을 설치하여 지하수의 유입을 방지한다. 이와 같은 대책을 강구하여도 물의 침투를 완전히 막을 수 없기 때문에 옹벽배면에 침투한 물을 배수하기 위한 뒤펀 배수공을 설치할 필요가 있다.
- 뒤펀 배수공에는 간이 배수공, 구형 배수공, 연속배면 배수공 등이 있고, 옹벽 규모와 뒤펀재의 토질, 설치위치의 지형, 용출수 유무 등에 따라 선정한다. 그리고 필요에 따라 옹벽의 횡단방향 배수에 대해서도 검토한다.

가. 간이 배수공

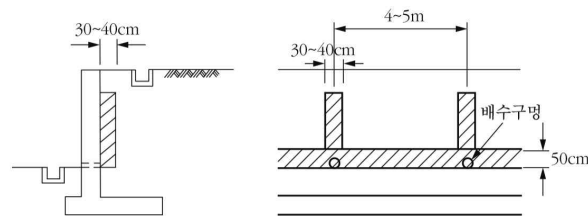
- 간이 배수공은 뒤채움 흙이 사질토 등으로 투수성이 좋은 경우 이용한다.
- 이 배수공은 <그림 9.4.1>에 있듯이 각 배수 구멍 위치에 쇠석, 자갈, 투수성이 좋은 재료 등 두께 50cm 정도의 수평 배수층을 벽체 전길이에 걸쳐 설치하는 것이다. 또한, 용출수량이 많은 경우 구멍 뚫린 배수관을 병용한다.



<그림 9.4.1> 간이 배수공

나. 원형 배수공

- 원형 배수공은 투수성이 좋지 않은 뒤채움재를 이용하는 경우와 옹벽이 집수 지역에 위치하는 경우 등에 이용한다. 이 배수공은 <그림 9.4.2>에 있듯이 벽체 하단 부근에서 배수구멍을 통해 용이하게 배수할 수 있는 높이의 위치에 벽체 전길이에 걸쳐 쇠석, 자갈, 투수성이 좋은 재료 등으로 두께 50cm 정도의 수평한 배수층을 설치하고 동시에 벽체배면을 따라 옹벽상부 부근까지 두께 30cm 이상의 연직배수층을 최소 4.5m 간격으로 설치한다.
- 벽체의 배수구멍은 적어도 연직 배수층과 수평 배수층과의 각 교점마다 설치한다.



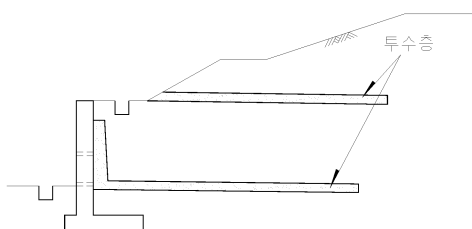
<그림 9.4.2> 구형 배수공

다. 연속배면 배수공

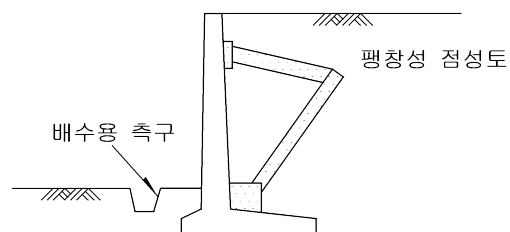
- 연속배면 배수공은 주로 블록쌓기옹벽에 사용되며, 원형 배수공과 마찬가지로 배면 흙쌓기재료가 점성토처럼 투수성이 나쁘고 옹벽이 집수지역에 위치하는 경우 등에 이용한다. 이 배수공은 벽체배면 전면에 걸쳐 쇄석, 자갈, 투수성이 좋은 재료 등으로 두께 30cm 이상의 배수층을 설치하여 이 층의 전면에서 집수하고, 배수층 하단 및 벽체에 적당히 배치한 배수구멍을 통해 배수하는 방법이다.

라. 기타 배수공

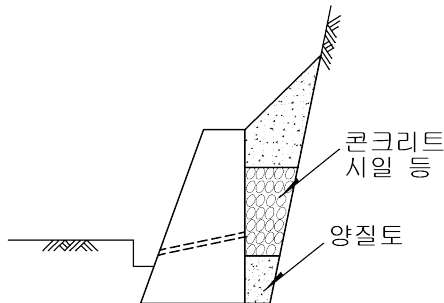
- 옹벽 배면에 드레인 보드(drain board)를 부착시키고 부직포로 드레인 보드를 덮은 후 양질의 토사로 뒤채움을 하여 배면 토압의 증가를 억제하고 뒤채움 흙의 동상과 동결에 따른 수축 팽창을 방지한다.
- 뒤채움재로 점성토를 사용하는 경우 배수공이 뒤채움 흙에 의해 막히지 않도록 쇄석과 자갈, 토목섬유 배수재, 투수성이 좋은 재료 등을 사용하여 지하 배수층을 설치한다(그림 9.4.3) 참조).
- 흙이 팽창성 점성토인 경우, 침투수에 의해 흙이 팽창될 수 있으므로 이러한 흙은 뒤채움재로 좋지 않으나 만약, 부득이 사용할 경우는 이중의 블랭킷 배수시설을 설치한다(〈그림 9.4.4〉 참조).
- 특수한 배수공으로 땅깍기부의 배수와 용출수가 있는 장소의 배수공이 있다(〈그림 9.4.5〉, 〈그림 9.4.6〉 참조).



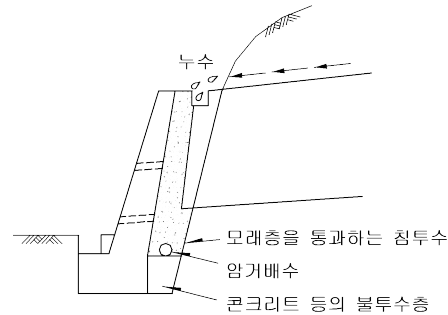
<그림 9.4.3> 옹벽의 면배수(예)



<그림 9.4.4> 이중 블랭킷 배수시설



<그림 9.4.5> 땅깍기부 배수공



<그림 9.4.6> 용출수가 있는 경우의 배수공

마. 배수구멍

- 배수구멍은 옹벽배면에 모인 물을 배수하기 위한 것으로 콘크리트옹벽은 옹벽 전면에서 용이하게 배수할 수 있는 높이로 5m 이내의 간격으로 설치한다. 부벽식 옹벽에는 각 판넬마다 적어도 1개의 배수구멍을 설치한다. 또한, 블록쌓기 옹벽과 비자립형 옹벽에서는 뒤채움 배수에 주의해야 하며, 배수구멍은 전면의 배수구보다 상부 2~4m²에 1개의 비율로 설치한다.
- 배수구멍은 내경 6~10cm 정도의 경질염화비닐 등의 재료를 배수방향에 적당한 경사로 벽체내에 묻어 설치한다. 또한, 배수구멍 입구에 흡출방지재와 구멍 지름보다 큰 자갈과 쇠석을 설치하여 배수구멍을 통해 뒤채움 흙이 유출되지 않도록 한다.

바. 배수재

- 배수층의 재료는 일반적으로 자갈, 쇠석 뿐만아니라 토목섬유 배수재, 재생플라스틱, 건설부산물 등을 이용하여 만들어진 재생골재 등의 투수성이 좋은 재료를 사용한다. 토목섬유 배수재 및 재생골재는 경량으로 취급과 시공이 용이하다는 특징을 가지고 있지만 투수층으로서의 성능, 내구성, 환경조건, 설계시공법, 옹벽 종류 등을 검토한 후 이용한다. 다만, 블록쌓기 옹벽은 구조 안정상 뒤채움재에 자갈과 쇠석을 이용하는 것을 전제로 하고 있기때문에 그 대체물로 토목섬유 배수재를 이용해서는 안 된다.

제 10 장 토석류 대책시설

10.1 일반사항

토석류로 인한 시설물의 피해를 방지 또는 저감시키기 위한 대책시설 설계에 적용한다.

【해 설】

- 토석류(debris flow)는 우수의 흐름에 의해 토사, 암석, 나뭇가지 등이 원지반으로부터 분리되어 이동하는 현상으로, 물보다 가벼운 부유물질과 물보다 무거운 이동물질, 또는 두가지 물질의 혼합물 형태로 이동하는 형태이다.
- 토석류 차단시설은 토사, 암석, 나뭇가지 등 토석류에 의해 도로 배수관, 암거 등의 막힘으로 피해가 예상되거나 이미 피해가 발생한 지역에서 추가적으로 토석류 발생이 예측되는 도로 접도지역 내에 적용한다. 특히, 도로관리청은 토석류 차단시설을 도로 부지내에 필요한 지역에 설치하며, 도로부지외의 지역으로 설치가 필요한 경우, 산림청 등과 같은 관계기관에서 설치할 수 있도록 협의한다.
- 토석류의 발생형태는 다음과 같이 크게 세 가지로 구분한다.
 - (1) 계곡 바닥에 퇴적된 토사가 우수에 의한 유동화로 누적된 퇴적토사, 부유목 등을 모아가면서 토석류로 발달하는 형태
 - (2) 호우에 의해 계곡부 비탈면 지반이 포화되어 비탈면이 붕괴되거나 붕괴한 토사가 우수 또는 표면 흐름수와 혼합되어 유동화하여 토석류로 발달되는 형태
 - (3) 계곡부 등에 붕괴된 토사가 단시간에 퇴적되고 호우에 의하여 일시적인 댐이 되어버린 후, 지속적인 강우로 인한 수위상승으로 일시적인 댐이 월류나 파이핑에 의해 파괴되어 토사와 물이 혼합해서 한번에 유하하는 형태

10.2 토석류 대책시설의 계획

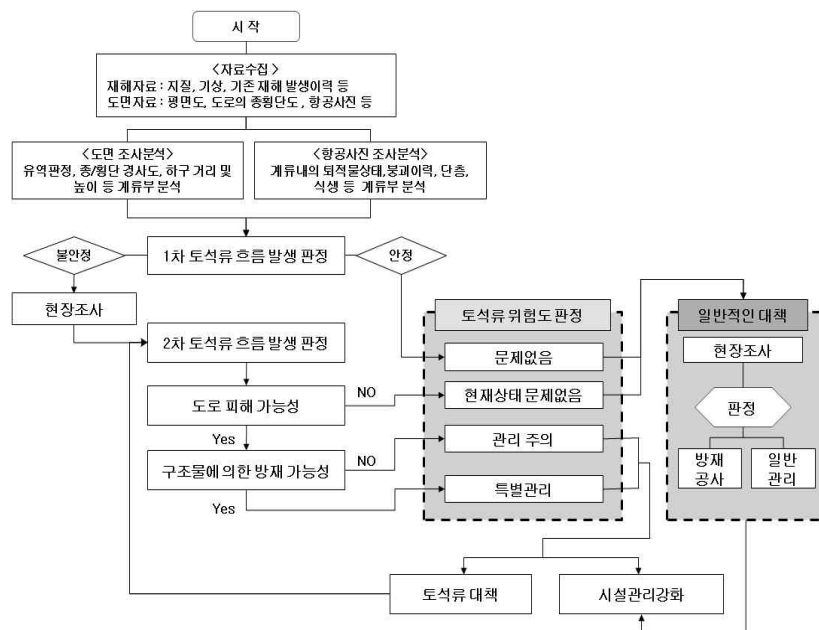
10.2.1 토석류 대책시설의 설치 계획

토석류 대책시설의 계획은 지형적, 수리적, 사회적 특성에 기초하여 토석류의 특성, 시설의 형태, 규모, 시공 및 관리 용이성 등을 고려한다.

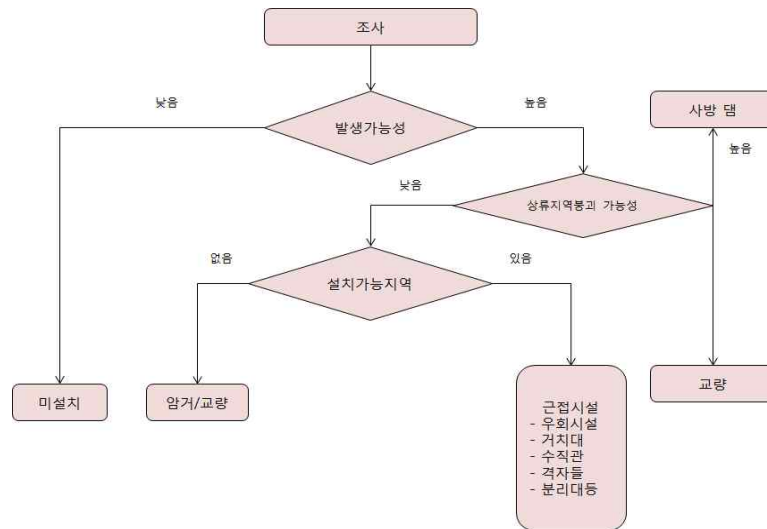
【해 설】

- 토석류 대책시설은 토석류 발생 방지를 위한 시설로, 유하하는 토석류의 흐름을 감소하고 물과 토석을 분리하기 위한 시설, 토석류의 정지·퇴적을 위한 시설로 구분한다.
- 계곡부 및 산지 등에 인접한 도로의 암거 등의 배수시설은 토석류에 의해 막히거나 침식 및 세굴 등으로 기능을 할 수 없는 경우가 있으므로, 지형적인 여건과 토석류의 발생규모 등을 고려하여 교량과 같은 형식을 사용하여 도로시설을 보호하고 토석류를 통과시키는 방법도 검토한다.
- 토석류 발생 예측은 주변지형·지질의 특성과 도로의 평면도, 종·횡단면도 등 도면, 그리고 항공사진을 통하여 분석한다.
- 토석류 발생 피해가 우려되는 경우, 현장조사 등을 통하여 2차 판정을 실시하며, 이때 토석류 흐름이 도로 시설물에 미치는 영향을 조사한다.
- 토석류 발생이 도로시설에 미치는 영향을 고려하여 규모, 형식, 설치위치, 도로주변의 관리 등을 고려한다.
- 토석류의 흐름 변화를 고려한 현장조사와 관련 문헌 등을 수집 분석하고, 그 특성에 맞는 기능을 발휘하도록 토석류 대책시설의 규모, 배치 및 설계를 실시한다.
- 대책시설의 계획은 토석류가 발생하여 피해가 예상되는 시설물의 인근에 수립하며, 토석류 가능성과 시설물의 피해 가능성을 고려하여 합리적이고 효과적인 대책이 되도록 한다.

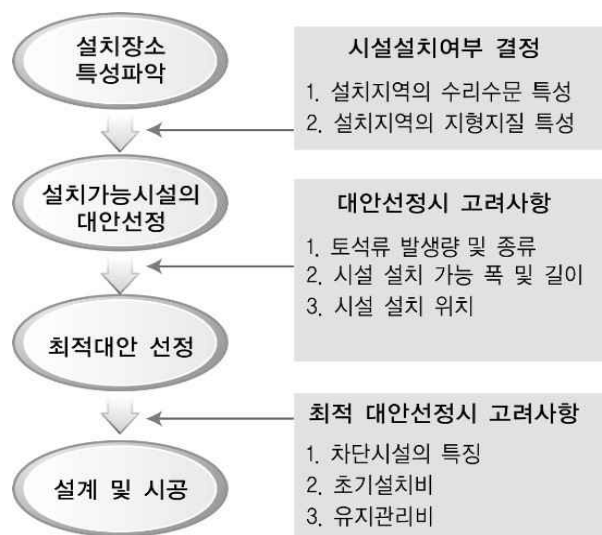
- 토석류 대책시설은 암석, 토사, 부유목의 크기, 발생량, 도로의 중요도, 비용, 관리 등 영향인자를 고려하여 필요시 두가지 이상의 대안을 비교 검토한다.
- 특히, 계곡 상류부터 계곡 출구까지 발생이 예상되는 곳을 선정하되, 집중호우로 인한 피해 우려가 있는 지역을 우선적으로 선정한다. 또한 토석류 차단시설의 위치가 만족부인 경우, 상·하류의 흐름을 고려한다.
- 토석류 차단시설은 다음과 같은 항목을 검토한다.
 - 설치지역의 수리·수문, 지형·지질, 토질
 - 설치장소의 길이와 폭
 - 토석류 및 부유목의 종류 및 발생량
 - 토석류 차단시설의 특성
 - 토석류 차단시설의 경제성(설치비용, 관리비 등)
 - 토석류 차단시설의 접근성
 - 관리의 용이성



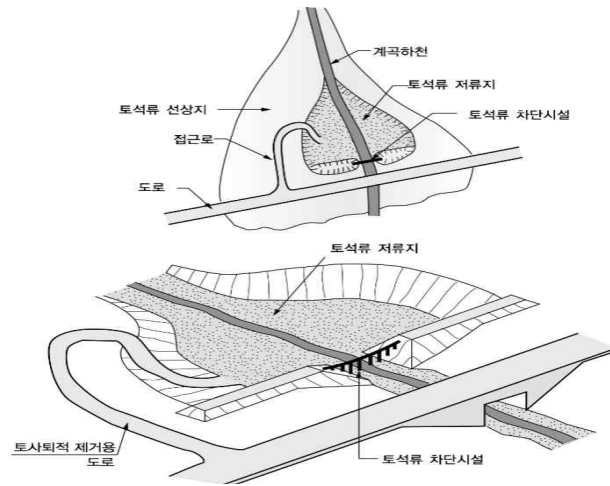
<그림 10.2.1> 토석류 차단시설 설치계획 절차



<그림 10.2.2> 도로접도구역내의 토석류 및 부유물 예방 절차



<그림 10.2.3> 토석류 차단시설의 선정과정



<그림 10.2.4> 도로접도구역내의 토석류 차단시설

10.2.2 토석류 흐름제어 방법

상류로부터 발생한 토석류 차단방법은 배수시설의 유입부 또는 도로인접 구역의 상부에서 차단, 배수시설의 유입부 근처에서 우회, 배수시설 통과 등이 있다

【해 설】

가. 차단방법

- 토석류가 배수시설 유입부로 들어오지 못하게 배수시설의 유입부 앞에 스크린 또는 차단기능을 가지는 구조물을 설치하는 방법.

나. 우회방법

- 배수시설의 유입부 앞에 우회시설을 설치하여 토석류가 시설 주변의 다른방향으로 우회 또는 임시 저류시키는 방법.

다. 통과방법

- 배수시설의 크기 및 흐름의 속도를 조절하여 토석류가 배수시설 유입부에 퇴적되지 않게 통과시키는 방법.

10.2.3 토석류 대책시설의 종류

토석류 대책시설은 고정형과 가변형으로 구분하며, 형식에 따라 통과형, 차단형, 부분 통과형으로 구분한다.

【해 설】



(a) 통과형 차단시설



(b) 통과형 차단시설



(c) 차단형 차단시설



(d) 부분통과형 차단시설
(슬릿형)



(e) 부분통과형 차단시설
(연성형)



(f) 부분통과형 차단시설
(유입방지)

<그림 10.2.5> 도로 배수시설 인접 토석류 대책시설 형식

10.3 토석류 조사 및 설계

10.3.1 조사

토석류 조사는 토석류의 발생 가능성 판단, 토석류 발생가능 규모의 산정, 대책 시설의 필요여부 결정, 상황에 맞는 대책시설의 선정과 구체적인 설계를 위해 수행한다.

【해 설】

가. 기초 문헌 조사

- 토석류 발생지역은 지형, 기후, 식생 등에 따라 토석류 발생 형태가 다르기 때문에

대상구역의 현황조사, 과거 재해 자료, 유사 지역의 자료 등을 이용하여 토석류 및 부유물 현황 등을 조사한다.

- 드론, 위성사진, 항공사진 등을 활용하여 토석류 및 부유물의 규모 또는 면적 등을 조사할 수 있으며, 최대유량, 유속, 수심 등 토석류 및 부유물의 성질을 조사한다.
- 토석류 및 부유물 발생량과 종류를 예측하기 위한 자료는 다음과 같다.
 - 기상관측자료 : 년평균강우량, 월강우량, 최대일강우량, 수해 조사기록 등
 - 지질도 (1:50,000 또는 1:250,000)
 - 지형도 (1:25,000 또는 1:50,000)
 - 임상도 (1:25,000)

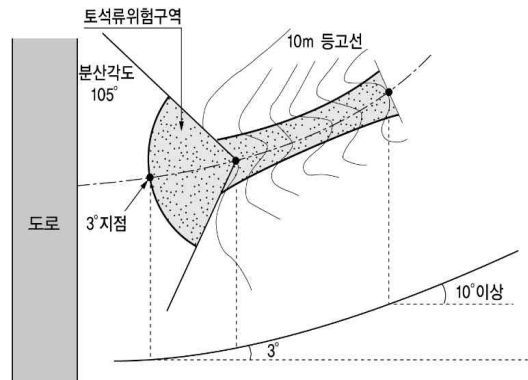
나. 현장 조사

- 토석류 차단시설의 설계를 위하여 현장조사를 실시하며, 토지이용의 변화에 따라 토석류의 종류가 변화하므로 설계시 고려한다. 예를 들어 벌목에 의하여 중규모의 부유물이 대규모의 부유물로 변화될 수 있고, 산지에 발생한 화재는 토석류 및 부유물의 종류와 양을 변화시키기도 한다.
- 토석류 차단시설 설치를 위한 주요 현장조사 항목은 다음과 같다.
 - 예상되는 토석류 또는 부유물의 종류와 발생량
 - 토지이용에 따른 토석류 또는 부유물의 종류와 발생량 변화
 - 암거 주위에서 물의 흐름 속도, 차단시설 주위의 지형 및 지반특성
 - 토석류 및 부유물에 의한 배수시설의 피해 가능성
- 세부조사항목은 다음과 같다.
 - (1) 토석류 및 부유물 발생에 관한 조사
 - 도로노선을 따라 토석류 발생 예측 지점 조사
 - 토석류 및 부유물의 발생 빈도 조사
 - 토석류 및 부유물을 발생시키는 강우 조건 추정을 위한 조사

(2) 토석류 및 부유물의 규모, 성질 추정에 관한 조사

- 유출 토사량 조사
- 토석류 및 부유물의 최대 입경 조사
- 토석류 및 부유물 범람 구역 추정에 관한 조사
- 기존의 사방댐, 차단시설의 유무, 제원에 관한 조사 등

- 토석류 및 부유물 발생 조사는 토석류가 발생된 지역, 급경사지로 관리되는 비탈면, 산사태위험지도에서 1등급, 2등급인 비탈면, 우수가 집중되는 계곡부 하상경사가 15°인 지점부터 상류의 집수 면적이 0.05 km² 이상, 수로 바닥상에 토석류로 변화될 수 있는 퇴적물이 존재할 경우 등을 기준으로 조사한다. 상류의 집수 면적이 0.05 km² 미만이어도 용수 등의 해당지역의 붕괴 이력이 확인된다면 토석류 발생 예상 지점으로 예측한다.
- 주변에 설치된 차단시설 또는 사방댐의 유무를 확인하고 시설의 높이, 길이 등의 제원을 조사한다. 지형도상에 기존의 차단시설 또는 사방댐, 토석류 발생 예상지점, 범람예상 구역을 표시한다. 또한, 기존의 도로에 대해서 개량이 필요한 지점도 조사 기입한다. 상기 조사의 실시단계는 <표 10.3.1>과 같다.
- 토석류 량이나 유동특성을 추정한다. 일반적으로 퇴적범위(위험구역)의 설정 순서는 다음과 같으며, <그림 10.3.1>은 사례를 나타내었다.
 - 1단계 : 위험지역의 판정
 - 2단계 : 퇴적 발생 지점 결정 (계곡부의 출구, 편상지 정상부, 경사도의 변화 지점, 원지형 경사도가 10°이하에서 퇴적이 발생된다고 판단되는 지점으로서 굴곡부 등)
 - 3단계 : 퇴적 종식 지점의 결정 (예를 들면, 경사도 3° (약1/20)인 지점)
 - 4단계 : 퇴적 토사 두께의 결정 (토석류의 퇴적두께는 3~5m이며, 이중에서 토사류의 퇴적두께는 2~3m)
 - 5단계 : 분산각, 퇴적 최대폭 결정(예상되는 유출 토사량과 현지의 지형을 바탕으로 검토)



<그림 10.3.1> 토석류 위험구역 설정 사례

<표 10.3.1> 조사의 종류와 실시 단계

구 분	계 획 단계	설 계 단계	관 리 단계
(1) 토석류 발생에 관한 조사	○		
(a) 노선을 따른 토석류 발생 예측 지점 조사	○	○	○
(b) 토석류 발생의 빈도 조사	○	○	○
(c) 토석류를 발생시키는 강우 조건 추정을 위한 조사 (토석류 한계선의 작성)			○
(2) 토석류의 규모, 성질을 추정하기 위한 조사	○	○	
(a) 유출 토사량 조사	○	○	
(b) 토석류의 최대 입경 조사		○	
(3) 토석류 범람 구역 추정에 관한 조사	○		○
(4) 설치된 토석류 차단시설의 유무 및 제원 조사 등	○	○	○

10.3.2 토석류 대책시설 설계

토석류 대책시설은 설치 위치의 지형, 지질을 파악하고, 목적에 대한 적합성과 설치 장소의 자연 친화성, 경제성, 안전성 등을 고려하여 형식을 결정한다.

【해 설】

II 지방지역 도로배수시설

- 설계 순서는 형식결정, 물넘이와 본체, 기초 등의 순서로 설계하며, 『하천설계기준』의 사방시설 설계편, 사방사업시행지침, 사방기술교본 등 관련 자료를 참조한다. 물넘이의 설계는 차단시설의 하류 하상 세굴을 방지하고, 기초의 안정 및 양안 붕괴가 되지 않도록 하며, 낙하 월류수와 부유사의 충돌, 기초 저면의 양압력에 안전하여야 한다. 또한 유목에 의한 통수능 저하에 대비하여 설계를 계획한다.
- 토석류 차단시설물의 설계는 기본계획단계, 수리설계단계, 구조안정설계(본체, 기초, 폭)단계 등 크게 3단계로 한다.

1) 기본계획단계

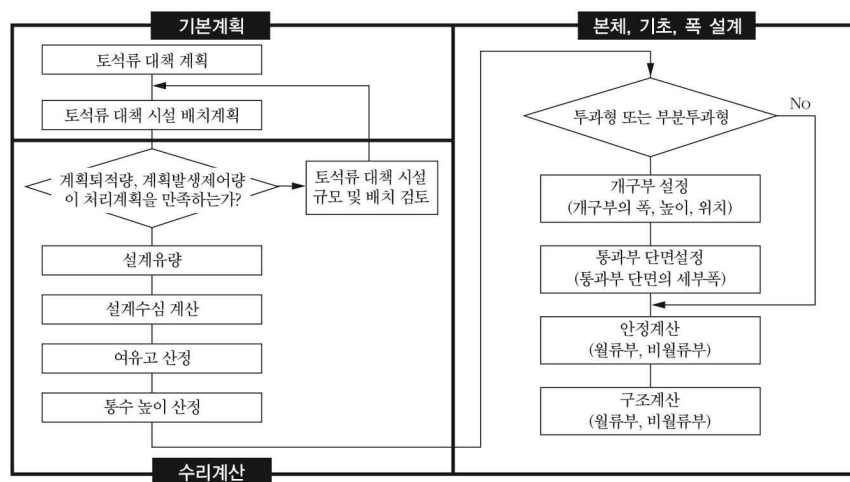
토석류에 의한 피해규모, 지형·지질 등을 고려하여 토석류 대책 기본계획과 토석류 차단시설물 설치계획을 수립한다. 토석류 차단시설은 기본계획단계를 근간으로 필요한 기능과 안정성을 가지도록 설계한다.

2) 수리설계단계

차단시설의 형식을 결정하고, 토석류 예측량을 고려하여 설계유출량을 결정한다.

3) 구조안정설계

토석류 유체력과 부유물에 의한 충격력 등을 고려하여 안전, 전도 등을 고려하여 기초설계와 본체 설계를 한다.



<그림 10.3.2> 토석류 차단시설 설계 절차

제 11 장 도로 배수시설의 관리

11.1 일반사항

도로의 관리주체는 도로 배수시설이 제 기능을 유지할 수 있도록 관리 및 보수 계획을 수립한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 관리는 배수시설이 제 기능을 유지할 수 있도록 수시점검, 일상점검, 정기점검, 긴급점검 및 정밀안전진단 등을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 설치함으로써 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.
- 배수시설의 관리는 배수시설이 기능을 발휘할 수 있도록 정기적으로 청소하고 점검하여 배수시설로서의 기능이 충분히 작동되고 있는지 여부를 끊임없이 확인하고 필요에 따라 보수 수리를 함으로써 그 기능을 유지하는 것이 필요하다

11.2 도로 배수시설의 관리계획

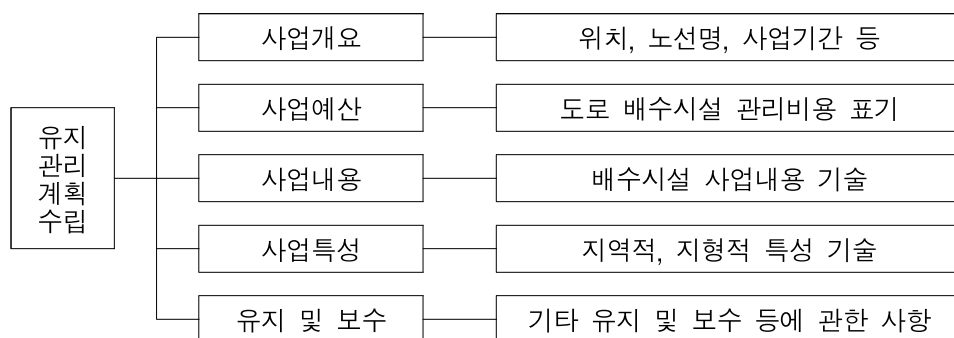
11.2.1 계획

도로 배수시설에 대하여 관리자는 매년 2회 이상(집중호우시 포함) 일정한 기간을 정하여 도로 배수시설에 관한 현황조사와 지역적 기후특성 및 강우량, 지형적 특성 등을 조사하고, 그 조사결과에 따라 도로 배수시설의 관리 및 보수 등의 계획을 수립한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 관리계획은 다음과 같은 사항을 포함하여 수립한다.

- (1) 사업의 개요(위치, 노선명, 공사기간 등)을 기술한다.
- (2) 도로 배수시설 사업예산을 표기한다.
- (3) 공종별 사업내용을 기록한다.
- (4) 지역적 기후특성 및 강우량, 지형적 특성을 기록한다.
- (5) 배수시설물에 대한 지속적인 점검과 사전정비가 효과적으로 이루어질 수 있는 방법으로 계획을 수립한다.
- (6) 주 배수시설의 관리를 최우선으로 하고, 부속 배수시설물도 예방정비를 철저히 시행하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.
- (7) 도로 배수시설물의 관리 조직과 기계설비 등의 배치는 합리적인 운영이 될 수 있도록 계획한다.
- (8) 작업요원의 이직 현상과 동원의 어려움을 해소하고 필수 작업요원들을 고정 확보하여 운영할 수 있도록 관리반의 정예화가 필요하다.
- (9) 기존 배수시설에 대하여 새로운 방법에 의한 개량과 규격 및 기준을 변경할 때는 현재 시행되는 모든 기준에 부합되어야 하며, 관리책임 부서 및 관련기관과 협의 후 조치한다.
- (10) 정비계획 수립시 예산집행상 차질이 없도록 명확한 년, 월, 주간 작업계획 하에 일일 인력동원, 자재투입, 작업운영 등 철저한 작업계획을 수립하여 예산낭비 요인이 발생하지 않도록 한다.
- (11) 배수시설의 정비를 효과적으로 수행하기 위하여 정비의 타당성을 사전에 충분히 판단한 후, 적절한 규모와 경제적인 방법으로 적기에 시행한다.



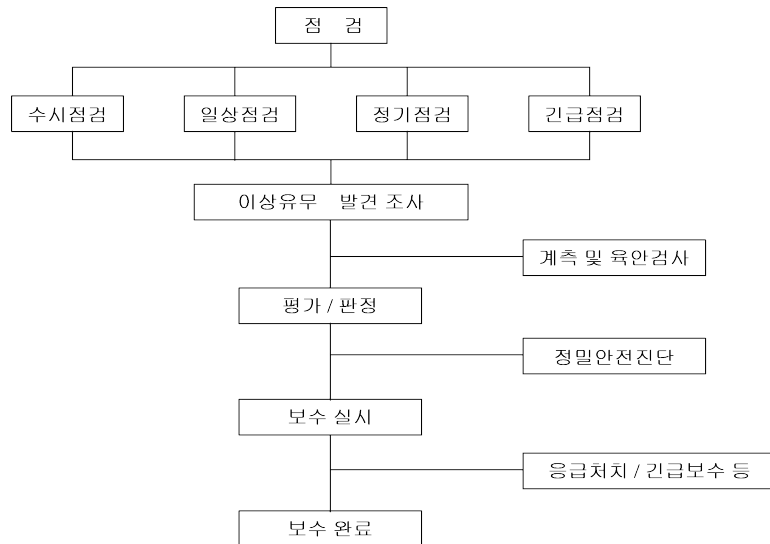
<그림 11.2.1> 관리계획 수립시 작성내용

11.2.2 관리절차

도로 배수시설의 관리는 결함의 예측, 점검, 평가 및 판정, 대책, 기록 등을 합리적으로 연계하여 순서에 따라 대처한다

【해 설】

- 시설물을 관리함에 있어 현 보유강도나 안정성의 정확한 파악, 급격한 기능저하를 가져올 우려가 있는 변형, 누수 등 결함을 조기에 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. 도로 배수시설의 관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단을 요하는 경우가 많으나 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 시설물별 점검기준 및 평가·판정기준을 마련하여 각 기준에 따라 관리를 시행한다.
- 새로운 형식의 특수구조물에 결함이 나타난 경우, 경험의 부족으로 향후의 예측이 불가능한 경우가 있으므로 전문기술자의 자문을 구한다.
- 도로 배수시설의 관리를 위해서는 다음과 같은 절차를 따른다.
 - (1) 배수시설별 적정 관리계획을 작성한다.
 - (2) 관리자는 관리계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 따라 실시한다.
 - (3) 점검에 의해 발견된 결함의 진행성 여부, 발생 시기, 결함의 형태나 발생위치 그리고 그 원인 및 장애 추이를 정확히 평가·판정한다.
 - (4) 점검결과에 의한 평가·판정 후 적절한 대책을 수립한다.



<그림 11.2.2> 관리절차의 흐름도

11.2.3 점검

노면 배수시설, 지하 배수시설, 비탈면 배수시설, 횡단 배수시설, 구조물 배수시설 등은 도로 구조의 보전과 안전으로 원활한 교통 확보를 도모하기 위한 시설이므로 평시 점검을 통해 교통흐름의 안전성을 확보한다.

【해 설】

- 노면 배수의 일반적인 방법은 노면에 횡단 경사를 만들어 노면의 물을 노면 끝으로 모아서 측구로 흐르게 하거나, 집수정 등으로 받아 종배수관 등으로 흐르게 하는 경우가 있고, 횡배수관을 거쳐 강이나 수로로 흐르게 하는 경우가 있다. 종단관으로 처리할 것인지, 측구로 처리할 것인지는 도로 구조나 지형 상황에 따라 다르며, 측구는 그 형태나 사용하는 재료에 따라 널말뚝 파기 측구, 잔디 붙임 측구, 돌 붙임 측구, 콘크리트 측구(L형, U형) 등이 있다.
- 지하 배수시설은 지하에 설치되기 때문에 공사가 완료되면 외부에서는 눈으로 확인하기 어렵고 관리도 어려우므로 시공전에 정확한 지하수위 및 유량측정과 수리계산

을 통해 이를 충족하는 지하 배수시설 규격 및 사용재료를 선정하여 시공한다.

- 토지개발, 택지조성 등으로 인해 도로 주변 지표의 피복상태, 지형 등이 변화하고 기설된 배수시설의 용량이 충분하지 않거나, 신규 배수시설이 필요하게 되는 경우도 있기 때문에 정기적으로 점검하고 기능유지에 주의해야 한다. 또한, 특히 강우시 혹은 강우 직후에 배수상황을 순찰하면 배수기능의 양호 여부를 판단할 수 있으며, 결함을 찾아낼 수 있다.
- 비탈면 배수시설에는 풀이나 나뭇가지 등의 쓰레기가 고이기 쉽고, 측구 등은 유속이 빨라 도중에 장애물이 있거나, 이음부에 물이 튀어 비탈을 무너지게 하는 원인이 되므로 평소 점검을 하며, 진흙이나 쓰레기 등을 청소하고 시설물에 이상발생시 신속히 보수를 실시하여 배수기능을 유지한다. 또한, 비탈배수시설 주위에 다른 용출수가 발생이 되고 있는지를 파악한다.
- 횡단 배수시설에는 종단관이나 측구 등에 접속하여 노면, 비탈면 등 도로로부터의 물을 처리하기 위해서 도로를 횡단하여 설치하는 것과 도로 신설로 인한 기존의 수로가 막히는 것을 피하기 위해 설치하는 것이 있다. 전자에 속하는 것에는 흙관이나 콘크리트관 등을 이용한 관거가 있고, 후자에 속하는 것에는 이 관거 외에 암거 등이 있다.
- 구조물 배수시설은 옹벽 등의 배면의 물을 배제하여 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하거나 교량의 배수를 적정하게 하여 부재의 부식을 막고, 터널의 배수를 원활히 시켜 동절기에 눈사태의 낙하로 인한 교통의 저해요인을 막음과 동시에 노면 동결을 막는다. 또한, 지하도 배수를 하여 교통의 안전을 확보하는 목적으로 설치한다.

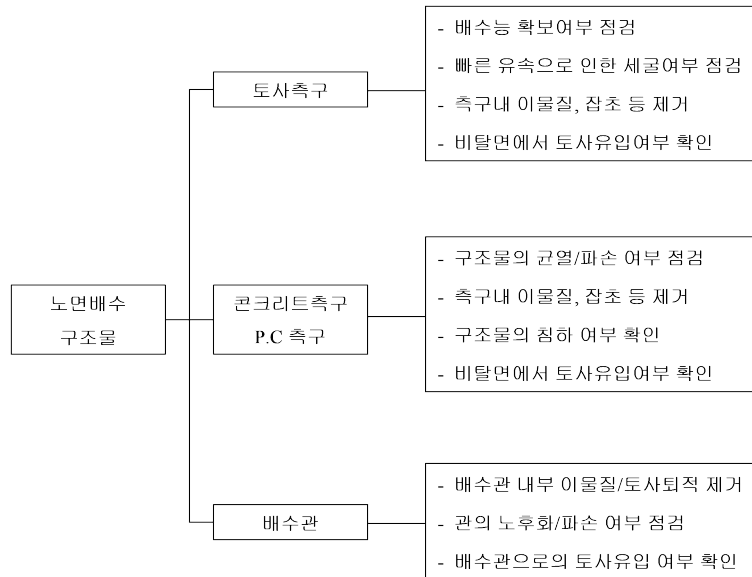
11.3 도로 배수시설물별 관리 및 점검

11.3.1 노면 배수시설

노면 배수시설의 점검은 배수구조물의 배수능 확보, 토사 및 이물질에 퇴적으로 인한 통수능 부족 등에 유의하며, 주기적인 점검을 실시한다.

【해 설】

- 노면 배수구조물의 점검은 보통 순회, 정기 순회, 이상시 순회 등에 따라 시설의 상황을 파악하고, 순회에 앞서 점검하는 항목을 요약하거나 점검 순서 등에 대해 계획을 세워 실시한다. 특히, 노면 배수시설에 대하여 강우시나 강우 후에 점검을 통해 시설의 이상 유무를 파악한다.
- 노면 배수시설은 특성상 토사퇴적, 잡초, 이물질 등에 의하여 제 기능을 발휘하지 못하는 경우가 많으므로 이에 중점을 두며 점검을 실시한다.
- 노면 배수시설의 점검사항은 다음과 같다.
 - (1) 측구, 집수정 등의 파손 상황 및 노면수의 유입상태 여부
 - (2) 쓰레기나 토사 등의 막힌 상태
 - (3) 배수가 노면, 노체에 영향을 주는 여부
 - (4) 강우 중, 강우 후의 체수 상황
 - (5) 이상 기상시 월류 장소, 체수 상황, 토사의 유입 상황
 - (6) 그레이팅이나 콘크리트 덮개의 설치 상황
 - (7) 측구, 집수정 등에 돌, 쓰레기 등이 쌓여 월류현상 발생여부
 - (8) 동절기에는 기온의 급강하로 인하여 측구 및 집수정 등의 체류수가 얼게 되어 배수기능에 장애가 발생할 수 있으므로 이에 대한 수시점검 실시



<그림 11.3.1> 노면 배수시설의 점검

● 노면 배수시설의 파손이나 이상이 발생할 경우에는 다음과 같이 조치한다.

- (1) 파손되어 있는 측구, 종단관, 맨홀 등은 보수 또는 교체한다.
- (2) 측구, 다이크 등에 막혀 있는 쓰레기나 진흙 등은 인력이나 준설차(진공흡입차) 등으로 제거한다.
- (3) 그레이팅이나 측구 덮개의 파손시에는 보수 또는 교체한다.
- (4) 용량이 부족한 시설은 증·개축을 한다.

11.3.2 지하 배수시설

지하 배수시설의 점검은 유량의 변화 유무, 지하 배수시설물의 청소 및 이물질 처리 상황, 지하 배수시설물의 균열, 누수여부 등을 점검한다.

【해 설】

● 지하 배수시설의 관리에 있어서 유의점은 다음과 같다.

- (1) 측구에 물이 고여 차량에 교통장애를 주지 않도록 한다.
- (2) 배수관을 설치할 때 교통하중 및 동파에 견딜 수 있는 깊이(해당지역 동결심도 이상)에 매설하고 노면에 부등침하가 생기지 않도록 잘 다짐을 하여 매운다.
- (3) 집수거 및 배수관 등은 충분한 통수단면을 가진 것이어야 하며 통수에 지장을 주지 않게 해당 관리부서(자)를 통해 수시 점검한다.

● 지하 배수시설의 점검은 다음과 같은 사항에 대해서 실시한다.

- (1) 노면의 균열, 요철 유무
- (2) 정기점검시에 비해 지하수위, 유량에 변화는 없는지
- (3) 강우시, 강우 후에서의 배수의 상황
- (4) 노면의 함몰로 인한 진흙탕 물의 누수 유무
- (5) 집수정 청소 및 이물질 처리 상태
- (6) 전기시설 및 기계작동 상태와 용량 점검
- (7) 계산에 의한 강우강도, 강우량의 적합여부
- (8) 구조물의 누수여부
- (9) 집수용량이 부족할시 추가 전기, 기계설비 설치 여부
- (10) 전기작동 및 기타 운전에 필요한 사항 및 구조물 결함 점검
- (11) 부유물 차단시설 필요 유무

● 지하 배수시설에 이상이 발생하면 노상 및 노체내에 물이 침투하여 도로구조체 전체의 안정에 장애를 야기할 수 있으므로 다음과 같은 대책을 강구한다.

- (1) 정확한 수리계산을 통해 시설의 신설, 증설을 고려한다.
- (2) 보링을 하여 지하수를 뺀다.
- (3) 유입, 유출구에는 배수 장애가 되는 것이 없도록 주의한다.
- (4) 철근이 노출된 곳은 콘크리트 피복 및 재시공한다.
- (5) U형 측구 뚜껑과 뚜껑사이 집수구멍은 표면수가 잘 흘러 들어가도록 청소한다.
- (6) 측구내에 오물 등이 퇴적되지 않도록 제거 한다.

- (7) L형 측구는 자동차의 윤하중으로 인하여 균열이 발생하면 표면수가 침투되어 지반을 연약화할 우려가 있으므로 보수 및 재시공 한다.
- (8) 집수정 등 상부를 그레이팅으로 시공된 배수시설은 이물질이 끼지 않도록 제거하고 손실유무를 확인한다.

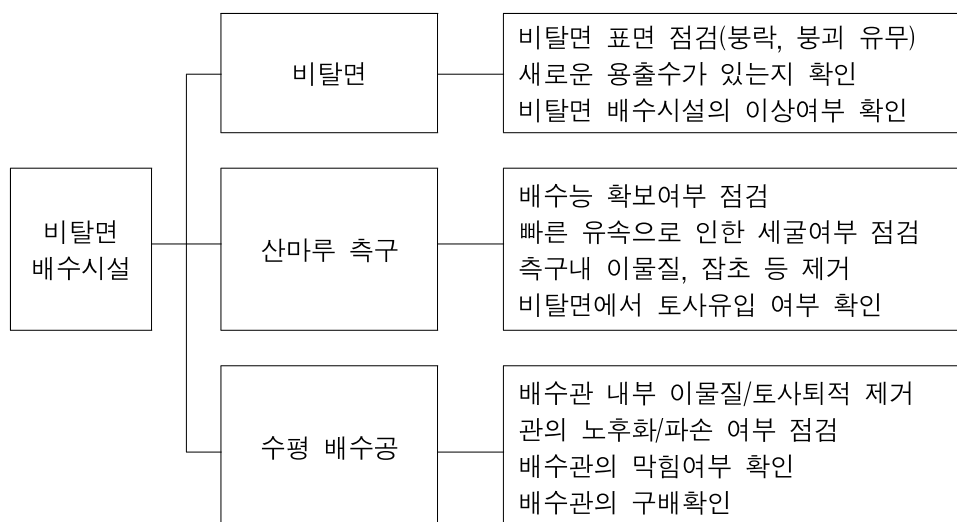
11.3.3 비탈면 배수시설

비탈면 배수시설은 노면에서 그 상황을 정확히 파악할 수 없는 위치에 만들어져 있는 경우가 많으므로 이런 경우 비탈면을 직접 올라가서 점검한다.

【해 설】

● 비탈면 배수시설의 점검사항은 다음과 같다.

- (1) 비탈끝 배수구, 배수구, 소단 배수구에 쓰레기, 토사 등 막힘 상태
- (2) 용수로 인한 지하 배수구, 수평배수구(구멍)의 막힘 상태
- (3) 배수구에 파손된 것은 없는지, 또, 이음부에 어긋남 등의 이상은 없는지
- (4) 배수구의 세굴 상황
- (5) 집중 호우시의 배수 기능 상황



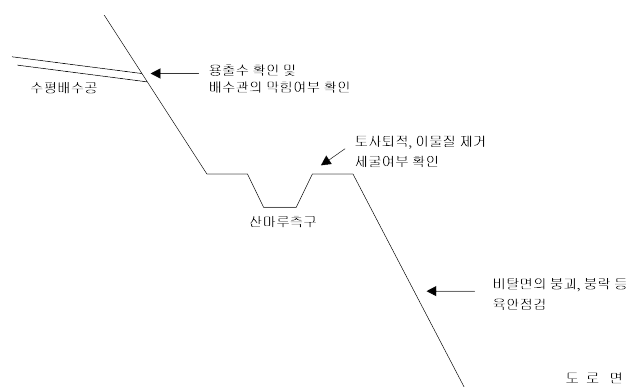
<그림 11.3.2> 비탈면 배수시설의 점검

<표 11.3.1> 비탈면 배수시설의 점검사항

목 적	원인이 되는 것	점 검 항 목
비탈면의 세굴·붕괴 방지	표면수의 배수공으로부터의 유출	① 강우 직후의 배수 시설의 배수 상황 ② 배수공 내의 토사, 유목의 퇴적 상황 ③ 비탈면의 침식 상황 ④ 배수공의 경사 및 이동 상황 ⑤ 배수공의 파손 ⑥ 배수홈 양측의 움푹 패인 곳
비탈면의 붕괴 방지	침투수로 인한 비탈면 용수	① 강우 직후의 비탈면의 습윤 상태 ② 비탈면으로부터의 용수 상황의 변화 ③ 배수 구멍으로부터의 유출량 변화 ④ 배수 구멍내의 막힘 상황 ⑤ 배수공 바닥부의 균열 및 손상

● 비탈면 배수시설에 이상이 발견되었을 경우 적절한 복구조치를 시행한다.

- (1) 쓰레기, 토사가 막혀있는 경우는 즉시 제거한다.
- (2) 그물이 막혀 있는 배수구 등은 막혀 있는 토사를 제거한다.
- (3) 파손 부분은 보수를 하거나 또는 교체한다. 이음부가 어긋나 있는 것은 재설치한다.
- (4) 시설의 능력이 불충분한 경우는 증설하거나 충분한 기능을 가진 것과 교체한다.
- (5) 세굴되어 있는 곳은 필요한 재료를 이용해 복구한다.



<그림 11.3.3> 비탈면 배수시설의 관리

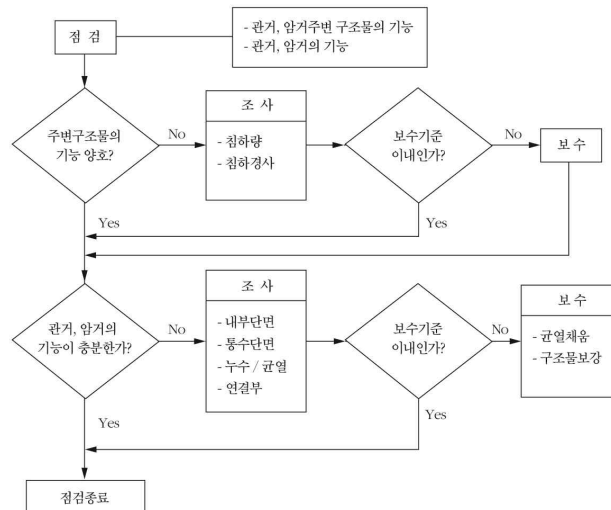
11.3.4 횡단 배수시설

횡단 배수시설의 점검 및 관리는 주변 구조물(도로 등)의 기능과 횡단 배수구조물의 기능을 점검하는 일상점검과 횡단 배수구조물 본체의 기능의 상태를 점검한다.

【해 설】

- 횡단 배수시설 중 노면 등 도로 본체에서 나오는 물을 처리하는 횡단 배수 시설은 순회시에도 통수 상황 등을 개략적으로 파악할 수 있지만, 기존의 수로를 확보하기 위해서 만든 칼버트 등은 흠쌓기 아래에 설치되어 있는 경우가 많아 노면위에서 이상유무를 확인할 수 없다. 따라서, 이 시설들에 대해서는 새롭게 항목을 만들어 점검한다.
- 횡단 배수시설의 일반적인 점검은 다음과 같은 사항에 대해서 한다.
 - 주변 지반이나 구조물의 침하 및 침하경사
 - 주변 구조물의 균열, 파손 여부
 - 주변 구조물과 수로의 기능(주행성이나 수로의 체수 등)
 - 내부단면 확보, 통수단면 확보
 - 횡단 배수구조물의 균열 / 누수 여부
 - 유출입구의 이상유무
 - 배수시설 기능상실에 의한 세굴, 침식, 붕괴 여부
 - 통수단면 부족에 의한 월류 여부
 - 토사 퇴적에 따른 제거여부
 - 토사퇴적 및 부유물에 의한 배수시설 기능 상실 여부
- 횡단 배수시설의 유지 및 보수방법은 다음과 같다.
 - (1) 균열이나 조인트의 파손에 대해서는 조인트 채워 넣기를 한다.
 - (2) 쓰레기, 토사, 수목 등은 바로 제거한다. 관거 및 암거의 상류측에는 수목 등이 흘러 들어가지 않을 토사퇴적 및 부유물 차단시설을 설치한다.
 - (3) 시설이 노후화되어 있거나, 단면이 부족한 경우는 새로이 신설한다.

- (4) 비탈면이 세굴되어 있는 경우는 바로 복구한다. 토사로 복구하는 것이 부적당한 경우는 다른 공법(철선 망태공 등)을 고려한다.
- (5) 전략 위험성이 있는 부분에는 마개, 울타리 등을 설치한다.



<그림 11.3.4> 관거 및 암거의 관리의 흐름

11.3.5 구조물 배수시설

구조물 배수시설은 각 구조물의 특성에 맞게 점검시기와 점검기준을 정하여 구조물이 제기능을 발휘할 수 있는가의 여부 및 교통의 영향 등을 점검한다.

【해 설】

- 구조물의 점검은 다음의 사항에 유념하여 실시한다.

(1) 옹벽, 석축의 배수

- ① 배수구멍은 충분히 기능하고 있는지
- ② 배면의 체수 상황과 용수의 발생 유무

(2) 교량, 고가도로의 배수

- ① 배수관의 파손이나 어긋나 있는 것의 유무 및 진흙 막힘 상태

- ② 신축부에 설치되어 있는 물받이의 파손 유무 및 진흙 막힘 상태
- ③ 배수 불량으로 인한 부재의 녹과 부식 상황
- ④ 노면에 체수하는 곳은 없는지

(3) 터널의 배수

- ① 복공으로부터의 누수 유무
- ② 측구나 측구 덮개의 파손 유무, 측구에 먼지, 진흙이 쌓인 상태
- ③ 배수 펌프는 정상적으로 작동하는지

(4) 지하도의 배수

- ① 누수 및 체수 유무
- ② 배수 펌프는 정상적으로 작동하는지
- ③ 먼지, 진흙 등이 막힌 상태

- 구조물 배수시설의 이상이 발견된 경우에는 다음과 같은 사항에 대하여 신속하게 대책을 세워 유지 및 보수 작업을 실시한다.

(1) 옹벽, 돌쌓기의 배수에 이상이 있는 경우

- ① 배수구멍이 막혀있는 경우는 청소를 한다.
- ② 구조물의 뒤쪽에 체수 우려가 있는 경우 새롭게 배수구멍을 만든다.
- ③ 천단에 콘크리트를 치거나 배수조를 만들어 옹벽 배면에 표면수가 들어가는 것을 막는다.

(2) 교량, 고가도로의 배수에 이상이 있는 경우

- ① 배수시설이 파손되어 있는 경우에는 적절한 보수나 교체를 한다.
- ② 먼지, 진흙 등은 즉시 청소를 한다.
- ③ 물이 고이는 노면은 보수를 하고 노면을 조금 높인다.

(3) 터널의 배수에 이상이 발생한 경우

- ① 누수가 있는 경우에는 복공 배면 배수공이나 복공 표면 배수공, 방수층 등을 설치한다.
- ② 파손되어 있는 측구나 덮개는 보수 또는 교체하고 먼지, 진흙 등은 청소한다.
- ③ 펌프 등 배수 설비가 고장난 경우에는 즉시 보수를 한다.

11.3.6 토석류 대책시설

토석류 대책시설은 측구의 통수능 확보, 세굴여부, 인접 비탈면으로부터의 토사유입, 잡초·이물질 제거 등 주기적으로 점검을 실시한다.

【해 설】

- 토석류 대책시설의 점검은 시설물의 외관을 수시로 점검하고, 성능의 이상 유무를 확인하기 위하여 정기적인 점검을 실시하며, 호우 등의 재해가 발생한 후에는 즉시 점검을 실시한다.
- 점검은 다음 사항에 유의하여 실시한다.
 - (1) 토석류 대책시설의 외관
 - (2) 토석류 대책시설 부재의 변형의 상태
 - (3) 토석류 대책시설의 상태(위치, 방향)
 - (4) 토석류 포착상황
- 토석류 대책시설이 자연 재해에 의해 변형 또는 파손 등 기능 수행에 문제가 있다고 판단되었을 경우는 즉시 복구한다. 파손이 경미한 경우에는 보수하고, 보수가 곤란한 경우엔 철거 후 다시 시공한다.
- 토석류 대책시설의 관리 및 보수는 다음과 같다.
 - (1) 토석류 대책시설의 전체적 상황을 파악하여 정기적인 변화를 관찰한다.
 - (2) 부대시설(스크린, 배수구 등)이 설계된 기능을 하고 있는지 점검한다.
 - (3) 대책시설에 퇴적된 토사량을 관찰하여, 정기적으로 제거한다.
 - (4) 물방석등 유입수가 충격을 주는 부재를 관찰하여 대책이 필요한 경우에는 시설물을 보수한다.

지방지역 도로 배수시설 관리 점검표

◎ 일반현황

관리청/국도		조사일시	20 년 월 일
위 치		조사자	
좌 표	위도 () 경도 ()		
거 리 표	()호선 ()방향 ()km ()m ()행		

◎ 점검사항

노 면 배 수	구 분	배수구 ☐ , 측구 ☐ , 배수구 ☐ , 쌓기부 다이크 ☐ , 집수정 ☐
	규 격	폭 (m), 높이 (m), 길이 (m), 경사 (도), 직경(mm)
	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
비 탈 면 배 수	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	도로 노면 퇴적물 적채 ☐ , 퇴적물에 의한 배수시설 막힘 ☐ 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ , 월류 여부 ☐ 유실, 세굴, 붕괴 ☐ , 신규 용출수 유무 ☐ , 기타 ☐
	구 분	배수구 ☐ , 산마루배수구 ☐ , 소단배수구 ☐ , 집수시설 ☐
	규 격	폭 (m), 높이 (m), 길이 (m), 경사 (도), 직경(mm)
지 하 차 도 배 수	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	배수시설 막힘 ☐ , 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ 월류 여부 ☐ , 유실, 굴, 붕괴 ☐ , 신규 용출수 유무 ☐ , 기타 ☐
지 하 차 도 배 수	구 분	지하수 유입형 ☐ , 지하수 차단형 ☐
	규 격	폭 (m), 길이 (m), 용량 (m ³), 직경(mm)
	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
지 하 차 도 배 수	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	배수시설 막힘 ☐ , 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ 배수설비의 작동여부 ☐ , 기타 ☐

◎ 현장사진

전경 사진	배수시설 사진

◎ 대책공법 및 점검자의견

대책공법	현상태유지 ☐ , 기존시설 교체·보수 ☐ , 배수시설 보강 ☐
점검자의견	



도시지역 도로배수시설

제 1 장 개 요

제 2 장 배수 계획 및 조사

제 3 장 도로 배수의 수문 설계

제 4 장 노면 배수

제 5 장 종·횡단배수

제 6 장 도시부 지하차도 배수

제 7 장 비탈면 배수 및 토석류 대책시설

제 8 장 도로저류시설

제 9 장 도시부 도로배수 관리



제 1 장 개 요

이 지침은 도로법 제8조의 도시지역 도로 배수시설 설계 및 관리에 적용한다.

【해 설】

- 이 지침은 도로법 제8조의 특별시도, 광역시도, 시·구도 등 도시부 도로 및 지방도로 중 취락지로 형성된 지역에 위치한 도로의 배수시설 설계 및 관리에 적용한다.
- 이 지침은 도시부 배수시설의 설계 및 관리에 필요한 기본적인 기준 및 방법을 제시하는데 있다.

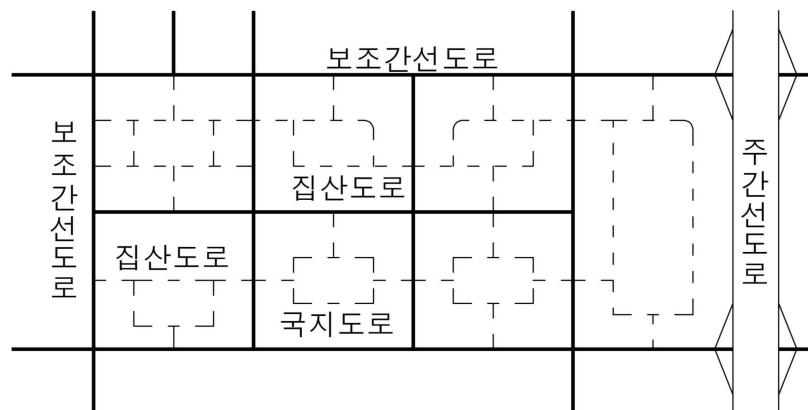
제 2 장 배수 계획 및 조사

2.1 일반사항

도시부 도로 배수계획은 도로 노면의 우수와 도로로 유입되는 우수를 원활하고 신속하게 처리되도록 배수계통을 고려하여 계획한다.

【해 설】

- 도시부는 도시화의 정도, 지역의 특수성, 강우특성 등에 의해 변화가 많아 유출량이 일정하지 않다. 또한, 불투수 면적이 넓어 우수의 침투가 적고, 유출이 빠르며 지속기간이 짧은 특징이 있다.
- 도시부 도로 배수 노선계획시 도로의 기능과 해당도로의 여건을 검토하여 획일적인 설계보다는 안전하고 효율적으로 배수가 되도록 계획한다.
- 도시의 특성을 고려하여 하수도 시설과 연계처리 방안을 계획한다.
- 도시부는 대부분 도로의 노면수가 측구로 배수되며, 도로의 평면 및 종단선형이 합쳐지는 교차로 구간이 취약하므로 물고임이 발생되지 않도록 계획한다.



<그림 2.1.1> 도시부 도로 배수 개념도

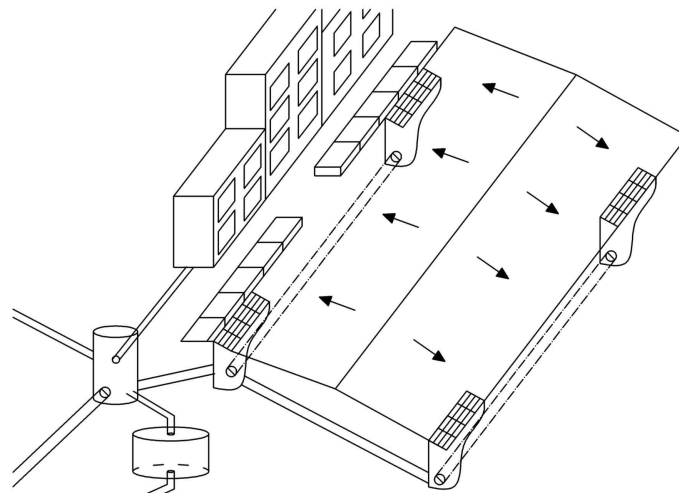
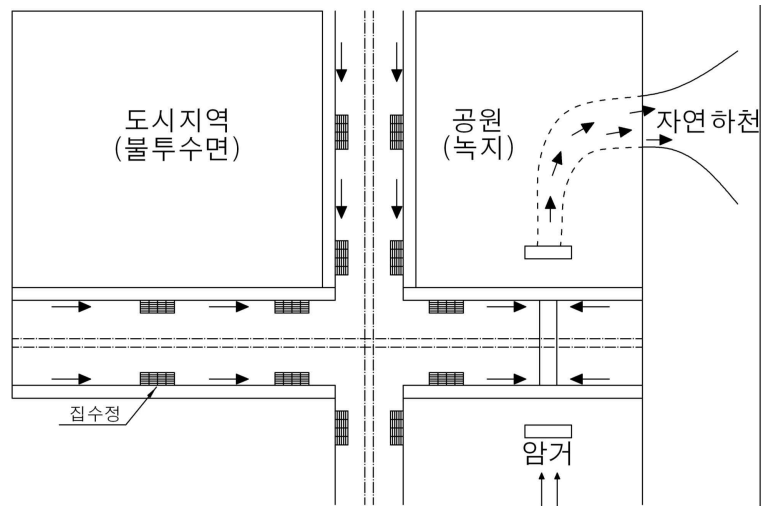
2.2 도시부 도로 배수 계획

도시부 도로 배수의 계획은 도로의 노면수와 인접지역에서 발생되어 도로로 유입되는 우수를 대상으로 하고, 해당 도시의 배수계획과 배수체계를 조사하여 계획을 수립한다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수시설 계획시 하수도정비기본계획이 수립된 지역은 이를 고려하며, 하수도정비기본계획이 수립되어 있지 않은 지역은 기존 하수관거와의 연계를 검토하여 계획을 수립한다.
- 도시부 도로 배수는 집수 및 배수시설을 통한 우수배제 방식과 투수면적을 증대시켜 배수여건을 개선하는 유출저감 방식으로 구분할 수 있다.
- 도시부 도로 배수 기본계획은 도시부 도로 배수시설의 배치, 도시부 하수관거와의 연계 및 접속, 운영관리를 고려한 배수시설 계획을 포함한다.
- 도시부 도로 계획노선과 인접하여 단지조성 계획이 있는 경우는 단지조성지역과 연계하여 도로 배수시설의 통수단면을 검토하며 홍수에 의한 도로피해 저감방안을 계획한다.
- 도로 신설·개량에 따른 도로의 노면 배수 및 지하배수(측구, 횡배수관, 집수정 등)는 기존의 집수관 및 하수관거로 연계처리하며, 이때 신설·개량지역의 배수용량을 고려하여 관계기관과 협의한다.
- 도시부 도로에 인접한 비탈면은 산마루 측구, 배수구 등 우수 유도시설을 설치하고 토석류 및 부유물에 의해 도로 배수시설이 막히거나 유실 또는 파손될 우려가 있는 곳은 감쇄공 또는 대책시설을 설치한다.
- 도로 자체에서 발생하는 유량과 인접지역에서 도로 배수구로 유입되는 유량을 처리하기 위하여 도시부 도로의 지하에 도로저류시설을 설치한다.

- 도시부 도로 배수시설의 계획시 고려사항은 다음과 같다.
 - (1) 도시계획, 하수도정비계획, 토지이용계획 등
 - (2) 대상지역의 강우량, 강우강도 등 기상조건
 - (3) 도시부 내의 하수관거 등 배수시설의 규모
 - (4) 주변의 유수지, 저류시설 또는 저류시설의 계획
 - (5) 도시부 도로의 평면 및 종단선형
 - (6) 과거의 도로 침수 흔적 및 기록
 - (7) 유역 변경에 따른 하류지역 배수시설에 미치는 영향
- 도로 배수시설을 하수관거에 연결할 때 단차 등의 이유로 맨홀 설치가 필요한 경우는 KCS 61 00 00 하수관로 표준시방서를 따른다.
- 도로 배수관거 시설의 계획은 다음사항을 고려한다.
 - (1) 관거는 설계홍수량을 기초로 계획한다.
 - (2) 관거의 배치는 수두손실을 최소화하도록 고려하며, 지형·지질·도로폭원 및 지하매설 등을 고려한다.
 - (3) 관거의 단면 형상 및 경사는 관거 내에 침전물이 퇴적하지 않도록 일정한 유속을 확보한다.
 - (4) 도로 배수관거의 수리계산시 방류수역의 계획 외수위를 고려한다.
 - (5) 기존 배수로의 계획을 확인 후 이용 가능여부를 고려한다.
 - (6) 토사퇴적 등의 장애요인과 지하수 유입을 고려하여 설계홍수량의 10~20%의 여유율을 적용한다. 단, 지형여건상 계획유량과 실제 발생 유량과의 차이가 없을 경우는 여유율을 적용하지 않을 수 있다.



<그림 2.2.1> 도시부 도로의 우수 흐름

2.3 도시부 도로 배수 조사

도시부 도로 배수 조사는 기존 관거, 과거 침수기록, 장래 도시계획, 하수도 정비계획에 대하여 조사한다.

【해 설】

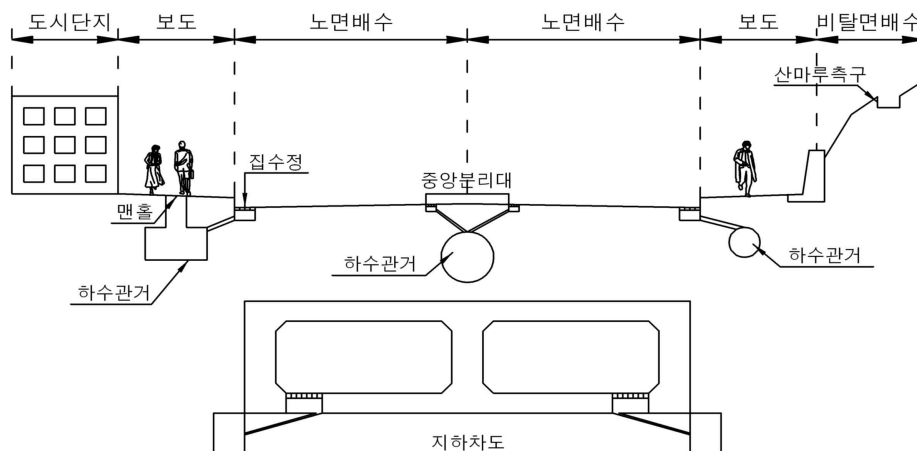
- 도시부 도로 배수는 도시의 환경이나 기존 배수시설의 수리적 요인의 영향을 많이 받으므로 계획단계에서 관련 자료를 조사한다.
- 과거 침수시 발생한 강우기록, 침수흔적 및 피해액과 더불어 외수위와 내수위의 흔적 및 지속기간의 기록을 조사하고, 도로 공용 후 상류에 도시개발 계획 등이 있을 경우는 도시부 도로 배수계획을 위해서 상류측의 장래 토지사용계획 및 도시계획 등에 대해서도 조사한다.
- 도시부 도로 배수의 조사 항목은 다음과 같다.
 - (1) 평면 및 종단선형 등 도로 설계 항목
 - (2) 도시하수관거와 기존 배수시설 현황
 - (3) 도시부 지형 및 지질 자료
 - (4) 도시계획, 하천계획, 수방계획 등 장래도시계획 자료
 - (5) 도시 하천의 흐름, 강우량 등 수문자료
 - (6) 수방시설 운전기록, 강우특성, 침수흔적 및 지속시간, 주민의견 등 과거 홍수 및 침수 기록
 - (7) 도시부 도로 침수대책을 위한 대상지역의 수해대책 자료
 - (8) 최종 배수지의 배수계통 확인
 - (9) 인접지역에서 우수유입 여부 및 규모 조사
- 도로 배수시설 조사는 하천, 하수도, 각종 수방시설 등 관련시설의 규모와 체계, 각 시설별 집수면적, 통수능력 조사에 필요한 수리학적 기초자료와 집수구역의 저류특성에 대한 자료를 조사한다.

2.4 도시부 도로 배수시설의 구성

도시부 도로 배수시설은 노면 배수시설, 교차로 배수시설, 지하차도 배수시설, 비탈면 배수시설, 저감시설 등으로 구성된다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수 구성 및 배치는 지형, 하수관거, 지하매설물, 하수정비계획, 저류 시설 계획, 시공조건 등을 고려한다.
- 도로 배수시설은 예측하기 어려운 상황을 대비하여 기능을 유지할 수 있도록 예비시설을 설치하고, 필요에 따라서 시설의 복수화도 고려한다.
- 도시부 도로 배수시설의 구성은 그림과 같다.



<그림 2.4.1> 도시부 도로 배수시설의 구성

가. 노면 배수

- 도로 노면 우수는 측구, 집수정 및 우수받이를 통하여 배수하며, 우수의 흐름을 고려하여 노면 배수시설의 위치 및 간격을 결정한다.
- 도로 노면 배수에 사용되는 우수받이의 유입부 형상은 도로의 배수 특성에 따라 적

절한 형상을 선택한다.

- 도심구간의 도로에서 보도, 식수대 등 환경시설대를 적극 활용하여 도로 노면수를 처리할 수 있는 시설을 배치한다.

나. 중·횡단 배수

- 도로의 중·횡단 배수시설은 도로와 도로인접지역으로부터 유입되는 지표수를 배수하는 수리적 기능과 토사의 하중 및 교통하중에 견디어야 하므로 수리적, 구조적인 안전을 고려한 설계를 한다.

다. 비탈면 배수

- 비탈면 배수처리를 위해 깎기부, 쌓기부의 비탈끝 및 비탈면에 배수시설을 설치한다.
- 비탈면 배수시설은 일반적으로 횡방향으로 설치되는 쌓기부 배수구, 배수로 설치시 접속되는 집수정 등의 부속구조물과 V형 측구, U형 측구 등으로 이루어진다.

라. 연결부 배수

- 배수계통상 유역내 서로 다른 배수 시설물이 연결되는 경우는 상류에 위치한 시설물의 영향을 고려하여 하류시설물의 단면 규격과 설치간격을 결정한다.

마. 중앙분리대 배수

- 중앙분리대가 설치된 도로의 곡선부는 노면수가 중앙분리대 방향으로 흘러 집수됨으로 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면수를 배제한다.

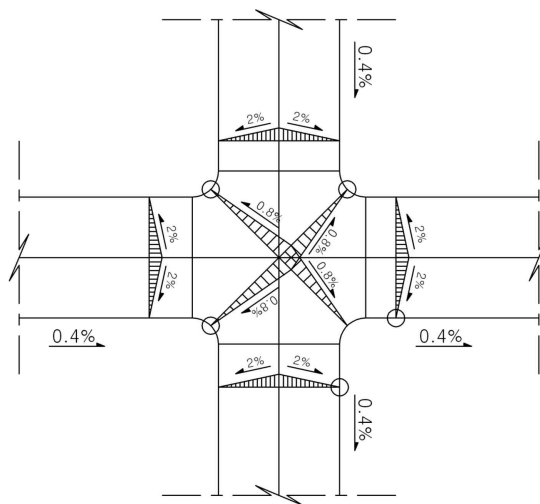
바. 지하차도 및 고가차도 배수

- 도시부의 지하차도와 같이 우수가 외부로부터 유입되는 경우, 배수시설의 용량이 초과하지 않도록 양수기 등의 펌프시설을 설치하여 우수를 처리한다.

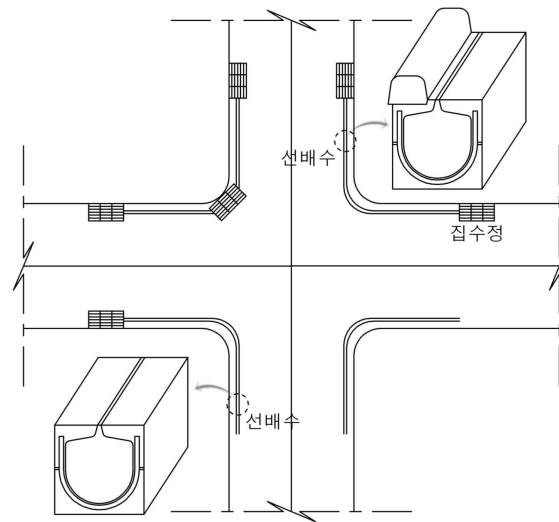
- 도시부의 지하차도는 배수취약구간으로써 지하차도내 측구 등을 통한 자연배수시스템과, 집수된 노면수는 펌프를 이용하여 외부로 강제 배수한다.
- 고가차도 배수는 교량배수구에 연결관을 이용하여 하수관거와 연계처리 한다.

사. 교차로 배수

- 도시부 도로는 다차로 구간이 많기 때문에 노면수의 측구배수를 위한 유로가 길며, 도로의 평면 및 종단선형이 합쳐지는 교차로 구간은 배수취약구간이다.
- 교차로에 집수되는 우수를 집수정까지 유도하여 배수시키는 기존 방법보다 교차로 자체에 선배수 시설 등을 설치하여 물고임을 방지하고, 신속히 배수할 수 있도록 한다.
- 도시부 교차로, 평면선형 및 종단선형이 조합된 곳은 노면 형태가 불규칙하고 배수가 어려운 곳으로써 우수 흐름방향을 도시하여 배수시설을 설계하고 차량 주행상에도 불편하지 않도록 한다.



<그림 2.4.2> 교차로에서의 배수구의 배치사례



<그림 2.4.3> 교차로 선배수 설계사례

2.5 도시부 도로 배수계통 계획

도시부 도로 배수구역 내에 설치되는 배수시설은 도로 배수구역의 계통에 따른 우수 흐름의 변화를 고려하여 계획 설계한다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수설계 절차는 자료수집, 관계기관 협의, 기본계획, 수리수문설계, 최종배수설계로 된다.

1단계 자료 수집

- 토지이용도
- 과거 침수이력 및 강우량, 지형·지질도
- 기존 배수시설 및 설계자료
- 하수도 정비 기본계획
- 장래 도시계획
- 기타 도시부 도로 배수에 필요한 자료

2단계 관계기관 협의

- 중앙부처
- 지방자치단체

3단계 기본계획

- 토지이용 계획
- 과거 침수이력 및 강우량, 지형·지질도
- 주요 배수시설 기본설계 및 규모 산정
- 우수 유출 저감 계획
- 배수(집수-이동-방류)계획

4단계 수리수문 설계

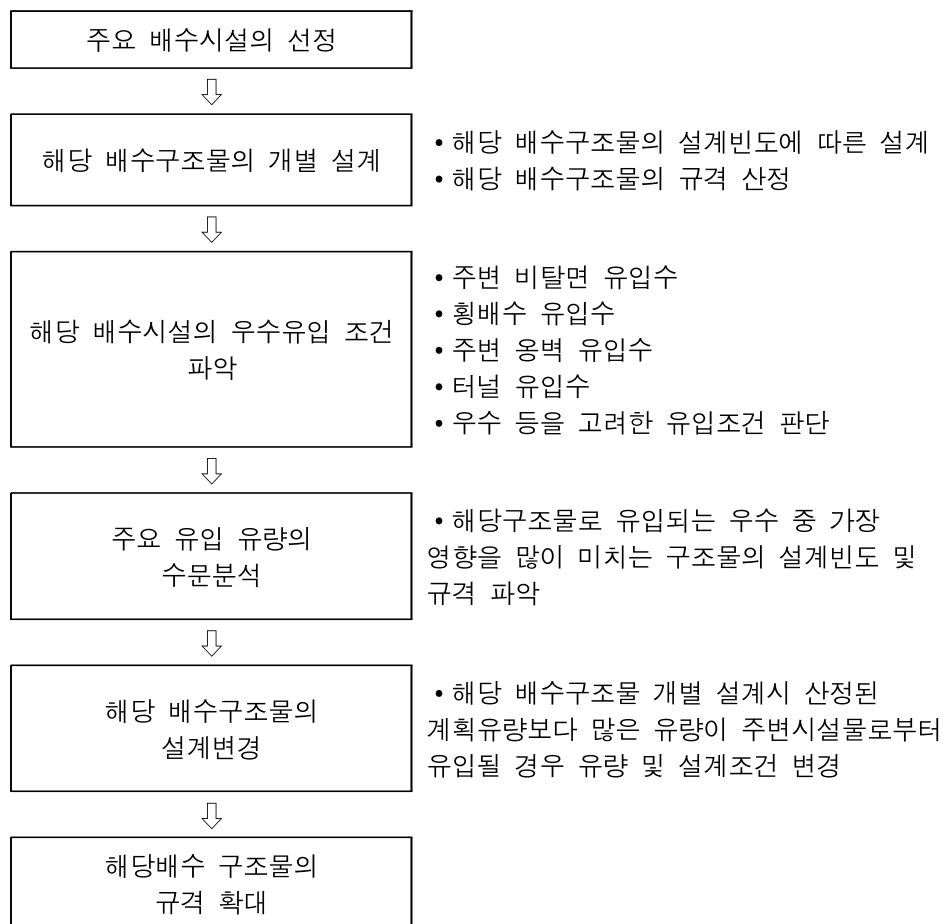
- 도시 수문 분석 및 설계 홍수량
- 수문분석
 - 유역의 크기 및 설계홍수량 산정
 - 설계빈도 결정
 - 과거 최대 홍수 이력 포함
 - 도로 배수시설의 설계빈도

5단계 최종 배수설계

- 수문분석
 - 유역의 크기 및 설계홍수량 산정
 - 설계빈도 결정
 - 과거 최대 홍수 이력 포함
 - 도로 배수시설의 설계빈도
- 배수시설 설계
 - 노면 배수(위치, 간격 결정)
 - 배수 체계 및 배수 구조물 배치
 - 배수 구조물 규모결정
 - 배수계획 재검토
- 개수로
 - 조도계수 지정
- 도로 배수 관거
 - 배수계통도
 - 배수 유역
 - 우수 배출관
- 펌프
 - 집수정 규모
 - 사용 가능한 저장소 크기
 - 펌프 설계 및 용량
 - 배전 설비 위치

Ⅲ 도시지역 도로배수시설

- 도시지역의 도로 배수구역 내에 설치되는 배수시설물은 도로 배수구역의 계통을 고려하여 설계한다.
- 도로 배수계통을 고려한 설계는 비탈면 배수, 노면 배수, 횡배수, 인접지 배수 등이 연계성을 가지고 효율적으로 우수를 배제할 수 있도록 관의 확대 등을 고려하며 <그림 2.5.1>과 같다.



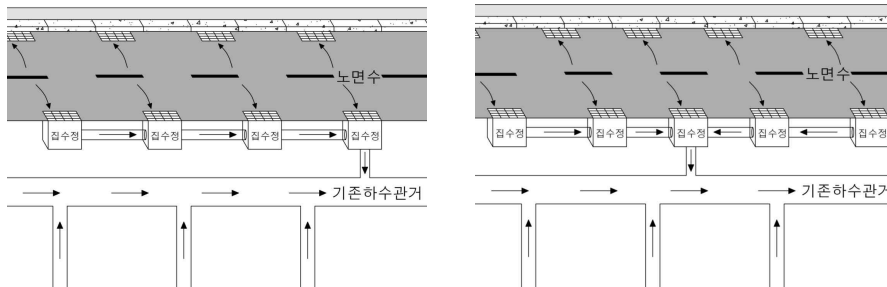
<그림 2.5.1> 도심지 도로 배수계통 설계 흐름

2.6 도시부 도로 배수시설의 하수도시설과의 연계처리

도시부 도로 배수시설은 대상지역의 우수배제와 관련 있는 하수도시설, 그 외 하천, 농업용 배수로 및 기타 배수로 등을 포함하여 계획을 수립한다.

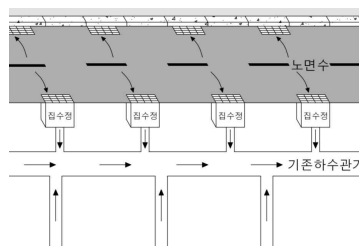
【해 설】

- 도시부 도로 배수는 우수를 배제함으로써 도로침수 및 재해를 방지하는 시설로서 하수도 기본계획을 참고하여 도시부 도로 배수계획을 수립한다.
- 기존의 도시부 하수관망이 도로와 나란한 경우 도로노면의 집수정과 기존관망을 순차적으로 연결하여 도로 노면수를 배제시킨다.
- 차집관식으로 연결하는 경우, 도로의 노면수를 집수정을 통해 차집하고 기존 관거의 배수용량, 직경 등을 고려하여 접속위치를 선정하여 접합시킨다.



<그림 2.6.1> 차집관식 연결

- 수직관식으로 연결하는 경우, 도로에서 발생하는 우수를 집수정, 종배수관을 통해 기존 관거의 위치 또는 경사를 고려하여 접합시킨다.



<그림 2.6.2> 수직관식 연결

제 3 장 도로 배수의 수문 설계

3.1 일반사항

도시부 도로 배수시설의 수문설계는 도로에서 우수 처리를 원활히 하기 위하여 관련된 흐름 특성, 배수시설의 용량 등 도시부 도로 배수시설의 규모를 결정한다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수구역 내에 설치되는 모든 배수시설물은 수문·수리 해석과 도로 배수구역의 계통에 따른 우수 흐름의 변화를 고려하여 설계한다.
- 도시부 도로 배수의 수문분석은 배수시설의 위험도, 경제성, 환경적 사항을 고려하여 배수시설이 수용하여야 하는 유량 및 유출량을 결정한다.

3.2 설계빈도의 결정

설계빈도는 배수시설의 중요도, 도시화 등 수문학적 요소 및 사회적 경제적 요소를 고려하여 결정하며, 주요 배수시설은 관계기관과 협의하여 결정한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 규모 결정은 설계홍수량으로 결정하며 설계홍수량은 설계빈도(재현기간)의 함수이다. 설계빈도는 경제성과 위험도를 고려하여 시설물의 파괴로 인한 피해, 구조물의 중요도, 내구연한, 경제성에 따라 설계빈도를 결정한다. 도로 배수시설의 설계빈도는 <표 3.2.1>을 참고하여 결정한다.
- 중요한 배수시설은 발주청과 협의하여 설계빈도를 결정하며 하수도 시설과 연계되는 시설은 행정안전부의 지역별 방재성능목표 설정기준과 환경부의 하수도 설계기준을 고려하여 결정할 수 있다
- 집중호우 등에 의한 산지부 도로 비탈면 취약구간인 2종 비탈면, 토석류 발생지역,

행정안전부의 재해위험지구 등은 도로의 침수, 유실, 과거의 홍수 이력 및 흔적, 토석류 발생 유무, 부유물, 지형, 저지대 등을 고려하여 관계기관과 협의하여 설계빈도를 상향 조정 결정할 수 있다.

- 하천을 횡단하거나 하천구역을 일부라도 점유하게 되는 구조물은 해당 하천의 하천 기본계획 또는 소하천정비종합계획의 계획빈도를 고려하여 결정한다.
- 도시부 도로의 침수는 도로에 집중된 노면수의 배수불량으로 인한 경우가 많으므로, 노면배수를 계획할 때는 연계되는 하수도시설의 설계빈도보다 크게 설계할 수 있으며, 하류부의 침수가 우려되는 경우는 도로저류시설의 설치를 고려한다.
- 도로 배수시설의 유출부 위치 및 유출 유량 등은 기존 배수시설의 관계기관과 협의하여 결정하고, 과거의 홍수이력과 기상정보를 조사하여 설계빈도를 결정한다.

<표 3.2.1> 도시부 도로 배수시설의 설계빈도

배 수 시 설		발 생 빈 도
암거		50년 이상
배수관거		50년 이상
지하차도	일반	50년 이상
	침수 위험지역 하천 주변지역 지형적으로 저지대 지역	100년 이상
	노면 배수시설	10년 이상
비탈면 배수시설		10년 이상
집수정 등 배수 구조물간 접속부		접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용

- 도시부 지하차도가 집중호우에 의해 침수될 경우 도로의 기능 상실 및 인적·물적 피해가 크므로 침수방지를 위해 지역별 강우 특성을 고려하여 설계빈도를 상향 조정하여 적용할 수 있으며, 지방부 지하차도의 경우에도 이를 준용할 수 있다
- 다음의 조건에 해당되는 도시지역의 지하차도 설계빈도는 <표 3.2.1>과 같이 상향 조정할 수 있다.
 - (1) 환경부 홍수위험지도정보시스템 도시침수지도의 침수 위험지역
 - (2) 하천 주변지역
 - (3) 지형적으로 저지대 지역

3.3 설계홍수량

도시부 도로 배수시설의 설계홍수량 산정은 합리식을 사용한다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수시설의 설계홍수량은 합리식을 사용하며, 계획대상지역의 도시계획이나 강우특성과 유출계수, 도달시간, 배수면적 등을 고려한다.

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad (3.3.1)$$

여기서, Q : 설계홍수량(m³/sec)

C : 유출계수

I : 유역특성에 따른 홍수도달시간과 같은 강우지속기간의
평균강우강도(mm/hr)

A : 유역면적(km²)

- 설계 강우강도는 환경부의 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)을 활용하여 결정하되, 강우지속기간 1시간 미만은 강우강도-강우지속기간-빈도(I-D-F)곡선 또는 강우강도식을 유도하여 결정한다. 단, 제주도는 최근 수립된 하천기본계획 또는 소하천정비종합계획의 강우분석 결과를 참고하여 적용한다.
- 설계홍수량의 산정은 합리식을 원칙으로 하되, 필요시에는 SWMM, BRRL, ILLUDAS 등과 같은 도시강우-유출해석 모형을 사용할 수 있다.

(1) SWMM

SWMM(Storm Water Management Model)은 도시유역의 유출량 산정, 배수관거 추적, 저수지 추적 등을 통하여 저류지 설계 등과 같은 수량과 수질까지 분석이 가능하다. 기존 모형에서 구현할 수 없었던 조건인 배수관거 통수능을 초과할 경우의 월류현상, 하류 배수영향(backwater effect)을 받는 조건 및 각종 구조물을 포함하는 조건 등의 해석 등이 가능하다.

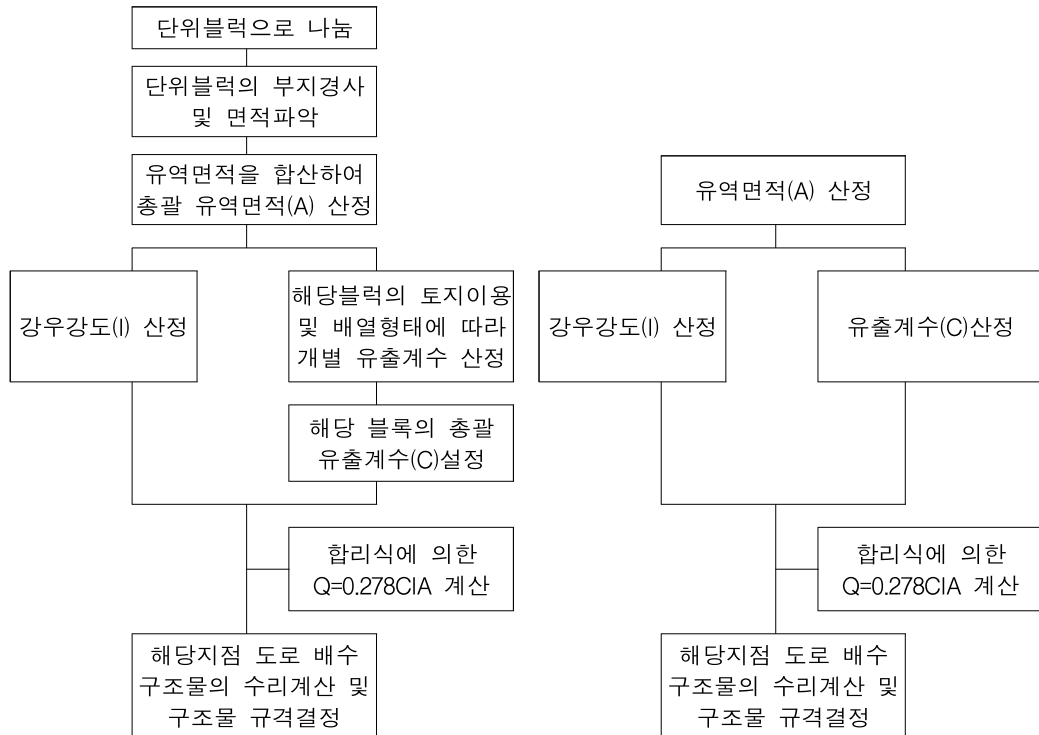
(2) BRRL

BRRL(British Road Research Laboratory Method)은 영국 도로연구소에서 도로 배수를 위한 홍수량의 계산에 사용하기 위해 개발한 방법이다. 이 방법의 적용 전제조건은 직접 연결된 불투수지역이 전체 유역면적의 15% 이상이어야 하고 유역의 배수면적이 약 13km² 미만이어야 할 뿐만 아니라 재현기간 20년미만인 설계강우에 대한 홍수유출계산에 적용하는 것이 바람직하다.

(3) ILLUDAS

ILLUDAS 모형은 BRRL의 유출계산 알고리즘을 그대로 이용하되 투수지역 또는 간접 연결 불투수지역의 유출도 유역의 토양군별 특성과 선행강수량에 따른 침투성분을 고려하여 계산하고 직접 연결 불투수 지역으로부터의 유출계산결과와 합산함으로써 단위유역별 유입수문곡선을 계산하여 BRRL방법에서와 같이 홍수추적 및 유출 중첩과정을 거쳐 축차적으로 관거 합류점별 유출수문곡선을 계산하게 된다. 이와 같이 홍수유출수문 곡선이 계산되고 나면 새로운 관거망의 계산(design mode)목적을 위해서는 최적 소요관거 치수를 수리학적으로 설계하며, 기존 관거망의 홍수 소통능력 평가(evaluation mode)가 목적이면 홍수추적결과로 계산되는 관거별 부족용량인 저류수량을 산정하도록 되어 있다.

- 도시유역은 불투수면적의 증가에 의한 토양 침투량이 줄어들기 때문에 유출량과 유출물이 증가하고, 동시에 증가된 유량과 정비된 배수관거로 인해 유출 속도가 빨라지게 된다.
- 도시지역의 도로 배수 설계는 도시부 특성을 반영하여 기존 배수관거가 구역별로 정비된 지역과 구역별로 정리되지 않은 지역에 대하여 별도의 계산과정을 적용할 수 있으며, 도시계획이나 강우특성을 <그림 3.3.1>, <그림 3.3.2>와 같이 적용할 수 있다.



<그림 3.3.1> 주거지역에서의 설계홍수량 산정

<그림 3.3.2> 주거지역 이외 (산업단지 및 구릉지등)에서의 설계홍수량 산정

3.3.1 유출계수

유출계수는 유역의 형상, 지표면의 상태 및 개발 상황을 고려하여 결정한다.

【해 설】

- 유출계수는 토양의 침투성, 지표면의 경사, 식생 및 토지이용상태, 강우강도 및 강우 지속기간에 따라 영향을 받는 인자로서 특정 지역에 내린 강우량 중에서 표면유출로 이어지는 비율을 나타낸 지표이다.
- 유출계수는 유역의 개발정도에 따라 큰 변화를 받으므로 설계 유출계수는 사용지점에서 예상되는 개발계획 등을 고려한다.

3.3.2 도달시간의 산정

강우도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 표시한다.

【해설】

- 유입시간은 배수구역(집수구역)의 가장 먼 지점에서 배수구조물 최상단류까지 강우가 유입되는 시간이며, 유하시간은 강우가 배수시설물이나 하천을 유하하는데 걸리는 시간이다.
- 도로에서 유하시간은 횡단 배수일 경우, 횡단 배수관거를 유하하는 시간이고, 수로는 수로를 횡단하는 시간이다.

<표 3.3.1> 도시하천유역에 대한 도달시간 공식

공식명	공식 (t, min)	제한사항 또는 비고
Kerby (1949)	$t = 36.264 (r L^{1.5} / H^{0.5})^{0.467}$ L : 흐름 경로 길이(km) H : 표고차(m) r : 포장지역 거칠은 나대지 0.02 거칠고 풀이 없는 지역 0.10 잔디 0.30 나무나 풀이 뺏뺏한 지역 0.40 0.80	L 이 0.4km 이하인 도시유역, 유역면적은 0.04km ² 이하, 하도 경사는 1% 이하인 유역
Izzard (1945)	$t = [41.025 (0.0007I + c) L^{0.33}] / [S^{1/3} I^{2/3}]$ I : 강우강도(in/hr) c : 지체상수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체상수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 잘려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 잔디밭 : 0.060
Kinematic Wave 공식 (1965,1973)	$t = 0.94 L^{0.6} n^{0.6} / [I^{0.4} S^{0.3}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ft)	개발지역의 지표면 유출해석에 이용
Federal Aviation Agency (1970)	$t = 1.8 (1.1 - C) L^{0.5} / S^{0.333}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식의 유출계수 S : 지표면 흐름 경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있도록 미 공병단에서 개발, 도시부에서도 이용, 지표면 흐름영역에 적용
SCS 평균유속 방법 (1975)	$t = 1/60 \sum L / V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/sec)	지표면 상태에 따라 평균유속을 산정하여 도달시간 계산

주) 하천설계기준 해설(국토교통부, 2018)

3.3.3 인접지역 배수의 유역 산정

도시부의 인접지역에서 발생하여 기존 하수관로를 통해 배수되지 않고 도로에 직접 유입되는 우수를 처리하는 시설의 설계는 지형적 특성을 반영하여 배수유역을 산정한다.

【해 설】

- 인접 도시부에서 발생되어 우수의 일부가 도로에 직접 유입되는 경우는 지형도 및 도시계획의 단지계획고를 기준으로 우수의 유입방향을 고려하여 배수유역을 산정한다.
- 인접지 노면 배수의 유역면적은 지자체의 하수도 정비 기본계획을 참조하고 도로 배치나 경사, 하천의 위치 및 흐름방향 등을 답사하여 유역경계를 정한다. 단지내의 배수계통 등의 상황에 따라서 도로 인접지 노면배수가 발생되지 않는 경우는 유역면적에서 제외하여야 하므로 충분히 조사한다.

3.3.4 유속 및 유량

개수로의 유속 및 유량은 만닝 공식을 사용하여 산정한다.

【해 설】

- 평균 유속공식에서 유량은 식 (3.4.5)와 같다.

$$Q = A \cdot V \quad (3.4.5)$$

여기서, Q : 유량(m^3/sec)

A : 단면적(m^2)

V : 평균유속(m/sec)

- 만닝의 식으로 평균유속을 구한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.4.6)$$

여기서, V : 평균유속(m/sec), R : 동수반경(m)

n : 조도계수, S : 수로경사(m/m)

- 파형강관의 경우 골의 형상 및 구조적 형태에 따라서 물의 흐름이 달라지므로 <표 3.4.2>와 같이 차별화된 조도계수를 적용한다.

<표 3.3.2> 파형강관 관경에 따른 조도계수

관경	300mm	450mm	500mm	600mm
조도계수	0.0124	0.0147	0.0153	0.0169

3.3.5 관수로

도로 배수에서의 관수로는 일반적으로 폐합수로를 말하며, 물의 흐름이 중력방향이 아닌, 압력의 차이에 의해서 물의 흐름이 일어나는 흐름을 말한다.

【해 설】

- 관거의 흐름을 개수로 흐름과 구별하는 기준은 자유수면의 유무이며, 관내의 물이 충만하여 흐를 때를 관수로의 흐름이라 정의하고, 하수관처럼 충만되지 않고 자유수면을 가진 흐름은 개수로의 흐름으로 분류한다.
- 원형 암거 또는 박스 암거에서의 흐름이라 할지라도, 자유수면의 유무에 따라 개수로의 흐름해석을 한다.
- 횡배수관의 유입부와 유출부의 수위가 설치된 암거보다 높아서 물의 흐름이 위치수두의 압력에 의해서 흐름이 형성되거나, 상수도와 같이 정수압의 차이에 의한 유체 흐름만을 관수로의 수리해석으로 한다.

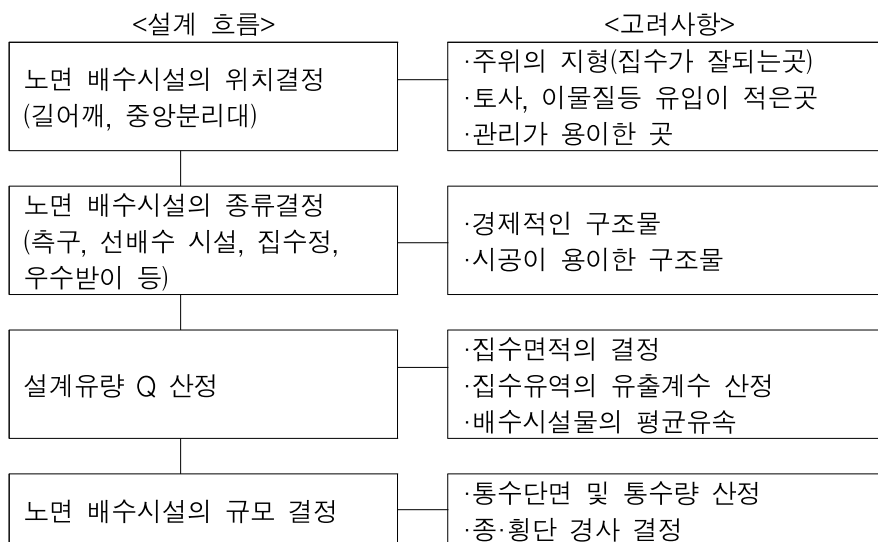
제 4 장 노면 배수

4.1 일반사항

노면 배수시설은 도로부지내 강우 또는 강설에 의해 발생한 우수와 도로인접지역에서 유입되는 우수를 원활히 처리하기 위해 설치한다.

【해 설】

- 도로 노면수는 도로부지내의 강우 및 강설에 의한 우수와 도로인접지역에서 흘러 들어오는 우수와 융설수가 있다.
- 도로 노면우수는 지체 없이 집수정을 통하여 배제하며, 이때 이물질에 의한 막힘이 없도록 한다.
- 노면 배수시설은 부유물에 의한 통수능 저하 및 배수구조물에 피해 가능성이 적고, 원활한 배수가 이루어지는 곳에 설치하되, 관리가 용이하게 이루어질 수 있는 곳에 설치한다.



<그림 4.1.1> 노면 배수시설의 설계 흐름

- 도시지역 도로 노면의 유출수가 인근 방류수역으로 유출되는 구간은 비점오염원 최적관리지침과 도로저류시설에 준하여 초기강우시 유출되는 오염물질을 처리할 수 있는 비점오염원 처리시설이 필요한 구간에 대하여 검토 후 설치한다.

<표 4.1.1> 비점오염원 관리시설 종류

관리유형	시설의 개요	관리기술 종류
저류형	우수 유출 저감을 위한 가장 일반적인 방법	하수관거, 저류연못, 이중목적 저류지(유수지활용), 인공습지, 지하저류
침투형	우수를 지하로 침투되도록 유도하는 시설	침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성 포장
식생형	동식물 서식공간 및 녹지경관 조성	식생여과대, 식생수로
장치형	물리·화학적 장치를 이용하는 관리기술	여과형, 와류형, 스크린형 시설
처리형	하수처리형 시설로 에너지 소모적이고, 비용이 고가	초고속응집·침전시설, 생물학적처리시설(접촉안정법, 살수여상법, 회전원판법 등)

4.2 측구

측구는 도로 노면 위로 흐르는 우수를 배수하기 위하여 노면 양측에 위치하며 설계유량은 합리식으로 결정된다.

【해 설】

- 측구는 노면 우수를 배수하기 위하여 노면 양측에 위치한 삼각형 단면의 개수로이다. 설계유량은 합리식으로 계산하며, 다음의 수식을 사용한다.

$$q = CIL \quad (4.2.1)$$

여기서, q : 지면의 단위길이당 침투유량(m^3/sec)

C : 유출계수

I : 강우강도(mm/hr)

L : 등고선에 수직방향에서 지표류의 길이(km)

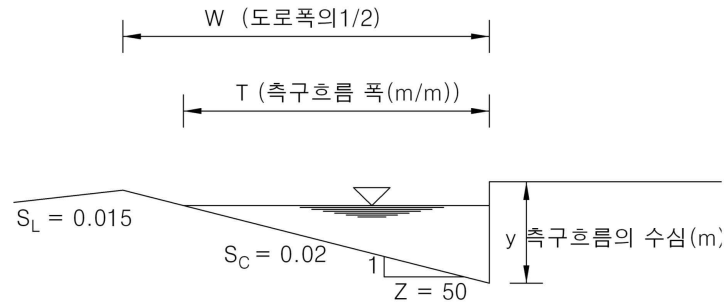
- 지표류의 길이 L 은 다음식으로 주어진다.

$$L = \frac{W\sqrt{r^2+1}}{r} \quad (4.2.2)$$

여기서, L : 지표류의 길이(km)

W : 도로폭의 1/2

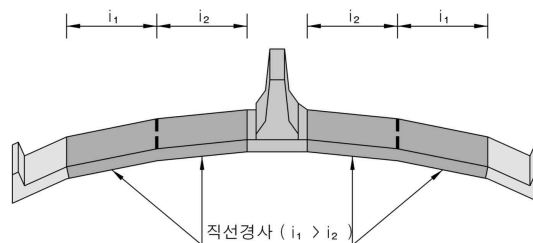
r : 종방향경사(S_L)에 대한 횡방향경사(S_c)의 비($r = \frac{S_c}{S_L}$)



<그림 4.2.1> 측구흐름의 예

- 측구의 용량은 모양, 경사 및 조도에 따라 다르며, 용량은 만닝 공식을 사용한다. 우수의 유입구(inlet)는 측구의 유량이 허용측구용량을 초과하는 지점에 설치된다.
- 집중호우로 인하여 우수가 우수받이로 차집되지 못하고 노면위로 흐르게 되는 지역 (종단경사가 심하여 침수가 예상되는 지역 등)의 경우, 집수정 및 우수받이 설치간격을 축소하여 우수관으로 배출될 수 있도록 한다.
- 횡단경사는 자동차의 주행에 안전하고 지장이 없어야 하며, 직선구간에서 노면 배수를 원활히 하기 위해 2% 이상으로 한다.
- 길어깨의 횡단경사와 차도의 횡단경사의 차이는 시공성, 경제성 및 교통안전성을 고려하여 8% 이하로 한다. 다만 측대를 제외한 길어깨 폭이 1.5m 이하인 도로, 교량 및 터널 등의 구조물 구간은 그 차이를 두지 않을 수 있다.

- 차도 및 측대의 횡단경사 형상은 직선경사, 곡선경사 및 직선과 곡선이 조합된 경사가 있으며 일반적으로 도로 중심을 정점으로 하여 양측으로 내리막 경사가 되도록 설치한다.
- 넓은 폭의 도로에서 외측 차로의 횡단경사를 크게 할 필요가 있는 경우는 <그림 4.2.2>와 같이 2종류의 직선경사를 조합하는 방법을 사용할 수 있다.



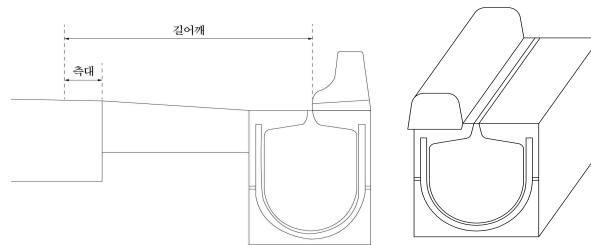
<그림 4.2.2> 두 종류의 직선경사를 조합하는 경우의 횡단경사

4.3 선배수 시설의 설계

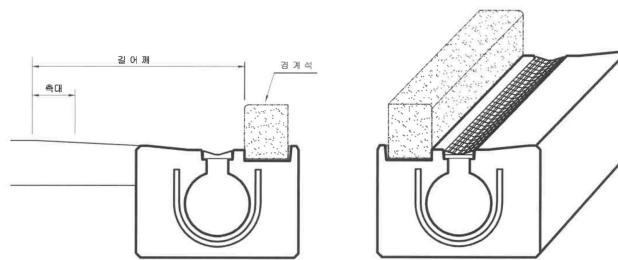
선배수 시설은 도로 노면수를 연속적으로 배제시키기 위해 길어깨 부분에 연속하여 설치하는 시설을 말하며, 배수 효율이 높아 교차로 등의 주요부에 설치할 수 있다.

【해 설】

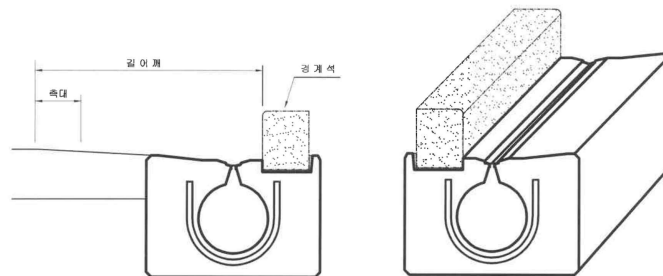
- 선배수 시설은 집수정만으로 배수 효율이 떨어지는 구간의 배수효율을 높일 수 있으며, 강우량이 많은 도로구간에 측구대신 설치가 가능하다.
- 도로의 선배수 시설은 배수 효율을 높이기 위하여 일반 선형, 그레이팅 형태 등 배수시설의 용도, 규모, 기능 등을 고려하여 일반적인 도로, 편경사 구간, 교차로, 지하차도, 교량, 주차장, 휴게소 등 우수가 집중되는 지역의 도로에 적용하여 배수 효율을 높일 수 있다.



(a) U형 선배수 시설



(b) 그레이팅형 선배수 시설



(c) 원형 선배수 시설

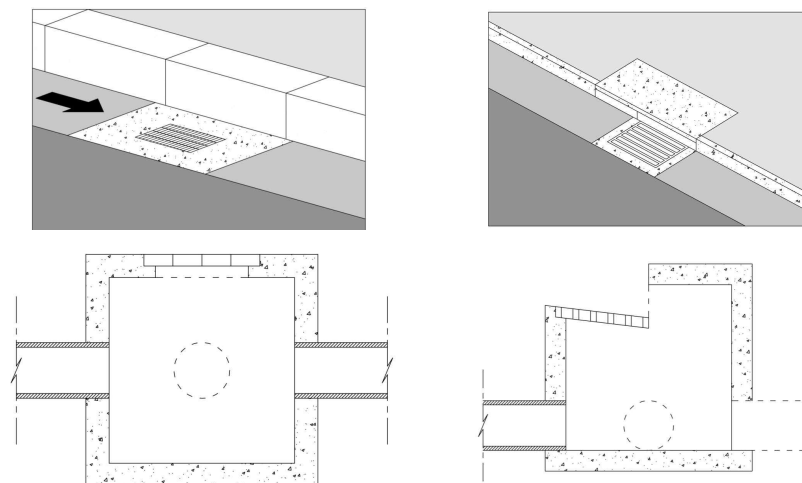
<그림 4.3.1> 도로의 선배수시설(예시)

4.4 집수정 및 우수받이

집수정은 종배수관이 연결되는 곳, 종배수관의 단면이 변화하는 곳, 그리고 종단경사의 가장 낮은 위치 등에 설치하며, 우수받이는 노면수를 관거 또는 집수정으로 연결 시키는 유입부에 설치한다.

【해 설】

- 집수정은 선배수시설 등과 같이 사용하여 교차로 등 우수가 모이기 쉬운 지역의 우수을 배제시킨다.
- 우수받이는 노면수를 관거 또는 집수정으로 연결하는 유입부에 설치되며, 보도와 차도 구분이 있는 경우는 그 경계로 하고, 구분이 없는 경우는 도로와 사유지의 경계에 설치한다.
- 급경사지와 같이 우수 차집이 어려운 곳은 도로 전폭을 차집 할 수 있는 배수구조물을 설치하도록 하여 저지대로의 우수유출을 최대한 억제해야 하며, 토사 및 낙엽 등 유입구의 통수능력을 저하시키는 이물질이 예상 되는 곳은 집수정과 우수받이 유입구의 막힘 현상을 고려하여 <그림 4.4.1>과 같이 다양한 형태의 유입구 형상, 크기 및 덮개를 결정한다.



<그림 4.4.1> 집수정 유입구 사례

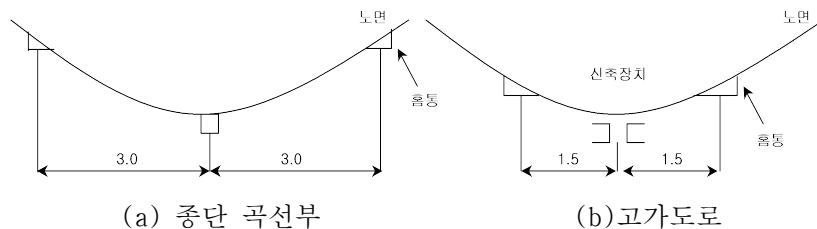
- 나뭇가지, 낙엽, 토사퇴적, 쓰레기 등에 의한 배수시설 막힘 방지 및 관리를 위하여 환경부의 도시침수지도를 참고하여 침수 예상 지역 또는 침수 이력이 있는 지역 중 다음 조건인 경우 파란색 경계석 덮개 및 표시 또는 스티커 형태 등으로 우수받이 및 집수정의 위치 식별이 가능한 형태로 표시 할 수 있다.

- ① 우수가 모이는 저지대로 관리가 필요한 곳
- ② 이물질로 인하여 지속적인 침수가 발생하는 곳



<그림 4.4.2> 집수정 위치표시 사례

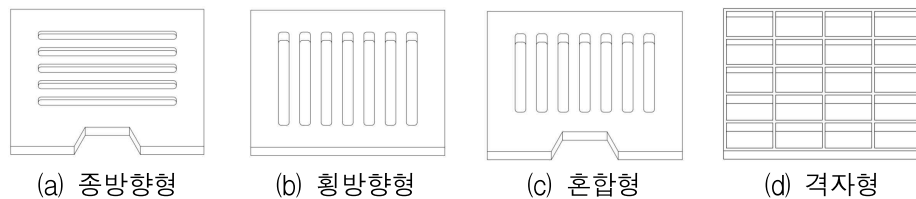
- 집수정은 일반적으로 내폭 30~50cm, 깊이 80~100cm 정도로 하며, 우수의 유입량에 따라 크기를 선정하나 도로가 5% 이상의 급경사인 장소나 교차로, 광장 등에는 낙수공의 면적이 큰 우수받이를 사용하고, 연결부 저부로부터 토사의 유입량에 따라 15cm 이상의 깊이로 토사받이를 설치한다.
- 도로 종단 곡선부 구간은 <그림 4.4.3> (a)와 같이 곡부의 최저부에 반드시 1개소 이상의 우수받이를 설치하고 그 전후 3~5m 떨어져 1개소씩 설치하며, 고가도로에서 종단 곡선부의 중심이 신축이음으로 되어 있는 경우는 <그림 4.4.3> (b)와 같은 횡목 구조에 따르지만 곡선부의 중심에서 1.5m 정도 떨어진 양측에 우수받이를 설치한다.



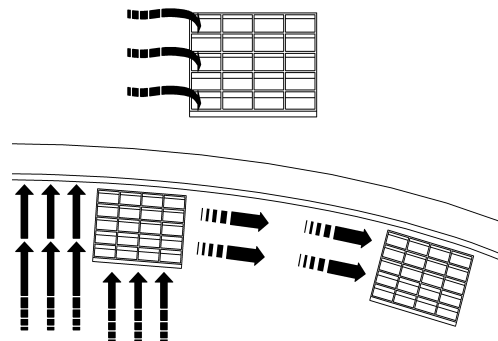
<그림 4.4.3> 종단 곡선부와 고가도로의 우수받이 배치 (단위:m)

가. 집수정 덮개

- 집수정 등의 덮개는 배수능력이 큰 것이어야 하며 동시에 자동차 하중 등의 외력에 견딜수 있도록 강제, 주철재(덕타일주철재 포함), 철근콘크리트재 및 그 외의 견고하고 내구성이 있는 재질로 한다.
- 토사, 낙엽, 쓰레기 등 이물질이 집수정 위에 쌓이는 것을 방지하고 청소 차량 또는 인력에 의한 청소를 쉽게 할 수 있는 시설을 설치 할 수 있다.
- 그레이트의 설치는 설치 방향에 따라 배수 효율이 달라지므로 그림과 같이 현장 여건을 반영하여 원활한 배수가 이루어지도록 설치한다.



<그림 4.4.4> 집수정 및 우수받이의 덮개 종류



<그림 4.4.5> 스틸 그레이트 설치방향

- 스틸 그레이트의 재료
 - 스틸그레이트는 철강제품에 아연도금을 한 것으로, 『도로공사 표준시방서』의 재료기준을 만족하여야 한다.
 - L형 측구 및 중분대 집수정에 설치하는 스틸 그레이트 덮개는 후륜일축하중

8,000 kgf 에 견딜 수 있어야 하며, U형 측구용 스틸 그레이트 덮개는 13.4 kgf/판 이상의 강도를 가지고 있어야 한다.

<표 4.4.1> 스틸 그레이트 종별 기준

종 별	총중량 (ton)	후륜일축하중 (kgf)	충격을 고려한 하중 (kgf)	차량접지면적 Acm × Bcm
T = 20	20	8,000	11,200	20×50
T = 14	14	5,600	7,840	20×50
T = 6	6	2,400	3,360	20×24
T = 2	2	800	1,120	20×16

나. 집수정 설치

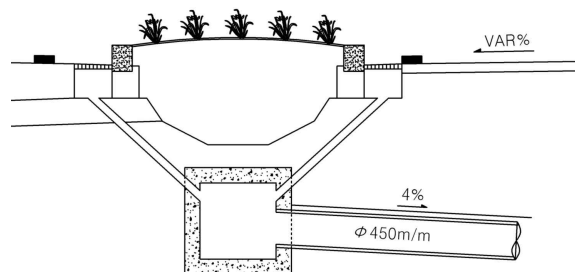
- 집수정의 설치 간격은 노면 배수시설 전체에 대한 수리계산 결과에 따라 설치하며, 시공성 및 관리를 고려할 때 최소 5m 이상, 최대 30m 이하로 한다. 단, 침수기록지역, 상습침수지역 등 저지대 도로부에 대해서는 수리계산 결과를 토대로 집수된 우수가 신속히 처리될 수 있도록 집수정 간격을 좁게 설치 할 수 있다.
- 도시부 도로에 사용되는 우수받이의 덮개 및 유입구는 형상에 따라 배수 효율을 고려하며 선배수시설 등이 포함된 경우는 별도 수리 계산을 한다.

4.5 중앙분리대 배수

중앙분리대의 배수는 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면으로 부터 유입된 우수를 배제한다.

【해 설】

- 중앙분리대 배수시설은 곡선구간에서 본선 노면수를 배수하기 위해 설치하며, 설치 위치는 중앙분리대측에 집수정을 설치하고 외부로 배수한다.
- 중앙분리대가 설치된 도로의 곡선부는 노면수가 중앙분리대 방향으로 집수되어 흐르므로 집수정과 종배수관, 횡배수관을 설치하여 노면수를 배수한다.
- 침전물이 배수관으로 유입되는 것을 방지하기 위해 집수정 저부에서 15cm 이상의 위치에 배수관을 설치한다.



<그림 4.5.1> 중앙분리대 집수정 단면

- 중앙분리대 배수는 도로의 종·횡단경사와 집수폭을 고려한 노면수의 유출량과 측대와 중앙분리대로 형성되는 사다리형 수로의 배수용량을 비교하여 우수받이 간격을 결정하고 종배수관으로 배수할 수 있는 최대길이를 산정한다.
- 중앙분리대 종배수관의 최대연장은 청소 및 관 막힘을 고려하여 300~500m로 하고 횡배수 처리한다.
- 중앙분리대 폭이 협소하여 큰 규격의 배수관 설치가 곤란하므로 중앙분리대 종배수관의 규격은 450mm를 표준으로 한다.

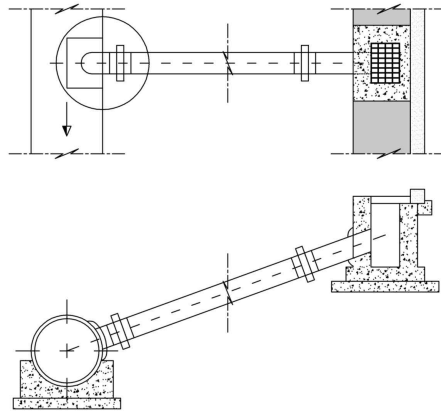
제 5 장 종·횡단 배수

5.1 일반사항

도시부 도로 하부의 종·횡단 배수는 도로 측구와 우수받이를 통해 차집된 우수를 도로하부의 배수관을 통해 배제시키는 시설로서 하수도시설로 연계처리 한다.

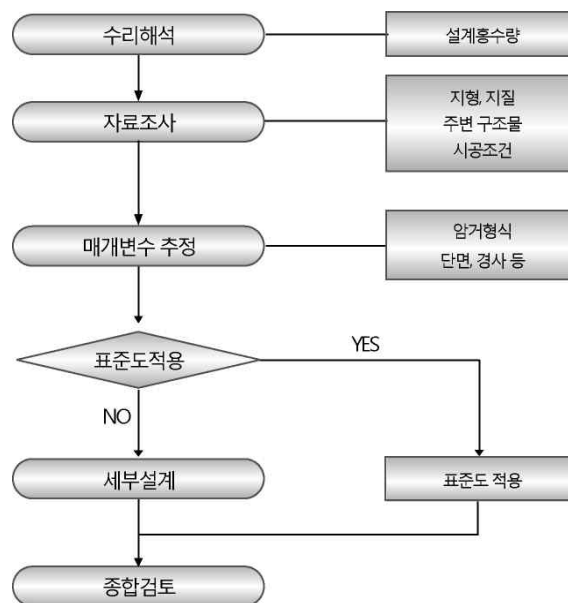
【해 설】

- 도로 배수관거와 하수도시설의 연결관은 파손의 위험이 크기 때문에 내구성, 내식성 및 수밀성이 있는 재질을 사용하며 다음의 사항을 고려한다.
 - (1) 재질은 철근콘크리트관, 경질염화비닐관 또는 이것과 동등 이상의 강도 및 내구성이 있는 재질을 사용한다.
 - (2) 연결관의 경사는 부유물질 등의 침전 및 퇴적이 생기지 않도록 하기 위하여 1% 이상으로 하고, 연결위치는 본관의 중심선보다 위쪽으로 한다.
 - (3) 본관이 덕타일주철관이나 철근콘크리트관 등 강성관인 경우는 지관 또는 가지 달린관을 사용하고, 한편 파형강관이나, 합성수지관 등 연성관인 경우는 접속용 이형관, 분기관 등을 주로 사용하나 본관과 연결관의 재질, 현장여건, 시공의 편리성 등에 따라 다양한 연결방식을 사용한다.
 - (4) 관리를 위하여 종단면배치상의 내각은 120°이상이 바람직하며, 연결관 평면배치 연장이 20m 이상이거나 굴곡부 등은 연결관 관경이상의 점검구를 설치한다.
- 경사가 없는 경우는 물이 역류하는 문제점이 발생할 수 있기 때문에 유의한다. 또한 최초 설계 시 도로폭 확장에 대한 계획을 고려하며, 확장시 수리계산을 통해 재검토 한다.



<그림 5.1.1> 관연결도의 예

- 관거의 단면은 원형관 또는 박스형태가 일반적이며 관거의 크기, 경사, 유·출입부의 수심 등의 조건에 따라 유입부 조절 또는 유출부 조절을 받는 흐름을 만든다. <그림 5.1.2>는 관거의 일반적인 설계흐름을 나타낸다.



<그림 5.1.2> 관거의 설계 흐름

- 부유물로 인한 관거 등 도로 배수시설의 손상이 있을 것으로 판단되는 경우, 교량과 같은 형식으로 토사퇴적 및 부유물을 통과시키도록 한다. 상류에 계곡부 및 산지부가 위치한 관거 등의 횡단 배수시설은 수로의 상류로부터 발생하는 나무류, 토석류 등 부유물이 원활히 빠져나가도록 하기 위하여 유입구의 폭을 가능한 수로폭과 일치하도록 한다.

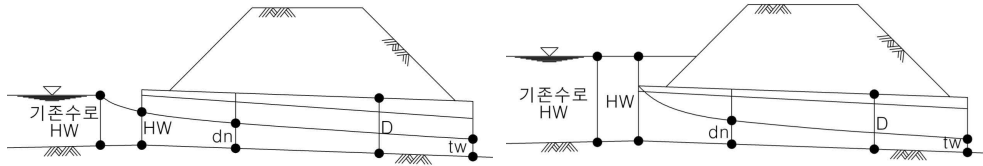
5.2 관거 수리설계

5.2.1 관거내 흐름의 분류

도로 배수시설로 설치되는 암거(BOX), 혹은 관(PIPE)에서 관거 내 흐름은 Class-I, Class-II 두 가지로 분류할 수 있다.

【해 설】

- 도로 배수시설로 사용되는 관거의 흐름은 <표 5.2.1>과 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다.
- Class-I과 Class-II의 ①은 자유수면을 가지는 개수로 흐름이라 하고, Class-II의 ②는 관수로 흐름이라 한다. 일반적으로 산지부에서 유출되는 유량을 기존수로로 방류시킬 경우 Class-I, Class-II의 ①처럼 개수로 흐름으로 설계하는 것이 적합하지만, 지형적인 요건으로 인해 큰 규격의 관을 설치하지 못하는 경우에는 Class-II의 ②처럼 관수로의 흐름으로 설계할 수 있다.
- 도로 배수는 우수의 완전배제가 원칙이므로 가급적 관수로의 흐름은 피해야 하지만, 관거의 수리 형상에 따라 일부 구간에서 관수로의 흐름으로 도로관거를 설계할 수 있다.
- 도로관거의 흐름조건은 8가지 유형으로 분류가 가능하며, 각각의 흐름에 대한 수리 특성은 『제8장 횡단 배수』를 따른다.



<그림 5.2.1> 흐름 형식 개념도

<표 5.2.1> 관거흐름의 분류

Class - I	$HW \leq 1.2 D$	·관거의 유입부 및 유출부가 ·잠수되지 않은상태 ·개수로의 흐름
Class - II	① $HW > 1.2 D$ 그리고 $TW < D$	·관거의 유입부는 잠수된 상태 ·관거의 유출부는 잠수되지 않은상태 ·웨어의 수리특성(개수로의 흐름)
	② $HW > 1.2 D$ 그리고 $TW > D$	·관거의 유입부는 잠수된 상태 ·관거의 유출부도 잠수된 상태 ·관수로의 수리특성

5.2.2 관거 내 흐름의 수리특성

관거 내 흐름의 수리특성은 크게 사류(비교적 급경사)와 상류(완만한 경사)로 분류된다.

【해 설】

가. 흐름상태에 따른 수로경사 분류 및 특성치 관계

- 개수로 내의 흐름은 수로 경사의 가장 큰 영향을 받으며, 개수로의 수리계산을 위해서는 설치될 관경과 홍수량(Q)에 따른 등류수심(Dn)을 구하여 관거내의 수리형상을 파악한다.
- 개수로내 등류수심(dn)이 한계수심(dc)과 동일하게 유지되었을 때의 수로경사를 한계경사(Sc)라 하고 이때의 흐름을 한계등류(Critical Uniform flow)또는 한계류라 한다. 따라서 임의 수로의 한계경사는 Manning공식으로부터 다음과 같이 나타낸다.

$$Sc = \frac{n^2 Vc^2}{Rc^{4/3}} = \frac{n^2 gDc}{Rc^{4/3}} \quad (5.2.1)$$

여기서, Sc : 한계경사

Rc : 한계수심일때의 동수반경

Dc : 한계수심일때의 수리평균심

- 개수로에서 흐름의 상태를 조절하는 단면을 지배단면이라고 하며, 유입부 지배단면과 유출부 지배단면으로 구분한다.

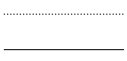
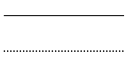
나. 유입부 지배단면

- 한계경사보다 큰 수로경사에 등류가 흐르면 흐름의 등류수심(dn)은 한계수심(dc)보다 작아지며, 흐름은 상류(Supercritical flow)가 되고 지배단면은 유입부가 된다.
- 유입부가 지배단면인 경우는 유입부가 배수관거 내의 흐름을 지배하고, 유입부 수심(HW), 관경, 날개벽의 유무에 영향을 받는다.
- 유출부의 모든 상황 즉, 손실수두(ho), 위치수두(h), 수로경사(So) 수로연장(L) 등은 HW산정에 영향을 미치지 않는다.

다. 유출부 지배단면

- 유량이 일정할 때 한계경사(Sc)보다 작은 수로경사(So)를 가지는 수로상에 등류가 흐르면, 등류수심(dn)은 한계수심(dc)보다 커져 상류(Subcritical flow)가 되고 지배단면은 유출부가 된다.
- 유출부가 지배단면인 경우는 유출부가 설치될 배수관거 내의 흐름을 지배하고, 마찰손실수두(Hf), 유입손실수두(Ce), 수로경사(So), 수로길이(L) 등이 유입부 수심(HW)을 결정한다.

<표 5.2.2> 흐름 상태에 따른 수로경사의 분류 및 특성치 관계

흐름의 상태	수로경사	흐름의 형상	평균유속	지배단면
한계류	한계경사	 $dc = dn$	$V_n = V_c$	-
사 류	급경사	 $dc > dn$	$V_n < V_c$	유 입 부
상 류	완경사	 $dc < dn$	$V_n > V_c$	유 출 부

5.2.3 도로 관거의 수리설계

도로 관거의 수리설계 방법은 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법, 도식에 의한 방법, 부유물 및 퇴적토시를 고려한 수리계산 방법 등이 있다.

【해 설】

가. 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법

- 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법은 관거 하류부 수심(TW) 또는 상류부 수심(HW)이 사전조사되어 예측이 가능한 경우에 적용한다.
- 사전조사에 의해 관거 하류부 수심(TW) 또는 상류부 수심(HW)이 8가지 수리모형 중 하나로 예측이 가능한 경우 적용하는 것이 적절하며 이러한 수리형태를 예측하기 위해 여러 수리 모형과의 관계를 이용하여 반복시산에 의해 관거 유입부수심(HW)을 산출한다.

나. 도식에 의한 방법

- 방정식과 수리학적 공식에 의한 방법은 기존유입부와 유출부의 수두 및 수리형상을 알 수 없거나 설계홍수량의 상황을 추적하는 방법으로 유입부수심(HW)을 구하는 방법이다.

다. 토사퇴적을 고려한 수리계산

- 토사퇴적을 고려한 수리계산은 기존의 관거 수리계산방법과 다르다. 그 이유는 관거 전후의 흐름 상황이 급격하게 변화하는 경우는 등류조건에 적합한 Manning식 설계 계산법을 적용하기 어려우며, 태풍 피해조사 등에서 부유물 및 토사퇴적을 고려하여야 한다.
- 상세한 수리계산 설계절차는 『8.3.3 토사 퇴적을 고려한 수리계산』을 따른다.

5.2.4 도로 관거의 수리설계 고려사항

도로 관거는 도로가 홍수의 피해를 받지 않도록 수리학적으로 안정하고, 경제적인 단면으로 설계한다.

【해 설】

- 주어진 여건(유입부 형상, 기존수로의 폭, 지배단면위치 등)에 대해 설계조건을 만족하는 관거내 흐름조건은 여러 유형이 될 수 있으므로 가능한 설계흐름의 조건중 경제성을 고려하여 설계한다.
- 도로관거의 설계는 다음의 사항을 고려한다.
 - (1) 관거의 유입구와 유출구의 부가시설은 흐름의 모든 단계에서 물, 소류사, 부유물을 알맞게 처리한다.
 - (2) 지중 구조물의 상·하부에 설치되는 관거는 구조물에 피해를 발생시키지 않도록 관거 내의 흐름 상태를 변화시키지 않고 유입수를 통과시킨다.
 - (3) 장래의 수로와 도로 개량에 대해 원활하게 대처할 수 있도록 설계한다.
 - (4) 모기들이 번식할 수 있는 정체된 웅덩이가 없어야 한다.
 - (5) 토지개발에 의해 발생하는 유출수의 증가를 처리하도록 미래에 대한 계획을 고려한다.
 - (6) 관거는 수리학적으로는 설계유출량을 적절하게 다룰 수 있어야 하고 구조적으로는 관리가 편리하도록 건설되고, 시공시 경제성이 보장되어야 한다.

- (7) 관거는 재료손상 및 관거 막힘을 유발하는 유입구의 정체를 방지할 수 있도록 설계한다.
- (8) 관거의 유입구에는 관거의 기능을 저하시키는 이물질이 흐르지 못하도록 스크린을 설치한다.
- (9) 유출구는 세굴과 유실에 저항 할 수 있도록 설계한다.
- (10) 토사 퇴적·침전에 의한 단면의 축소 등을 고려하여 20%의 단면적의 여유를 둔다.
- (11) 주변 지형이 계곡부이거나 토사퇴적에 의해 피해가 예상되는 지역에는 관거 설치 이전에 충분한 현지조사와 피해가능성 등을 조사하여 토사퇴적에 의한 피해가 발생하지 않도록 한다.

5.3 배수관거

5.3.1 단면 및 최소관경

도로 배수관거는 원형 또는 직사각형의 단면 형상을 사용하며, 최소관경은 450mm로 한다.

【해 설】

- 도로 배수관거의 단면형상은 원형, 직사각형(정사각형도 포함) 등이 있으며, 가장 일반적으로 사용되는 것은 원형이다. 어떤 형상을 선정하더라도 다음 사항을 고려하여 결정한다.
 - (1) 수리학적으로 유리할 것
 - (2) 하중에 대해 안전할 것
 - (3) 시공비가 저렴할 것
 - (4) 관리가 용이할 것
 - (5) 시공 장소의 상황에 잘 적응될 것

5.3.2 도로 배수관거의 유속과 경사

설계홍수량에 대한 유속은 0.8 m/sec ~ 3.0 m/sec 의 범위로 한다.

【해 설】

- 유속이 느리면 도로 배수관거의 저부에 오물이 침전하여 준설작업이 필요하며, 반대로 유속이 너무 빠르면 도로 배수관거를 손상시키므로, 도로 배수관거의 경사는 도로경사를 반영하되 경제성을 고려한다.
- 급경사지에서 유속이 빠르면 도로 배수관거의 손상뿐만 아니라 우수의 도달시간이 단축되어 하류지점에서 유량이 크게 되므로 단차 및 계단을 두어 경사를 완만하게 하여 유속을 느리게 한다.
- 기존 도시부 하수관망에 도로 배수관거를 연결시 유속 차이에 의한 월류가 발생하지 않도록 상호간 유속을 확인한다.
- 배수구조물의 침식을 방지하기 위해 유속이 0.6~3.0m/sec 범위가 되도록 하고, 부득이한 경우 유속이 3.0m/sec 이상일 때 유입·출부에 수로보호공 및 감쇄공 등을 설치한다.

5.3.3 도로 배수관거의 매설위치 및 깊이

도로 배수관거의 최소 피복 두께는 1m를 원칙으로 하며, 연결관, 노면하중, 노반두께 및 다른 매설물의 관계, 동결심도, 기타 도로점용조건을 고려하여 결정한다.

【해 설】

- 도로 배수관거는 특별한 사정이 없는 한 매설부지의 소유권분쟁방지 및 관리를 위하여 도로상에 매설한다.
- 하수관거와 연결할 경우 그 매설위치 및 깊이에 관해서는 기존 하수도와의 접속과 연결을 고려하여 우수의 원활한 흐름을 유지할 수 있도록 하되 하수도시설 관리자와

협의하여 결정한다.

- 지형 및 기타의 불가피한 이유로 도로 배수관거를 사유지에 매설할 수밖에 없는 경우는 해당 토지의 소유자와 협의해 관리에 지장을 주지 않도록 지상권 설정 및 협의서 등의 필요한 조치를 한다.
- 도로 내에 매설하는 하수도관거에 대해서는 도로법 시행령을 따라서 하수관거에서 도로 노면까지의 깊이를 3m 이상으로 하며, 부득이한 경우에는 1m 이상으로 한다.
- 차량의 통행이 많은 간선도로, 운하중이나 진동의 영향을 받는 궤도부 또는 부득이하게 흠두께가 얇은 경우는 도로 배수관거의 안전성을 확인하고 동시에 고강도관의 적용이나 적절한 방호공을 검토한다.

5.3.4 도로 배수관거의 접합

관거의 방향, 경사, 관경 등이 변화하는 장소 및 관거가 합류하는 장소는 맨홀을 사용하여 접합한다.

【해설】

- 관거의 방향, 경사 등이 변화하는 장소 및 관거가 합류하는 장소는 맨홀을 사용하여 접합하며, 흐르는 물이 충돌이나 와류, 난류 등을 일으켜 유하능력이 저하되고 맨홀로부터 우수가 분출하는 등의 사고가 발생하지 않도록 한다.
- 관거의 접합은 다음 사항을 고려하여 정한다.
 - (1) 관경이 변화하는 경우나 2개의 관거가 합류하는 경우의 접합은 원칙적으로 수면접합 또는 관정접합을 한다.
 - (2) 지표의 경사가 급한 경우는 지표의 경사에 따라서 단차접합 또는 계단접합을 한다.
 - (3) 2개의 관거가 합류하는 경우의 중심교각은 60° 이하로 하고 곡선을 갖고 합류하는 경우의 곡률반경은 내경의 5배 이상으로 한다.

가. 관거의 접합종류

- 일반적으로 관거의 접합은 수면접합, 관정접합, 관중심접합, 관저접합을 사용한다. 이러한 접합 방법은 각각의 특성을 가지고 있으므로 배수구역내 노면의 종단경사, 다른 매설물, 방류하천의 수위 및 관거의 매설깊이를 고려하여 가장 적합한 방법을 선정한다. 특별한 경우를 제외하고는 원칙적으로 수면접합 또는 관정접합으로 하는 것이 좋다. 각 접합방법의 특징은 다음과 같다.

(1) 수면 접합

수리학적으로 계획수위를 일치시켜 접합시키는 방법이다.

(2) 관정 접합

관정을 일치시켜 접합하는 방법으로 유수는 원활한 흐름이 되지만 굴착 깊이가 증가됨으로 공사비가 증대되고 펌프로 배수하는 지역에서는 양정이 높게 되는 단점이 있다.

(3) 관중심 접합

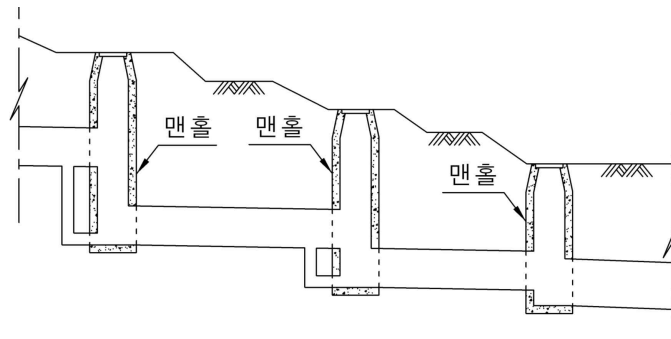
관중심을 일치시키는 방법으로 수면접합과 관정접합의 중간적인 방법이다. 이 접합 방법은 계획하수량에 대응하는 수위를 산출할 필요가 없으므로 수면접합에 준용되는 경우가 있다.

(4) 관저 접합

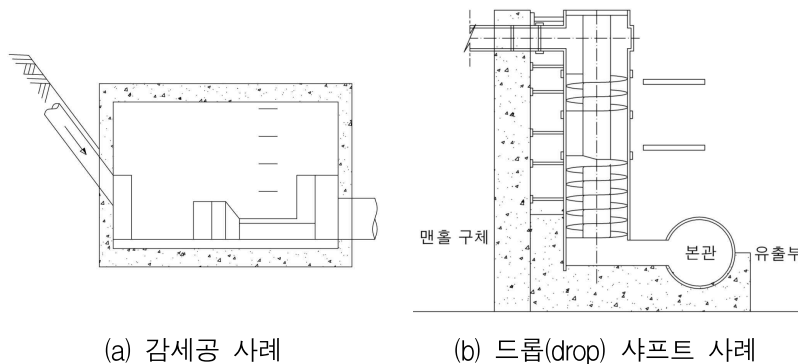
관거의 내면 바닥이 일치되도록 접합하는 방법이다. 이 방법은 굴착깊이를 알게 함으로 공사비용을 줄일 수 있으며, 수위상승을 방지하고 양정고를 줄일 수 있어 펌프로 배수하는 지역에 적합하다. 그러나 상류부에서는 동수경사선이 관정보다 높이 올라 갈 우려가 있다.

나. 접합부의 경사가 급한 경우의 접합

- 지면 또는 도로의 경사가 급하거나, 도로 배수관과 하수분관이 표고 차이가 발생하여 접합관내의 유속 조정 등이 필요한 경우는 맨홀을 이용한 단차접합을 한다.
- 단차접합은 도로 배수관과 하수분관 사이에 맨홀을 설치하여 접합하는 방법으로 맨홀 1개소당 단차는 1.5m 이내로 한다.
- 지형 및 현장상황에 따라서 단차접합이 곤란한 경우 유속의 억제를 목적으로 하는 감세공을 설치할 수 있으며, 고낙차에서 관거를 접합 할 필요가 있는 경우는 맨홀 저부의 세굴방지를 목적으로 드롭 샤프트 등의 설치를 검토한다.



<그림 5.3.1> 단차접합



(a) 감세공 사례

(b) 드롭(drop) 샤프트 사례

<그림 5.3.2> 접합부의 경사가 급한 경우의 접합

다. 관거 합류에 의한 접합

- 대구경 관거에 소구경 관거가 합류하는 경우는 유속이 적은 소구경 관거의 물의 흐름이 대구경 관거의 큰 유속에 지장을 받아 소구경 관거 상류부에서 정체가 발생할 수 있으므로 작은 중심교각을 갖도록 합류시킨다.
- 중심교각은 30. ~ 45. 가 이상적이지만 도로의 폭, 그 밖의 장애물과의 관계를 고려하면 60. 이하로 하는 것이 바람직하다. 단, 소구경 관거의 지름이 대구경관거 지름의 1/2 이하이고, 수면접합 혹은 관정접합으로 붙이는 경우는 중심교각을 90. 까지 하는 것이 가능하다.
- 곡선을 갖고 접합하는 현장타설 철근콘크리트관거 등의 경우는 내경 5배 이상의 곡률반경으로 접합한다.
- 소구경관거가 합류하는 경우의 곡률반경은 보통 맨홀로 대처되지만 대구경관거가 합류하는 경우의 곡률반경은 특수맨홀 또는 현장타설 철근콘크리트관거를 설치해야만 부착되는 경우가 많다.

5.3.5 우수배수 맨홀

우수배수 맨홀은 관거 내의 점검, 청소 및 장애물의 제거, 보수를 위한 기계 및 사람의 출입을 가능하게 하고, 도로 배수관과 하수관거를 연결하기 위하여 사용한다.

【해 설】

- 도로 배수관거를 기존의 맨홀에 접속시키지만 단차가 심하거나 맨홀이 없는 경우와 맨홀 규격 등은 환경부에서 규정한 설계기준 또는 표준시방서를 따른다.
- 우수배수 맨홀은 다음 사항을 고려하여 설치한다.
 - (1) 우수배수 맨홀은 관거의 기점, 방향, 경사 및 관경 등이 변하는 곳, 단차가 발생하는 곳, 관거가 합류하는 곳, 관거의 관리상 필요한 장소에 설치한다.
 - (2) 맨홀은 중간맨홀과 합류맨홀로 구분할 수 있으며, 중간맨홀은 1개의 유입관과

1개의 유출관이 일직선상으로 위치하는 맨홀이며, 합류 맨홀은 유입관과 유출관이 일직선상으로 위치하지 않거나 2개 이상의 관이 유입되는 형태의 맨홀을 말한다.

- (3) 집중호우로 인하여 배수관 역류로 청소구 덮개가 개방될 우려가 있는 구간은 덮개의 잠금 장치를 설치 할 수 있다. 단, 덮개를 설치하기 어려운 경우, 보행자 안전을 위한 망사형 고정 철제 등의 추락방지 시설을 설치할 수 있다.
- (4) 덮개는 도로의 저지대에 설치되어 우수에 의한 침식 및 부식에 취약하므로, 볼트 등의 재질 및 강도는 KDS 61 00 00 하수도 설계기준을 따른다.
- (5) 차량 통과로 인한 충격으로 청소구 덮개가 이탈하여 노면에 노출되고, 이로 인해 사고가 발생하는 경우가 있다. 도로 내측에 설치되는 덮개 및 받침은 차량의 통과 하중을 견딜 수 있도록 규정된 중량 기준을 충족하도록 하고, 주행 차량의 바퀴가 덮개를 반복적으로 통과하지 않도록 위치를 조정할 수 있으며, 이를 위하여 별도의 하부 연결구조를 설계 및 설치할 수 있다.
- (6) 도로내 배수 상황을 신속하게 파악하고 수방 대책이 가능할 수 있도록 첨단 기술이 적용된 덮개도 설치할 수 있다.

제 6 장 도시부 지하차도 배수

6.1 일반사항

지하차도의 배수는 도로기능 유지 및 교통안전을 위하여 지하차도 내부로 유입되는 표면수나 지하수 유입수를 배제한다.

【해 설】

- 지하차도는 일반적으로 종단선형이 U 자형으로 강우시 유역면적 내의 우수가 노면을 통하여 지하차도 내부로 유입되어 침수피해가 발생한다.
- 지하차도의 배수설계는 지하차도의 침수로 인한 구조물의 기능저하를 방지하기 위해 집수정 및 펌프용량 등의 적절한 시설 규모를 산정한다.
- 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따른 제1종, 제2종 지하차도는 집수 유역면적, 강우강도 및 설계기준 등을 최초 10년, 향후 매 5년 단위로 재조사하여 우수 유입량을 산정한 후 이를 토대로 지하차도 침수 위험을 검토한다.

6.2 지하차도 배수시설 설계

6.2.1 집수유역 면적 산정

유역면적은 지하차도 진입구간의 면적과 함께 주변 지역의 지형, 인접 배수시설, 도로의 종단경사를 고려하여 산정한다.

【해 설】

- 배수시설의 규모를 결정하기 위하여 집수 유역면적을 결정하며, 유역면적은 지하차도 진입구간의 면적, 지하차도 방향으로 하향 종단경사를 가진 본선구간 면적 및 강우시 지하차도 방향으로 우수를 유출시킬수 있는 주변 도로의 면적 등과 함께 주변 지역의 지형여건 및 인접 배수시설, 도로의 종단경사를 고려하여 산정한다.

- 유역면적은 경사가 있는 지역은 지형도에 의해 산출 할 수 있으나, 평탄지역은 배수 경계를 지형도만으로 산출하기 곤란하며, 도로의 배치나 경사, 기존 도로 방향 등을 조사하여 계획한다.
- 배수구역 경계에 걸쳐 있는 지역은 주변 배수계통이 명확하지 않는 경우가 있으므로 상세한 현장 조사를 실시하고 장래 개발계획을 검토한다.

6.2.2 우수 유입량 산정

지하차도 내 우수 유입량 산정은 합리식을 원칙으로 사용하되, 필요한 경우 다양한 우수유출산정 방법을 사용 할 수 있다.

【해 설】

- 지하차도 내 우수 유입량은 침투유출량을 산정하여 설계홍수량으로 하며 지하차도 내 침투유입량은 하수도 설계기준을 따라서 합리식으로 산정한 침투유출량에 지하 용출수를 합하여 결정한다.
- 강우강도 산정에 사용되는 설계빈도는 이 지침의 '3.2 설계빈도의 결정'에 따르며, 배수시설의 중요도, 설계홍수량 이상의 유출량이 발생하였을 때의 위험도, 경제성 등을 고려하여 상향 할 수 있다.
- 강우도달시간(t)은 유역면적의 가장 먼 지점으로부터 배수시설에 유입되는 시간(유입시간 t1)과 관거 등을 흘러서 종단경사의 최저점에 도달하는 시간(유하시간 t2)을 산술적인 합계로 산정한다.
- 유입시간(t1) 및 유하시간(t2)의 산정식은 일반적으로 Kerby 식을 많이 사용하며, 하천설계기준 및 하수도 설계기준을 참고한다. 식에서 변수는 하수도 설계기준의 N 값 및 보정계수(a)를 적용하며, 유입시간 산정이 어려운 경우 동일 기준에서 제시하는 표준값을 적용한다.

$$t_1 = 1.44 \left(\frac{L \cdot N}{S^{1/2}} \right)^{0.467} \quad (6.2.1)$$

여기서, t_1 : 유입시간(min) S : 지표면의 평균경사
 L : 지표면거리(m) N : 조도계수와 유사한 지체계수

$$t_2 = \frac{L}{a \cdot V} \quad (6.2.2)$$

여기서, t_2 : 유하시간(min) V : Manning공식에 의한 평균유속(m/s)
 L : 관거연장(m) a : 홍수의 이동속도에 대한 보정계수

6.2.3 배수측구 단면

U형측구의 단면은 지하차도내 우수유입량과 도로의 종단경사를 고려하여 단면을 검토 후 침투유입량을 수용할 수 있는 크기로 설계한다.

【해 설】

- U형 측구의 침투홍수량은 도로노면의 시점과 종점방향(종단경사 최저점을 기준으로 시점방향과 종점방향으로 구분) 각각에 대한 우수유입량을 배수 시킬수 있어야 하며, 이때 측구내 설계수위는 침전물 퇴적 등을 고려하여 통수단면을 측구높이의 80%를 적용한다. 또한 일반적인 측구단면의 크기(내공폭×내공높이)는 200×200(mm)~400×450(mm)가 적합하다.

6.2.4 횡단 배수관

지하차도내 횡단 배수관의 연결부는 원활한 배수를 위하여 우수받이를 설치한다.

【해 설】

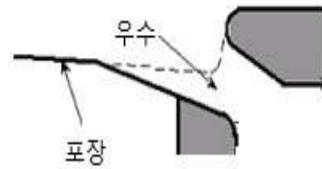
- 측구를 따라 내려온 우수가 횡단 배수관거와 직각으로 직접 연결되면, 우수의 흐름이 원활하지 못해 포장면으로 월류되어 침수되는 사례가 발생하므로 연결지점에는 우수받이를 설치한다.
- 횡단 배수관거는 일반적으로 PVC 관 또는 강관으로 계획하며, 토사 및 기타 침전물의 퇴적 등을 고려하여 2개소 이상으로 설계한다.

6.2.5 집수정

집수정의 크기는 유입수량, 펌프용량 등을 고려한다.

【해 설】

- 집수정과 배수펌프의 용량(규모) 산정은 설계강우를 결정한 후, 유출모형에 적용하여 집수정으로 유입되는 누가유입 수문곡선을 구하고 집수정-펌프용량 관계곡선(trade-off)을 이용한 시산계산에서 결정하되, 펌프의 용량, 가동효율, 시동간격 및 관리 등을 감안한 집수규모로 결정한다.
- 집수정 크기는 집중호우에 대한 안전성 확보를 위하여 필요용량의 1.2~1.5배를 할증하여 설계하고, 배수 효과 및 청소, 관리 등을 고려하여 최소면적 및 기계실 폭을 4m×6m로 하고 집수정의 깊이는 2.0m 이상으로 한다.
- 집수정에 설치되는 침사조의 크기는 사람이 자유롭게 청소할 수 있는 정도의 크기로 하고, 침사조 설계용량은 집수조 전용량의 20~30% 크기로 한다.
- 집수정 유입구는 지하차도에 유입된 우수가 원활하게 집수정으로 유입될 수 있도록 지하차도의 우수 유입량, 침전물의 퇴적량, 퇴사량 등을 고려하여 결정한다.
- 지하차도 유입수를 신속하게 집수정으로 유도하기 위해 개방형 유입구 형태를 기본으로 계획하고, 부득이한 경우 원형관 2개 이상을 계획한다. 유입구에는 낙엽, 토사, 쓰레기 등을 막을 수 있는 망을 설치할 수 있다



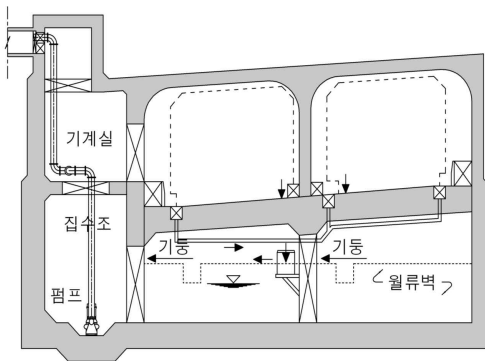
<그림 6.2.1> 지하차도 개방형 유입구 사례

6.3 펌프시설

배수펌프는 사용의 적합성 등을 고려하여 선정하고, 공급 전원의 수·배전반 시설은 우기시 침수가 되지 않도록 설치한다.

【해 설】

- 배수펌프는 수위 변동에 따라 자동으로 작동되는 수중 펌프시스템을 사용한다.
- 수중펌프 시스템은 고장 시에도 배수펌프가 계속 작동될 수 있도록 각각 독립적으로 운영되는 별도의 시스템으로 구축하는 등의 방안을 마련하여야 한다.
- 배수펌프의 용량은 유량, 양정, 동력비 등을 고려하여 선정한다
- 집중호우 등을 대비하여 각각 펌프 용량은 유입 수량의 50% 이하가 되도록 여러대 설치하고, 배수펌프는 고장 및 수리 등을 대비하여 최소 1대 이상의 예비펌프를 추가 설치한다.
- 배수펌프는 장기간에 걸쳐 운전 또는 정지상태가 지속되므로 교반운전이 되도록 설치한다.
- 전원의 수·배전반은 종단경사 등 도로의 구조, 계획 홍수량, 유역면적, 집중호우에 따른 예상 침수높이, 차수벽 설치 등을 검토하여 우기시 침수가 되지 않도록 설치한다.



<그림 6.3.1> 집수정 설계 사례



<그림 6.3.2> 지상에 설치된 전원 사례

제 7 장 비탈면 배수 및 토석류 대책시설

7.1 일반사항

비탈면 배수는 도로 비탈면에 내린 우수와 비탈면으로 유입된 지하수를 기존 배수로 또는 하천으로 신속히 배수하기 위해 설치한다. 그리고 토석류 대책시설은 비탈면 상부에서 발생한 토석류 토사 및 부유물에 의한 도로 시설물의 피해를 방지 또는 저감시키기 위해 설치한다.

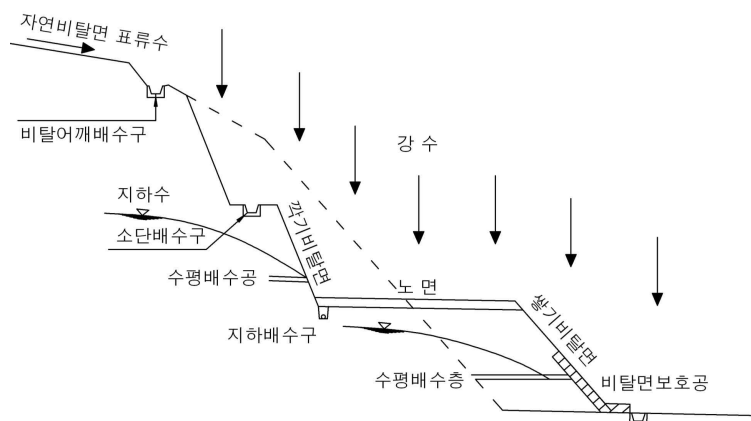
【해 설】

가. 비탈면 배수

- 비탈면의 배수시설은 표면수에 의한 표면 침식과 붕괴를 방지하도록 설계한다. 비탈면 침투수의 영향은 사전에 토질조사로 정확하게 파악하기 어렵고 시공중에 지하수 물질 등이 파악되는 경우가 있으므로 이런 경우에 계획을 변경하여 유효한 배수시설을 설치한다.
- 비탈면 배수는 강수 및 표면으로 흐르는 물이 비탈면에 들어오지 못하도록 하는 것(산마루 배수구)과 비탈면을 흐르는 물과 비탈면 속의 지하수를 안전하게 비탈면 외부에 있는 배수시설로 유도하기 위한 것(소단배수구, 배수구, 맹암거 등)이 있다.
- 비탈면 배수공의 종류와 그에 따른 기능은 <표 7.1.1>에서 나타내었고, 도로의 비탈면 배수시설의 개요를 <그림 7.1.1>에 나타내었다.

<표 7.1.1> 비탈면 배수공의 종류와 기능

목 적	배수공의 종류	기 능
지표수 배수 (노면, 인접지, 비탈면의 배수)	· 산마루배수구 · 배수구 · 소단배수구	· 비탈면의 표면수 유하를 막는다. · 비탈면의 우수를 배수구로 유도한다. · 비탈면 표면에서 흐르는 물을 배수구 또는 비탈끝으로 유도한다.
지하 배수 (비탈면으로의 침투수, 지하수의 배수)	· 지하배수구(암거) · 돌망태배수공 · 수평배수공 · 수직배수공 (집수우물) · 수평배수층	· 비탈면으로의 지하수, 침투수를 배수시킨다. · 용수가 발생하는 구간 또는 비탈 끝에 설치하여 비탈끝을 보강한다. 수평배수층과 같이 사용할 수 있다. · 용수를 비탈면 밖으로 배제한다. · 비탈면 내의 침투수를 집수정으로 유도하여 배수한다. · 흠쌓기내 또는 자연 지반으로부터 흠쌓기 토체 내부의 침투수를 배수한다.



<그림 7.1.1> 비탈면 배수시설

나. 토석류 대책시설

- 토석류(debris flow)는 우수의 흐름에 의해 토사, 암석, 나뭇가지 등이 원지반으로부터 분리되어 이동하는 현상으로, 물보다 가벼운 부유물질과 물보다 무거운 이동물질, 또는 두가지 물질의 혼합물 형태로 이동한다.

- 토석류 대책시설은 토석류 때문에 발생한 토사, 암석, 나뭇가지 등이 도로 배수관 및 암거를 막음으로 피해가 예상되거나, 이미 피해가 발생한 지역에서 추가적으로 피해가 예상되는 도로 인접에 적용한다. 특히, 도로관리청은 토석류 대책시설을 가급적 도로 부지내에 설치하며, 도로부지외의 지역에 설치가 필요한 경우는 관계기관과 협의한다.

7.2 비탈면 배수시설

토사 등의 퇴적을 고려하여 배수시설의 단면여유를 20% 정도로 하며, 호우시에 다량의 토사가 유출될 우려가 있는 자연비탈면은 발주청과 협의하여 결정한다.

【해 설】

- 비탈면 배수 계획은 비탈면 주변의 지형을 감안하여 표면을 흐르는 유량을 산정하여 배수시설의 위치, 단면크기, 배수방향, 배수경사 등의 계획을 수립한다.
- 비탈면 배수시설의 손상은 주로 물이 배수구내로 흐르지 않고 그 외측과 최하단측으로 흘러 주위의 흙이 세굴됨으로써 발생한다. 급류가 발생하는 곳에서 물이 배수구 밖으로 튀어 나오지 않도록 뚜껑을 설치하거나 배수구 외측이 세굴되지 않도록 잔디와 바위 등을 깔아 보호한다.

7.2.1 비탈어깨 배수시설

비탈어깨 배수시설은 일반파기 배수구, 철근콘크리트 U형 배수구, 현장타설 콘크리트 배수구등을 사용한다.

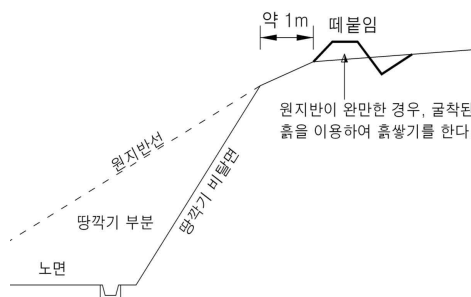
【해 설】

- 비탈어깨 배수시설은 상부비탈면에 내린 우수와 용출수를 비탈면에 유입시키지 않도록 하기 위해 비탈어깨에 설치한다.

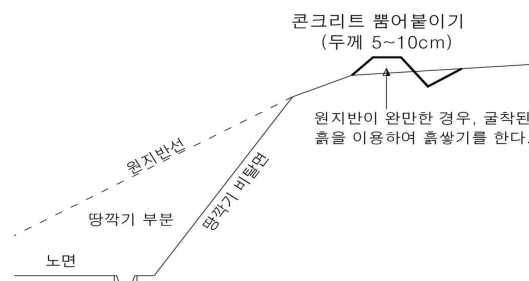
- 비탈어깨 배수구의 종류는 비탈면이 존재하는 지형, 유하량 및 토질 등을 검토하여 결정한다.
- 토사가 퇴적되면 비탈면에 미치는 영향이 크기 때문에 배수구 단면은 크게 해 둘 필요가 있으며, 배수구의 끝부분은 지형을 고려하여 비탈면의 안정에 영향이 없도록 한다.

가. 일반파기 배수구

- 유출량이 적고 횡방향으로 이어진 자연비탈면으로서 원지반의 투수계수가 낮고 세굴 우려가 없는 경우 <그림 7.2.1>에 나타난 것과 같이 간단한 제방을 쌓고 잔디 등의 때붙임을 시공한다.
- 물이 침투하기 쉬운 토질에서 침투한 물이 비탈면 붕괴 원인이 될 우려가 있는 경우 <그림 7.2.2>와 같이 콘크리트 또는 시멘트 모르타르를 이용하거나 철근콘크리트 U형 등을 설치한다.



<그림 7.2.1> 일반파기 배수로



<그림 7.2.2> 콘크리트 등에 의한 배수구

나. 철근콘크리트 U형 배수구

- 배수구에 모이는 물의 양이 많고 그 연장이 긴 경우는 <그림 7.2.3>과 같이 프리캐스트 철근 콘크리트 U형과 원심력 철근콘크리트 반원관 등을 사용한다.
- 배수구 시공시 측면 세굴 방지를 위한 뒷채움 시공을 하고, 배수구경사 변화점에는 뚜껑을 설치한다.



<그림 7.2.3> 프리캐스트제품에 의한 비탈어깨 배수시설

다. 현장타설 콘크리트 배수구

- 산마루 배수구에서 떼붙임, 콘크리트 뿔어붙이기, 프리캐스트 제품 등을 사용시 하자가 우려될 경우 현장타설 콘크리트 측구를 적용한다.
- 현장타설 콘크리트 배수구의 경우 시공시 콘크리트 타설의 어려움이 따르지만 관리나 기능면에서는 효과적이다.
- 산마루 배수구를 설계하는 경우 터파기후 되메우기시에 세굴이나 유실을 방지하기 위해 다짐을 실시할 수 있도록 설계도서에 명기하고 필요시 지표수의 유입이 원활하도록 산측에 콘크리트를 타설하여 지표수가 토층으로 스며들지 않도록 한다.

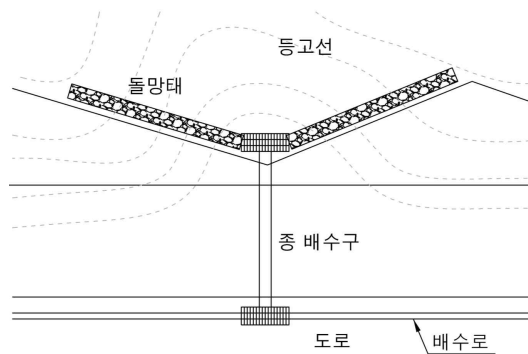
7.2.2 배수구

배수구는 쌓기비탈면의 비탈어깨배수구 또는 깎기비탈면의 산마루배수구와 소단배수구에서 비탈면 하부 배수시설로 지표수를 배수시키기 위해 비탈면을 따라 설치하는 시설로서 현장타설콘크리트, 철근콘크리트관, 돌쌓기 등을 사용한다.

【해 설】

- 배수구의 유량이 많은 경우는 배수구 주변의 침식 및 세굴이 발생하므로 침식이나 세굴 방지를 위한 대책을 수립한다.
- 깎기에 의해서 기존 연못을 메우거나 <그림 7.2.4>처럼 비탈면의 오목한 부분을 횡

단하여 깔기하는 경우, 집중호우에 의해 토석을 포함한 우수가 직접 도로에 흘러들어갈 우려가 있으므로 집수구역내의 지형, 지질, 지표상태 등을 조사하여 콘크리트, 돌쌓기, 돌망태 등을 설치하여 유하수의 유속을 떨어뜨리고 유하수를 수로까지 유도한다.



<그림 7.2.4> 비탈면 오목부분의 배수시설

가. 현장타설 콘크리트 배수구

- 배수구는 원칙적으로 현장타설 콘크리트로 설치한다. 배수구의 주변은 콘크리트로 보호하고, 세굴이나 이물질 등의 유입에 의한 통수능 저하를 방지한다. 또한, 한랭지에서 동결위험이 있을 때는 붙임 콘크리트 밑에 동해방지를 고려한 기초재료 등으로 시공한다. 단, 배수구 연장이 짧을 때, 세굴이나 통수 기능 저하의 염려가 적을 때는 잔디붙임, 조약돌붙임 등으로 보호한다.
- 배수구가 다른 수로와 합류하는 곳, 경사가 변화하는 곳, 흐름 방향이 급하게 변하는 곳, 깊이 15cm 이상의 토사가 적치되는 곳에 홈통을 설치하며 뚜껑을 설치한다. 그리고 경사가 1:1보다 급한 곳과 비탈꼬리에서 1~2m의 구간, 경사 변화점 등의 배수구는 물이 튀어오를 우려가 있으므로 뚜껑을 부착한다.
- 토사청소가 곤란하기 때문에 소단에 홈통을 설치하지 않는 경우도 있다. 이와 같은 경우, 홈통이 없기 때문에 유속도 빠르고 월류도 심하므로 하류측 배수구의 상부 뚜껑은 견고하게 한다.

나. 철근콘크리트 관 등

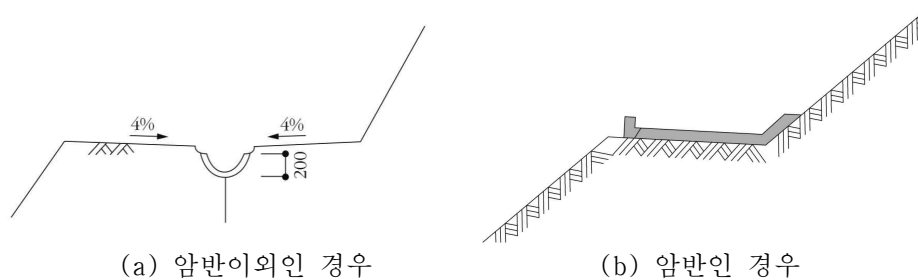
- 비탈면 경사가 급하고 연장이 길어서 유량·유속과 도수가 큰 경우는 종배수시설로 철근콘크리트관 등을 사용하는 경우가 있다. 이와 같은 암거 구조는 U형 등의 개거 구조에 비해 관리가 용이하지 않기 때문에 적당한 간격으로 홈통을 설치한다. 그리고 다른 수로와의 합류점, 경사 변화점, 흐름방향 변화점에도 홈통을 설치한다.

7.2.3 소단 배수시설

소단 배수는 비탈면에 흐르는 우수나 용출수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위해 설치하며 소단배수구는 폭이 3m 이상 넓은 소단에 설치한다. 단, 비탈면 침식의 위험성이 작다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

【해 설】

- 종단경사에 따라 배수처리를 실시하며, 20m 이상 땅깍기 구간이 끝나는 곳에서는 산마루측구와 연결 또는 방류하여 비탈면이 유실되지 않도록 설치한다.
- 비탈면 및 소단의 토질이 암반인 경우는 <그림 7.2.5>와 같이 소단에 10% 정도의 경사를 주어 콘크리트라이닝을 시공한 배수구 구조로 하여도 된다.



<그림 7.2.5> 땅깍기부의 소단배수로(배수경사 4% 또는 10%)

7.2.4 비탈끝 배수시설

비탈끝 배수시설은 비탈면 주변지형, 유역면적, 표면을 흐르는 유량을 산정하여 배수 시설의 위치, 단면크기, 배수방향, 배수경사 등의 계획을 수립한다.

【해 설】

- 흙쌓기 비탈면에는 비탈끝 배수구를 설치하여 비탈면에서 흘러나가는 물이 인근지역으로 흐르지 않도록 하고, 자연배수가 되는 경우는 설치하지 않을 수 있다.
- 땅깍기비탈면의 비탈끝배수구는 별도로 설치하지 않는다. 다만, 비탈면 용출수가 많은 장소 및 콘크리트 뿔어붙이기를 시공한 특수조건의 비탈면과 소단배수시설이 없는 대규모 비탈면은 배수구를 설치한다.
- 비탈끝 배수구와 배수구가 만나는 지점에는 집수시설을 설치한다.

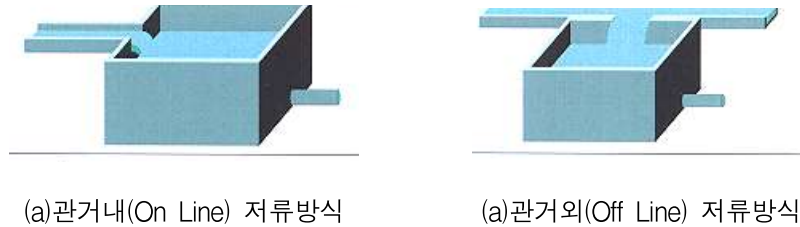
제 8 장 도로저류시설

8.1 일반사항

도로저류시설은 도로 배수시설의 설계홍수량을 초과하는 우수유출이 발생하는 경우에 우수의 직접유출량을 저감시키거나 침투유출 시간을 지연시키기 위하여 설치한다.

【해 설】

- 도로저류시설이란 우수가 우수지 및 하천으로 유입되기 전 일시적으로 우수를 저류시켜 외수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키는 시설로서, 저류시설, 유입시설, 방류시설 등이 있으며, 해당지역에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 저류하는 시설이다.
- 도로 침투시설은 우수의 직접유출량을 감소시키기 위하여 지반으로 침투를 용이하도록 하는 시설로 도로저류시설에 동시에 적용할 수 있다.
- 관거내(On Line) 도로저류시설은 관거내에 설치하는 방식이며 유역에서 발생하는 우수유출량 전량을 유입시킨후 오리피스 등에 의해 허용방류량 이하로 유하량을 조정한다.
- 관거외(Off Line) 도로저류시설이란 관거외에 설치하는 방식이며 증가된 우수유출량이 하류관거의 배수능력 이하인 경우에는 그대로 유하시키고 초과하는 경우 횡월류부를 통하여 저류시설에 저장한다.
- 도로저류시설은 학교 및 공원 등에 설치된 공공저류시설과 연계할 수 있으며, 도로 하부공간(차도부, 보도, 식수대 등)에 지하 저류시설의 형태로 설치할 수 있다.



<그림 8.1.1> 연결형식에 따른 저류시설 모식도

8.2 도로저류시설의 계획 및 조사

8.2.1 도로저류시설의 계획

도로저류시설의 계획은 도로의 특성에 맞는 저감시설을 검토하여 반영하고, 주변의 건물, 학교, 공원 등 도시시설의 저류시설과 연계처리될 수 있도록 계획한다.

【해 설】

- 도시지역은 공간적인 제약으로 넓은 부지를 확보하기 어려우므로, 도로부, 보도부 및 화단에 도로저류시설 등을 설치하여 우수유출 저감을 검토하여야 한다. 이때 다음 사항을 고려한다.
 - (1) 주변 도시시설물과 연계된 효율적인 계획 수립
 - (2) 수문개폐 등 인위적 조작이 최소화 될 수 있는 계획 수립
 - (3) 연속되는 호우에 대비하여 신속한 저류수의 배제가 가능토록 자연배제가 가능한 위치 또는 최소한의 동력이 소요되는 위치 선정
 - (4) 전기, 통신, 상하수도, 난방 등 각종 지하매설물의 간섭이 적은 지역으로 경제적 이설이 가능한 지역
 - (5) 향후 고가차도, 지하차도, 지하도시철도 등 대규모 구조물의 설치계획이 없는 지역으로서 장래 도시 지하공간 이용계획과 부합되도록 수립
- 도로 저류시설에 침투시설을 설치하는 경우 『우수유출 저감시설의 종류·구조·설치 및 관리기준』을 참고한다.

8.2.2 도로저류시설 조사

배수구역내 도로저류시설의 효과적인 계획 및 설계를 위하여 문헌조사와 현장조사를 한다.

【해 설】

- 도로저류시설의 조사는 『제2장 도시부 도로 배수 계획 및 조사』에서 언급한 내용 이외에 다음과 같은 항목을 고려한다.
- 도로저류시설 설치 장소는 다음과 같다.
 - (1) 과거 침수 피해가 상습적으로 발생했던 지점 및 그 상류
 - (2) 하천정비기본계획, 관내 침수방지 계획 등 관련 계획에서 설치 계획이 수립된 지점
 - (3) 설치지점의 부지면적을 고려한 용량확보가 가능한 지점
 - (4) 설치시 저감효과가 우수하며, 침수피해 저감효과가 있는 지점
 - (5) 현지 여건상 시공 및 교통 처리에 큰 문제가 없는 지점
- 시설의 규모 및 형식은 다음의 현장조사를 통하여 결정한다.
 - (1) 대상유역이나 배수분구 내 하천 및 주 간선관거 조사
 - (2) 침수 피해지구 조사 및 침수원인 분석
 - (3) 도로저류시설 설치지점 주변 관거 및 수로 조사
 - (4) 설치부지의 가용면적, 지장물 현황, 시공 및 교통처리여건 등 조사
 - (5) 지역주민 탐문조사
 - (6) 시설규모 및 형식 개략 결정

8.3 도로저류시설의 설계

8.3.1 도로저류시설의 설계빈도 및 홍수량 산정

도로저류시설의 규모는 설계빈도를 결정한 후, 침투홍수가 발생하는 유출수문곡선에 대해 목표저감량을 산정하여 결정한다.

【해 설】

- 설계빈도는 호우발생현황, 간선 및 지선 배수관거의 설계빈도 등을 고려하여 결정한다. 하수도정비 기본계획 및 기준, 유입 및 방류관거의 계획빈도, 대상시설 부지나 주변여건, 경제성, 안전성 등을 고려하여 각각의 저류시설별로 규모를 검토한 후 관계기관과 협의하여 결정한다.

<표 8.3.1> 시설별 설계빈도 및 규모결정 기준 (서울시의 예)

대상 시설		규모 결정 기준
도로저류 시설 규 모	용 량	· 대상수문곡선 : 20년빈도 침투홍수 발생시 수문곡선 · 목표저감빈도 : 5년빈도 이하
	여유고	· 저감시설 계획홍수위에서 1m이상 여유고 확보
관거내 도로저류 시설 (상시방류구)		· 목표조절률 : 20년빈도 침투홍수량에 대한 5년빈도 이하로 방류
관거외 도로저류 시설 (횡월류웨어)		· 목표조절률 : 20년빈도 침투홍수량에 대한 5년빈도 이하로 방류

- 관거내 도로저류시설 및 관거외 도로저류시설 방식에 따른 침투저감효과 및 도로저류시설 용량산정을 위한 수문 계산은 다음과 같다.

<표 8.3.2> 저감방식별 침투저감효과 및 용량산정 기준

저감방식	침투저감효과 및 도로저류시설 용량산정 방법
관거내 도로저류 시설	· 대상빈도의 임계지속기간을 고려한 유입수문곡선 선정 · 저류량-유출량 계산시 하단부 상시방류구는 오리피스 적용 및 상단부 비상방류구는 위어적용 · Puls방법(저류지시법)등을 이용한 도로저류시설 홍수 추적
관거외 도로저류 시설	· 대상빈도의 임계지속기간을 고려한 유입수문곡선 선정 · 수로부의 단면 및 경사조정을 통한 대상빈도 홍수시 흐름안정 및 개구부설치를 통한 월류량 산정 · 계획 월류량이 원활히 유입될 수 있는 유입관거 규모 결정 · 월류량 산정을 통한 도로저류시설 홍수 추적

- 도시부 홍수량의 산정은 일반적으로 도시유출모형(SWMM, ILLUDAS 등)을 적용하며 검토사항은 다음과 같다.

<표 8.3.3> 홍수량 산정시 검토사항

구 분	검 토 사 항
강우 분석	· 설계빈도 선정 · 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)을 활용하여 확률강우량 및 강우강도식 산정·Huff 분포를 이용하여 강우의 시간분포 · NRCS방법을 이용하여 유효우량 산정
홍수량 산정	· 유역면적을 고려한 홍수량 산정방법 선정(합리식, SWMM, ILLUDAS 등) · 임계지속기간을 고려한 침투홍수량 산정

8.3.2 도로저류시설의 배수능력 결정

도로저류시설의 배수능력은 연속되는 호우에 대처하기 위해 강우가 소강상태일 때 저감시설 내 저류수를 빠르게 완전 배제할 수 있도록 한다.

【해 설】

- 저류시설에서 우수완전배수시간은 5시간 이내가 적당하며, 자연배수가 가능할 경우에는 배수소요시간에 따라 방류구의 규모나 개수를 결정하여야 하며, 자연배수 불가능 시에는 배수펌프시설을 설치한다.
- 저류시설에 배수펌프를 설치하여야 할 경우는 펌프의 고장에 대비하여 비상용의 예비펌프를 추가로 설치한다.
- 관내 도로저류시설의 경우 시설내로 토사가 유입되어 시설 유효용량을 저하시킬 뿐 아니라, 방류구의 배수를 막을 수 있기 때문에 도로저류시설 유입관거 상류에 침사지 및 스크린시설 등이 설치되어야 한다.
- 침사지의 용량결정은 기존 침사지의 용량보다 작지 않은 범위에서 원단위법이나 RUSLE(범용토양손실 경험식)법 등을 통하여 산정된 토사유출량에 유사전달률과 침사지포착률 등을 고려하여 결정한다.

8.3.3 도로저류시설 종류

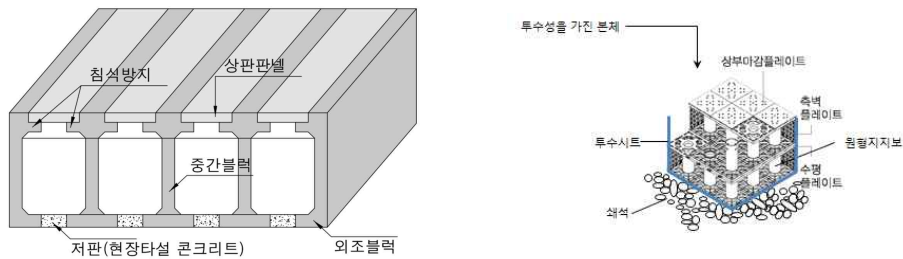
도로저류시설은 도로 하부공간(차도부, 보도, 식수대 등)에 설치한다.

【해 설】

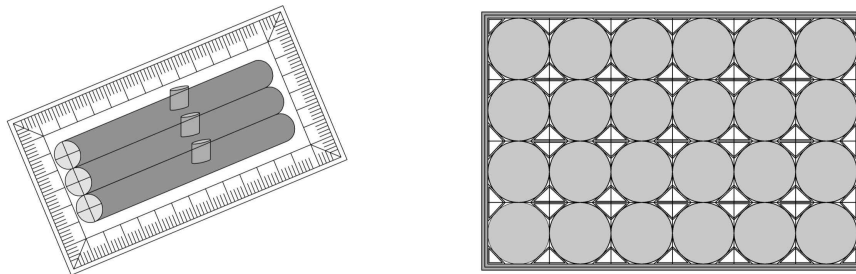
- 도로저류시설은 전용형, 공극형 및 화단형 등 다양한 형태로 적용할 수 있으며, 특성을 고려하여 현지여건에 적합한 공법을 적용한다.
- 도로저류시설의 설치공법으로 현장에서 직접 콘크리트를 타설하는 방법 외에 기성 제품을 이용한 방법이 있으며, 국내에는 프리캐스트 블록, 파형강판 및 파이프, PC

제품 등이 있다.

- 전용형 도로저류시설은 도로하부에 지하저류조 형태로 설치되는 시설로서 집중호우 시 도로 배수능력 초과분을 저류한 후, 이후에 연결된 관거를 통하여 저류수를 하류로 방류하는 시설이다.



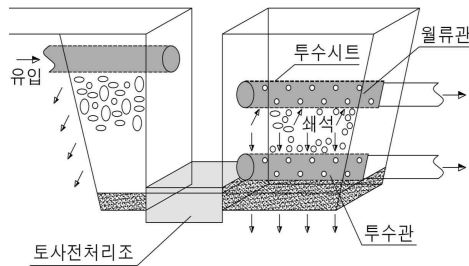
(a) PC 및 PP 제품



(b) 파형강관 및 적층식 판넬

<그림 8.3.1> 전용형 도로저류시설

- 공극형 도로저류시설은 쇄석 등의 공극을 우수의 저류공간으로 이용하는 방법으로 침투효과를 동시에 가질 수 있는 방법이다. 쇄석공극 저류는 땅 속에 쇄석구(트렌치), 쇄석조를 설치하여 쇄석간의 공극에 우수를 유입시키고 그 상부는 녹지 등으로 이용한다.
- 화단형 도로저류시설은 도로의 신설로 발생하는 불투수면적 증가분을 화단 등으로 녹지화하고 노면수를 화단으로 유도하여 유출시간을 지연시킴으로서 홍수로 인한 피해를 줄이는 방법이다. 개발지역내 녹지화한 공간을 낮게 배치하여 개발지역에서 발생하는 우수를 집수할 수 있도록 계획한다.



<그림 8.3.2> 공극형 도로저류시설



<그림 8.3.3> 저류형 화단 개념도

- 설치된 도로저류시설의 효율적 이용을 위하여 저류된 물을 중수도 시스템이나, 소방용수, 정원용수 등으로 활용할 수 있다.
- 도로저류시설의 규모가 큰 경우는 관리를 위한 시건장치, 안내판 등을 설치하여야 하며, 필요에 따라 수위계, 유량계 등의 수문관측설비 및 저류시설 모니터링시스템을 구축할 수 있다.

8.3.4 도로침투시설

도로침투시설은 우수를 지하로 침투시켜 지하수를 함양하거나 토양의 여과·흡착 작용으로 비점오염물질을 줄이는 시설로서 투수성 포장, 침투조, 침투저류지, 침투도랑 등을 포함한다.

【해설】

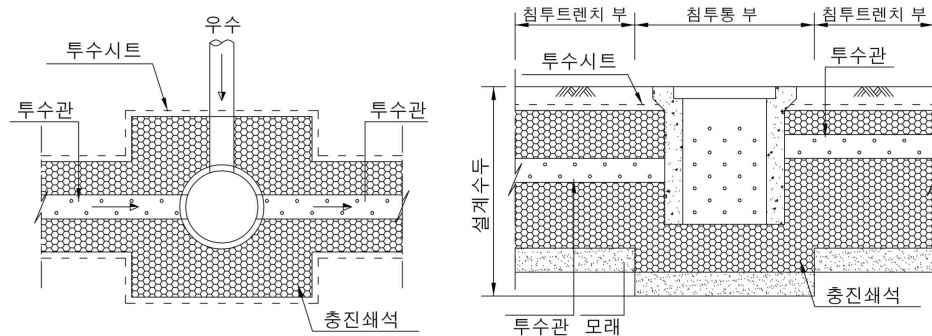
- 도로침투시설은 투수성을 가지는 본체와 주변을 쇄석으로 충전하여, 집수한 우수를 측면 및 바닥에서 땅속으로 침투시키는 것으로 지반의 투수계수가 1×10^{-5} cm/s 보다 작은 경우, 간극률이 10%이하로서 단단한 지반인 경우, 입도분포에 있어 점토가 차지하는 비율이 40% 이상인 지역은 설치하지 않는다.
- 도로침투시설의 종류 및 특성은 다음 <표 8.3.4>와 같으며 지형, 지질, 지하수위, 주변환경, 노상시설물, 지하시설물과의 연계를 고려하여 선정한다.

- 보도의 폭이 3.0m 이상인 경우, 가로수의 배치 및 기타 횡단 구성의 균형을 고려하여 폭 1.0m 의 식수대를 설치할 수 있다.

<표 8.3.4> 도로침투시설의 종류 및 특성

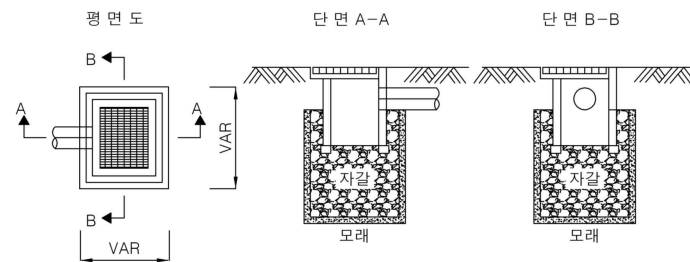
집수대상	도로침투시설				
	침투통	침투트렌치	침투측구	투수성포장	침투저류조
도로포장부			○	○	
보도부			○	○	
화단(식수대)	○	○	○		○
인접지	○	○	○		○

- 도로침투시설은 집수가 용이하도록 가능한 한 지형이 오목한 부분을 선정하여 설치한다. 법면에서 소단측구와 배수구가 교차하는 지점에 설치하는 도로침투시설은 밀폐식 뚜껑을 사용하거나 집수정의 높이를 높게 시공하여 배수구에서 급경사로 유하하는 물이 넘치거나 비산되지 않도록 한다.
- 도로침투시설은 대부분 우수의 집수를 위한 집수정, 노면 배수를 위한 집수정과 겸용으로 설치되기 때문에 집수 및 배수 기능이 저하되지 않도록 한다.



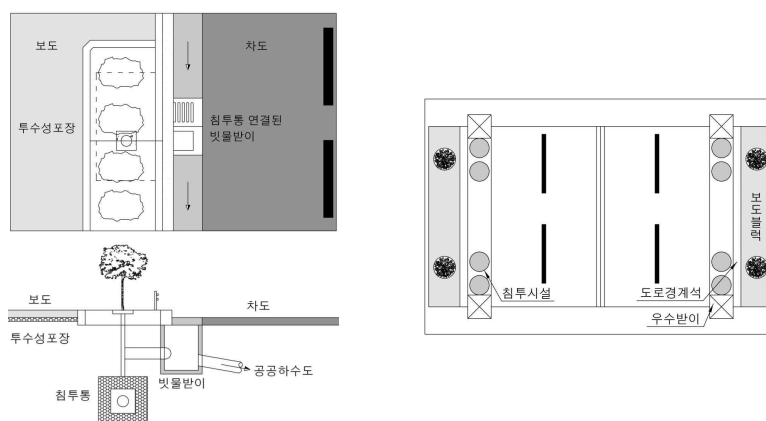
<그림 8.3.4> 조합하여 설치하는 경우의 표준구조

- 침투효과를 높이기 위해서는 몇 개의 침투시설을 조합하여 설치할 수 있으며, <그림 8.3.5>와 같다.



<그림 8.3.5> 도로침투시설 표준단면도

- 도로침투시설은 도로의 침수정과 연결하여 보도에 설치하는 경우는 다음의 사항을 고려한다.
 - (1) 교통량이 많은 주요 간선도로는 피하고, 도로지반에 영향을 주지 않도록 우수받이에 연결하여 보도면에 설치한다.
 - (2) 도로침투시설 유입관을 우수받이의 연결관 보다 높게 하여 초기우수나 오수, 협잡물은 관거로 배제되고 우수량이 일정수위를 넘어서 비교적 깨끗해지면 도로침투시설로 유입되도록 한다. 일반적으로 도로침투시설 유입관저고는 공공하수관거로의 연결관 관저고보다 4~5cm 높게 하며 지역여건에 따라 조정한다.



<그림 8.3.6> 도로의 우수받이 연결구조 사례

제 9 장 도시부 도로배수 관리

9.1 일반사항

도시부 도로의 관리자는 도로 배수시설이 항상 우수를 배제시킬 수 있도록 관리와 보수를 한다.

【해 설】

- 도로 배수시설의 관리는 배수시설의 기능을 유지할 수 있도록 수시점검, 일상점검 등을 실시하여 나뭇가지, 오물 등 이물질을 제거한다.
- 도시부 도로 배수시설의 관리는 배수시설의 기능을 발휘할 수 있도록 정기적으로 청소하고 점검하여 필요에 따라 보수 수리를 함으로써 그 기능을 유지하도록 한다.
- 도시부 도로 배수시설물의 관리 점검항목과 점검방법은 다음과 같다.

도시부 도로 배수시설 관리 점검표

◎ 일반현황

관리청/국도		조사일시	20 년 월 일
위 치		조사자	
좌 표	위도 () 경도 ()		
거 리 표	()호선 ()방향 ()km ()m ()행		

◎ 점검사항

노 면 배 수	구 분	배수구 ☐ , 측구 ☐ , 배수구 ☐ , 쌓기부 다이크 ☐ , 집수정 ☐
	규 격	폭 (m), 높이 (m), 길이 (m), 경사 (도)
	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 경사 부적합 ☐
비 탈 면 배 수	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	도로 노면 퇴적물 적채 ☐ , 퇴적물에 의한 배수시설 막힘 ☐ 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ , 월류 여부 ☐ 유실, 세굴, 붕괴 ☐ , 신규 용출수 유무 ☐
	구 분	배수구 ☐ , 산마루배수구 ☐ , 소단배수구 ☐ , 집수시설 ☐
	규 격	폭 (m), 높이 (m), 길이 (m), 경사 (도)
지 하 차 도 배 수	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	배수시설 막힘 ☐ , 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ 월류 여부 ☐ , 유실, 세굴, 붕괴 ☐ , 신규 용출수 유무 ☐
지 하 차 도 배 수	구 분	지하수 유입형 ☐ , 지하수 차단형 ☐
	규 격	폭 (m), 길이 (m), 용량 (m ³)
	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
지 하 차 도 배 수	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	배수시설 막힘 ☐ , 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ 배수설비의 작동여부 ☐

도로 저류 시설	구 분	저류시설 ☐ , 침투시설 ☐
	규 격	폭 (m), 길이 (m), 용량 (m ³)
	시 공	적정 ☐ , 일부손상 ☐ , 파손 ☐ , 누수 ☐
	점검 내용	위치 부적합 ☐ , 접합부 부적합 ☐ , 규격 변형 균열 ☐ , 구배 부적합 ☐
	관 리	적정 ☐ , 일부불량 ☐ , 불량 ☐
	점검 내용	배수시설 막힘 ☐ , 배수시설 및 연결부위 파손/변형/노후 ☐ 유실, 세굴 ☐ , 배수설비의 작동여부 ☐

◎ 현장사진

전경 사진	배수시설 사진

◎ 대책공법 및 점검자의견

대책공법	현상태유지 ☐ , 기존시설 교체·보수 ☐ , 배수시설 보강 ☐
점 검 자 의 견	

9.2 도시부 도로 배수시설의 관리 계획

도시부 도로 배수시설 관리자는 매년 2회 이상 일정한 기간을 정하여 배수시설의 점검, 청소, 보수, 개량 등 관리 및 보수 계획을 수립한다.

【해 설】

- 도시부 도로 배수시설의 관리 계획은 다음과 같은 사항을 포함하여 수립한다.
 - (1) 도로 배수시설의 개요(위치, 규모, 내용, 예산 등)
 - (2) 도시부 도로 지역적 강우량 및 지형적 특성
 - (3) 점검 시기를 정기점검과 비정기점검으로 나누고, 비정기점검은 우기등 강우량이 많은 시기, 홍수경보등의 발령시기, 시설주변에 토목공사 등이 종료된 경우에 실시할 수 있도록 사전에 계획을 수립한다.
 - (4) 배수시설의 점검과 정비가 효과적으로 이루어질 수 있도록 계획한다.
 - (5) 주간선도로와 보조간선도로 배수시설의 관리를 우선으로 하고, 부속 배수시설물도 사전에 정비함으로서 침수 피해가 확대되는 것을 방지한다.
 - (6) 도로 배수시설물의 원활한 관리를 위하여 인력과 펌프, 전기 등의 설비를 합리적으로 배치한다.
 - (7) 도로 배수시설 정비계획은 예산 집행에 차질이 없도록 수립하며, 우기 전에 정비한다.
 - (8) 배수시설 마다 청소항목 및 점검위치가 상이하므로 접속부나 필터등의 청소가 중점적으로 이루어지도록, 표준도면 등을 활용하여 관리 작업서를 사전에 제작한다.

9.3 도시부 도로 배수시설 관리

9.3.1 노면 배수시설

노면 배수시설이 파손되거나 제기능을 하지 않는 경우, 유지 보수 및 청소를 실시한다.

【해 설】

- 노면 배수시설의 관리는 다음과 같다.
 - (1) 파손된 측구, 종단관, 맨홀은 보수 또는 교체한다.
 - (2) 측구, 다이크 등에 막혀있는 쓰레기, 진흙은 인력이나 차량 등의 청소 장비로 제거한다.
 - (3) 용량이 부족한 시설은 증·개축을 한다.
 - (4) 집수정 또는 스틸그레이트 등의 청소 상태를 확인한다.

9.3.2 횡단 배수시설

횡단 배수시설의 균열 및 변형 발생을 중점적으로 점검하고, 이상이 발생한 경우는 신속하게 보수한다.

【해 설】

- 횡단 배수시설의 유지 및 보수 방법은 다음과 같다.
 - (1) 균열이나 조인트의 파손에 대해서는 조인트 채워 넣기를 한다.
 - (2) 관거의 상류 측은 수목 등이 흘러 들어가지 않도록 제어시설을 설치한다.
 - (3) 시설이 노후화되어 있거나 단면이 부족한 경우, 배수시설을 신설한다.
 - (4) 유입구 비탈면이 세굴된 상태로 방치하지 않는다.

9.3.3 지하 배수시설

지하 배수시설의 관리는 배수시설의 배수능력 확보 및 구조물의 파손 여부 등을 점검한다.

【해 설】

● 지하 배수시설의 관리는 다음과 같다.

- (1) 지하 배수시설에 문제가 발생한 경우는 보링을 하여 지하수를 뺀다.
- (2) 유입 및 유출구에서 배수 장애가 없도록 한다.
- (3) 철근이 노출된 곳은 콘크리트 피복 및 재시공한다.
- (4) U형 측구 뚜껑과 뚜껑사이의 집수구는 표면수가 원활하게 흘러 들어가도록 한다.
- (5) 측구 내에 오물 등이 퇴적되지 않도록 한다.
- (6) 집수정 등 상부를 스틸 그레이트로 시공한 배수시설은 이물질이 끼지 않도록 제거하고 손실 유무를 확인한다.

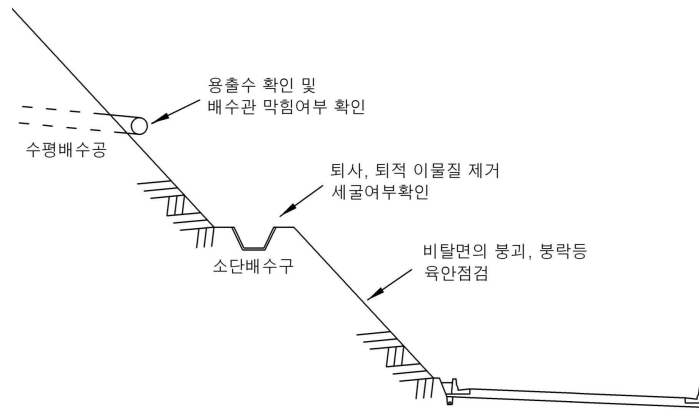
9.3.4 비탈면 배수시설

비탈면 배수시설의 관리는 비탈면 상부에서 주기적으로 점검하며, 배수로가 확보될 수 있도록 청소한다.

【해 설】

● 비탈면 배수시설의 점검 및 관리는 다음과 같다.

- (1) 쓰레기 및 토사가 막혀있는 경우는 즉시 제거한다.
- (2) 파손 부분은 보수하거나 교체하며 이음부가 어긋나 있는 것은 재설치한다.
- (3) 배수 능력이 부족한 경우는 증설하거나 충분한 기능을 가진 것과 교체한다.
- (4) 세굴되어 있는 곳은 필요한 재료를 이용해 복구한다.



<그림 9.3.1> 비탈면 배수시설의 관리

9.3.5 토석류 대책시설

토석류 대책시설의 관리는 배수능력 확보, 세굴여부, 인접 비탈면으로 부터의 토사유입 등에 대하여 점검한다.

【해 설】

- 토석류 대책시설이 자연재해에 의해 변형 또는 파손 등 기능 수행에 문제가 있다고 판단되었을 경우는 즉시 복구한다. 파손이 경미한 경우에는 보수하고, 보수가 곤란한 경우엔 철거 후, 다시 시공한다.
- 집중호우 전과 후 토석류 대책시설을 점검 및 청소하여, 호우 시 발생된 토석류 퇴적물 등을 준설하여 그 기능을 수행할 수 있도록 한다.
- 토석류 대책시설의 점검 및 관리는 다음과 같다.
 - (1) 토석류 대책시설의 전체적 상황을 파악하여 정기적인 변화를 관찰한다.
 - (2) 스크린, 배수구 등 부대시설이 설계된 기능을 하고 있는지 점검한다.
 - (3) 대책시설에 퇴적된 토사량을 관찰하여, 정기적으로 제거한다.
 - (4) 물방석 등 유입수가 충격을 주는 부재를 관찰하여 대책이 필요한 경우에는 시설물을 보수한다.

9.3.6 도로저류시설

도로저류시설은 항상 그 기능을 발휘할 수 있어야 하며, 비상시 운용에 차질이 없도록 설비를 정비한다.

【해 설】

- 도로저류시설의 점검은 시설물의 기능발휘 여부 및 관리 계획수립에 필요한 자료수집을 목적으로 하며, 최소 년 2회 이상 시행한다.
- 특별점검은 장마, 홍수, 태풍, 일반강우 등 재해발생 우려가 큰 시기의 전후에 시행한다.
- 도로저류시설의 점검 및 관리는 다음과 같다.
 - (1) 정기적인 점검으로 저류조내 고인물을 제거하고 청소를 한다.
 - (2) 부대시설(방류수로, 월류웨어 등)을 점검한다.
 - (3) 저류조등에서 발생하는 악취를 방지하고 및 동해를 입지 않도록 한다.
 - (4) 저류조, 연결관거 및 맨홀을 점검하고 준설한다.
 - (5) 구조물의 파손, 누수, 균열 등을 조사하여 필요한 경우 시설물을 보수한다.
 - (6) 관리 수문을 점검하고 작동여부를 파악한다.

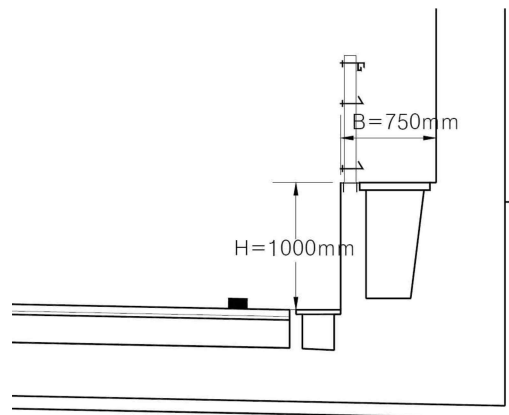
9.3.7 지하차도 배수시설

지하차도 배수시설은 배수관거에 쌓여있는 토사 및 먼지를 주기적으로 제거하여 원활하게 배수할 수 있도록 하고, 구조물 손상부위로 우수의 침투 여부를 조사하고 보수한다. 지하차도에는 배수시설 등의 관리를 위하여 점검통로를 설치한다.

【해 설】

- 지하차도 노면에 고인 물은 차량의 미끄러짐을 발생시키고, 차량 바퀴에 의한 비산으로 인접 차량의 주행에 영향이 미치므로 지하차도 배수시설을 일상점검과 함께 수시로 관리하여야 한다.

- 지하차도 배수시설의 점검 및 관리는 다음과 같다.
 - (1) 집수정 및 우수받이의 덮개를 청소한다.
 - (2) 배수관거의 퇴적 토사 및 먼지를 제거한다.
 - (3) 펌프시설 및 집수정을 주기적으로 점검하여 작동상황을 확인한다. 특히 우기시 월 1회 이상의 정상 작동 여부를 확인한다.
 - (4) 구조물 파손, 누수 및 균열을 조사하여 우수가 침투하지 않도록 한다.
 - (5) 예비 펌프의 작동상황을 점검하여 비상시 운전예 대비한다.
- 지하차도는 배수시설 등의 점검 및 관리와 침수 등 비상시 지하차도 이용자의 피난 경로로 활용될 수 있는 점검 통로를 설치한다. 점검 통로의 폭은 유지관리 작업원의 보행 및 작업에 불편이 없도록 0.75m 이상으로 한다.



<그림 9.3.2> 점검 통로

참고문헌

1. 국토교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
2. 국토교통부, KDS 11 00 00 지반설계기준
3. 국토교통부, KDS 11 00 00 지반공사 표준시방서
4. 국토교통부, KDS 44 00 00 도로설계기준
5. 국토교통부, KCS 44 00 00 도로공사 표준시방서
6. 국토교통부, KDS 44 90 00 도로암거구조 설계기준
7. 국토교통부, 하천설계기준 해설, 2019
8. 환경부, KDS 51 00 00 하천 설계기준
9. 환경부, KCS 51 00 00 하천공사 표준시방서
10. 환경부, KDS 61 00 00 하수도 설계기준
11. 환경부, KCS 61 00 00 하수관로 표준시방서
12. 국토해양부, 한국건설교통평가원, 도시 우수배수시설의 설계 가이드라인, 2008
13. 국토해양부, 한국건설교통평가원, 이상기후에 대비한 시설기준 강화-토석류 대비 도로시설물 설계기준 연구보고서, 2010
14. 국토해양부, 환경부 환경친화적인 도로 건설지침, 2010
15. 한국도로공사, 도로 설계요령, 토공 및 배수
16. 행정자치부, 국립방재연구소, 토석류의 발생작용 및 피해저감에 관한연구, 2004
17. 한국토지주택공사, 설계지침(토목), 2012
18. 환경부, 분류식하수도 시설기준 및 유지보수기준 개선방안 연구, 2007.12

19. 한국상하수도협회, 하수도공사 시공관리요령, 2010.2
20. AASHTO, Highway Drainage Guideline, 2006
21. FHWA, Debris Control Structures Evaluation and Countermeasures, Third Edition, Hydraulic Engineering Circular, No. 9, 2005
22. FHWA, Hydraulic Design of Highway Culverts, 1996
23. FHWA, Urban Drainage Design Manual, Hydraulic Engineering Circular, No. 22, Second Edition, 2001
24. ASCE, Design and Construction of Urban Stormwater Management System, 1992
25. VDOT, Drainage Manual, 2002
26. 國土交通省 東北地方整備局, 設計施工マニュアル
27. 國土技術政策總合研究所, 土石流・流木對策設計技術指針解説, 2007
28. 日本道路協會, 道路土工-排水工指針, 1987

부 록 편

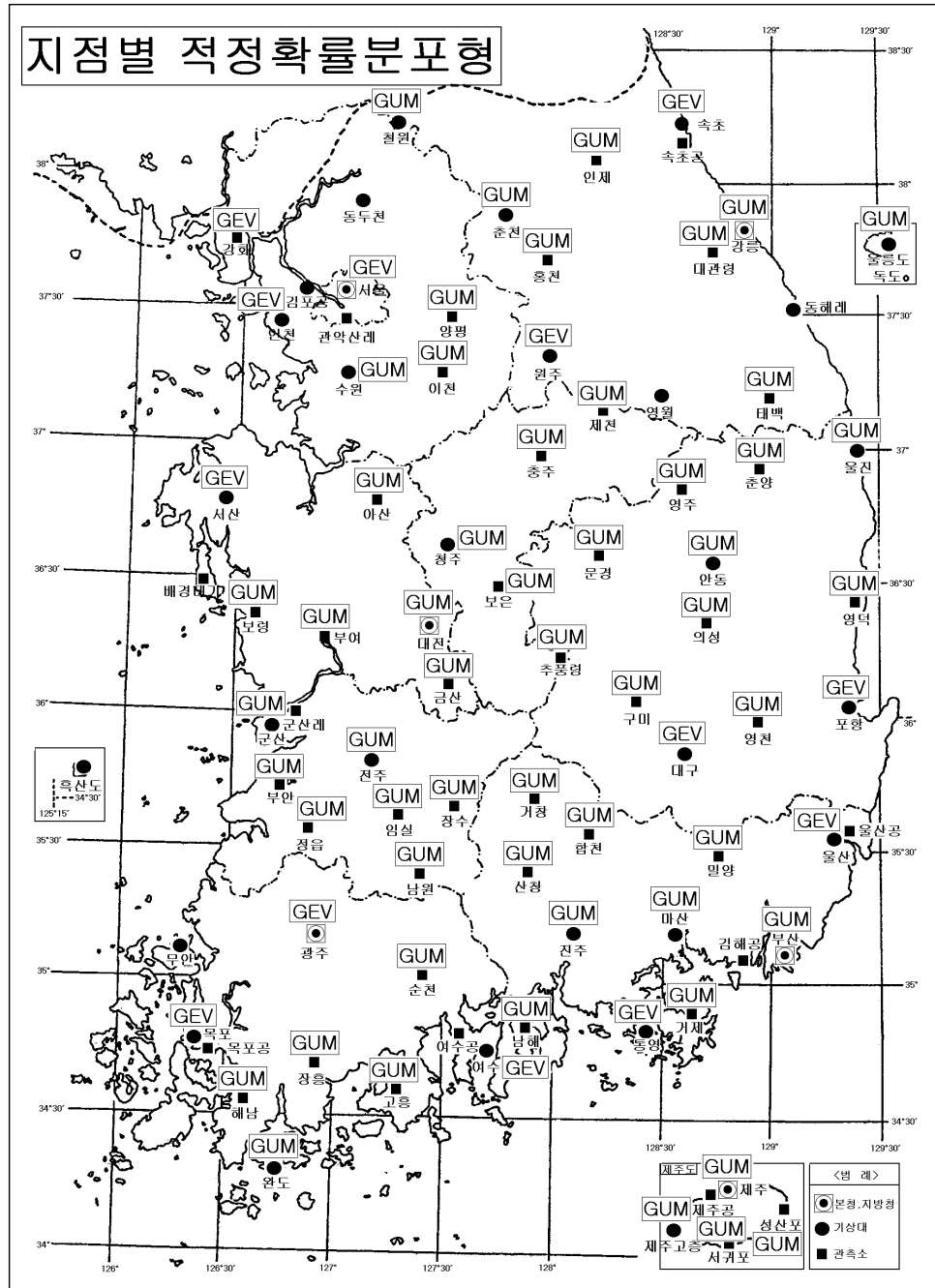
- 부록 Ⅰ 관측지점 및 전국 주요 지점의 확률강우량
부록 Ⅱ 전국 주요 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선
부록 Ⅲ 수리도표

부 록

관측지점 및

전국주요지점의 확률강우량





〈그림 1〉 관측지점 및 지점별 적정 확률분포형

〈주요 지점의 확률강우량 찾기 표〉

표 번호	지점명(번호)	비고	표 번호	지점명(번호)	비고
〈표 I-1〉	속초(090)		〈표 I-36〉	양평(202)	
〈표 I-2〉	철원(095)		〈표 I-37〉	이천(203)	
〈표 I-3〉	대관령(100)		〈표 I-38〉	인제(211)	
〈표 I-4〉	춘천(101)		〈표 I-39〉	홍천(212)	
〈표 I-5〉	강릉(105)		〈표 I-40〉	태백(216)	
〈표 I-6〉	동해(106)		〈표 I-41〉	제천(221)	
〈표 I-7〉	서울(108)		〈표 I-42〉	충주(223)	
〈표 I-8〉	인천(112)		〈표 I-43〉	보은(226)	
〈표 I-9〉	원주(114)		〈표 I-44〉	천안(232)	
〈표 I-10〉	울릉도(115)		〈표 I-45〉	보령(235)	
〈표 I-11〉	수원(119)		〈표 I-46〉	부여(236)	
〈표 I-12〉	서산(129)		〈표 I-47〉	금산(238)	
〈표 I-13〉	울진(130)		〈표 I-48〉	부안(243)	
〈표 I-14〉	청주(131)		〈표 I-49〉	임실(244)	
〈표 I-15〉	대전(133)		〈표 I-50〉	정읍(245)	
〈표 I-16〉	추풍령(135)		〈표 I-51〉	남원(247)	
〈표 I-17〉	안동(136)		〈표 I-52〉	장수(248)	
〈표 I-18〉	포항(138)		〈표 I-53〉	주암(256)	
〈표 I-19〉	군산(140)		〈표 I-54〉	장흥(260)	
〈표 I-20〉	대구(143)		〈표 I-55〉	해남(261)	
〈표 I-21〉	전주(146)		〈표 I-56〉	고흥(262)	
〈표 I-22〉	울산(152)		〈표 I-57〉	봉화(271)	
〈표 I-23〉	창원(155)		〈표 I-58〉	영주(272)	
〈표 I-24〉	광주(156)		〈표 I-59〉	문경(273)	
〈표 I-25〉	부산(159)		〈표 I-60〉	영덕(277)	
〈표 I-26〉	통영(162)		〈표 I-61〉	의성(278)	
〈표 I-27〉	목포(165)		〈표 I-62〉	구미(279)	
〈표 I-28〉	여수(168)		〈표 I-63〉	영천(281)	
〈표 I-29〉	완도(170)		〈표 I-64〉	거창(284)	
〈표 I-30〉	제주(184)		〈표 I-65〉	함천(285)	
〈표 I-31〉	고산(185)		〈표 I-66〉	밀양(288)	
〈표 I-32〉	성산(188)		〈표 I-67〉	산청(289)	
〈표 I-33〉	서귀포(189)		〈표 I-68〉	거제(294)	
〈표 I-34〉	진주(192)		〈표 I-69〉	남해(295)	
〈표 I-35〉	강화(201)				

〈표1-1〉 속초(90) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	90.1	63.8	52.7	46.4	39.1	34.9	32	29.9	25.7	23.1
3	106.6	73.7	61	53.8	45.5	40.6	37.3	34.8	29.8	26.7
5	125	84.7	70.2	62.1	52.6	47	43.1	40.2	34.4	30.8
10	148.2	98.5	81.8	72.5	61.6	55.1	50.5	47.1	40.2	35.9
20	170.4	112	92.8	82.3	70.1	62.7	57.6	53.7	45.8	40.9
30	183.1	119.8	99.2	88	75	67.2	61.7	57.5	49	43.7
50	199.2	129.2	107.2	95.1	81.2	72.7	66.7	62.2	53	47.2
70	209.6	135.6	112.4	99.8	85.2	76.3	70.1	65.3	55.7	49.5
80	213.8	138	114.5	101.7	86.8	77.8	71.4	66.5	56.7	50.4
100	220.7	142.1	117.9	104.8	89.5	80.2	73.6	68.6	58.4	52
200	242.1	155.1	128.6	114.3	97.7	87.6	80.4	74.9	63.8	56.8
300	254.7	162.6	134.9	120	102.6	92	84.4	78.6	66.9	59.5
500	270.4	172	142.7	127	108.7	97.4	89.4	83.3	70.9	63
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19.7	17.6	14.7	12.1	10.4	9.2	8.2	6.8	4.1	2.9
3	22.8	20.3	17	14	12.1	10.7	9.6	8	4.9	3.5
5	26.2	23.3	19.5	16.1	13.9	12.4	11.1	9.3	5.8	4.2
10	30.5	27	22.7	18.8	16.3	14.4	13	11	6.9	5.1
20	34.6	30.7	25.7	21.3	18.4	16.4	14.8	12.6	8	5.9
30	37	32.7	27.4	22.7	19.7	17.6	16	13.6	8.6	6.3
50	39.9	35.3	29.6	24.5	21.3	19	17.2	14.6	9.4	6.9
70	41.9	37	31	25.7	22.4	20	18.1	15.5	9.9	7.3
80	42.6	37.7	31.6	26.2	22.8	20.3	18.5	15.7	10.1	7.5
100	43.9	38.9	32.5	27	23.5	21	19.1	16.2	10.4	7.7
200	47.9	42.4	35.4	29.4	25.6	22.9	20.8	17.8	11.5	8.5
300	50.3	44.4	37.2	30.9	26.9	24	21.9	18.7	12.1	9
500	53.2	47	39.3	32.7	28.5	25.5	23.2	19.8	12.8	9.5

I 부 록

〈표1-2〉 철원(95) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	119.4	92.7	78.2	68.8	57	49.8	44.7	41	33.7	29.3
3	133.8	104.1	87.7	77.1	64.1	56.2	50.7	46.6	38.6	33.8
5	149.9	116.9	98.2	86.4	72	63.3	57.3	52.8	44	38.7
10	170.1	132.8	111.5	98.2	82	72.3	65.6	60.6	50.9	44.8
20	189.4	148.2	124.3	109.4	91.5	80.9	73.6	68.1	57.4	50.8
30	200.6	157	131.6	115.9	97	85.8	78.1	72.4	61.2	54.2
50	214.5	168.1	140.8	123.9	103.9	92	83.9	77.8	65.9	58.4
70	223.6	175.3	146.8	129.3	108.4	96.1	87.6	81.4	69	61.2
80	227.2	178.2	149.2	131.3	110.2	97.7	89.1	82.8	70.2	62.3
100	233.3	182.8	153.1	134.9	113.2	100.4	91.6	85.1	72.2	64.2
200	252	197.7	165.5	145.7	122.4	108.7	99.3	92.3	78.6	69.9
300	262.9	206.5	172.7	152	127.8	113.6	103.8	96.6	82.3	73.3
500	276.7	217.3	181.8	160	134.6	119.6	109.5	101.9	86.9	77.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.1	20.8	16.9	13.4	11.3	9.8	8.7	7.1	4.3	3.2
3	27.8	24.2	19.7	15.8	13.4	11.7	10.5	8.7	5.4	4
5	32.1	28	22.9	18.5	15.7	13.8	12.4	10.4	6.6	5.1
10	37.4	32.7	26.9	21.8	18.7	16.5	14.9	12.5	8.1	6.2
20	42.5	37.2	30.7	25	21.4	19	17.2	14.6	9.5	7.3
30	45.4	39.9	32.9	26.8	23.1	20.5	18.5	15.7	10.4	8
50	49.1	43.1	35.6	29.1	25.1	22.3	20.2	17.2	11.5	8.8
70	51.5	45.3	37.4	30.7	26.4	23.5	21.3	18.2	12.2	9.3
80	52.4	46.1	38.1	31.2	26.9	23.9	21.7	18.6	12.4	9.5
100	54	47.5	39.3	32.2	27.8	24.8	22.5	19.2	12.8	9.8
200	58.9	51.9	43	35.3	30.5	27.2	24.7	21.2	14.3	10.9
300	61.8	54.5	45.2	37.1	32.1	28.7	26.1	22.4	15.1	11.5
500	65.5	57.7	47.9	39.4	34.1	30.5	27.7	23.8	16.1	12.3

〈표1-3〉 대관령(100) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	86.7	67.2	57.1	50.4	42.1	36.9	33.4	30.8	25.9	23.1
3	99.4	74.4	63.1	55.8	46.8	41.3	37.5	34.7	29.6	26.6
5	113.5	82.7	69.7	61.7	51.9	46.1	42.1	39.2	33.7	30.5
10	131.3	92.9	78	69.1	58.4	52.1	47.8	44.7	38.8	35.5
20	148.2	102.7	86	76.2	64.7	57.9	53.4	50	43.8	40.2
30	158	108.4	90.6	80.3	68.3	61.3	56.5	53.1	46.7	43
50	170.3	115.3	96.3	85.5	72.9	65.5	60.5	56.9	50.2	46.4
70	178.3	120.1	100.1	88.8	75.8	68.2	63.1	59.4	52.5	48.6
80	181.5	122	101.6	90.1	76.9	69.3	64.1	60.4	53.5	49.5
100	186.8	124.9	104.1	92.4	79	71.1	65.9	62.1	55	50.9
200	203.2	134.4	111.8	99.3	85	76.7	71.2	67.2	59.8	55.5
300	212.8	139.9	116.3	103.3	88.5	80	74.3	70.2	62.6	58.2
500	224.8	146.9	122	108.4	92.9	84.1	78.2	74	66.1	61.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19.8	17.8	15.4	13.1	11.6	10.4	9.5	8.1	5	3.6
3	23.1	21	18.4	15.9	14.1	12.7	11.5	9.7	6	4.4
5	26.8	24.6	21.7	18.8	16.8	15.1	13.8	11.7	7.2	5.2
10	31.5	29	25.8	22.6	20.2	18.3	16.7	14.1	8.7	6.3
20	36	33.3	29.8	26.2	23.5	21.3	19.4	16.5	10.1	7.3
30	38.6	35.9	32.2	28.3	25.4	23	21	17.8	10.9	7.9
50	41.8	38.9	35	30.9	27.8	25.2	23	19.5	11.9	8.7
70	43.9	40.9	36.9	32.7	29.3	26.6	24.3	20.6	12.6	9.2
80	44.7	41.7	37.6	33.3	29.9	27.2	24.8	21.1	12.8	9.3
100	46.1	43.1	38.9	34.4	31	28.1	25.7	21.8	13.3	9.7
200	50.5	47.2	42.8	37.9	34.1	31	28.3	24	14.7	10.7
300	53	49.7	45	40	36	32.7	29.9	25.3	15.5	11.3
500	56.2	52.7	47.9	42.6	38.3	34.8	31.8	27	16.5	12

I 부록

〈표1-4〉 춘천(101) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	123	88.9	74.2	64.9	53.1	45.7	40.6	36.8	29.6	25.4
3	138.2	99.4	83	72.7	59.7	51.5	45.9	41.7	33.6	28.8
5	155.2	111	92.8	81.4	67	58	51.7	47	38	32.7
10	176.5	125.5	105.1	92.4	76.3	66.2	59.1	53.8	43.5	37.5
20	196.9	139.3	116.9	103	85.2	74	66.1	60.2	48.8	42
30	208.7	147.3	123.8	109.1	90.4	78.5	70.2	63.9	51.8	44.6
50	223.4	157.3	132.2	116.6	96.8	84.1	75.2	68.5	55.6	48
70	233.1	163.9	137.8	121.6	101	87.8	78.5	71.6	58.1	50.1
80	236.9	166.6	140	123.6	102.6	89.3	79.9	72.8	59.1	51
100	243.3	170.9	143.7	126.9	105.4	91.7	82	74.8	60.7	52.4
200	263.1	184.3	155.1	137	114	99.3	88.8	81	65.8	56.8
300	274.6	192.1	161.8	143	119	103.7	92.8	84.7	68.8	59.4
500	289.2	202.1	170.2	150.5	125.3	109.3	97.8	89.3	72.6	62.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.5	17.7	14.3	11.6	9.8	8.6	7.7	6.4	3.9	2.9
3	23.4	20.1	16.4	13.2	11.3	10	8.9	7.5	4.7	3.5
5	26.5	22.9	18.6	15.2	13	11.5	10.4	8.7	5.6	4.2
10	30.4	26.3	21.5	17.6	15.2	13.5	12.2	10.3	6.6	5
20	34.2	29.6	24.3	19.9	17.2	15.3	13.9	11.8	7.6	5.8
30	36.3	31.5	25.9	21.2	18.4	16.4	14.9	12.6	8.2	6.3
50	39.1	33.9	27.9	22.9	19.9	17.7	16.1	13.7	9	6.9
70	40.9	35.5	29.2	24	20.8	18.6	16.9	14.4	9.5	7.3
80	41.6	36.1	29.7	24.4	21.2	18.9	17.2	14.7	9.7	7.4
100	42.7	37.1	30.5	25.1	21.8	19.5	17.7	15.1	10	7.7
200	46.4	40.3	33.2	27.4	23.8	21.3	19.4	16.6	11	8.4
300	48.5	42.1	34.7	28.7	25	22.3	20.4	17.4	11.6	8.9
500	51.2	44.5	36.7	30.3	26.4	23.7	21.6	18.6	12.3	9.5

〈표1-5〉 강릉(105) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	105.0	73.9	61.5	54.0	44.9	39.3	35.4	32.5	27.0	23.7
3	121.8	84.6	70.4	62.0	51.9	45.8	41.5	38.4	32.2	28.5
5	140.3	96.6	80.3	70.9	59.7	53.0	48.3	44.8	38.1	34.0
10	163.7	111.6	92.8	82.1	69.6	62.1	56.9	53.0	45.4	40.8
20	186.0	125.9	104.8	92.9	79.0	70.8	65.1	60.8	52.4	47.2
30	198.9	134.4	111.7	99.0	84.4	75.8	69.8	65.3	56.5	51.0
50	215.1	144.6	120.2	106.7	91.2	82.0	75.7	71.0	61.6	55.7
70	225.6	151.4	125.9	111.8	95.6	86.1	79.5	74.6	64.9	58.7
80	229.9	154.0	128.1	113.8	97.5	87.8	81.1	76.1	66.2	59.9
100	236.8	158.6	131.9	117.2	100.4	90.4	83.6	78.5	68.4	62.0
200	258.4	172.3	143.4	127.5	109.5	98.9	91.5	86.1	75.2	68.2
300	271.1	180.5	150.2	133.6	114.9	103.8	96.2	90.5	79.1	71.9
500	287.1	190.6	158.6	141.3	121.6	110.0	102.0	96.0	84.1	76.5
Duration(min)										
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19.8	17.4	14.5	12.0	10.3	9.1	8.2	6.8	4.1	2.9
3	24.1	21.3	17.9	14.8	12.8	11.3	10.2	8.4	5.0	3.6
5	28.9	25.7	21.7	18.0	15.5	13.7	12.3	10.2	6.1	4.4
10	34.9	31.2	26.4	21.9	19.0	16.8	15.1	12.5	7.4	5.3
20	40.7	36.5	30.9	25.8	22.3	19.7	17.6	14.6	8.7	6.2
30	44.0	39.5	33.5	27.9	24.1	21.3	19.2	15.9	9.5	6.7
50	48.2	43.3	36.8	30.6	26.5	23.4	21.0	17.5	10.4	7.4
70	50.9	45.7	38.9	32.5	28.1	24.8	22.3	18.5	11.0	7.8
80	52.0	46.7	39.8	33.2	28.7	25.4	22.8	18.9	11.2	8.0
100	53.8	48.4	41.2	34.3	29.7	26.3	23.6	19.6	11.6	8.2
200	59.4	53.5	45.6	38.1	32.9	29.1	26.1	21.7	12.8	9.1
300	62.6	56.4	48.1	40.2	34.8	30.7	27.6	22.9	13.5	9.6
500	66.7	60.2	51.4	42.9	37.1	32.8	29.4	24.4	14.5	10.3

I 부록

〈표1-6〉 동해(106) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	89.8	67.4	55.5	48.4	40.1	35.2	31.9	29.5	24.8	21.9
3	106.5	78.7	64.5	56.4	47.1	41.8	38.2	35.6	30.3	26.9
5	125.1	91.4	74.6	65.2	55	49.2	45.3	42.4	36.4	32.5
10	148.6	107.2	87.2	76.4	64.9	58.5	54.1	50.8	44	39.4
20	171	122.4	99.4	87.1	74.3	67.3	62.6	59	51.4	46.1
30	184	130.9	106.3	93.4	79.8	72.5	67.5	63.7	55.6	49.9
50	200.1	141.8	115.1	101.1	86.7	78.9	73.6	69.5	60.8	54.7
70	210.7	148.9	120.8	106.2	91.1	83	77.5	73.3	64.2	57.8
80	214.9	151.7	123	108.1	92.9	84.6	79.1	74.8	65.7	59.1
100	221.8	156.5	126.9	111.5	95.8	87.4	81.7	77.4	67.9	61.2
200	243.5	171.1	138.6	121.9	105.1	96	89.9	85.3	75	67.6
300	256.2	179.7	145.4	128	110.4	101	94.7	89.8	79.1	71.3
500	272.3	190.3	154	135.6	117.1	107.3	100.7	95.6	84.3	76.1
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	18.4	16.2	13.4	11	9.4	8.4	7.6	6.4	4	2.9
3	22.6	19.8	16.3	13.3	11.4	10.1	9.1	7.7	4.9	3.5
5	27.3	23.8	19.4	15.7	13.5	11.9	10.8	9.2	5.9	4
10	33.1	28.9	23.5	18.9	16.1	14.3	12.9	11.1	7.1	4.8
20	38.7	33.7	27.3	21.9	18.7	16.5	15	12.9	8.3	5.6
30	42	36.6	29.6	23.6	20.2	17.8	16.2	13.9	9	6.1
50	46	40	32.3	25.8	22	19.5	17.6	15.1	9.8	6.5
70	48.7	42.4	34.2	27.3	23.2	20.5	18.6	15.9	10.3	6.9
80	49.7	43.3	34.9	27.8	23.7	21	19	16.3	10.5	7
100	51.5	44.8	36.1	28.7	24.5	21.7	19.6	16.8	11	7.3
200	56.9	49.5	39.8	31.7	27	23.9	21.6	18.6	12.1	8
300	60.1	52.2	42	33.4	28.4	25.1	22.8	19.5	12.7	8.5
500	64.1	55.7	44.7	35.6	30.2	26.7	24.2	20.8	13.5	8.9

〈표1-7〉 서울(108) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	133.3	96.2	80.7	71.4	60.2	53.2	48.2	44.4	36.7	31.7
3	148.8	108.7	92	82.1	70.1	62.5	57	52.7	43.9	38
5	166.7	122.8	104.8	94.2	81.2	72.9	66.8	62	51.8	45.1
10	188.1	140.3	120.9	109.4	95.2	85.9	79.1	73.6	61.9	53.9
20	209.6	157.1	136.1	123.8	108.5	98.4	90.9	84.8	71.5	62.3
30	221.5	166.9	145.1	132.2	116.2	105.6	97.7	91.2	77	67.2
50	237.1	179.2	156.2	142.7	125.9	114.7	106.2	99.2	84	73.3
70	247.8	187.2	163.4	149.5	132.1	120.5	111.7	104.5	88.5	77.3
80	251.4	190.3	166.2	152.1	134.6	122.9	113.9	106.6	90.3	78.9
100	257.4	195.3	170.9	156.6	138.7	126.7	117.5	110	93.3	81.5
200	278.8	211.5	185.7	170.6	151.7	138.9	129	120.9	102.6	89.7
300	290.7	221.3	194.5	178.9	159.2	145.9	135.6	127.1	108	94.5
500	305.1	233	205.3	189.1	168.6	154.8	144	135	114.8	100.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	25.4	21.5	16.7	12.7	10.4	8.8	7.7	6.2	3.7	2.7
3	30.6	25.8	20	15.2	12.4	10.5	9.2	7.4	4.4	3.3
5	36.2	30.6	23.6	17.9	14.6	12.4	10.8	8.8	5.3	4
10	43.4	36.6	28.2	21.3	17.4	14.8	12.9	10.5	6.4	4.8
20	50.2	42.3	32.6	24.6	20.1	17.1	14.9	12.1	7.5	5.6
30	54.1	45.6	35.1	26.5	21.6	18.4	16.1	13.1	8.1	6.1
50	59	49.8	38.3	28.9	23.5	20	17.5	14.3	8.8	6.7
70	62.3	52.5	40.4	30.5	24.8	21.1	18.5	15	9.3	7.1
80	63.5	53.6	41.2	31.1	25.3	21.5	18.9	15.4	9.5	7.2
100	65.7	55.3	42.5	32.1	26.1	22.2	19.5	15.9	9.8	7.5
200	72.3	60.9	46.8	35.3	28.7	24.4	21.4	17.5	10.8	8.2
300	76.1	64.1	49.3	37.2	30.2	25.7	22.6	18.4	11.4	8.7
500	81	68.2	52.4	39.5	32.1	27.3	24	19.6	12.2	9.3

I 부 록

〈표1-8〉 인천(112) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	120.3	90.9	76.7	67.9	56.8	49.8	44.9	41.2	33.7	29
3	134.5	101.7	87.1	77.8	65.9	58.2	52.6	48.3	39.6	34.2
5	150.1	113.8	98.6	88.8	75.9	67.4	61.1	56.2	46.2	39.9
10	169.8	128.9	113.1	102.7	88.6	79	71.7	66.1	54.4	47.1
20	188.6	143.3	127	116.1	100.9	90.1	82	75.6	62.3	54
30	199.5	151.8	135	123.7	107.8	96.5	87.9	81.1	67	58
50	213	162.3	144.9	133.3	116.6	104.5	95.3	88	72.7	63
70	221.9	169.1	151.5	139.6	122.3	109.8	100.1	92.4	76.4	66.2
80	225.4	171.9	154.1	142	124.6	111.8	102	94.2	77.9	67.5
100	231.3	176.5	158.4	146.2	128.3	115.3	105.2	97.2	80.4	69.7
200	249.5	190.5	171.8	159.1	140.1	126.1	115.1	106.4	88	76.3
300	260.3	198.7	179.6	166.6	147	132.4	120.9	111.8	92.5	80.2
500	273.7	209.1	189.5	176	155.7	140.3	128.2	118.5	98.1	85.1
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.3	19.7	15.4	11.8	9.7	8.3	7.3	5.9	3.5	2.6
3	27.5	23.3	18.3	14.2	11.7	10	8.8	7.1	4.2	3.1
5	32.2	27.4	21.6	16.8	13.9	12	10.5	8.5	5	3.6
10	38	32.5	25.7	20.1	16.7	14.4	12.7	10.3	6	4.4
20	43.7	37.3	29.7	23.3	19.4	16.7	14.7	11.9	6.9	5.1
30	46.9	40.1	31.9	25.1	20.9	18	15.9	12.9	7.5	5.5
50	51	43.7	34.8	27.4	22.8	19.7	17.4	14.1	8.2	6
70	53.6	46	36.7	28.9	24.1	20.8	18.3	14.9	8.6	6.3
80	54.7	46.9	37.4	29.4	24.6	21.2	18.7	15.2	8.8	6.4
100	56.4	48.4	38.6	30.4	25.4	22	19.4	15.7	9.1	6.6
200	61.8	53	42.4	33.5	28	24.2	21.4	17.3	10	7.3
300	65.1	55.8	44.7	35.3	29.5	25.5	22.5	18.2	10.5	7.7
500	69.1	59.3	47.5	37.5	31.4	27.2	24	19.4	11.2	8.2

〈표1-9〉 원주(114) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	184.3	120.4	97.2	83.5	66.9	56.8	49.9	44.8	35.2	29.7
3	231.6	141.6	110.8	93.7	74.4	63.2	55.7	50.3	40	34.1
5	284.4	165.1	125.8	105.1	82.7	70.3	62.2	56.3	45.3	38.9
10	350.4	195.2	144.7	119.3	93.1	79.2	70.3	63.9	52.1	45.1
20	414.1	223.5	162.8	133.1	103.3	87.8	78.1	71.2	58.4	50.9
30	450.6	239.9	173.3	141	109.1	92.8	82.5	75.4	62.1	54.3
50	496.3	260.6	186.2	150.8	116.3	98.9	88.1	80.6	66.7	58.5
70	526.3	274	194.8	157.3	121	103	91.8	84	69.7	61.3
80	538.1	279.2	198.2	159.9	122.9	104.6	93.3	85.4	70.9	62.4
100	557.9	288.2	203.8	164.1	126.1	107.2	95.7	87.6	72.9	64.2
200	619.3	315.9	221.2	177.3	135.8	115.5	103.2	94.7	79.1	69.9
300	655.1	332	231.4	185	141.5	120.4	107.6	98.8	82.7	73.2
500	700.3	352.3	244.3	194.8	148.6	126.5	113.1	103.9	87.2	77.3
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.4	19.8	15.7	12.4	10.5	9.1	8.1	6.7	4.1	3
3	27.2	23.2	18.5	14.7	12.4	10.8	9.6	8	4.9	3.6
5	31.4	27	21.6	17.2	14.5	12.7	11.3	9.4	5.7	4.2
10	36.7	31.7	25.5	20.3	17.2	15.1	13.5	11.2	6.9	5
20	41.8	36.2	29.3	23.4	19.8	17.3	15.4	12.8	7.9	5.8
30	44.8	38.9	31.5	25.2	21.3	18.6	16.6	13.8	8.6	6.3
50	48.4	42.1	34.2	27.3	23.1	20.2	18.1	15.1	9.4	6.8
70	50.9	44.3	36	28.8	24.3	21.3	19	15.9	9.9	7.2
80	51.8	45.1	36.7	29.3	24.8	21.7	19.4	16.2	10.1	7.4
100	53.4	46.5	37.8	30.3	25.6	22.4	20	16.7	10.4	7.6
200	58.4	51	41.5	33.2	28.1	24.6	22	18.3	11.5	8.4
300	61.2	53.5	43.6	34.9	29.5	25.9	23.1	19.3	12.1	8.8
500	64.8	56.7	46.3	37.1	31.4	27.5	24.6	20.5	12.9	9.2

I 부 록

〈표1-10〉 울릉도(115) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	97.4	68.2	55.3	47.8	39	33.9	30.4	27.8	22.9	19.8
3	110.8	78.7	65.2	57	47	40.9	36.6	33.5	27.3	23.6
5	125.5	90.7	76.1	67	55.6	48.6	43.6	39.8	32.5	28
10	144.3	105.5	89.8	79.8	66.7	58.3	52.3	47.8	38.8	33.4
20	162.1	119.8	103	92	77.3	67.6	60.7	55.4	44.9	38.6
30	172.3	128.3	110.6	98.9	83.3	73	65.5	59.8	48.5	41.6
50	185.1	138.6	120	107.6	90.9	79.6	71.5	65.3	52.9	45.4
70	193.6	145.3	126.3	113.5	95.9	84.1	75.4	68.8	55.7	47.8
80	196.8	148.1	128.7	115.6	97.8	85.8	77	70.3	57	48.8
100	202.5	152.5	132.8	119.5	101.1	88.7	79.6	72.7	58.8	50.4
200	219.7	166.2	145.6	131.4	111.4	97.7	87.7	80	64.7	55.4
300	229.7	174.5	153	138.1	117.3	102.9	92.4	84.3	68.2	58.4
500	242.4	184.7	162.4	146.8	124.8	109.6	98.4	89.7	72.5	62.1
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16	13.7	10.8	8.3	6.8	5.8	5.1	4	2.3	1.6
3	19.1	16.3	12.9	10	8.2	6.9	6	4.8	2.7	2
5	22.5	19.2	15.1	11.7	9.6	8.1	7.1	5.6	3.2	2.3
10	26.9	22.9	18.1	14	11.4	9.7	8.4	6.7	3.8	2.8
20	31	26.4	20.8	16.1	13.2	11.2	9.7	7.7	4.4	3.3
30	33.4	28.4	22.4	17.3	14.2	12.1	10.5	8.4	4.7	3.5
50	36.4	30.9	24.4	18.8	15.5	13.2	11.4	9.1	5.1	3.8
70	38.3	32.6	25.7	19.9	16.3	13.9	12.1	9.6	5.4	4.1
80	39.1	33.2	26.2	20.3	16.6	14.1	12.3	9.8	5.5	4.1
100	40.4	34.3	27.1	20.9	17.2	14.6	12.7	10.1	5.7	4.3
200	44.3	37.7	29.7	23	18.9	16.1	14	11.1	6.2	4.7
300	46.7	39.7	31.3	24.2	19.9	16.9	14.7	11.6	6.6	5
500	49.7	42.2	33.3	25.7	21.1	17.9	15.6	12.4	7	5.3

〈표1-11〉 수원(119) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	134	99.4	84.1	74.2	61.4	53.3	47.6	43.3	34.9	30
3	148.1	110.7	93.8	82.9	69.2	60.5	54.3	49.7	40.7	35.2
5	163.8	123	104.5	92.7	77.9	68.5	61.9	56.9	47	40.9
10	183.4	138.7	118	105	88.8	78.6	71.4	65.9	54.9	48.1
20	202.4	153.3	131	117	99.4	88.3	80.5	74.5	62.5	54.9
30	213.2	162	138.4	123.7	105.4	93.9	85.7	79.5	66.9	58.9
50	226.9	172.8	147.7	132.2	112.9	100.8	92.3	85.7	72.4	63.9
70	235.8	179.7	153.8	137.8	117.9	105.4	96.5	89.7	75.9	67.1
80	239.3	182.4	156.3	140	119.9	107.2	98.2	91.3	77.3	68.4
100	245.3	187	160.3	143.8	123.2	110.3	101.1	94	79.7	70.5
200	263.5	201.4	172.8	155.2	133.3	119.6	109.9	102.4	87.1	77.2
300	274.2	209.8	180.1	161.8	139.2	125	114.9	107.2	91.4	81.1
500	287.6	220.3	189.4	170.3	146.7	132	121.4	113.3	96.8	86
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.1	20.6	16.4	12.9	10.8	9.3	8.2	6.7	4	3
3	28.5	24.5	19.6	15.5	12.9	11.2	9.9	8	4.8	3.5
5	33.4	28.8	23.2	18.3	15.3	13.2	11.6	9.5	5.6	4.1
10	39.6	34.2	27.5	21.8	18.2	15.8	13.9	11.3	6.7	4.8
20	45.5	39.5	31.9	25.3	21.1	18.3	16.1	13.1	7.7	5.6
30	48.9	42.5	34.3	27.2	22.8	19.7	17.4	14.1	8.3	6
50	53.1	46.2	37.4	29.6	24.8	21.5	19	15.4	9	6.5
70	55.9	48.6	39.4	31.2	26.2	22.6	19.9	16.2	9.5	6.8
80	57	49.6	40.2	31.9	26.7	23.1	20.4	16.6	9.7	7
100	58.8	51.3	41.6	33	27.6	23.9	21	17.1	10	7.2
200	64.5	56.3	45.7	36.3	30.4	26.2	23.1	18.8	11	7.9
300	67.9	59.2	48.1	38.2	32	27.6	24.4	19.8	11.6	8.3
500	72	62.9	51.1	40.6	34	29.4	25.9	21.1	12.3	8.8

I 부 록

〈표1-12〉 서산(129) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	121	91.5	77.7	68.6	56.6	48.9	43.5	39.5	31.7	27.2
3	132.9	99.7	86.6	77.6	65.1	56.6	50.5	45.8	36.7	31.4
5	145.9	109.2	96.4	87.4	74.4	65.1	58.2	52.9	42.4	36.1
10	162.4	120.8	108.7	100	86.2	75.9	68	61.8	49.4	42
20	178.1	132.3	120.6	111.9	97.5	86.2	77.4	70.4	56.2	47.6
30	187.2	139	127.3	118.6	103.9	92.1	82.8	75.3	60.1	50.9
50	198.6	147	135.9	127.4	112.2	99.6	89.5	81.4	64.9	54.9
70	206.1	152.3	141.4	132.9	117.5	104.5	93.9	85.5	68.1	57.6
80	208.9	154.6	143.6	135.1	119.5	106.4	95.7	87.1	69.4	58.7
100	213.8	158.1	147.3	138.8	123	109.6	98.6	89.8	71.5	60.5
200	229.1	169.3	158.7	150.3	133.9	119.5	107.7	98.1	78.1	66
300	237.9	175.7	165.3	157	140.3	125.4	113	102.9	81.9	69.1
500	249.1	183.9	173.7	165.4	148.3	132.7	119.6	108.9	86.7	73.2
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.8	18.7	14.9	11.8	9.8	8.5	7.4	6	3.4	2.5
3	25.1	21.5	17.2	13.7	11.5	9.9	8.8	7.1	4.1	3
5	28.8	24.6	19.7	15.8	13.3	11.6	10.3	8.5	4.9	3.5
10	33.4	28.5	23	18.4	15.7	13.7	12.2	10	5.8	4.2
20	37.8	32.3	26	21	17.9	15.8	14.1	11.6	6.8	4.8
30	40.4	34.5	27.7	22.4	19.2	16.9	15.2	12.6	7.3	5.2
50	43.6	37.2	30	24.3	20.8	18.4	16.5	13.6	8	5.7
70	45.7	38.9	31.4	25.5	21.9	19.3	17.3	14.3	8.4	6
80	46.5	39.7	32	26	22.3	19.7	17.7	14.7	8.6	6.1
100	47.8	40.8	32.9	26.7	23	20.3	18.2	15.2	8.9	6.3
200	52.1	44.4	35.9	29.2	25.1	22.3	20	16.7	9.8	6.9
300	54.6	46.6	37.6	30.6	26.4	23.4	21.1	17.6	10.3	7.3
500	57.8	49.2	39.8	32.4	28	24.8	22.4	18.6	10.9	7.7

〈표1-13〉 울진(130) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	91.5	66.7	54	46.3	37.3	32.2	28.8	26.3	21.8	19.2
3	108.9	77.3	62.6	53.7	43.3	37.2	33.2	30.3	25	21.9
5	128.4	88.7	72.2	62.1	50	42.9	38.1	34.7	28.4	24.8
10	152.7	103.7	84.2	72.4	58.3	49.9	44.3	40.3	32.9	28.7
20	176.2	117.6	95.8	82.5	66.4	56.7	50.3	45.6	37	32.2
30	189.7	125.6	102.4	88.3	71.1	60.7	53.7	48.6	39.4	34.3
50	206.5	135.8	110.8	95.5	76.9	65.6	58	52.5	42.4	36.9
70	217.5	142.5	116.2	100.2	80.6	68.7	60.7	55	44.4	38.6
80	221.9	144.9	118.3	102.1	82.2	70	61.8	55.9	45.2	39.2
100	229.2	149.4	121.9	105.2	84.6	72.1	63.7	57.6	46.5	40.4
200	251.9	162.7	133.1	115	92.5	78.7	69.4	62.7	50.5	43.8
300	265.1	170.9	139.6	120.6	97	82.5	72.8	65.7	52.9	45.9
500	281.8	180.8	147.8	127.7	102.7	87.4	77	69.5	55.9	48.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16	14.1	11.7	9.6	8.1	7.1	6.3	5.2	3	2.2
3	18.3	16.1	13.5	11.1	9.5	8.4	7.5	6.2	3.6	2.6
5	20.8	18.4	15.4	12.8	11	9.7	8.7	7.1	4.3	3.2
10	23.9	21.2	17.8	14.9	12.9	11.4	10.3	8.5	5.1	3.8
20	26.9	23.8	20.2	16.9	14.8	13.1	11.8	9.8	5.9	4.5
30	28.6	25.4	21.6	18.1	15.8	14	12.6	10.5	6.4	4.9
50	30.8	27.3	23.2	19.6	17.1	15.2	13.7	11.5	6.9	5.3
70	32.2	28.6	24.3	20.5	18	16	14.5	12.1	7.3	5.6
80	32.7	29.1	24.8	20.9	18.3	16.4	14.8	12.3	7.5	5.7
100	33.7	29.9	25.5	21.6	18.9	16.9	15.2	12.7	7.7	5.9
200	36.6	32.5	27.8	23.6	20.7	18.5	16.7	13.9	8.5	6.6
300	38.3	34	29.1	24.7	21.7	19.4	17.5	14.7	8.9	6.9
500	40.4	35.9	30.7	26.1	23	20.6	18.6	15.6	9.5	7.4

I 부 록

〈표1-14〉 청주(131) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	119.2	90.9	78.2	69.5	57.7	49.9	44.3	40.1	31.8	26.8
3	132.7	102.4	87.7	77.9	64.9	56.4	50.3	45.6	36.5	31
5	147.5	115	98.4	87.3	72.9	63.5	56.8	51.8	41.7	35.6
10	166.3	131.2	111.8	99	82.8	72.4	65.1	59.5	48.4	41.5
20	184.3	146.4	124.6	110.4	92.4	81.1	73.1	66.9	54.7	47
30	194.7	155.1	132	117	98	86.1	77.6	71.2	58.3	50.2
50	207.7	166.2	141.3	125.2	104.9	92.3	83.4	76.6	62.9	54.3
70	216.1	173.3	147.3	130.5	109.5	96.4	87.1	80.1	65.8	56.9
80	219.5	176.1	149.7	132.6	111.3	98	88.6	81.4	67	57.9
100	225.2	180.9	153.7	136.2	114.3	100.7	91.1	83.8	69	59.7
200	242.5	195.7	166.1	147	123.5	109	98.7	90.9	75.1	65.1
300	252.7	204.5	173.3	153.4	128.9	113.9	103.2	95.2	78.8	68.3
500	265.5	215.4	182.5	161.5	135.8	120	108.9	100.4	83.3	72.3
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21	17.7	13.8	10.6	8.8	7.6	6.6	5.4	3.2	2.4
3	24.5	20.6	16	12.4	10.2	8.8	7.7	6.2	3.7	2.7
5	28.2	23.8	18.6	14.3	11.8	10.1	8.9	7.2	4.2	3.1
10	33.1	27.9	21.8	16.7	13.8	11.8	10.4	8.4	5	3.6
20	37.6	31.8	24.8	19.1	15.7	13.4	11.8	9.6	5.6	4
30	40.2	34	26.6	20.4	16.8	14.4	12.6	10.3	6	4.3
50	43.6	36.9	28.8	22.1	18.2	15.6	13.7	11.1	6.5	4.7
70	45.7	38.7	30.2	23.2	19.1	16.3	14.4	11.7	6.9	5
80	46.6	39.5	30.8	23.7	19.4	16.6	14.6	11.8	7	5.1
100	48	40.7	31.7	24.4	20	17.1	15	12.2	7.2	5.2
200	52.4	44.4	34.7	26.6	21.9	18.7	16.4	13.3	7.9	5.6
300	55	46.7	36.4	27.9	23	19.6	17.3	14	8.3	5.9
500	58.3	49.4	38.6	29.6	24.3	20.8	18.3	14.9	8.8	6.2

〈표1-15〉 대전(133) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	131.6	103.8	87.6	76.8	63	54.4	48.4	44	35.3	30
3	142.3	113.6	95.9	84.2	69.7	60.7	54.4	49.6	40.3	34.5
5	154.3	123.9	105.2	92.8	77.3	67.7	60.9	55.8	45.7	39.5
10	169.4	137.2	116.9	103.6	86.9	76.5	69.2	63.7	52.6	45.7
20	183.9	149.9	128	113.8	96	84.9	77.1	71.2	59.3	51.7
30	192.3	157.2	134.5	119.8	101.3	89.8	81.7	75.5	63.1	55.1
50	202.7	166.2	142.6	127.2	107.9	95.9	87.4	80.9	67.8	59.4
70	209.6	172.2	147.8	132	112.2	99.9	91.1	84.5	71	62.3
80	212.2	174.7	149.9	133.9	113.8	101.4	92.6	85.9	72.2	63.4
100	216.7	178.6	153.4	137	116.7	104.1	95.1	88.3	74.3	65.3
200	230.8	190.7	164.3	147.1	125.6	112.2	102.8	95.5	80.6	71
300	239	197.8	170.6	152.9	130.8	117	107.2	99.7	84.4	74.4
500	249.3	206.8	178.6	160.2	137.3	123	112.9	105.1	89.1	78.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.8	20	15.6	11.9	9.8	8.3	7.3	5.8	3.4	2.6
3	27.5	23.3	18.1	13.9	11.4	9.8	8.6	7	4.1	3
5	31.8	27	21.2	16.3	13.4	11.5	10.1	8.1	4.8	3.6
10	37	31.6	24.9	19.3	15.9	13.6	11.9	9.7	5.7	4.2
20	42.1	36	28.5	22.1	18.2	15.6	13.7	11.2	6.6	4.8
30	45	38.6	30.6	23.7	19.6	16.8	14.8	12	7.1	5.2
50	48.7	41.8	33.1	25.8	21.3	18.3	16.1	13	7.7	5.6
70	51.1	43.9	34.8	27.1	22.4	19.2	16.9	13.7	8.1	5.9
80	52	44.7	35.4	27.6	22.8	19.6	17.2	14	8.3	6
100	53.6	46.1	36.6	28.5	23.6	20.2	17.8	14.5	8.6	6.2
200	58.5	50.4	40.1	31.2	25.9	22.2	19.5	15.9	9.4	6.8
300	61.3	52.9	42.1	32.8	27.2	23.3	20.5	16.7	9.9	7.2
500	64.9	56	44.7	34.8	28.9	24.8	21.8	17.7	10.5	7.6

I 부 록

〈표1-16〉 추풍령(135) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	99.2	74.7	62.4	54.5	44.5	38.3	34.1	30.9	24.8	21.2
3	111.7	83.3	69.9	61.2	50.2	43.3	38.5	35	28.1	24
5	125.4	93.3	78.1	68.5	56.4	48.9	43.6	39.6	32	27.4
10	142.7	105.5	88.6	77.9	64.3	55.8	49.8	45.4	36.6	31.4
20	159.3	117	98.6	86.9	72	62.5	55.8	50.8	41	35.2
30	168.9	123.7	104.3	92.1	76.4	66.4	59.4	54	43.6	37.4
50	180.8	132.2	111.5	98.5	81.8	71.2	63.7	58	46.9	40.2
70	188.6	137.7	116.2	102.7	85.4	74.4	66.5	60.6	49	42.1
80	191.7	139.9	118.1	104.4	86.9	75.6	67.7	61.6	49.8	42.8
100	197	143.4	121.3	107.2	89.2	77.7	69.5	63.3	51.2	44
200	213	154.9	130.9	115.8	96.5	84.1	75.3	68.7	55.6	47.7
300	222.3	161.4	136.6	120.9	100.9	88	78.7	71.8	58.1	49.9
500	234.1	169.7	143.6	127.3	106.3	92.7	83.1	75.7	61.3	52.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	17	14.5	11.6	9.2	7.7	6.7	6	4.9	3	2.2
3	19.3	16.5	13.2	10.5	8.9	7.8	7	5.8	3.5	2.5
5	22	18.8	15	12	10.2	8.9	8	6.7	4	2.8
10	25.3	21.6	17.4	13.9	11.9	10.4	9.4	7.8	4.7	3.3
20	28.3	24.3	19.6	15.8	13.5	11.8	10.6	8.9	5.3	3.7
30	30.1	25.9	20.9	16.8	14.4	12.7	11.4	9.5	5.7	4
50	32.4	27.8	22.5	18.1	15.5	13.7	12.3	10.3	6.2	4.3
70	33.9	29.1	23.5	19	16.3	14.4	12.9	10.8	6.5	4.5
80	34.5	29.6	23.9	19.4	16.6	14.7	13.2	11.1	6.6	4.5
100	35.5	30.5	24.7	19.9	17.1	15.1	13.6	11.4	6.8	4.7
200	38.5	33.1	26.8	21.7	18.6	16.5	14.9	12.5	7.5	5.1
300	40.2	34.6	28	22.7	19.5	17.3	15.5	13	7.8	5.3
500	42.5	36.5	29.6	24	20.6	18.3	16.5	13.8	8.3	5.6

〈표1-17〉 안동(136) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	108.2	80.5	65.7	56.4	45.1	38.4	33.8	30.5	24.3	20.7
3	121.9	90.7	75.3	65.3	52.7	44.9	39.4	35.4	27.8	23.3
5	137.4	101.6	86.1	75.5	61.4	52.2	45.7	40.8	31.5	26.2
10	156.8	115.8	99.5	88.1	72.2	61.3	53.5	47.6	36.3	29.8
20	175.3	129.4	112.4	100.3	82.5	70.1	61	54.1	40.9	33.3
30	186	137	119.8	107.3	88.6	75.2	65.4	57.9	43.5	35.3
50	199.3	147.2	129.1	115.9	95.9	81.5	70.8	62.7	46.8	37.8
70	208	153.4	135.1	121.6	100.8	85.7	74.4	65.7	49	39.5
80	211.6	155.6	137.6	124	102.9	87.4	75.8	66.9	49.7	40
100	217.4	160	141.6	127.8	106.1	90.1	78.1	68.9	51.2	41.1
200	235.4	173	154	139.4	116.1	98.7	85.5	75.3	55.6	44.5
300	245.9	180.5	161.3	146.4	122.1	103.7	89.7	78.9	58.1	46.3
500	259	190.3	170.4	154.9	129.4	109.9	95.1	83.6	61.4	48.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16.4	14	11	8.6	7.1	6.1	5.3	4.3	2.6	1.9
3	18.2	15.3	12	9.3	7.7	6.7	5.9	4.8	2.9	2.1
5	20.2	16.8	13.1	10.2	8.5	7.4	6.5	5.4	3.2	2.4
10	22.6	18.7	14.4	11.2	9.4	8.2	7.3	6.1	3.8	2.8
20	25	20.5	15.8	12.2	10.3	9	8	6.7	4.2	3.1
30	26.3	21.6	16.5	12.8	10.8	9.4	8.5	7.1	4.4	3.3
50	28	22.8	17.4	13.5	11.4	10	9	7.6	4.8	3.5
70	29.2	23.7	18	14	11.8	10.4	9.4	7.9	5	3.7
80	29.5	24	18.3	14.2	12	10.6	9.5	8	5.1	3.7
100	30.2	24.6	18.7	14.5	12.3	10.8	9.8	8.3	5.3	3.8
200	32.5	26.3	19.9	15.5	13.1	11.6	10.5	8.9	5.7	4.1
300	33.8	27.3	20.7	16.1	13.6	12	10.9	9.3	5.9	4.3
500	35.5	28.6	21.6	16.8	14.3	12.6	11.4	9.8	6.3	4.5

I 부 록

〈표1-18〉 포항(138) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	106.8	75.1	60.5	51.8	41.8	35.9	32	29.2	23.8	20.7
3	124.9	88	71.6	61.7	49.9	42.9	38.2	34.8	28.3	24.5
5	145.3	102.8	84.1	72.7	58.9	50.7	45.1	41	33.3	28.8
10	170.6	121.2	99.8	86.6	70.3	60.5	53.7	48.8	39.5	34.1
20	194.6	138.8	114.9	99.9	81.2	69.8	62	56.3	45.5	39.3
30	209	149	123.5	107.5	87.5	75.2	66.8	60.6	49	42.3
50	225.8	161.5	134.3	117.1	95.4	82	72.8	66	53.3	46
70	237.9	169.9	141.4	123.3	100.5	86.4	76.7	69.6	56.1	48.4
80	241.4	173	144.2	125.8	102.6	88.2	78.3	71	57.3	49.4
100	249.9	178.6	148.8	129.9	106	91.1	80.9	73.3	59.1	51
200	272.7	195.4	163.3	142.7	116.5	100.2	88.9	80.6	64.9	56
300	287.1	205.5	171.8	150.2	122.7	105.5	93.6	84.8	68.3	58.9
500	303.9	218.1	182.5	159.7	130.5	112.1	99.5	90.1	72.6	62.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16.9	14.6	11.8	9.5	8	6.9	6.1	5	3	2.1
3	20	17.4	14.1	11.4	9.6	8.4	7.5	6.1	3.6	2.5
5	23.5	20.4	16.7	13.5	11.5	10	8.9	7.3	4.2	3
10	27.9	24.3	19.9	16.1	13.8	12.1	10.7	8.8	5.1	3.6
20	32.2	28	23	18.7	16	14	12.5	10.3	5.9	4.2
30	34.6	30.1	24.7	20.2	17.3	15.1	13.5	11.1	6.4	4.5
50	37.6	32.7	26.9	22	18.9	16.6	14.8	12.2	7	4.9
70	39.6	34.5	28.4	23.2	19.9	17.5	15.6	12.8	7.4	5.1
80	40.4	35.2	29	23.7	20.3	17.9	15.9	13.1	7.5	5.3
100	41.7	36.3	29.9	24.5	21	18.5	16.5	13.6	7.8	5.4
200	45.8	39.9	32.9	27	23.1	20.4	18.2	15	8.6	6
300	48.1	42	34.6	28.4	24.4	21.5	19.2	15.8	9	6.3
500	51.1	44.6	36.8	30.2	26	22.9	20.4	16.8	9.6	6.7

〈표1-19〉 군산(140) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	123.7	89.6	74.8	65.9	55	48.2	43.4	39.8	32.4	27.8
3	136.5	99.1	82.9	73.2	61.4	54.1	48.9	45	37	32
5	150.7	110.2	91.9	81.1	68.3	60.5	55.1	50.9	42.4	36.8
10	168.5	123.8	103.2	91.2	77.1	68.7	62.8	58.3	49	42.8
20	185.6	137.1	114	100.8	85.5	76.5	70.2	65.4	55.3	48.6
30	195.4	144.8	120.2	106.2	90.3	81	74.5	69.5	59	52
50	207.7	154.4	128	113	96.3	86.5	79.8	74.6	63.6	56.1
70	215.8	160.3	133.1	117.7	100.4	90.3	83.3	77.9	66.5	58.7
80	219	163	135.2	119.4	101.9	91.7	84.6	79.2	67.7	59.9
100	224.3	166.9	138.6	122.5	104.6	94.2	87	81.4	69.7	61.7
200	240.9	179.7	149	131.8	112.7	101.7	94.1	88.3	75.8	67.2
300	250.5	187.3	155.1	137.1	117.4	106.1	98.3	92.3	79.5	70.6
500	262.7	196.5	162.8	144.1	123.4	111.7	103.5	97.3	83.9	74.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	22.1	18.6	14.3	10.9	8.9	7.5	6.6	5.3	3	2.2
3	25.7	21.7	16.8	12.8	10.4	8.8	7.6	6.1	3.6	2.7
5	29.7	25.2	19.5	14.8	12	10.2	8.9	7.1	4.2	3.2
10	34.7	29.5	22.9	17.4	14.1	12	10.4	8.4	5	3.8
20	39.6	33.7	26.2	19.9	16.1	13.7	11.9	9.6	5.8	4.4
30	42.4	36.1	28.1	21.3	17.3	14.7	12.8	10.4	6.3	4.7
50	45.9	39.1	30.4	23	18.7	15.9	13.9	11.3	6.9	5.1
70	48.2	41.1	31.9	24.2	19.7	16.7	14.6	11.8	7.2	5.4
80	49.1	41.9	32.6	24.7	20	17	14.9	12.1	7.4	5.5
100	50.6	43.2	33.6	25.5	20.7	17.5	15.3	12.4	7.6	5.7
200	55.3	47.2	36.7	27.8	22.6	19.2	16.8	13.6	8.4	6.3
300	58.1	49.6	38.5	29.2	23.7	20.1	17.6	14.3	8.9	6.6

I 부 록

〈표1-20〉 대구(143) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	106.5	77.8	65.4	57.6	47.8	41.4	36.9	33.4	26.5	22.2
3	122.1	88.6	74.9	66.4	55.5	48.3	43.1	39.1	31.1	26.1
5	139.6	100.4	85.6	76.4	64.2	56.1	50.1	45.5	36.1	30.3
10	161.6	115.3	99.1	88.9	75.2	65.8	58.9	53.5	42.4	35.6
20	182.5	129.8	111.9	100.7	85.6	75.2	67.3	61.2	48.6	40.8
30	194.8	137.9	119.3	107.6	91.7	80.6	72.2	65.6	52.1	43.7
50	209.9	148.3	128.5	116.2	99.2	87.3	78.2	71.1	56.4	47.4
70	219.7	155.1	134.6	121.8	104.1	91.6	82.2	74.7	59.4	49.8
80	223.7	157.7	137	124	106	93.4	83.7	76.1	60.5	50.7
100	230.3	162.1	141	127.8	109.4	96.3	86.4	78.5	62.4	52.3
200	250.5	176.3	153.4	139.1	119.3	105.2	94.5	86	68.3	57.3
300	262.5	184.2	160.7	145.9	125.3	110.6	99.2	90.3	71.7	60.1
500	277.4	194.5	169.8	154.4	132.7	117.2	105.2	95.7	76.1	63.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	17.2	14.3	10.9	8.4	6.9	6	5.3	4.4	2.7	2
3	20.2	16.7	12.8	9.8	8.1	7	6.2	5.2	3.2	2.3
5	23.4	19.4	14.9	11.4	9.4	8.2	7.3	6	3.7	2.7
10	27.5	22.8	17.5	13.4	11.1	9.6	8.5	7.1	4.4	3.3
20	31.5	26.1	20	15.3	12.7	11	9.8	8.2	5.1	3.8
30	33.7	28	21.5	16.5	13.7	11.9	10.6	8.8	5.4	4
50	36.6	30.3	23.3	17.9	14.8	12.9	11.4	9.5	5.9	4.4
70	38.5	31.9	24.4	18.8	15.6	13.5	12	10	6.2	4.6
80	39.2	32.5	24.9	19.1	15.9	13.8	12.2	10.2	6.3	4.7
100	40.4	33.5	25.7	19.7	16.4	14.2	12.6	10.5	6.5	4.9
200	44.2	36.6	28.1	21.6	17.9	15.6	13.9	11.5	7.2	5.3
300	46.4	38.5	29.5	22.7	18.9	16.4	14.5	12.1	7.5	5.6
500	49.3	40.8	31.3	24.1	20	17.3	15.4	12.8	8	6

〈표1-21〉 전주(146) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	145.3	102.1	84.9	74.2	60.8	52.3	46.3	41.7	32.9	27.7
3	169	113.7	95.5	84.5	70.3	61	54.3	49.1	38.9	32.7
5	195.5	126.4	107.5	96.1	81	70.7	63.1	57.2	45.4	38.2
10	228.6	142.8	122.3	110.4	94.3	82.9	74.3	67.6	53.8	45.3
20	260.3	158.4	136.6	124.2	107.1	94.7	85.1	77.4	61.8	52.1
30	278.6	167.3	144.9	132.3	114.5	101.4	91.2	83.1	66.3	55.9
50	301.4	178.5	155.1	142.1	123.7	109.9	99	90.2	72	60.7
70	316.4	185.9	161.8	148.6	129.7	115.4	104	94.9	75.8	63.9
80	322.3	188.7	164.6	151.3	132.2	117.6	106.1	96.7	77.3	65.2
100	332.1	193.7	169	155.5	136.1	121.2	109.4	99.8	79.8	67.3
200	362.7	209	182.8	168.8	148.4	132.5	119.8	109.4	87.5	73.8
300	380.7	217.5	190.9	176.7	155.7	139.2	125.9	115	92	77.6
500	403.3	228.6	201	186.4	164.7	147.5	133.5	122	97.7	82.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.5	17.9	13.8	10.5	8.6	7.3	6.4	5.2	3.1	2.3
3	25.4	21.2	16.3	12.5	10.3	8.8	7.7	6.3	3.7	2.7
5	29.8	24.9	19.3	14.8	12.2	10.4	9.1	7.3	4.3	3.2
10	35.3	29.5	22.9	17.6	14.6	12.5	11	8.8	5.1	3.8
20	40.6	34	26.4	20.4	16.8	14.4	12.7	10.2	5.9	4.4
30	43.6	36.5	28.4	22	18.1	15.6	13.6	11	6.3	4.7
50	47.4	39.7	30.9	23.9	19.8	17	14.9	12	6.9	5.1
70	49.9	41.8	32.5	25.2	20.9	17.9	15.7	12.7	7.3	5.4
80	50.9	42.7	33.2	25.7	21.3	18.3	16	12.9	7.4	5.5
100	52.6	44	34.3	26.5	22	18.9	16.6	13.3	7.7	5.7
200	57.7	48.3	37.6	29.2	24.2	20.8	18.2	14.7	8.4	6.3
300	60.7	50.9	39.6	30.7	25.5	21.9	19.2	15.4	8.9	6.7
500	64.4	54	42.1	32.7	27.1	23.3	20.4	16.5	9.4	7.1

I 부 록

〈표1-22〉 울산(152) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	109.3	78.9	65.3	57.1	47.3	41.4	37.3	34.3	28.4	24.8
3	128.4	90	75.4	66.6	55.9	49.2	44.5	41	34	29.7
5	149.6	102.7	86.5	77	65.3	57.8	52.5	48.5	40.3	35.2
10	176.3	118.5	100.6	90.2	77.2	68.7	62.6	57.8	48.2	42.1
20	201.9	133.8	114.1	102.8	88.6	79.2	72.3	66.9	55.8	48.8
30	216.7	142.5	121.8	110.1	95.1	85.2	77.8	72	60.1	52.6
50	235	153.6	131.5	119	103.2	92.6	84.7	78.5	65.7	57.4
70	247.2	160.7	137.8	125	108.6	97.6	89.3	82.8	69.2	60.5
80	251.9	163.7	140.4	127.3	110.7	99.5	91.1	84.4	70.6	61.8
100	259.8	168.5	144.6	131.2	114.2	102.7	94.1	87.3	73	63.9
200	284.6	183.2	157.6	143.5	125.3	112.8	103.4	95.9	80.3	70.3
300	299.1	191.7	165.2	150.6	131.7	118.7	108.9	101	84.5	74
500	317.2	202.7	174.8	159.5	139.7	126.1	115.7	107.5	90	78.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.4	17.7	14.3	11.3	9.5	8.2	7.2	5.9	3.4	2.4
3	24.5	21.2	17.2	13.6	11.4	9.9	8.7	7	4	2.9
5	29	25.1	20.3	16.1	13.6	11.7	10.4	8.4	4.8	3.4
10	34.7	30	24.3	19.4	16.3	14.1	12.4	10.1	5.7	4.1
20	40.1	34.7	28.1	22.4	18.8	16.3	14.4	11.7	6.6	4.7
30	43.2	37.4	30.3	24.2	20.3	17.6	15.6	12.6	7.2	5.1
50	47.2	40.8	33	26.3	22.2	19.2	17	13.8	7.9	5.5
70	49.7	43.1	34.9	27.8	23.4	20.3	18	14.6	8.3	5.8
80	50.8	43.9	35.6	28.4	23.9	20.7	18.4	14.9	8.5	5.9
100	52.5	45.4	36.7	29.3	24.7	21.4	19	15.4	8.8	6.1
200	57.7	50	40.5	32.3	27.2	23.6	20.9	17	9.6	6.7
300	60.8	52.6	42.6	34	28.7	24.9	22	17.9	10.1	7.1
500	64.7	56	45.3	36.2	30.5	26.5	23.4	19	10.8	7.5

〈표1-23〉 창원(155) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	103.6	89.2	76.4	67.6	56.4	49.5	44.7	41.1	34.1	29.7
3	123.2	101.9	87.3	77.4	65	57.3	51.8	47.8	39.7	34.7
5	145	116.2	99.4	88.4	74.6	65.9	59.8	55.2	46	40.2
10	172.3	134.4	114.7	102.2	86.5	76.7	69.7	64.4	53.8	47.1
20	198.5	151.5	129.4	115.4	98.1	87.1	79.3	73.4	61.4	53.8
30	213.6	161.3	137.8	123.1	104.7	93.1	84.8	78.5	65.7	57.6
50	232.5	173.7	148.3	132.7	113	100.6	91.7	84.9	71.1	62.3
70	244.9	181.7	155.2	138.9	118.4	105.5	96.2	89.1	74.7	65.5
80	249.8	184.9	158	141.4	120.7	107.4	98	90.7	76	66.7
100	258	190.3	162.6	145.6	124.2	110.7	100.9	93.5	78.4	68.7
200	283.4	207.1	176.8	158.3	135.3	120.7	110.2	102.1	85.7	75.2
300	298.2	216.8	185	165.8	141.8	126.6	115.6	107.2	90	79
500	316.8	229	195.4	175.2	150	134	122.4	113.5	95.3	83.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.3	20.9	16.6	12.9	10.7	9.2	8	6.5	3.8	2.8
3	28.4	24.4	19.5	15.2	12.6	10.8	9.4	7.6	4.4	3.2
5	32.9	28.4	22.6	17.6	14.6	12.5	10.9	8.8	5.1	3.7
10	38.7	33.3	26.6	20.7	17.1	14.6	12.8	10.3	5.9	4.3
20	44.2	38.1	30.4	23.7	19.6	16.8	14.7	11.8	6.7	4.8
30	47.3	40.8	32.6	25.4	21	18	15.7	12.6	7.2	5.2
50	51.2	44.2	35.3	27.6	22.8	19.5	17.1	13.7	7.8	5.6
70	53.9	46.5	37.1	29	24	20.5	17.9	14.3	8.2	5.9
80	54.9	47.4	37.9	29.6	24.4	20.9	18.2	14.6	8.3	6
100	56.6	48.8	39	30.5	25.2	21.5	18.8	15.1	8.6	6.2
200	61.9	53.4	42.7	33.4	27.6	23.5	20.6	16.5	9.3	6.7
300	65	56.1	44.8	35	29	24.8	21.6	17.3	9.8	7.1
500	68.9	59.5	47.5	37.1	30.7	26.2	22.9	18.4	10.4	7.5

I 부 록

〈표1-24〉 광주(156) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	131.8	93.8	78.5	69	56.8	49.1	43.7	39.6	31.6	26.8
3	149.8	103.9	87.9	78	65.1	56.7	50.6	45.9	36.7	31.1
5	168.9	114.9	98.3	88.1	74.3	65.1	58.2	52.9	42.4	35.9
10	194.1	128.8	111.3	100.6	85.9	75.6	67.9	61.8	49.5	42
20	218	142.2	123.8	112.7	97.1	85.8	77.2	70.3	56.4	47.8
30	231.1	150.1	131.1	119.7	103.4	91.6	82.5	75.2	60.3	51.1
50	247.9	159.7	140	128.3	111.4	98.9	89.1	81.3	65.3	55.3
70	259.9	166.4	146.1	134.1	116.7	103.7	93.5	85.3	68.5	58
80	263.5	168.6	148.3	136.3	118.7	105.5	95.2	86.9	69.8	59.1
100	270.6	172.9	152.3	140.1	122.2	108.7	98.1	89.5	71.9	61
200	294.5	185.8	164.3	151.7	132.9	118.5	107	97.8	78.6	66.6
300	307.7	193.5	171.4	158.5	139.1	124.2	112.2	102.6	82.4	69.8
500	324.5	203.2	180.3	167.1	147.1	131.4	118.8	108.6	87.3	74
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.1	17.8	13.9	10.7	8.8	7.6	6.7	5.4	3.2	2.3
3	24.5	20.7	16.2	12.5	10.4	8.9	7.8	6.3	3.7	2.7
5	28.3	23.9	18.7	14.5	12.1	10.4	9.1	7.4	4.3	3.2
10	33.1	27.9	21.9	17	14.2	12.2	10.8	8.7	5.1	3.8
20	37.7	31.8	24.9	19.5	16.2	14	12.3	10	5.9	4.4
30	40.3	34	26.7	20.9	17.4	15	13.2	10.8	6.3	4.7
50	43.6	36.8	28.9	22.6	18.8	16.3	14.4	11.7	6.8	5.1
70	45.7	38.6	30.3	23.7	19.8	17.1	15.1	12.3	7.2	5.3
80	46.6	39.3	30.9	24.2	20.2	17.4	15.4	12.5	7.3	5.4
100	48	40.5	31.8	24.9	20.8	18	15.9	12.9	7.6	5.6
200	52.4	44.2	34.8	27.3	22.8	19.7	17.4	14.1	8.3	6.2
300	55	46.4	36.5	28.6	23.9	20.7	18.3	14.9	8.7	6.5
500	58.3	49.1	38.7	30.3	25.4	21.9	19.4	15.8	9.2	6.9

〈표1-25〉 부산(159) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	126.7	89.7	76.5	68.5	58.3	51.6	46.8	43	35.4	30.5
3	147.1	102.3	88.1	79.7	68.6	61.2	55.6	51.3	42.2	36.4
5	169.6	116.3	101.1	92.2	80.2	71.9	65.5	60.4	49.8	42.9
10	198	134.3	117.4	107.6	94.5	85.2	77.9	72.1	59.5	51.2
20	225.2	151.1	133	122.7	108.5	98.1	89.8	83.1	68.6	59.1
30	240.9	160.9	142.1	131.3	116.5	105.5	96.7	89.5	73.9	63.6
50	260.5	173.1	153.3	142.1	126.5	114.7	105.2	97.4	80.5	69.3
70	273.2	181.3	160.6	149.1	132.9	120.7	110.9	102.7	84.8	73
80	278.4	184.4	163.6	151.9	135.6	123.1	113.1	104.7	86.5	74.5
100	286.9	189.6	168.4	156.6	139.9	127.2	116.8	108.2	89.4	76.9
200	313.2	206.2	183.5	171	153.3	139.5	128.3	118.9	98.3	84.6
300	328.6	215.7	192.4	179.5	161.2	146.8	135	125.2	103.5	89
500	347.9	227.8	203.4	190.1	171	155.9	143.5	133	110	94.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.5	20.8	16.3	12.6	10.4	8.9	7.8	6.3	3.6	2.6
3	29.2	24.8	19.4	15	12.4	10.6	9.3	7.5	4.3	3.1
5	34.4	29.1	22.8	17.7	14.6	12.5	11	8.9	5.1	3.7
10	40.9	34.6	27	20.9	17.3	14.9	13.1	10.6	6.2	4.4
20	47.2	39.9	31.2	24.1	19.9	17.1	15	12.2	7.1	5.1
30	50.7	42.9	33.5	25.9	21.5	18.4	16.2	13.2	7.7	5.5
50	55.2	46.7	36.5	28.2	23.3	20.1	17.7	14.3	8.3	6
70	58.2	49.1	38.4	29.7	24.6	21.1	18.6	15.1	8.8	6.3
80	59.4	50.1	39.2	30.3	25.1	21.6	19	15.4	8.9	6.4
100	61.3	51.8	40.5	31.3	25.9	22.3	19.6	15.9	9.2	6.6
200	67.4	56.9	44.4	34.3	28.4	24.5	21.5	17.5	10.2	7.3
300	70.9	59.8	46.7	36.2	30	25.8	22.7	18.4	10.7	7.7
500	75.3	63.6	49.6	38.4	31.8	27.3	24.1	19.6	11.4	8.2

I 부 록

〈표1-26〉 통영(162) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	114.4	80.5	67.4	59.6	50.1	44.2	40.1	37	30.9	27.1
3	130.4	91	77.6	69.5	59.3	52.6	47.8	44.1	36.7	32.1
5	148.2	102.6	88.9	80.5	69.5	61.9	56.3	52	43.1	37.6
10	170.6	117.4	103.1	94.4	82.2	73.6	67.1	61.9	51.3	44.6
20	192	131.6	116.7	107.6	94.5	84.9	77.5	71.5	59.1	51.3
30	204.4	139.7	124.5	115.2	101.6	91.4	83.4	77	63.6	55.1
50	219.7	150	134.3	124.7	110.4	99.5	90.9	83.9	69.2	59.9
70	229.8	156.8	140.7	130.9	116.2	104.8	95.8	88.4	73	63.1
80	233.8	159.3	143.2	133.4	118.5	106.9	97.7	90.2	74.4	64.3
100	240.5	163.7	147.5	137.5	122.4	110.5	100.9	93.2	76.8	66.4
200	261.2	177.4	160.5	150.2	134.1	121.3	110.9	102.4	84.4	72.9
300	273.3	185.5	168.2	157.7	141	127.7	116.8	107.9	88.9	76.7
500	288.5	195.6	177.9	167	149.8	135.7	124.1	114.7	94.4	81.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	22.4	19.5	15.8	12.5	10.5	9	7.9	6.3	3.5	2.5
3	26.4	22.9	18.5	14.7	12.3	10.6	9.3	7.5	4.2	3
5	30.8	26.7	21.6	17.1	14.4	12.4	10.9	8.8	5	3.6
10	36.4	31.4	25.4	20.2	16.9	14.7	12.9	10.5	6	4.3
20	41.7	35.9	29	23.1	19.4	16.8	14.8	12	6.9	5
30	44.8	38.6	31.1	24.8	20.8	18	15.9	12.9	7.4	5.4
50	48.7	41.9	33.7	26.9	22.6	19.6	17.3	14.1	8	5.9
70	51.2	44	35.4	28.2	23.8	20.6	18.2	14.8	8.5	6.2
80	52.1	44.8	36.1	28.8	24.3	21	18.6	15.1	8.7	6.4
100	53.8	46.3	37.2	29.7	25	21.7	19.2	15.6	9	6.6
200	59	50.7	40.8	32.5	27.4	23.8	21.1	17.1	9.9	7.2
300	62	53.2	42.8	34.1	28.8	25	22.1	18	10.4	7.6
500	65.8	56.5	45.4	36.2	30.6	26.6	23.5	19.2	11.1	8.1

〈표1-27〉 목포(165) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	107.5	79.6	67.4	59.5	49.4	42.9	38.3	34.8	27.9	23.8
3	118.4	89.1	76	67.4	56	48.6	43.3	39.3	31.6	26.9
5	130.7	99.7	85.5	76	63.2	54.9	49	44.5	35.7	30.5
10	146.1	112.8	97.6	87	72.5	62.9	56.1	50.9	40.8	34.8
20	160.7	125.6	109.1	97.4	81.3	70.6	62.9	57	45.7	39
30	169.1	133.2	115.7	103.3	86.3	74.9	66.8	60.6	48.6	41.5
50	179.7	142.4	124	110.8	92.6	80.4	71.7	65.1	52.2	44.6
70	186.7	148.3	129.4	115.8	96.8	84.1	74.9	68	54.5	46.5
80	189.4	150.7	131.6	117.8	98.4	85.5	76.1	69.1	55.4	47.3
100	194	154.5	135.2	121.1	101.3	87.9	78.3	71	56.9	48.6
200	208.2	166.9	146.3	131.2	109.7	95.3	84.8	77	61.7	52.7
300	216.5	174.2	152.8	137.1	114.7	99.6	88.7	80.4	64.5	55.1
500	226.9	183.3	161	144.4	120.9	105	93.5	84.8	68	58.2
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	18.9	16	12.6	9.7	8.1	6.9	6.1	4.9	2.8	2
3	21.5	18.2	14.4	11.2	9.3	8	7	5.7	3.3	2.4
5	24.3	20.7	16.4	12.8	10.7	9.2	8.2	6.6	3.9	2.8
10	27.8	23.8	18.9	15	12.5	10.8	9.5	7.8	4.6	3.4
20	31.3	26.7	21.4	16.9	14.2	12.3	10.9	8.9	5.2	3.9
30	33.2	28.4	22.7	18	15.2	13.2	11.7	9.5	5.7	4.2
50	35.8	30.6	24.5	19.4	16.4	14.2	12.6	10.3	6.2	4.6
70	37.3	31.9	25.6	20.4	17.2	14.9	13.3	10.9	6.5	4.8
80	38	32.5	26.1	20.8	17.5	15.2	13.5	11	6.6	4.9
100	39	33.4	26.9	21.4	18	15.7	13.9	11.4	6.8	5.1
200	42.3	36.3	29.2	23.3	19.7	17.1	15.2	12.5	7.5	5.6
300	44.3	38	30.6	24.4	20.6	18	15.9	13.1	7.8	5.9
500	46.7	40.1	32.3	25.9	21.8	19	16.9	13.9	8.3	6.3

I 부 록

〈표1-28〉 여수(168) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	118.5	84.9	71.7	63.3	52.6	45.8	41	37.4	30.4	26.2
3	135.4	94.2	79.9	71.1	59.8	52.5	47.2	43.2	35.3	30.5
5	154.3	104.5	89.2	79.9	67.8	59.8	54	49.6	40.6	35.2
10	177.9	117.8	100.7	90.7	77.7	69.1	62.7	57.7	47.5	41.1
20	200.6	130.2	111.8	101.2	87.4	78	70.9	65.4	54	46.8
30	213.6	137.6	118.1	107.1	92.8	83	75.7	69.8	57.8	50.1
50	229.9	146.8	126.1	114.6	99.7	89.4	81.6	75.4	62.5	54.3
70	240.7	152.4	131.4	119.7	104.3	93.6	85.5	79	65.5	56.8
80	244.8	154.9	133.4	121.6	106.1	95.3	87.1	80.5	66.8	58
100	251.9	158.9	136.9	124.8	109	98	89.6	82.9	68.8	59.7
200	273.8	171	147.6	134.9	118.2	106.6	97.6	90.4	75.1	65.3
300	286.7	178.1	153.9	140.8	123.7	111.6	102.3	94.7	78.7	68.4
500	302.8	187.1	161.7	148.2	130.5	117.9	108.1	100.3	83.5	72.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.3	18.3	14.7	11.6	9.7	8.4	7.4	5.9	3.3	2.4
3	24.7	21.2	17.1	13.5	11.3	9.7	8.6	6.9	3.9	2.8
5	28.6	24.6	19.7	15.6	13	11.2	9.9	8	4.5	3.3
10	33.4	28.7	23	18.2	15.2	13.1	11.6	9.4	5.4	3.9
20	38	32.6	26.2	20.7	17.3	15	13.2	10.7	6.1	4.4
30	40.7	34.9	28	22.1	18.5	16	14.1	11.5	6.6	4.7
50	44.1	37.8	30.3	23.9	20	17.3	15.3	12.4	7.2	5.1
70	46.2	39.7	31.8	25.2	21.1	18.2	16.1	13.1	7.5	5.4
80	47.1	40.4	32.3	25.6	21.4	18.5	16.4	13.3	7.7	5.5
100	48.5	41.6	33.3	26.3	22.1	19.1	16.9	13.7	7.9	5.6
200	53	45.5	36.4	28.8	24.1	20.9	18.4	15	8.7	6.2
300	55.6	47.7	38.2	30.2	25.3	21.9	19.4	15.7	9.1	6.5
500	58.9	50.6	40.4	32	26.8	23.2	20.5	16.7	9.7	6.9

〈표1-29〉 완도(170) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	135.9	99.5	83.6	73.6	61.1	53.2	47.7	43.6	35.7	30.9
3	156.2	114.1	95	83.3	69	60.3	54.3	49.9	41.4	36.2
5	178.7	130.7	107.7	93.9	77.7	68.2	61.8	57	47.9	42.3
10	207.2	151.3	123.6	107.4	88.8	78.2	71.1	65.9	55.9	49.8
20	234.4	171.2	138.9	120.2	99.3	87.7	80	74.4	63.6	57
30	250.1	182.5	147.7	127.7	105.5	93.2	85.1	79.3	68.1	61.1
50	269.7	196.7	158.7	136.9	113.1	100	91.5	85.4	73.6	66.3
70	282.6	206.1	165.9	143	118.1	104.5	95.7	89.4	77.3	69.7
80	287.6	209.8	168.8	145.5	120.1	106.3	97.4	90.9	78.7	71
100	296.2	215.9	173.5	149.5	123.4	109.3	100.1	93.6	81.1	73.3
200	322.4	235.1	188.3	161.9	133.7	118.5	108.8	101.8	88.6	80.3
300	337.8	246.3	196.8	169.2	139.6	123.9	113.8	106.6	92.9	84.3
500	357.2	260.4	207.7	178.4	147.2	130.6	120.1	112.6	98.4	89.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	25.2	21.8	17.6	14	11.7	10.2	9	7.3	4.1	2.9
3	30	26.1	21.3	17	14.3	12.4	10.9	8.8	5	3.6
5	35.3	30.9	25.3	20.3	17.1	14.9	13.1	10.7	6.1	4.3
10	42	37.1	30.5	24.6	20.7	17.9	15.9	12.9	7.4	5.3
20	48.5	42.9	35.5	28.6	24.1	20.9	18.5	15.1	8.7	6.2
30	52.2	46.3	38.3	30.9	26.1	22.6	20	16.3	9.5	6.7
50	56.8	50.4	41.9	33.8	28.5	24.8	21.9	17.9	10.4	7.3
70	59.9	53.2	44.2	35.7	30.1	26.2	23.2	18.9	11	7.7
80	61.1	54.3	45.1	36.5	30.8	26.7	23.7	19.3	11.2	7.9
100	63.1	56.1	46.7	37.7	31.9	27.7	24.5	20	11.6	8.2
200	69.3	61.8	51.5	41.6	35.2	30.6	27.1	22.1	12.9	9.1
300	72.9	65.1	54.2	43.9	37.1	32.2	28.6	23.3	13.6	9.6
500	77.5	69.2	57.7	46.7	39.5	34.3	30.4	24.9	14.5	10.2

I 부 록

〈표1-30〉 제주(184) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	121.1	87.3	72.8	63.9	53.2	46.6	42.1	38.7	32.1	28.1
3	142.7	101.1	83.9	73.7	61.6	54.2	49.1	45.3	37.8	33.1
5	166.7	116.4	96.4	84.7	71	62.7	56.9	52.6	44	38.7
10	197.1	135.4	112	98.6	82.8	73.3	66.7	61.7	51.8	45.6
20	226.1	153.6	127	111.9	94.2	83.5	76.1	70.5	59.3	52.3
30	242.8	164.2	135.6	119.5	100.7	89.4	81.5	75.6	63.7	56.2
50	263.7	177.3	146.4	129.1	108.9	96.7	88.2	81.9	69.1	61
70	277.5	185.7	153.5	135.4	114.3	101.5	92.7	86	72.5	64.1
80	282.8	189.3	156.3	137.8	116.4	103.4	94.4	87.6	73.9	65.3
100	291.9	195	161	142	119.9	106.6	97.3	90.3	76.3	67.4
200	320	212.6	175.5	154.8	130.9	116.5	106.4	98.8	83.6	73.9
300	336.4	222.9	183.9	162.3	137.3	122.3	111.7	103.8	87.8	77.7
500	357.1	235.8	194.6	171.8	145.4	129.5	118.4	110	93.1	82.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.1	20	16.2	12.8	10.6	9.2	8	6.5	3.7	2.7
3	27.3	23.7	19.2	15.2	12.7	10.9	9.6	7.8	4.5	3.2
5	32	27.8	22.5	17.8	14.9	12.9	11.4	9.2	5.3	3.7
10	37.9	33	26.7	21.3	17.8	15.4	13.6	11	6.3	4.4
20	43.5	37.9	30.8	24.5	20.6	17.8	15.7	12.8	7.3	5.1
30	46.7	40.7	33.1	26.4	22.2	19.2	17	13.8	7.9	5.5
50	50.8	44.3	36	28.7	24.1	20.9	18.5	15	8.6	6
70	53.4	46.6	38	30.3	25.5	22.1	19.5	15.8	9	6.3
80	54.4	47.5	38.7	30.9	26	22.5	19.9	16.2	9.2	6.4
100	56.2	49.1	40	31.9	26.8	23.3	20.6	16.7	9.5	6.6
200	61.6	53.8	43.8	35.1	29.5	25.6	22.6	18.4	10.5	7.3
300	64.8	56.6	46.1	36.9	31.1	26.9	23.8	19.4	11	7.6
500	68.8	60.1	49	39.2	33	28.6	25.3	20.6	11.7	8.1

〈표1-31〉 고산(185) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	93.3	85.8	72.7	63.2	51.3	44.1	39.2	35.6	28.7	24.5
3	104.7	95.3	80.8	70.4	57.4	49.4	44.1	40.1	32.5	28
5	117.5	105.9	89.8	78.4	64.1	55.4	49.5	45.2	36.9	31.9
10	133.5	119.3	101.2	88.4	72.5	62.9	56.3	51.5	42.3	36.8
20	148.8	132.4	112.1	98	80.5	70	62.9	57.7	47.6	41.5
30	157.6	139.7	118.4	103.5	85.1	74.1	66.6	61.1	50.6	44.2
50	168.7	149	126.2	110.5	90.9	79.2	71.3	65.5	54.3	47.6
70	175.8	155.3	131.3	114.9	94.6	82.6	74.4	68.4	56.8	49.8
80	178.8	157.6	133.4	116.7	96.2	83.9	75.6	69.5	57.8	50.7
100	183.4	161.8	136.7	119.6	98.6	86.1	77.7	71.5	59.5	52.2
200	198.3	174.2	147.3	128.9	106.4	93.1	84	77.4	64.5	56.7
300	206.9	181.4	153.4	134.4	111	97.1	87.7	80.8	67.5	59.4
500	217.8	190.6	161.2	141.2	116.7	102.2	92.3	85.1	71.2	62.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19.5	16.4	12.7	9.7	8	6.8	6	4.9	2.9	2.2
3	22.5	19.1	15	11.6	9.6	8.2	7.2	5.9	3.5	2.5
5	25.8	22.1	17.5	13.7	11.4	9.8	8.6	7	4.1	2.9
10	30	25.8	20.7	16.3	13.7	11.8	10.4	8.5	4.9	3.4
20	34.1	29.4	23.7	18.8	15.8	13.7	12.1	10	5.8	3.9
30	36.4	31.5	25.5	20.3	17.1	14.8	13.1	10.8	6.2	4.2
50	39.3	34.1	27.7	22.1	18.6	16.2	14.4	11.8	6.7	4.5
70	41.2	35.8	29.1	23.2	19.6	17.1	15.2	12.5	7.1	4.7
80	41.9	36.5	29.7	23.7	20.1	17.5	15.5	12.7	7.2	4.8
100	43.2	37.6	30.6	24.5	20.7	18	16.1	13.2	7.5	4.9
200	47.1	41.1	33.5	26.9	22.8	19.9	17.7	14.6	8.3	5.4
300	49.4	43.1	35.2	28.3	24	20.9	18.6	15.3	8.7	5.6
500	52.3	45.7	37.4	30.1	25.6	22.3	19.9	16.3	9.2	5.9

I 부 록

〈표1-32〉 성산(188) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	150.3	116.2	99.2	88	73.6	64.2	57.4	52.3	41.9	35.4
3	178.8	133.5	114.6	102.5	86.6	75.9	68.2	62.1	49.9	42.2
5	210.5	153.3	131.8	118.4	100.7	88.9	80.1	73.2	59	50
10	250.5	177.6	153.5	138.6	118.9	105.3	95.1	87	70.2	59.5
20	288.7	201.6	174.1	157.7	136	121	109.5	100.4	81.3	68.9
30	310.8	215.2	186.1	168.8	145.9	130	117.8	108.1	87.5	74.2
50	338.4	231.8	201.1	182.8	158.5	141.3	128.2	117.6	95.2	80.8
70	356.3	243.3	210.8	191.7	166.4	148.7	135	123.9	100.5	85.2
80	363.6	247.5	214.7	195.5	169.8	151.6	137.6	126.4	102.4	86.9
100	375.4	254.9	221.1	201.4	175.1	156.5	142.1	130.5	105.9	89.8
200	412.4	277.9	241.2	220	191.7	171.6	156	143.4	116.4	98.7
300	434.1	291.1	252.9	230.9	201.5	180.5	164.2	150.9	122.5	103.9
500	461.4	307.7	267.6	244.7	213.8	191.7	174.4	160.3	130.2	110.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	27.6	22.9	17.4	13.1	10.7	9.1	7.9	6.4	3.9	2.9
3	32.9	27.3	20.7	15.5	12.6	10.6	9.2	7.4	4.4	3.4
5	38.9	32.2	24.4	18.2	14.7	12.4	10.8	8.7	5.2	3.9
10	46.3	38.4	29	21.6	17.4	14.7	12.7	10.2	6	4.6
20	53.5	44.2	33.3	24.8	20	16.8	14.6	11.7	6.9	5.3
30	57.7	47.6	35.9	26.6	21.4	18	15.7	12.5	7.4	5.7
50	62.8	51.9	39.1	29	23.3	19.6	17	13.5	8	6.2
70	66.2	54.6	41.1	30.5	24.5	20.6	17.9	14.3	8.5	6.5
80	67.5	55.8	42	31.1	25	21	18.2	14.5	8.6	6.6
100	69.7	57.6	43.3	32.1	25.8	21.7	18.8	15	8.8	6.8
200	76.7	63.3	47.5	35.2	28.3	23.8	20.6	16.4	9.7	7.4
300	80.7	66.6	50	37	29.7	24.9	21.6	17.2	10.1	7.8
500	85.8	70.8	53.2	39.4	31.5	26.5	22.9	18.2	10.7	8.3

〈표1-33〉 서귀포(189) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	124.4	96.8	81.7	71.7	59.1	51.4	46	42.1	34.5	30
3	137.3	107.1	90.9	80.2	66.6	58	52.1	47.7	39.2	34.1
5	151.6	117.9	101.2	89.8	75	65.6	58.9	54	44.4	38.7
10	169.5	132.2	114	101.8	85.5	75	67.5	61.9	51	44.5
20	186.8	145.5	126.4	113.3	95.6	84	75.8	69.5	57.3	50
30	196.7	153.2	133.4	119.9	101.4	89.2	80.5	73.9	60.9	53.1
50	209.2	162.7	142.3	128.2	108.8	95.8	86.4	79.3	65.4	57.1
70	217.3	169.2	148.2	133.6	113.5	100	90.3	82.9	68.4	59.7
80	220.5	171.5	150.5	135.8	115.4	101.7	91.8	84.3	69.6	60.7
100	225.8	175.9	154.3	139.3	118.5	104.5	94.4	86.7	71.6	62.5
200	242.5	188.9	166.3	150.4	128.3	113.3	102.4	94	77.6	67.8
300	252.3	196.4	173.2	156.9	134	118.4	107	98.3	81.2	70.9
500	264.5	205.8	182	165.1	141.2	124.8	112.8	103.7	85.6	74.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.6	21.3	17.1	13.5	11.2	9.6	8.4	6.7	3.8	2.8
3	28	24.3	19.6	15.5	13	11.1	9.8	7.9	4.4	3.2
5	31.8	27.7	22.5	17.9	15	12.9	11.3	9.1	5.2	3.8
10	36.6	31.8	26	20.8	17.5	15.2	13.4	10.8	6.1	4.4
20	41.3	36	29.4	23.7	20	17.3	15.3	12.3	7	5.1
30	43.9	38.3	31.4	25.3	21.4	18.5	16.4	13.3	7.5	5.4
50	47.2	41.2	33.9	27.4	23.2	20.1	17.7	14.3	8.1	5.9
70	49.4	43.1	35.4	28.7	24.3	21.1	18.7	15.1	8.6	6.2
80	50.2	43.9	36.1	29.2	24.7	21.5	19	15.4	8.7	6.3
100	51.7	45.2	37.2	30.1	25.5	22.2	19.6	15.9	9	6.5
200	56.1	49.1	40.4	32.8	27.8	24.2	21.4	17.4	9.9	7.1
300	58.7	51.4	42.4	34.4	29.2	25.4	22.5	18.3	10.4	7.5
500	62	54.3	44.8	36.5	31	27	23.9	19.4	11	8

I 부 록

〈표1-34〉 진주(192) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	126.7	91.1	77.6	69.1	58.2	51.1	46	42.1	34.4	29.6
3	143.6	103	87.1	77.4	65.3	57.5	52	47.8	39.3	34.1
5	162.4	116	97.8	86.8	73.2	64.7	58.7	54.1	44.8	38.9
10	185.9	132.7	111.2	98.5	83.2	73.7	67.1	62	51.7	45.2
20	208.5	148.3	124	109.8	92.8	82.4	75.1	69.6	58.3	51.1
30	221.4	157.7	131.4	116.1	98.2	87.4	79.8	74	62.2	54.6
50	237.8	168.7	140.7	124.4	105.3	93.7	85.5	79.4	66.8	58.7
70	248.3	176.4	146.7	129.6	109.7	97.7	89.4	83	70	61.6
80	252.6	179.2	149.1	131.7	111.5	99.3	90.9	84.4	71.2	62.7
100	259.6	184	153.1	135.3	114.6	102.1	93.4	86.7	73.2	64.5
200	281.5	199.2	165.6	146.3	123.9	110.5	101.1	94	79.6	70.2
300	294.2	208.4	172.8	152.5	129.2	115.3	105.7	98.3	83.4	73.6
500	310.3	219.4	181.9	160.6	136	121.5	111.4	103.7	88	77.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.9	20.4	16.2	12.7	10.6	9.1	8	6.5	3.8	2.8
3	27.6	23.6	18.7	14.6	12.1	10.4	9.2	7.4	4.4	3.2
5	31.7	27.2	21.6	16.8	13.9	11.9	10.5	8.4	5	3.7
10	36.9	31.7	25.1	19.5	16.1	13.8	12.1	9.7	5.7	4.2
20	41.9	36	28.5	22.1	18.2	15.5	13.6	11	6.4	4.8
30	44.8	38.4	30.4	23.6	19.4	16.6	14.5	11.7	6.9	5.1
50	48.3	41.6	33	25.5	21	17.9	15.6	12.5	7.4	5.6
70	50.7	43.6	34.5	26.7	21.9	18.7	16.4	13.2	7.8	5.8
80	51.6	44.4	35.2	27.2	22.3	19	16.6	13.4	7.9	5.9
100	53.1	45.7	36.3	28	23	19.6	17.1	13.8	8.1	6.1
200	58	49.9	39.6	30.6	25.1	21.3	18.6	14.9	8.8	6.7
300	60.8	52.4	41.5	32	26.2	22.3	19.5	15.6	9.3	7
500	64.3	55.4	43.9	33.9	27.7	23.6	20.6	16.5	9.8	7.4

〈표1-35〉 강화(201) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	138.6	110.4	93.9	83.2	69.8	61.5	55.7	51.3	42.5	37
3	160.8	125.2	106.4	94.7	80.2	71.3	65	60.2	50.5	44.3
5	185.6	141.9	120.3	107.3	91.7	82.2	75.4	70.3	59.6	52.6
10	216.8	162.6	137.9	123.4	106.3	95.9	88.5	82.8	70.9	62.9
20	246.7	182.3	154.7	138.9	120.3	109	101	94.8	81.6	72.7
30	263.9	193.7	164.4	147.7	128.3	116.6	108.2	101.7	87.9	78.4
50	285.4	208	176.5	158.7	138.3	126	117.2	110.3	95.7	85.5
70	299.5	217.3	184.5	166.1	145	132.2	123.1	116	100.7	90.1
80	305.1	220.8	187.6	169	147.6	134.7	125.4	118.2	102.7	91.9
100	314.5	227.2	192.8	173.7	151.9	138.8	129.3	122	106.1	95.1
200	343.4	246.3	209.1	188.6	165.4	151.4	141.4	133.6	116.6	104.6
300	360.4	257.3	218.6	197.4	173.4	158.9	148.5	140.3	122.6	110.1
500	381.6	271.4	230.5	208.3	183.2	168.2	157.4	148.9	130.3	117.2
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	30.1	25.7	20.3	15.7	12.9	11.1	9.7	7.8	4.5	3.3
3	36.4	31.2	24.7	19.1	15.7	13.4	11.7	9.4	5.5	4.1
5	43.4	37.3	29.5	22.8	18.8	16	14	11.3	6.7	4.9
10	52.1	45	35.7	27.6	22.6	19.3	16.9	13.6	8.1	6
20	60.5	52.3	41.6	32.2	26.4	22.5	19.6	15.8	9.4	7
30	65.4	56.6	45	34.8	28.5	24.3	21.2	17.1	10.1	7.6
50	71.5	61.9	49.2	38	31.2	26.5	23.2	18.7	11.1	8.3
70	75.4	65.4	52	40.2	33	28.1	24.5	19.7	11.7	8.8
80	77	66.7	53.2	41.1	33.7	28.6	25	20.1	11.9	9
100	79.6	69	54.9	42.5	34.8	29.6	25.9	20.8	12.4	9.3
200	87.8	76.2	60.6	46.8	38.4	32.7	28.5	23	13.7	10.3
300	92.5	80.3	64	49.5	40.5	34.5	30.1	24.2	14.4	10.9
500	98.6	85.6	68.2	52.7	43.2	36.7	32	25.8	15.3	11.7

I 부록

〈표1-36〉 양평(202) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	163.4	113.1	89.8	76.5	61.5	52.9	47.3	43.1	35.2	30.4
3	202.9	132.1	102.7	86.9	69.9	60.4	54.2	49.7	40.9	35.6
5	247.1	152.9	117.2	98.7	79.3	68.8	62	57	47.3	41.3
10	302.6	179.2	135.3	113.3	91	79.3	71.7	66.2	55.4	48.6
20	355.8	204.3	152.7	127.5	102.4	89.4	81	74.9	63	55.5
30	386.4	218.7	162.7	135.6	108.9	95.2	86.3	80	67.5	59.5
50	424.9	236.5	175.3	145.9	117.2	102.4	93	86.2	72.9	64.4
70	449.9	248.5	183.5	152.6	122.5	107.2	97.4	90.4	76.6	67.7
80	459.9	253	186.7	155.3	124.7	109.1	99.1	92	78	69
100	476.4	260.9	192.2	159.7	128.2	112.2	102	94.7	80.4	71.2
200	527.8	285.3	209	173.3	139.1	121.9	111	103.2	87.8	77.9
300	557.9	299.5	218.8	181.3	145.5	127.6	116.3	108.1	92.2	81.8
500	595.8	316.9	231.2	191.5	153.7	134.8	122.9	114.3	97.5	86.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.5	20.9	16.4	12.7	10.5	9.1	8	6.5	4	3
3	28.9	24.7	19.5	15.2	12.6	10.9	9.7	8	4.9	3.6
5	33.8	29	23	18	15	13	11.5	9.5	6	4.4
10	39.9	34.3	27.3	21.4	17.9	15.6	13.9	11.6	7.3	5.3
20	45.8	39.4	31.5	24.7	20.7	18	16.1	13.5	8.5	6.1
30	49.2	42.4	33.8	26.6	22.3	19.5	17.4	14.6	9.3	6.6
50	53.4	46.1	36.9	29	24.4	21.2	19	15.9	10.1	7.3
70	56.1	48.5	38.8	30.6	25.7	22.4	20	16.8	10.7	7.7
80	57.2	49.5	39.6	31.2	26.2	22.9	20.4	17.1	10.9	7.9
100	59.1	51.1	40.9	32.2	27.1	23.6	21.1	17.7	11.3	8.2
200	64.8	56.1	44.9	35.4	29.8	26	23.3	19.6	12.6	9
300	68.1	58.9	47.2	37.3	31.4	27.4	24.6	20.7	13.3	9.5
500	72.2	62.6	50.2	39.7	33.4	29.2	26.2	22	14.2	10.2

〈표1-37〉 이천(203) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	145.3	107.9	91.4	80	64.8	55.1	48.4	43.4	34.1	28.9
3	177.6	127.3	106	92	73.9	62.6	54.9	49.2	38.8	33
5	213.6	148.7	122.3	105.5	84.1	71	62.1	55.7	43.9	37.4
10	258.9	175.5	142.9	122.4	96.9	81.5	71.2	63.8	50.3	43
20	302.2	201.7	162.6	138.5	109.1	91.6	80	71.6	56.6	48.4
30	327.3	216.3	174	148	116.2	97.4	85	76.1	60.1	51.5
50	358.4	235.1	188.1	159.5	125	104.7	91.3	81.7	64.6	55.4
70	379	247.1	197.4	167.2	130.9	109.5	95.4	85.4	67.5	57.8
80	387	251.9	201.1	170.2	133.1	111.4	97	86.8	68.7	58.9
100	400.6	260.1	207.2	175.3	137	114.5	99.7	89.3	70.6	60.5
200	442.6	284.9	226.3	191	148.9	124.3	108.2	96.8	76.6	65.7
300	467.1	299.6	237.3	200	155.7	130	113.1	101.2	80.1	68.8
500	498	317.7	251.3	211.7	164.5	137.2	119.3	106.7	84.4	72.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.1	19.8	16	12.7	10.7	9.3	8.2	6.6	3.8	2.9
3	26.5	22.8	18.5	15	12.7	11.1	9.8	8	4.7	3.5
5	30.2	26.2	21.5	17.6	15	13.1	11.7	9.6	5.6	4.1
10	34.9	30.4	25.2	20.8	17.8	15.7	14	11.5	6.7	4.9
20	39.5	34.5	28.8	23.8	20.6	18.1	16.2	13.4	7.8	5.7
30	42.1	36.9	30.8	25.6	22.2	19.6	17.5	14.4	8.4	6.2
50	45.3	39.8	33.3	27.8	24.1	21.3	19.1	15.8	9.2	6.7
70	47.5	41.7	35	29.3	25.4	22.5	20.2	16.6	9.7	7.1
80	48.3	42.5	35.7	29.8	25.9	22.9	20.6	17	9.9	7.2
100	49.7	43.7	36.8	30.8	26.7	23.7	21.3	17.6	10.3	7.5
200	54.1	47.7	40.2	33.8	29.4	26.1	23.4	19.4	11.3	8.2
300	56.6	50	42.2	35.5	30.9	27.5	24.7	20.4	11.9	8.7
500	59.9	52.9	44.8	37.7	32.9	29.2	26.2	21.7	12.7	9.3

I 부 록

〈표1-38〉 인제(211) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	87	73.1	63.6	56.4	46.5	40.1	35.6	32.3	26.1	22.6
3	107.8	87.4	74.6	65.6	53.8	46.4	41.3	37.6	30.4	26.3
5	131.2	103	86.8	75.9	62.1	53.5	47.7	43.4	35.3	30.5
10	160.4	122.8	102.1	88.8	72.3	62.4	55.6	50.7	41.3	35.8
20	188.5	142	116.7	101	82.2	70.9	63.3	57.8	47.2	40.9
30	204.6	153	125.2	108.1	87.8	75.8	67.7	61.8	50.6	43.9
50	224.8	166.6	135.7	117	94.9	82	73.2	66.9	54.7	47.5
70	238.1	175.7	142.6	122.7	99.5	85.9	76.8	70.2	57.5	49.9
80	243.4	179	145.4	125.1	101.4	87.6	78.3	71.5	58.5	50.8
100	252.1	185	150	128.9	104.4	90.2	80.6	73.7	60.4	52.5
200	279.3	203.3	164.1	140.9	114	98.5	88	80.4	65.9	57.3
300	295.1	214.1	172.4	147.8	119.6	103.3	92.4	84.4	69.3	60.2
500	315	227.6	182.9	156.6	126.6	109.3	97.8	89.4	73.4	63.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	18.5	16.2	13.4	11	9.4	8.3	7.4	6.1	3.6	2.7
3	21.6	18.8	15.6	12.8	11	9.7	8.7	7.3	4.5	3.3
5	25.1	21.9	18	14.8	12.7	11.3	10.2	8.6	5.4	4
10	29.4	25.6	21.1	17.3	14.9	13.3	12	10.2	6.6	4.9
20	33.6	29.2	24	19.6	17	15.2	13.8	11.8	7.7	5.7
30	36	31.3	25.7	21	18.2	16.3	14.8	12.7	8.4	6.3
50	39	33.9	27.8	22.7	19.7	17.6	16.1	13.8	9.2	6.9
70	40.9	35.6	29.1	23.9	20.7	18.6	16.9	14.6	9.8	7.3
80	41.7	36.2	29.7	24.4	21.1	18.9	17.3	14.9	10	7.5
100	43	37.4	30.6	25.1	21.8	19.5	17.8	15.4	10.3	7.7
200	47	40.9	33.5	27.5	23.9	21.4	19.5	16.9	11.4	8.5
300	49.4	42.9	35.1	28.8	25	22.4	20.5	17.8	12.1	9
500	52.3	45.4	37.2	30.5	26.5	23.8	21.8	18.9	12.9	9.6

〈표1-39〉 홍천(212) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	182	124.4	98.4	82.6	63.8	53	45.9	40.8	31.7	26.7
3	231.1	144.3	111.7	93.1	72	60	52.1	46.6	36.4	30.8
5	285.9	166.1	126.6	105.2	81.3	67.9	59.1	52.8	41.5	35.2
10	354.9	193.7	145.3	120.1	92.8	77.7	67.8	60.8	48	40.9
20	421.1	220.1	163.2	134.4	103.8	87.1	76.2	68.4	54.2	46.3
30	459.3	235.2	173.5	142.7	110.2	92.5	81	72.8	57.8	49.4
50	506.9	254.2	186.4	153	118.2	99.2	87	78.2	62.3	53.2
70	538.2	266.5	194.8	159.8	123.4	103.7	91	81.9	65.2	55.8
80	550.7	271.3	198.2	162.5	125.5	105.5	92.5	83.3	66.3	56.8
100	571.3	279.5	203.8	167	128.9	108.4	95.1	85.6	68.3	58.5
200	635.4	304.9	221.1	180.9	139.7	117.5	103.2	93	74.3	63.7
300	672.9	319.6	231.1	189	145.9	122.8	107.9	97.3	77.8	66.7
500	720.2	338.1	243.9	199.2	153.8	129.5	113.8	102.7	82.2	70.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.2	18.2	14.7	11.8	10.1	8.8	7.9	6.5	4	3
3	24.6	21.1	17.1	13.9	11.9	10.6	9.5	8	4.9	3.6
5	28.2	24.3	19.9	16.3	14.1	12.5	11.3	9.6	6	4.4
10	32.9	28.4	23.3	19.2	16.7	14.9	13.6	11.6	7.4	5.3
20	37.3	32.3	26.5	22	19.2	17.3	15.8	13.6	8.8	6.2
30	39.9	34.5	28.5	23.6	20.7	18.7	17.1	14.8	9.5	6.7
50	43.1	37.3	30.8	25.6	22.5	20.3	18.7	16.2	10.5	7.4
70	45.2	39.2	32.3	27	23.7	21.5	19.7	17.1	11.1	7.8
80	46	39.9	33	27.5	24.2	21.9	20.1	17.5	11.3	8
100	47.4	41.1	34	28.4	25	22.6	20.8	18.1	11.8	8.2
200	51.7	44.9	37.2	31	27.4	24.9	22.9	19.9	13.1	9.1
300	54.2	47.1	39	32.6	28.9	26.2	24.2	21.1	13.8	9.6
500	57.4	49.9	41.4	34.7	30.7	27.9	25.7	22.4	14.7	10.2

I 부 록

〈표1-40〉 태백(216) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	103.9	84.1	70.9	62	50.7	43.8	39	35.4	28.6	24.6
3	126.8	102.9	84.6	72.8	58.8	50.6	45.1	41.1	33.4	28.8
5	152.4	123.5	99.7	84.9	68	58.4	52	47.4	38.7	33.5
10	184.6	150.1	118.8	100	79.3	68	60.7	55.5	45.5	39.5
20	215.4	175.2	137	114.5	90.2	77.3	69	63.1	51.9	45.1
30	233.1	189.6	147.6	122.9	96.6	82.6	73.8	67.5	55.6	48.3
50	255.2	208	160.7	133.2	104.4	89.3	79.8	73	60.3	52.4
70	269.8	219.9	169.3	140.1	109.5	93.7	83.7	76.6	63.3	55.1
80	275.6	224.5	172.7	142.8	111.6	95.4	85.2	78.1	64.5	56.2
100	285.1	232.6	178.4	147.3	114.9	98.3	87.8	80.5	66.5	58
200	314.8	257.2	196.1	161.3	125.5	107.2	95.8	87.9	72.8	63.5
300	332.2	271.4	206.3	169.5	131.7	112.5	100.6	92.2	76.4	66.7
500	354.2	289.4	219.3	179.8	139.5	119.1	106.5	97.7	81	70.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19.8	17	13.7	11	9.4	8.2	7.4	6.2	3.8	2.8
3	23.3	20	16	12.8	10.8	9.5	8.6	7.2	4.6	3.4
5	27.1	23.2	18.6	14.7	12.5	11	9.9	8.4	5.5	4
10	32	27.4	21.7	17.2	14.6	12.8	11.6	9.9	6.6	4.8
20	36.6	31.3	24.8	19.6	16.6	14.6	13.2	11.3	7.6	5.5
30	39.3	33.6	26.6	21	17.7	15.6	14.1	12.2	8.3	6
50	42.6	36.3	28.7	22.6	19.1	16.9	15.3	13.2	9.1	6.5
70	44.8	38.2	30.2	23.7	20.1	17.7	16.1	13.9	9.6	6.9
80	45.7	39	30.8	24.2	20.5	18.1	16.4	14.1	9.7	7
100	47.1	40.2	31.7	24.9	21	18.6	16.8	14.6	10.1	7.2
200	51.6	44	34.7	27.2	23	20.3	18.4	16	11.1	8
300	54.2	46.2	36.4	28.5	24.1	21.3	19.4	16.8	11.8	8.4
500	57.5	49	38.6	30.2	25.5	22.5	20.5	17.8	12.5	8.9

〈표1-41〉 제천(221) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	125.3	97.4	82.4	72.3	59.3	51.1	45.4	41.2	33.1	28.4
3	146.7	112.3	94.4	82.8	68.2	59.1	52.7	48	38.8	33.3
5	170.6	129.2	107.8	94.4	78	67.9	60.9	55.6	45.3	38.9
10	200.5	150.2	124.6	109	90.3	79	71.1	65.1	53.3	45.9
20	229.3	170.5	140.8	123.1	102.2	89.6	80.9	74.2	61	52.6
30	245.9	181.8	150.1	131.2	109.1	95.8	86.5	79.5	65.3	56.4
50	266.5	196.5	161.6	141.2	117.5	103.4	93.5	86	70.9	61.2
70	280.2	205.9	169.3	147.9	123.1	108.4	98.1	90.3	74.5	64.4
80	285.4	209.8	172.3	150.5	125.3	110.4	99.9	92	76	65.6
100	294.4	216	177.4	154.9	129.1	113.7	103	94.9	78.3	67.7
200	322.2	235.6	192.9	168.4	140.4	123.9	112.4	103.7	85.8	74.2
300	338.4	246.9	202	176.4	147.2	129.9	118	108.8	90.1	77.9
500	359	261.1	213.5	186.4	155.6	137.5	124.9	115.3	95.5	82.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	22.8	19.5	15.5	12.1	10	8.6	7.5	6.1	3.6	2.7
3	26.8	22.8	18	14.1	11.7	10.1	8.9	7.2	4.4	3.3
5	31.2	26.5	20.8	16.2	13.5	11.7	10.3	8.5	5.2	3.9
10	36.8	31.2	24.5	19	15.8	13.7	12.2	10.1	6.4	4.7
20	42.1	35.6	27.9	21.6	18	15.6	13.9	11.6	7.4	5.5
30	45.2	38.2	29.9	23.2	19.3	16.8	15	12.5	8.1	6
50	49	41.4	32.3	25	20.9	18.2	16.2	13.6	8.8	6.5
70	51.6	43.6	34	26.3	22	19.1	17.1	14.4	9.4	6.9
80	52.6	44.4	34.6	26.8	22.4	19.5	17.4	14.7	9.5	7
100	54.2	45.8	35.7	27.6	23.1	20.1	18	15.1	9.9	7.3
200	59.4	50.1	39	30.2	25.2	21.9	19.7	16.6	10.9	8
300	62.4	52.7	41	31.7	26.4	23.1	20.7	17.5	11.6	8.5
500	66.2	55.9	43.4	33.6	28	24.4	21.9	18.5	12.3	9

I 부 록

〈표1-42〉 충주(223) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	125.2	92.7	78.7	69.5	57.5	49.7	44.2	40.1	31.9	27.1
3	147.5	109	91.4	80.2	66.1	57.3	51.1	46.4	37.3	31.7
5	172.4	126.9	105.4	92.1	75.8	65.8	58.8	53.5	43.1	36.8
10	203.6	149.7	123	106.9	87.8	76.3	68.4	62.4	50.6	43.2
20	233.4	171.6	139.9	121.2	99.4	86.5	77.7	71	57.7	49.4
30	250.7	184.1	149.7	129.5	106.1	92.4	83	75.9	61.8	53
50	272.2	199.8	161.9	139.7	114.4	99.7	89.6	82	66.9	57.4
70	286.2	210.2	169.8	146.4	119.8	104.4	93.9	86	70.3	60.3
80	291.8	214.2	173	149.1	122.1	106.4	95.7	87.6	71.6	61.4
100	301.1	221.1	178.3	153.5	125.6	109.5	98.5	90.3	73.8	63.4
200	330	242.3	194.6	167.3	136.8	119.3	107.5	98.6	80.7	69.4
300	346.9	254.4	204.1	175.4	143.4	125.1	112.7	103.4	84.7	72.8
500	368.2	269.7	216.2	185.7	151.7	132.4	119.2	109.4	89.7	77.1
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.4	18.1	14.2	11	9.1	7.8	6.9	5.6	3.3	2.5
3	25.1	21.2	16.5	12.8	10.6	9.1	8.1	6.6	4	3
5	29.2	24.6	19.2	14.8	12.2	10.5	9.3	7.6	4.7	3.6
10	34.3	28.8	22.4	17.2	14.3	12.3	10.9	9.1	5.7	4.3
20	39.2	32.9	25.5	19.6	16.2	14.1	12.5	10.4	6.6	4.9
30	42	35.3	27.3	20.9	17.3	15	13.4	11.1	7.2	5.3
50	45.5	38.2	29.5	22.6	18.8	16.3	14.5	12.1	7.9	5.8
70	47.9	40.2	31	23.7	19.7	17	15.2	12.7	8.3	6.1
80	48.8	40.9	31.6	24.2	20	17.3	15.5	13	8.5	6.3
100	50.3	42.2	32.6	24.9	20.7	17.9	16	13.4	8.8	6.5
200	55	46.1	35.5	27.2	22.5	19.5	17.5	14.7	9.7	7.1
300	57.8	48.5	37.3	28.6	23.7	20.6	18.4	15.5	10.2	7.5
500	61.2	51.3	39.5	30.2	25.1	21.8	19.4	16.4	10.8	8

〈표1-43〉 보은(226) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	154.3	103.1	84.7	73.5	59.4	50.7	44.6	40.1	31.5	26.5
3	188	120.5	96.7	83.2	67.3	57.7	51.2	46.4	37.1	31.6
5	225.4	139.5	110.1	94.1	76.1	65.6	58.5	53.3	43.2	37.2
10	272.5	163.4	127	107.9	87.2	75.5	67.8	62	51	44.2
20	317.6	186.7	143.2	121	97.7	85	76.6	70.5	58.5	51.1
30	343.6	199.7	152.5	128.7	103.9	90.5	81.7	75.2	62.7	54.9
50	376.1	216.4	164.1	138.1	111.5	97.3	88	81.3	68.1	59.8
70	397.4	227.2	171.7	144.4	116.5	101.7	92.1	85.1	71.5	63
80	405.8	231.7	174.8	146.8	118.5	103.5	93.8	86.7	73	64.3
100	419.9	238.8	179.8	150.9	121.8	106.5	96.6	89.4	75.3	66.4
200	463.5	260.9	195.4	163.7	132.1	115.7	105.1	97.4	82.5	72.9
300	489.1	273.7	204.6	171.2	138.2	121.1	110.1	102.1	86.6	76.7
500	521.3	290	216.1	180.6	145.7	127.8	116.3	108.1	91.9	81.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.8	17.5	13.8	10.7	8.9	7.7	6.8	5.5	3.3	2.5
3	25.1	21.3	16.8	13.1	10.9	9.4	8.3	6.7	4	2.9
5	29.9	25.5	20.1	15.7	13	11.2	9.9	8	4.8	3.5
10	35.9	30.8	24.4	19	15.8	13.6	11.9	9.7	5.7	4.1
20	41.7	35.8	28.4	22.2	18.4	15.8	13.9	11.3	6.7	4.7
30	45.1	38.8	30.8	24.1	19.9	17.1	15.1	12.3	7.2	5.1
50	49.2	42.4	33.7	26.3	21.8	18.7	16.5	13.4	7.9	5.5
70	51.9	44.8	35.6	27.8	23	19.8	17.4	14.1	8.3	5.8
80	53	45.7	36.4	28.3	23.5	20.2	17.8	14.5	8.5	5.9
100	54.8	47.3	37.6	29.3	24.3	20.9	18.4	15	8.8	6.1
200	60.4	52.2	41.6	32.4	26.8	23	20.3	16.5	9.7	6.7
300	63.7	55	43.9	34.2	28.3	24.3	21.4	17.4	10.2	7.1
500	67.8	58.7	46.8	36.5	30.2	25.9	22.8	18.5	10.8	7.5

I 부 록

〈표1-44〉 천안(232) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	110	91.7	78.7	69.5	57.6	50.1	44.8	40.9	33.3	28.7
3	126.5	104.1	89	78.5	65.1	56.7	50.8	46.5	38	32.9
5	144.8	118.2	100.4	88.4	73.3	64	57.5	52.7	43.3	37.6
10	167.9	135.6	114.8	101	83.7	73.2	65.9	60.5	50	43.6
20	189.9	152.4	128.5	113	93.7	82	73.9	68	56.4	49.2
30	202.7	162	136.5	119.9	99.5	87.1	78.6	72.3	60.1	52.5
50	218.6	174.2	146.4	128.5	106.6	93.4	84.4	77.7	64.7	56.7
70	229	181.9	152.9	134.2	111.4	97.6	88.2	81.2	67.6	59.3
80	233	185.2	155.5	136.4	113.2	99.3	89.7	82.6	68.9	60.4
100	239.9	190.6	159.8	140.1	116.2	101.9	92.2	85	70.9	62.2
200	261.4	206.5	173.1	151.8	126	110.5	100	92.2	77	67.6
300	273.8	216.2	180.9	158.5	131.5	115.5	104.5	96.4	80.6	70.9
500	289.5	228	190.7	167.1	138.6	121.7	110.2	101.7	85.2	74.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.1	19.8	15.7	12.2	10.1	8.7	7.6	6.1	3.5	2.5
3	26.7	22.9	18.2	14.2	11.8	10.1	8.8	7	4	2.9
5	30.7	26.4	21	16.4	13.6	11.6	10.2	8.1	4.6	3.3
10	35.7	30.8	24.6	19.2	15.9	13.6	11.8	9.5	5.3	3.8
20	40.5	34.9	28	21.9	18.1	15.5	13.5	10.8	6	4.3
30	43.2	37.3	29.9	23.4	19.4	16.5	14.4	11.5	6.5	4.6
50	46.7	40.4	32.3	25.3	20.9	17.9	15.6	12.5	7	4.9
70	48.9	42.4	34	26.6	22	18.8	16.4	13	7.3	5.2
80	49.9	43.1	34.6	27.1	22.4	19.1	16.7	13.3	7.4	5.2
100	51.3	44.4	35.6	27.9	23	19.7	17.2	13.7	7.7	5.4
200	55.9	48.5	39	30.5	25.2	21.5	18.8	14.9	8.3	5.9
300	58.7	50.9	40.9	32	26.4	22.6	19.7	15.7	8.7	6.1
500	62.1	53.9	43.3	33.9	28	23.9	20.8	16.6	9.2	6.5

〈표1-45〉 보령(235) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	150.4	109.3	90.3	78.9	65.1	56.6	50.7	46.2	37.3	31.7
3	186	127	103.6	90.1	74.4	65	58.4	53.4	43.4	37.1
5	225.8	146.8	118.3	102.7	84.9	74.3	66.9	61.4	50.2	43.1
10	275.9	171.4	136.8	118.5	98	86	77.7	71.4	58.6	50.5
20	323.9	195.2	154.6	133.7	110.6	97.3	88	81	66.8	57.7
30	351.6	208.6	164.9	142.4	117.9	103.7	93.9	86.5	71.5	61.8
50	386	225.7	177.6	153.2	126.9	111.8	101.3	93.4	77.3	67
70	408.6	236.9	186	160.4	132.9	117.1	106.2	97.9	81.2	70.4
80	417.5	241.6	189.3	163.1	135.1	119.1	108.1	99.7	82.7	71.7
100	432.7	248.6	194.9	168	139.2	122.7	111.3	102.7	85.2	73.9
200	478.9	271.7	212.1	182.6	151.3	133.5	121.3	112	93.1	80.9
300	506	284.9	222.2	191.2	158.5	139.9	127.1	117.4	97.7	84.9
500	540.2	301.4	234.8	202.1	167.5	147.9	134.4	124.2	103.4	89.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	25	20.8	15.9	12	9.7	8.2	7.2	5.7	3.3	2.4
3	29.3	24.6	18.8	14.2	11.6	9.8	8.6	6.9	4	2.9
5	34.2	28.7	22.1	16.7	13.6	11.5	10.1	8.1	4.7	3.4
10	40.3	33.9	26.2	19.8	16.2	13.7	12	9.6	5.6	4.1
20	46.2	38.9	30.1	22.8	18.6	15.8	13.8	11.1	6.5	4.7
30	49.5	41.8	32.3	24.6	20	17	14.9	12	7	5.1
50	53.8	45.4	35.1	26.7	21.8	18.5	16.2	13.1	7.7	5.6
70	56.5	47.7	37	28.1	22.9	19.5	17.1	13.8	8.1	5.9
80	57.6	48.7	37.7	28.6	23.4	19.9	17.4	14.1	8.3	6
100	59.4	50.2	38.9	29.6	24.2	20.6	18	14.5	8.6	6.2
200	65.1	55	42.7	32.5	26.5	22.6	19.8	16	9.5	6.8
300	68.4	57.9	44.9	34.2	28	23.8	20.8	16.8	10	7.2
500	72.5	61.4	47.7	36.3	29.7	25.3	22.1	17.9	10.6	7.7

I 부록

〈표1-46〉 부여(236) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	128.5	96.6	81.9	72.5	60.5	53	47.6	43.5	35.4	30.5
3	147.8	109.4	93.3	83.1	70	61.5	55.4	50.7	41.4	35.6
5	170.6	123.2	105.8	94.9	80.6	71.1	64.2	58.9	48.1	41.3
10	198.3	140.8	121.7	109.7	93.9	83.2	75.2	69	56.4	48.5
20	225.9	158.1	137	124	106.6	94.7	85.8	78.8	64.4	55.4
30	240.4	167.9	145.8	132.2	113.9	101.3	91.8	84.4	69.1	59.4
50	260.8	179.9	156.6	142.4	123.1	109.7	99.5	91.4	74.9	64.4
70	272.8	188.1	163.9	149.2	129.1	115.1	104.4	96	78.6	67.6
80	277.6	191.2	166.7	151.9	131.5	117.2	106.4	97.8	80.1	68.9
100	286	196.3	171.3	156.2	135.4	120.8	109.7	100.9	82.6	71
200	312.5	212.9	186.2	170	147.7	132	119.9	110.3	90.4	77.7
300	326.9	222.5	194.7	178	154.9	138.4	125.8	115.8	94.9	81.6
500	346.2	234.6	205.5	188.1	163.9	146.6	133.3	122.7	100.6	86.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.4	20.7	16.2	12.4	10.1	8.6	7.5	5.9	3.3	2.4
3	28.6	24.2	18.9	14.5	11.8	10	8.7	6.9	3.9	2.8
5	33.1	28.1	21.9	16.8	13.8	11.7	10.1	8	4.5	3.3
10	38.8	32.9	25.7	19.8	16.1	13.7	11.9	9.4	5.3	3.9
20	44.3	37.6	29.4	22.6	18.5	15.6	13.6	10.8	6	4.4
30	47.5	40.3	31.5	24.2	19.8	16.8	14.5	11.5	6.4	4.7
50	51.5	43.6	34.1	26.2	21.4	18.2	15.8	12.5	7	5.1
70	54.1	45.8	35.8	27.5	22.5	19.1	16.6	13.1	7.3	5.4
80	55.1	46.7	36.5	28.1	22.9	19.4	16.9	13.4	7.4	5.5
100	56.8	48.1	37.7	28.9	23.7	20.1	17.4	13.8	7.7	5.7
200	62.2	52.7	41.2	31.6	25.9	21.9	19	15.1	8.4	6.2
300	65.3	55.3	43.3	33.2	27.2	23	20	15.8	8.8	6.5
500	69.2	58.6	45.8	35.2	28.8	24.4	21.2	16.8	9.3	6.9

〈표1-47〉 금산(238) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	114.9	91.9	77.3	67.7	55.8	48.5	43.4	39.5	32	27.4
3	136.7	104	87	76.3	63.2	55.1	49.4	45.1	36.7	31.4
5	160.8	117.8	97.8	85.8	71.4	62.5	56.2	51.5	42	36
10	191.2	135.3	111.4	97.6	81.5	71.7	64.8	59.5	48.7	41.8
20	220.4	151.9	124.5	109.1	91.3	80.6	73	67.1	55	47.2
30	237.4	161	131.9	115.8	97.1	85.8	77.7	71.5	58.6	50.3
50	258.2	173.2	141.4	124	104.1	92.1	83.5	76.9	63.2	54.3
70	272	180.8	147.5	129.4	108.8	96.3	87.4	80.5	66.2	56.8
80	277.5	183.8	150	131.6	110.6	98	88.9	81.9	67.4	57.8
100	286.7	188.9	154.1	135.3	113.8	100.8	91.5	84.3	69.3	59.5
200	314.8	205.1	166.7	146.2	123.1	109.3	99.4	91.7	75.5	64.9
300	331.3	214.5	174	152.6	128.7	114.3	104	96	79.1	67.9
500	352.1	226.1	183.4	160.9	135.7	120.6	109.8	101.4	83.6	71.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.8	18.4	14.3	11	9	7.7	6.8	5.5	3.3	2.4
3	25	21.1	16.3	12.5	10.2	8.7	7.7	6.2	3.7	2.8
5	28.5	24	18.5	14.1	11.6	9.9	8.7	7.1	4.3	3.1
10	33.1	27.7	21.3	16.2	13.3	11.4	10	8.2	4.9	3.5
20	37.3	31.2	23.9	18.1	14.9	12.8	11.3	9.3	5.6	3.9
30	39.8	33.3	25.5	19.3	15.8	13.6	12	9.8	5.9	4.2
50	42.9	35.8	27.4	20.8	17	14.6	12.9	10.6	6.4	4.5
70	44.9	37.5	28.7	21.7	17.8	15.3	13.5	11	6.6	4.6
80	45.7	38.2	29.2	22.1	18.1	15.5	13.7	11.2	6.7	4.7
100	47	39.3	30	22.7	18.6	16	14.1	11.5	7	4.9
200	51.2	42.7	32.6	24.6	20.2	17.3	15.3	12.6	7.6	5.2
300	53.6	44.7	34.1	25.7	21.1	18.1	16	13.2	8	5.4
500	56.7	47.2	36	27.2	22.3	19.1	16.9	13.9	8.4	5.7

I 부록

〈표1-48〉 부안(243) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	117.5	92.4	80.3	71.8	60.1	52.2	46.4	42	33.3	28.1
3	143.4	108.2	93.3	83.3	69.8	60.7	54.1	49.1	39	32.9
5	172.1	125.9	107.7	96.1	80.6	70.2	62.7	56.9	45.3	38.2
10	208.1	148.1	125.9	112.1	94.1	82.2	73.5	66.8	53.3	45
20	242.7	169.3	143.3	127.5	107.1	93.7	83.9	76.3	61	51.5
30	262.6	181.5	153.4	136.4	114.6	100.3	89.9	81.8	65.4	55.2
50	287.6	196.4	165.9	147.6	124.1	108.6	97.2	88.5	70.7	59.8
70	303.8	206.7	174.1	154.7	130.1	114	102.2	93	74.5	62.9
80	310.3	210.6	177.4	157.6	132.5	116.1	104.1	94.8	75.9	64.1
100	321.1	217	182.8	162.5	136.7	119.7	107.3	97.7	78.2	66
200	354.4	237.8	199.6	177.3	149.1	130.7	117.3	106.9	85.7	72.4
300	374.1	249.3	209.5	186.2	156.7	137.3	123.2	112.2	89.9	76
500	398.7	264.5	221.9	197.1	165.9	145.4	130.5	118.9	95.3	80.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.9	18.3	14.1	10.8	8.8	7.5	6.6	5.3	3.2	2.4
3	25.7	21.4	16.4	12.5	10.2	8.7	7.6	6.1	3.6	2.8
5	29.8	24.8	19	14.4	11.8	10	8.8	7.1	4.2	3.2
10	35	29.1	22.2	16.8	13.7	11.6	10.2	8.2	4.9	3.7
20	40	33.3	25.3	19.1	15.5	13.2	11.5	9.3	5.6	4.2
30	42.9	35.6	27.1	20.4	16.6	14.1	12.3	9.9	6	4.5
50	46.5	38.6	29.4	22.2	18	15.2	13.3	10.7	6.4	4.9
70	48.9	40.6	30.9	23.2	18.8	16	14	11.3	6.7	5.2
80	49.9	41.4	31.4	23.6	19.2	16.3	14.2	11.4	6.9	5.3
100	51.4	42.6	32.4	24.4	19.8	16.8	14.7	11.8	7.1	5.4
200	56.3	46.7	35.4	26.6	21.6	18.3	16	12.9	7.7	5.9
300	59.1	49	37.2	28	22.7	19.2	16.7	13.4	8	6.2
500	62.6	51.9	39.4	29.6	24	20.3	17.7	14.2	8.5	6.6

〈표1-49〉 임실(244) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	198.8	124.9	96.9	81.1	63	52.6	45.7	40.8	31.7	26.5
3	254.8	150.4	112.1	91.7	70	58.2	50.6	45.3	35.5	30
5	317.1	178.8	129	103.6	77.8	64.5	56.1	50.3	39.9	34
10	395.3	214.7	150.2	118.6	87.7	72.3	63	56.6	45.3	38.9
20	470.3	249.3	170.4	132.8	97.1	79.9	69.7	62.7	50.6	43.7
30	513.3	269.3	182	140.9	102.5	84.3	73.5	66.2	53.6	46.5
50	567.3	294.1	196.6	151.3	109.3	89.7	78.2	70.6	57.3	49.8
70	602.6	310.4	206.1	157.9	113.8	93.3	81.4	73.5	59.7	52.1
80	616.5	317.3	209.9	160.5	115.5	94.7	82.6	74.6	60.7	53
100	639.9	328	216.2	165	118.4	97	84.7	76.5	62.4	54.5
200	712.5	361	235.8	178.9	127.7	104.4	91.1	82.3	67.3	59
300	754.7	380.8	247.2	186.9	133	108.7	94.8	85.7	70.2	61.6
500	807.9	405.4	261.6	197	139.7	114.1	99.5	90	73.9	65
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.6	17.2	13.3	10.3	8.5	7.3	6.4	5.2	3.1	2.3
3	23.6	19.9	15.6	12	9.9	8.5	7.5	6.1	3.6	2.6
5	27.1	23	18.1	14	11.5	9.9	8.7	7	4.2	3.1
10	31.4	26.8	21.2	16.4	13.6	11.6	10.2	8.2	4.9	3.6
20	35.5	30.5	24.2	18.8	15.5	13.2	11.6	9.4	5.6	4.1
30	37.9	32.6	25.9	20.1	16.5	14.1	12.4	10	5.9	4.4
50	40.9	35.3	28.1	21.8	17.9	15.3	13.4	10.8	6.4	4.8
70	42.8	37	29.5	22.9	18.9	16.1	14.1	11.4	6.8	5
80	43.6	37.7	30	23.3	19.2	16.4	14.4	11.6	6.9	5.1
100	44.9	38.9	31	24.1	19.8	16.9	14.8	11.9	7.1	5.3
200	48.9	42.4	34	26.4	21.7	18.5	16.2	13	7.7	5.8
300	51.2	44.5	35.6	27.7	22.8	19.4	16.9	13.6	8.1	6.1
500	54.1	47.1	37.8	29.4	24.1	20.5	17.9	14.4	8.6	6.5

I 부 록

〈표1-50〉 정읍(245) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	156.4	109.3	89.8	77.8	63.1	53.9	47.6	42.8	33.7	28.3
3	197.6	128.5	104	89.9	73	62.6	55.3	49.8	39.2	32.8
5	243.6	149.9	119.9	103.3	84	72.2	63.9	57.7	45.3	37.8
10	301.5	176.6	139.9	120.4	97.9	84.3	74.7	67.4	53	44.2
20	356.9	202.4	159	136.6	111.2	95.9	85.1	76.9	60.4	50.3
30	388.9	217.1	170	145.9	118.9	102.6	91	82.3	64.6	53.7
50	428.7	235.7	183.7	157.5	128.4	110.9	98.5	89.1	70	58.1
70	454.7	248.2	192.7	165	134.5	116.3	103.4	93.6	73.6	61.1
80	465.1	252.9	196.3	168.1	137	118.5	105.4	95.3	74.9	62.2
100	482.5	260.9	202.3	173.2	141.2	122.1	108.6	98.2	77.2	64.1
200	536.1	285.7	220.8	188.9	154.1	133.3	118.6	107.3	84.4	70
300	567.5	300.1	231.6	198.1	161.6	139.9	124.5	112.6	88.5	73.4
500	607	318.2	245.2	209.7	171.1	148.1	131.8	119.3	93.7	77.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.9	18.2	13.9	10.5	8.6	7.3	6.4	5.1	3	2.2
3	25.3	20.9	15.9	12	9.7	8.3	7.3	5.9	3.5	2.6
5	29	23.8	18	13.5	11	9.4	8.3	6.8	4.1	3
10	33.7	27.6	20.7	15.5	12.6	10.8	9.5	7.8	4.8	3.6
20	38.2	31.1	23.2	17.3	14.1	12.1	10.7	8.8	5.5	4.1
30	40.7	33.2	24.7	18.4	15	12.9	11.4	9.4	6	4.4
50	44	35.7	26.5	19.7	16.1	13.8	12.2	10.2	6.5	4.7
70	46.1	37.4	27.7	20.6	16.8	14.5	12.9	10.7	6.8	4.9
80	46.9	38	28.2	20.9	17.1	14.7	13.1	10.9	7	5
100	48.3	39.2	29	21.5	17.6	15.1	13.4	11.2	7.2	5.2
200	52.7	42.6	31.5	23.3	19.1	16.4	14.6	12.2	7.9	5.7
300	55.2	44.7	32.9	24.4	19.9	17.2	15.3	12.8	8.3	6
500	58.4	47.2	34.7	25.7	21	18.1	16.1	13.5	8.7	6.3

〈표1-51〉 남원(247) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	97.2	83.1	75.2	68.7	58.3	50.7	44.9	40.5	31.5	26.2
3	110.7	93.5	84.8	77.5	65.9	57.3	50.8	45.8	35.8	29.8
5	125.8	105.2	95.5	87.4	74.4	64.8	57.5	51.8	40.5	33.8
10	144.6	120.1	108.9	99.6	84.9	74	65.7	59.3	46.5	38.9
20	162.8	134.2	121.8	111.6	95.1	82.9	73.6	66.4	52.2	43.7
30	173.2	142.3	129.2	118.3	100.9	88	78.2	70.5	55.5	46.5
50	186.2	152.4	138.4	126.9	108.2	94.4	83.9	75.7	59.6	50
70	194.8	159.1	144.5	132.4	113	98.5	87.6	79.1	62.3	52.3
80	198.3	161.6	146.9	134.7	114.9	100.2	89.1	80.4	63.3	53.2
100	203.9	166	150.9	138.4	118.2	103	91.5	82.6	65.1	54.7
200	221.5	179.7	163.3	149.8	127.9	111.6	99.2	89.6	70.6	59.4
300	231.7	187.7	170.6	156.5	133.6	116.6	103.7	93.6	73.8	62.1
500	244.5	197.9	179.7	164.8	140.8	122.9	109.3	98.8	77.9	65.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.1	16.7	12.9	10	8.4	7.3	6.5	5.4	3.3	2.4
3	23	19.2	14.9	11.6	9.7	8.4	7.5	6.2	3.8	2.8
5	26.2	21.9	17.1	13.3	11.2	9.7	8.6	7.1	4.4	3.3
10	30.2	25.3	19.8	15.5	13	11.3	10.1	8.3	5.1	3.8
20	34.1	28.6	22.5	17.6	14.8	12.8	11.4	9.4	5.8	4.4
30	36.3	30.5	24	18.8	15.8	13.7	12.2	10	6.1	4.7
50	39.1	32.9	25.9	20.3	17.1	14.8	13.1	10.8	6.6	5.1
70	40.9	34.5	27.1	21.3	17.9	15.5	13.8	11.3	7	5.5
80	41.6	35.1	27.7	21.8	18.3	15.9	14.1	11.5	7.1	5.6
100	42.8	36.1	28.5	22.4	18.8	16.3	14.5	11.9	7.3	5.8
200	46.6	39.3	31	24.4	20.5	17.8	15.7	12.9	7.9	6.3
300	48.7	41.2	32.5	25.6	21.5	18.7	16.5	13.6	8.3	6.6
500	51.5	43.5	34.4	27.1	22.8	19.8	17.5	14.4	8.8	7

I 부 록

〈표1-52〉 장수(248) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	110.3	91.1	78.5	69.4	57.1	49	43.3	39	30.7	25.8
3	120.7	98.8	85.9	76.6	63.6	54.9	48.6	43.8	34.4	28.9
5	132.2	107.7	94.2	84.5	70.8	61.4	54.5	49.2	38.8	32.4
10	146.7	118.9	104.7	94.4	79.8	69.6	62	56	44.1	36.8
20	160.6	129.7	114.6	103.8	88.4	77.4	69.1	62.6	49.3	41.1
30	168.6	135.8	120.4	109.4	93.4	81.9	73.2	66.3	52.2	43.6
50	178.5	143.5	127.6	116.3	99.6	87.6	78.3	71	55.9	46.6
70	185.1	148.5	132.3	120.7	103.7	91.3	81.7	74.1	58.3	48.6
80	187.6	150.7	134.2	122.4	105.2	92.7	83	75.3	59.4	49.4
100	192	153.8	137.3	125.5	108.1	95.2	85.3	77.3	60.9	50.7
200	205.4	164.3	146.9	134.6	116.3	102.7	92.1	83.6	65.9	54.8
300	213.2	170.4	152.5	140	121.2	107.2	96.2	87.3	68.8	57.2
500	223.2	178	159.7	146.7	127.3	112.7	101.2	92	72.5	60.2
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.1	16.9	13.2	10.3	8.7	7.6	6.8	5.6	3.5	2.6
3	22.5	18.8	14.7	11.5	9.7	8.5	7.6	6.4	4.1	3.1
5	25.1	21	16.3	12.8	10.8	9.5	8.6	7.3	4.8	3.6
10	28.4	23.6	18.3	14.3	12.2	10.8	9.8	8.4	5.7	4.2
20	31.6	26.2	20.2	15.9	13.5	12	10.9	9.5	6.5	4.8
30	33.4	27.7	21.4	16.8	14.3	12.7	11.6	10.1	7	5.2
50	35.7	29.5	22.7	17.9	15.3	13.6	12.5	10.9	7.6	5.6
70	37.2	30.7	23.7	18.6	15.9	14.2	13	11.4	8	5.9
80	37.8	31.2	24	18.8	16.1	14.4	13.2	11.6	8.2	6.1
100	38.7	32	24.7	19.4	16.6	14.8	13.6	11.9	8.4	6.2
200	41.8	34.5	26.5	20.8	17.9	16	14.7	13	9.3	6.9
300	43.6	35.9	27.6	21.7	18.6	16.7	15.4	13.6	9.7	7.2
500	45.8	37.7	29	22.8	19.6	17.6	16.2	14.3	10.3	7.6

〈표1-53〉 주암(256) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	95.9	86.4	76.3	68.4	57.5	50.3	45.2	41.3	33.6	29
3	114	101.4	88.3	78.8	66.2	58.2	52.5	48.1	39.6	34.3
5	134.2	118	101.8	90.5	76	66.9	60.5	55.7	46.1	40.1
10	159.4	139	118.7	105	88.1	77.8	70.7	65.3	54.4	47.5
20	183.7	159	134.9	119	99.8	88.4	80.4	74.4	62.3	54.5
30	197.6	170.6	144.2	127	106.5	94.4	86	79.7	66.9	58.6
50	215	185.1	155.8	137.1	114.9	101.9	93	86.3	72.6	63.7
70	226.5	194.5	163.4	143.6	120.4	106.8	97.5	90.6	76.3	67
80	231	198.4	166.5	146.2	122.6	108.8	99.4	92.3	77.8	68.3
100	238.6	204.4	171.6	150.7	126.3	112.1	102.4	95.1	80.2	70.5
200	261.9	223.9	187.1	164.1	137.6	122.2	111.8	104	87.9	77.3
300	275.6	235.2	196.3	172	144.2	128.2	117.3	109.1	92.4	81.3
500	292.9	249.4	207.8	182	152.5	135.6	124.2	115.6	98	86.3
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	23.4	20.1	16	12.7	10.6	9.2	8.2	6.7	4	2.9
3	27.8	23.8	18.9	14.8	12.3	10.6	9.4	7.7	4.7	3.4
5	32.6	27.8	22	17.1	14.2	12.3	10.8	8.9	5.4	3.9
10	38.6	33	26	20.1	16.6	14.3	12.6	10.3	6.2	4.5
20	44.4	37.9	29.7	22.9	18.9	16.2	14.3	11.7	7.2	5.2
30	47.7	40.7	31.9	24.5	20.2	17.3	15.2	12.5	7.6	5.5
50	52	44.3	34.6	26.5	21.8	18.7	16.5	13.5	8.3	6
70	54.7	46.6	36.4	27.8	22.9	19.6	17.2	14.1	8.7	6.3
80	55.8	47.5	37.1	28.4	23.3	19.9	17.6	14.4	8.9	6.4
100	57.5	49.1	38.3	29.3	24	20.5	18.1	14.8	9.1	6.6
200	63.2	53.8	42	32	26.2	22.4	19.8	16.2	10	7.2
300	66.4	56.6	44	33.6	27.5	23.5	20.7	16.9	10.5	7.6
500	70.6	60.1	46.8	35.6	29.1	24.9	21.9	17.9	11.1	8

I 부 록

〈표1-54〉 장흥(260) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	88.1	82	74.1	67.4	57.4	50.6	45.7	41.9	34.5	30
3	102.2	93.4	84.7	77.4	66.4	58.7	53	48.7	40.1	34.9
5	117.9	106.2	96.5	88.5	76.2	67.6	61.2	56.3	46.4	40.4
10	137.7	122.1	111.4	102.5	88.7	78.9	71.5	65.8	54.3	47.3
20	156.6	137.5	125.6	115.7	100.6	89.6	81.4	74.9	61.9	53.9
30	167.5	146.2	133.8	123.5	107.5	95.9	87	80.2	66.3	57.7
50	181.2	157.1	144	133.2	116.1	103.6	94.1	86.7	71.6	62.4
70	190.1	164.3	150.7	139.5	121.8	108.7	98.8	91	75.2	65.5
80	193.6	167.2	153.4	142	124	110.7	100.6	92.7	76.6	66.7
100	199.5	172.1	157.8	146.1	127.6	114	103.7	95.6	79	68.8
200	217.9	186.7	171.6	159.1	139.3	124.5	113.2	104.3	86.3	75.2
300	228.5	195.4	179.6	166.6	146	130.6	118.8	109.5	90.6	78.9
500	242	206.4	189.7	176.1	154.4	138.2	125.8	116	96	83.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.6	21.3	17.2	13.7	11.5	9.9	8.7	7.1	4	2.9
3	28.7	24.8	20.2	16.1	13.6	11.8	10.4	8.4	4.8	3.5
5	33.2	28.8	23.4	18.8	15.9	13.8	12.2	9.9	5.7	4.1
10	38.8	33.7	27.5	22.1	18.7	16.3	14.4	11.8	6.8	4.9
20	44.3	38.4	31.3	25.3	21.5	18.7	16.7	13.6	7.9	5.6
30	47.4	41.2	33.7	27.2	23.1	20.1	17.9	14.6	8.5	6.1
50	51.3	44.6	36.5	29.5	25.1	21.9	19.5	15.9	9.2	6.6
70	53.8	46.8	38.3	31	26.4	23.1	20.5	16.8	9.7	7
80	54.8	47.7	39	31.6	26.9	23.5	20.9	17.1	9.9	7.1
100	56.6	49.2	40.3	32.6	27.8	24.3	21.6	17.8	10.3	7.3
200	61.8	53.8	44.1	35.7	30.4	26.6	23.7	19.4	11.3	8.1
300	64.9	56.5	46.3	37.5	32	28	25	20.5	11.9	8.5
500	68.7	59.8	49	39.8	33.9	29.7	26.5	21.8	12.7	9

〈표1-55〉 해남(261) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	85.8	80.3	71.8	64.4	53.9	46.8	41.9	38.2	31.2	27.1
3	100.5	93.6	83.4	74.9	62.7	54.6	48.9	44.7	36.6	31.9
5	116.9	108.2	96.4	86.6	72.6	63.3	56.8	52	42.7	37.2
10	137.6	126.8	112.7	101.2	84.9	74.2	66.7	61.1	50.3	44
20	157.4	144.3	128.4	115.4	96.9	84.7	76.2	69.8	57.6	50.4
30	168.8	154.5	137.4	123.5	103.7	90.7	81.6	74.8	61.8	54.1
50	182.9	167.3	148.7	133.6	112.3	98.3	88.4	81.1	67	58.8
70	192.2	175.6	156.1	140.2	117.9	103.2	92.9	85.2	70.5	61.8
80	196	178.8	159	142.9	120.2	105.2	94.7	86.8	71.8	63
100	202.1	184.5	163.9	147.2	123.8	108.4	97.6	89.5	74.1	65
200	221.3	201.5	179	160.9	135.3	118.6	106.8	98	81.1	71.2
300	232.4	211.4	187.8	168.8	142	124.5	112.1	102.9	85.3	74.9
500	246.5	223.9	199	178.9	150.6	132	118.9	109.1	90.4	79.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	22.3	19.4	15.9	12.8	10.7	9.3	8.1	6.5	3.7	2.7
3	26.4	23.1	19	15.3	13	11.2	9.9	8	4.6	3.3
5	30.9	27	22.3	18.1	15.4	13.4	11.9	9.6	5.5	3.9
10	36.6	32.1	26.6	21.7	18.5	16.2	14.3	11.7	6.7	4.7
20	42	36.9	30.7	25.1	21.5	18.8	16.7	13.6	7.8	5.5
30	45.1	39.7	33.1	27.1	23.2	20.3	18.1	14.8	8.5	6
50	49.1	43.2	36	29.6	25.3	22.2	19.8	16.2	9.3	6.5
70	51.7	45.6	38	31.2	26.7	23.4	20.9	17.1	9.8	6.9
80	52.6	46.4	38.7	31.9	27.3	23.9	21.3	17.4	10	7.1
100	54.4	47.9	40	32.9	28.2	24.7	22	18.1	10.4	7.3
200	59.6	52.6	43.9	36.2	31.1	27.3	24.3	20	11.5	8.1
300	62.7	55.4	46.3	38.1	32.7	28.8	25.6	21	12.1	8.5
500	66.5	58.8	49.2	40.6	34.9	30.6	27.3	22.4	12.9	9.1

I 부록

〈표1-56〉 고흥(262) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	85.1	80.7	73.7	67.6	58.5	52	47.3	43.6	36.2	31.6
3	97.3	91.4	84.2	78	68.6	61.7	56.6	52.5	43.9	38.4
5	110.7	103.2	95.9	89.6	79.9	72.6	66.9	62.3	52.5	45.9
10	127.8	118	110.6	104.2	94.1	86.2	79.9	74.7	63.2	55.4
20	144.1	132.3	124.7	118.3	107.7	99.3	92.3	86.5	73.5	64.5
30	153.5	140.4	132.7	126.3	115.5	106.8	99.5	93.4	79.4	69.7
50	165.2	150.6	142.9	136.4	125.3	116.2	108.5	101.9	86.8	76.3
70	172.9	157.4	149.5	143	131.7	122.3	114.3	107.5	91.7	80.6
80	175.9	160	152.1	145.6	134.3	124.8	116.7	109.7	93.6	82.3
100	181	164.5	156.5	149.9	138.5	128.8	120.5	113.4	96.8	85.1
200	196.8	178.2	170.1	163.5	151.7	141.5	132.6	124.9	106.8	93.9
300	206	186.2	178.1	171.4	159.4	148.9	139.7	131.6	112.6	99
500	217.6	196.2	188.1	181.4	169.1	158.2	148.5	140	119.9	105.5
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	25.8	22.3	17.8	13.9	11.5	9.8	8.6	6.9	3.9	2.9
3	31.4	26.9	21.4	16.7	13.8	11.8	10.4	8.4	4.8	3.5
5	37.5	32.1	25.5	19.8	16.4	14.1	12.4	10	5.8	4.2
10	45.2	38.7	30.6	23.8	19.7	16.9	14.9	12.1	7.1	5.1
20	52.6	45	35.5	27.6	22.9	19.6	17.3	14.1	8.3	5.9
30	56.9	48.6	38.4	29.8	24.7	21.2	18.7	15.3	9	6.4
50	62.2	53.2	41.9	32.5	26.9	23.2	20.4	16.7	9.9	7.1
70	65.7	56.1	44.2	34.3	28.4	24.5	21.6	17.7	10.5	7.5
80	67.1	57.3	45.1	35	29	25	22.1	18	10.7	7.6
100	69.4	59.2	46.6	36.2	30	25.8	22.8	18.7	11.1	7.9
200	76.6	65.3	51.4	39.9	33	28.5	25.1	20.6	12.2	8.7
300	80.7	68.8	54.2	42	34.8	30	26.5	21.7	12.9	9.2
500	86	73.3	57.7	44.7	37.1	31.9	28.2	23.1	13.8	9.8

〈표1-57〉 봉화(271) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	104	89.1	78.5	70.2	58.4	50.5	44.8	40.5	32.2	27.2
3	120.7	103	90.4	80.8	67.2	58.1	51.6	46.7	37.2	31.7
5	139.4	118.3	103.8	92.7	77	66.5	59.1	53.5	42.8	36.6
10	162.9	137.8	120.6	107.5	89.2	77.1	68.5	62.1	49.9	42.8
20	185.4	156.1	136.7	121.9	101.1	87.3	77.6	70.4	56.6	48.7
30	198.4	167	145.9	130	107.7	93.1	82.8	75.1	60.6	52.2
50	214.6	180.3	157.5	140.3	116.2	100.4	89.3	81	65.4	56.4
70	225.2	189	165.1	147	121.7	105.2	93.6	84.9	68.6	59.2
80	229.4	192.6	168.1	149.6	123.9	107.1	95.3	86.5	69.9	60.3
100	236.4	198.3	173.1	154.1	127.6	110.3	98.1	89.1	72	62.2
200	258.2	216.1	188.7	167.9	139	120.1	106.9	97	78.5	67.8
300	270.9	226.7	197.7	175.9	145.6	125.8	112	101.7	82.3	71.2
500	286.9	239.8	209.2	186.1	154	133.1	118.4	107.6	87.1	75.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	21.5	18.3	14.4	11.3	9.5	8.2	7.2	5.9	3.5	2.6
3	25.3	21.6	17.2	13.7	11.5	10	8.9	7.3	4.3	3.1
5	29.4	25.3	20.4	16.4	13.9	12.1	10.7	8.8	5.1	3.6
10	34.7	29.9	24.4	19.7	16.8	14.6	13	10.6	6.1	4.2
20	39.6	34.4	28.2	22.9	19.6	17.1	15.2	12.4	7	4.9
30	42.5	37	30.4	24.7	21.1	18.5	16.5	13.5	7.6	5.2
50	46.1	40.2	33.1	27.1	23.2	20.3	18.1	14.8	8.3	5.7
70	48.5	42.3	34.9	28.6	24.5	21.5	19.1	15.6	8.8	6
80	49.4	43.1	35.6	29.2	25	21.9	19.5	16	9	6.1
100	51	44.5	36.8	30.2	25.9	22.7	20.2	16.5	9.3	6.3
200	55.8	48.8	40.5	33.3	28.6	25.1	22.3	18.2	10.2	6.9
300	58.6	51.3	42.6	35.1	30.1	26.5	23.6	19.3	10.7	7.3
500	62.2	54.5	45.4	37.4	32.1	28.2	25.1	20.5	11.4	7.8

I 부 록

〈표1-58〉 영주(272) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	106.2	83.7	71.1	62.3	50.9	43.7	38.7	35	27.9	23.8
3	121.6	93.9	80	70.6	58.2	50.2	44.6	40.4	32.4	27.6
5	138.6	105.7	90	79.6	66.1	57.4	51.2	46.6	37.5	32
10	160	120.2	102.5	91	76.1	66.4	59.5	54.2	43.8	37.5
20	180.6	134.4	114.5	101.9	85.6	75	67.4	61.6	49.9	42.8
30	192.4	142.4	121.4	108.2	91.2	80	72	65.8	53.4	45.8
50	207.1	152.6	130.1	116.1	98	86.2	77.7	71.1	57.8	49.5
70	216.9	159.2	135.8	121.3	102.6	90.3	81.4	74.6	60.7	52
80	220.7	161.7	138	123.3	104.4	92	82.9	75.9	61.8	53
100	227.2	166.1	141.8	126.7	107.3	94.6	85.4	78.2	63.7	54.6
200	247	179.6	153.4	137.3	116.6	103	93.1	85.3	69.6	59.7
300	258.6	187.7	160.2	143.4	122	107.9	97.6	89.5	73.1	62.7
500	273.1	197.6	168.8	151.2	128.8	114	103.2	94.7	77.4	66.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	19	16.3	13	10.3	8.6	7.4	6.6	5.3	3.1	2.3
3	22.1	18.9	15.1	11.9	10	8.7	7.7	6.3	3.8	2.8
5	25.6	21.8	17.4	13.7	11.6	10.1	8.9	7.4	4.5	3.3
10	30	25.5	20.3	16	13.5	11.8	10.5	8.7	5.3	3.9
20	34.2	29.1	23.1	18.2	15.4	13.5	12	10	6.1	4.4
30	36.6	31.1	24.7	19.5	16.5	14.4	12.9	10.8	6.6	4.8
50	39.6	33.6	26.6	21.1	17.8	15.6	14	11.7	7.3	5.2
70	41.5	35.3	27.9	22.1	18.7	16.4	14.7	12.3	7.7	5.5
80	42.3	36	28.5	22.5	19	16.7	15	12.5	7.8	5.5
100	43.6	37	29.3	23.2	19.6	17.2	15.5	13	8.1	5.7
200	47.6	40.4	32	25.3	21.4	18.8	16.9	14.2	8.8	6.2
300	50	42.4	33.6	26.5	22.5	19.7	17.7	14.9	9.3	6.5
500	53	45	35.5	28.1	23.8	20.9	18.8	15.8	9.9	7

〈표1-59〉 문경(273) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	116.1	85.3	71.2	61.9	49.8	42.2	37	33.2	26.1	22
3	135.6	96	80	69.7	56.4	48.1	42.2	37.9	29.7	25
5	157.3	107.9	89.8	78.5	63.9	54.6	48.1	43.2	33.8	28.3
10	184.7	122.6	102.1	89.6	73.4	62.9	55.4	49.7	38.8	32.3
20	210.9	136.5	114	100.4	82.6	70.9	62.4	56	43.5	36.2
30	226	144.9	120.8	106.4	87.7	75.4	66.5	59.7	46.4	38.5
50	244.9	155	129.3	114.1	94.3	81.1	71.5	64.2	49.8	41.3
70	257.2	161.6	134.9	119.2	98.6	84.9	74.9	67.2	52	43.1
80	262.1	164.2	137.1	121.1	100.3	86.3	76.1	68.3	52.9	43.8
100	270.2	168.7	140.8	124.4	103.1	88.8	78.3	70.3	54.5	45.1
200	295.6	182.3	152.2	134.7	111.9	96.5	85.2	76.4	59.1	48.9
300	310.4	190.4	158.9	140.7	117	101	89.1	80	61.8	51
500	329.1	200.3	167.3	148.4	123.5	106.6	94.1	84.5	65.2	53.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	17.5	14.9	11.9	9.4	7.8	6.8	5.9	4.8	2.8	2.2
3	19.7	16.7	13.2	10.4	8.7	7.6	6.7	5.5	3.3	2.5
5	22.1	18.6	14.6	11.5	9.7	8.4	7.5	6.2	3.8	2.8
10	25.1	21	16.4	12.9	10.9	9.5	8.5	7.1	4.4	3.2
20	27.9	23.3	18.2	14.3	12.1	10.6	9.5	8	5	3.7
30	29.6	24.6	19.2	15	12.7	11.2	10.1	8.5	5.4	3.9
50	31.7	26.3	20.4	16	13.6	11.9	10.7	9.1	5.8	4.2
70	33	27.4	21.2	16.7	14.1	12.5	11.2	9.5	6.1	4.4
80	33.6	27.8	21.6	17	14.4	12.7	11.4	9.7	6.2	4.5
100	34.5	28.6	22.1	17.4	14.7	13	11.7	9.9	6.3	4.6
200	37.2	30.8	23.8	18.7	15.9	14	12.7	10.8	6.9	5
300	38.8	32.1	24.8	19.4	16.5	14.6	13.2	11.3	7.3	5.3
500	40.9	33.8	26.1	20.4	17.4	15.4	13.9	11.9	7.7	5.6

I 부 록

〈표1-60〉 영덕(277) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	87.8	67.9	57.9	50.9	41.6	35.7	31.6	28.5	22.8	19.5
3	105.1	79.9	68	59.8	48.8	41.9	37	33.4	26.7	22.9
5	124.2	93.3	79.2	69.6	56.9	48.7	43.1	38.9	31.1	26.6
10	148.4	109.7	93.3	82.1	67.1	57.4	50.7	45.7	36.5	31.2
20	171.6	125.6	106.8	94	76.8	65.8	58	52.3	41.7	35.7
30	184.9	134.7	114.6	100.9	82.5	70.5	62.2	56	44.6	38.2
50	201.6	146.2	124.4	109.5	89.5	76.5	67.5	60.8	48.4	41.4
70	212.6	153.7	130.7	115.1	94.1	80.4	70.9	63.9	50.9	43.6
80	216.8	156.9	133.2	117.2	95.8	81.9	72.3	65.2	51.9	44.5
100	224.1	161.7	137.5	121	98.8	84.5	74.5	67.2	53.5	45.8
200	246.5	177	150.6	132.6	108.3	92.6	81.6	73.5	58.5	50.1
300	259.6	185.9	158.2	139.3	113.8	97.3	85.7	77.2	61.4	52.6
500	275.9	197.4	167.8	147.7	120.6	103.1	90.9	81.9	65.2	55.8
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	15.7	13.5	11	8.8	7.4	6.4	5.7	4.6	2.7	2
3	18.5	16	13	10.5	8.9	7.7	6.8	5.5	3.2	2.3
5	21.5	18.6	15.2	12.3	10.4	9.1	8	6.5	3.7	2.7
10	25.3	22	18	14.6	12.5	10.9	9.6	7.8	4.5	3.3
20	29	25.2	20.7	16.9	14.4	12.6	11.1	9.1	5.2	3.8
30	31.1	27.1	22.3	18.2	15.5	13.5	11.9	9.7	5.5	4.1
50	33.7	29.3	24.2	19.8	16.9	14.7	13	10.6	6	4.4
70	35.4	30.9	25.5	20.8	17.8	15.5	13.7	11.1	6.3	4.6
80	36.2	31.5	25.9	21.2	18.1	15.8	14	11.4	6.4	4.7
100	37.3	32.5	26.8	21.9	18.7	16.4	14.5	11.8	6.7	4.9
200	40.8	35.6	29.4	24.1	20.6	18	15.9	12.9	7.3	5.4
300	42.9	37.4	30.9	25.3	21.7	18.9	16.8	13.6	7.7	5.7
500	45.5	39.7	32.8	26.9	23	20.1	17.8	14.5	8.1	6

〈표1-61〉 의성(278) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	119.7	87.7	72.9	63.2	50.8	43.1	37.7	33.7	26.3	22
3	141.2	100.5	83.2	72.1	58	49.2	43.1	38.5	30	25.1
5	165.4	114.2	94.7	82.3	66.3	56.2	49.1	43.9	34	28.4
10	195.4	132.3	109.2	94.8	76.3	64.7	56.6	50.6	39.2	32.7
20	224.3	149.4	123	106.7	86	73	63.8	57.1	44.2	36.9
30	241	159.2	131	113.6	91.6	77.7	68	60.8	47.1	39.2
50	261.8	171.5	140.9	122.2	98.6	83.6	73.2	65.4	50.7	42.2
70	275.3	179.8	147.4	127.8	103.1	87.5	76.6	68.5	53.1	44.2
80	280.7	182.9	150.1	130.1	105	89.1	77.9	69.7	54	44.9
100	289.8	188.1	154.4	133.9	108	91.7	80.2	71.7	55.5	46.2
200	317.7	204.9	167.7	145.4	117.3	99.6	87.2	78	60.4	50.2
300	334.1	214.3	175.6	152.3	122.9	104.3	91.3	81.6	63.1	52.5
500	354.7	226.2	185.4	160.9	129.9	110.2	96.4	86.1	66.6	55.4
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	17.1	14.3	11.2	8.7	7.2	6.2	5.4	4.4	2.6	1.9
3	19.5	16.3	12.7	9.9	8.2	7	6.2	5	3	2.2
5	22.1	18.5	14.4	11.2	9.3	8	7.1	5.8	3.4	2.6
10	25.4	21.3	16.6	12.9	10.8	9.3	8.2	6.7	4	3
20	28.6	23.9	18.6	14.5	12.1	10.4	9.2	7.5	4.5	3.4
30	30.4	25.4	19.8	15.4	12.8	11.1	9.8	8	4.8	3.6
50	32.7	27.3	21.3	16.6	13.8	12	10.6	8.7	5.2	3.9
70	34.1	28.5	22.2	17.3	14.4	12.5	11.1	9.1	5.5	4.1
80	34.7	29	22.6	17.6	14.7	12.7	11.3	9.3	5.6	4.2
100	35.7	29.9	23.3	18.1	15.1	13.1	11.6	9.5	5.7	4.3
200	38.8	32.4	25.2	19.6	16.4	14.2	12.6	10.4	6.3	4.7
300	40.6	33.9	26.4	20.6	17.2	14.9	13.2	10.9	6.6	5
500	42.8	35.8	27.9	21.7	18.2	15.7	14	11.5	7	5.3

I 부 록

〈표1-62〉 구미(279) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	118.6	86.5	72.1	62.4	49.7	41.7	36.2	32.2	24.9	20.9
3	139.2	100.9	83.7	72.2	57.1	47.8	41.4	36.7	28.2	23.5
5	162.2	117	96.7	83.2	65.6	54.6	47.1	41.7	31.8	26.4
10	191.2	136.8	113	97	76.2	63.2	54.4	48	36.4	30.1
20	219	155.5	128.7	110.4	86.5	71.5	61.3	53.9	40.7	33.6
30	234.9	166.6	137.7	118.1	92.3	76.2	65.2	57.3	43.2	35.6
50	254.9	180.2	148.9	127.6	99.6	82.1	70.2	61.7	46.3	38.1
70	267.9	189.4	156.3	133.8	104.4	86	73.5	64.5	48.4	39.8
80	273.1	192.8	159.2	136.3	106.3	87.5	74.8	65.6	49.2	40.4
100	281.8	198.6	164	140.5	109.5	90.1	76.9	67.5	50.5	41.5
200	308.7	217	179.2	153.4	119.4	98	83.6	73.2	54.7	44.9
300	324.3	227.7	188	160.9	125.1	102.7	87.5	76.6	57.1	46.8
500	344.1	241.1	199.1	170.4	132.4	108.6	92.4	80.9	60.2	49.3
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16.4	13.9	11.1	8.7	7.3	6.3	5.6	4.5	2.6	2
3	18.4	15.5	12.3	9.8	8.3	7.2	6.4	5.2	3.1	2.3
5	20.6	17.4	13.8	11	9.3	8.2	7.3	6	3.6	2.6
10	23.3	19.7	15.7	12.6	10.7	9.4	8.4	6.9	4.1	3
20	26	22	17.6	14.1	12.1	10.6	9.4	7.8	4.6	3.4
30	27.5	23.2	18.6	15	12.8	11.2	10	8.3	5	3.7
50	29.5	24.9	19.9	16	13.7	12	10.8	8.9	5.4	4
70	30.7	25.9	20.7	16.7	14.3	12.6	11.3	9.4	5.6	4.2
80	31.2	26.3	21.1	17	14.6	12.9	11.5	9.6	5.7	4.3
100	32	27	21.6	17.5	15	13.2	11.8	9.8	5.9	4.3
200	34.6	29.2	23.4	18.9	16.2	14.3	12.8	10.7	6.4	4.8
300	36.1	30.5	24.4	19.8	17	15	13.4	11.2	6.7	5
500	38	32.1	25.7	20.8	17.9	15.8	14.2	11.8	7.1	5.3

〈표1-63〉 영천(281) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	104.6	78.5	66.8	58.8	47.9	40.8	35.8	32.1	25	21
3	123.9	93	79.1	69.4	56.3	47.7	41.7	37.2	28.8	24
5	145.6	108.8	92.6	81.2	65.7	55.5	48.3	43	33	27.4
10	173.4	128.6	109.4	96	77.4	65.2	56.6	50.2	38.3	31.6
20	199.8	147.5	125.6	110.1	88.7	74.6	64.6	57.2	43.3	35.6
30	214.3	158.6	135	118.4	95.2	79.9	69.2	61.2	46.2	37.9
50	233.5	172.2	146.6	128.5	103.3	86.6	74.9	66.1	49.9	40.8
70	245.6	181.1	154.3	135.2	108.7	91.1	78.6	69.4	52.2	42.7
80	250.4	185	157.4	137.9	110.8	92.8	80.1	70.7	53.2	43.5
100	258.8	191	162.6	142.4	114.4	95.7	82.6	72.9	54.8	44.7
200	283	209.1	178.1	156.1	125.2	104.7	90.2	79.5	59.6	48.6
300	298.6	219.9	187.3	164.1	131.6	110	94.8	83.5	62.5	50.9
500	316.7	233.6	198.9	174.2	139.7	116.7	100.4	88.4	66.1	53.7
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	16.5	14	11.1	8.8	7.5	6.5	5.8	4.7	2.7	1.9
3	18.7	15.8	12.5	9.9	8.3	7.3	6.5	5.3	3.1	2.2
5	21.2	17.8	14	11.1	9.3	8.1	7.2	5.9	3.5	2.5
10	24.3	20.3	15.9	12.6	10.6	9.2	8.2	6.8	4	2.8
20	27.2	22.7	17.7	14	11.8	10.3	9.2	7.6	4.5	3.2
30	28.9	24.1	18.8	14.8	12.5	10.9	9.7	8	4.8	3.4
50	31	25.8	20.1	15.8	13.3	11.7	10.4	8.6	5.1	3.7
70	32.4	26.9	21	16.5	13.9	12.2	10.8	9	5.4	3.9
80	33	27.4	21.3	16.7	14.1	12.3	11	9.1	5.4	3.9
100	33.9	28.1	21.9	17.2	14.5	12.7	11.3	9.4	5.6	4
200	36.7	30.4	23.6	18.6	15.7	13.7	12.2	10.1	6.1	4.4
300	38.4	31.8	24.7	19.4	16.3	14.3	12.8	10.6	6.4	4.6
500	40.5	33.5	26	20.4	17.2	15	13.4	11.1	6.7	4.9

I 부 록

〈표1-64〉 거창(284) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	105.2	79.3	68.2	60.6	50.1	43.2	38.2	34.5	27.5	23.4
3	121.2	90.9	78.4	69.8	57.9	50.1	44.4	40.2	32	27.2
5	139.1	103.8	89.7	80.1	66.7	57.8	51.3	46.5	37	31.5
10	161.6	120	104	93.1	77.8	67.5	60	54.3	43.3	36.8
20	183.2	135.5	117.6	105.4	88.4	76.8	68.4	61.9	49.4	41.9
30	195.5	144.7	125.5	112.5	94.4	82.1	73.2	66.3	52.9	44.9
50	211.1	155.7	135.4	121.5	102.1	88.8	79.1	71.7	57.2	48.6
70	221.3	163.1	141.8	127.3	107.1	93.2	83.1	75.3	60.1	51.1
80	225.3	165.9	144.4	129.7	109.1	95	84.6	76.7	61.2	52
100	232	170.9	148.6	133.5	112.3	97.8	87.2	79.1	63.1	53.5
200	252.9	185.9	161.8	145.5	122.5	106.8	95.3	86.4	68.9	58.5
300	265	194.8	169.5	152.4	128.5	112	99.9	90.7	72.4	61.5
500	280.3	205.9	179.3	161.3	136	118.7	105.9	96.1	76.7	65.1
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	18.7	16	12.8	10.2	8.6	7.5	6.7	5.4	3.2	2.4
3	21.7	18.5	14.9	11.8	10	8.7	7.7	6.3	3.7	2.8
5	25.1	21.4	17.1	13.6	11.4	9.9	8.8	7.2	4.2	3.2
10	29.3	25	19.9	15.8	13.3	11.5	10.2	8.3	4.9	3.7
20	33.4	28.4	22.6	17.9	15	13	11.5	9.4	5.5	4.2
30	35.7	30.4	24.1	19.1	16	13.9	12.3	10.1	5.9	4.4
50	38.6	32.8	26.1	20.7	17.3	15	13.3	10.8	6.4	4.7
70	40.6	34.5	27.4	21.7	18.2	15.8	13.9	11.4	6.7	4.9
80	41.3	35.1	27.9	22.1	18.5	16	14.2	11.6	6.8	5
100	42.5	36.1	28.7	22.7	19.1	16.5	14.6	11.9	7	5.1
200	46.5	39.5	31.3	24.7	20.7	18	15.9	13	7.6	5.6
300	48.8	41.4	32.9	26	21.8	18.9	16.7	13.6	8	5.9
500	51.7	43.9	34.8	27.5	23	19.9	17.6	14.4	8.4	6.2

〈표1-65〉 합천(288) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	109.6	84.4	73.1	65.4	54.9	47.9	42.7	38.8	31	26.3
3	126.4	97.5	84.7	76	64.1	56.1	50.2	45.7	36.7	31.2
5	145.1	112.1	97.6	87.8	74.4	65.2	58.5	53.4	43	36.6
10	168.6	130.3	113.9	102.7	87.2	76.7	68.9	62.9	50.8	43.4
20	191.2	147.8	129.4	116.9	99.6	87.7	78.9	72.1	58.4	49.9
30	204	157.9	138.4	125.1	106.7	94.1	84.7	77.5	62.8	53.7
50	220.2	170.5	149.5	135.3	115.5	102	91.9	84.1	68.2	58.4
70	230.9	178.8	156.9	142	121.4	107.2	96.6	88.4	71.7	61.4
80	235.2	181.9	159.8	144.7	123.7	109.3	98.5	90.1	73.2	62.6
100	242	187.7	164.6	149	127.4	112.6	101.6	93	75.6	64.7
200	263.9	204.6	179.7	162.8	139.4	123.3	111.3	101.9	82.9	71
300	276.6	214.4	188.4	170.8	146.4	129.5	116.9	107.1	87.1	74.7
500	292.6	226.9	199.5	180.9	155.1	137.3	124	113.7	92.5	79.3
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.8	17.6	13.8	10.8	9	7.7	6.8	5.6	3.3	2.4
3	24.7	20.9	16.4	12.7	10.6	9.2	8.1	6.6	3.9	2.8
5	29	24.5	19.2	15	12.4	10.7	9.5	7.7	4.5	3.2
10	34.5	29.2	22.9	17.8	14.8	12.7	11.2	9.1	5.3	3.8
20	39.7	33.6	26.4	20.5	17	14.6	12.8	10.4	6	4.3
30	42.7	36.2	28.4	22	18.3	15.7	13.8	11.2	6.5	4.6
50	46.5	39.3	30.9	24	19.8	17	15	12.1	7	5
70	48.9	41.4	32.5	25.2	20.9	17.9	15.8	12.7	7.4	5.3
80	49.9	42.3	33.2	25.8	21.3	18.3	16.1	13	7.5	5.4
100	51.6	43.7	34.2	26.6	22	18.9	16.6	13.4	7.7	5.5
200	56.6	47.9	37.6	29.2	24.1	20.7	18.2	14.7	8.4	6
300	59.6	50.4	39.6	30.7	25.4	21.8	19.1	15.4	8.9	6.3
500	63.3	53.6	42	32.6	27	23.1	20.3	16.4	9.4	6.7

I 부록

〈표1-66〉 밀양(288) 지점의 확률강우량

Duration(min)										
ARI(yr)	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	111	85	72.5	64.1	53.2	46.1	41.2	37.4	30.1	25.8
3	130.3	98.1	83.4	73.9	61.4	53.5	47.8	43.5	35.1	30
5	151.8	112.4	95.7	84.9	70.8	61.7	55.2	50.3	40.6	34.7
10	178.7	130.9	111	98.5	82.3	71.9	64.5	58.8	47.6	40.7
20	204.5	148.5	125.8	111.6	93.5	81.7	73.3	66.9	54.1	46.3
30	219.5	158.5	134.3	119.2	99.9	87.5	78.5	71.6	58	49.6
50	238.2	171	144.9	128.8	108	94.6	84.9	77.5	62.7	53.7
70	250.2	179.5	151.9	134.8	113.2	99.2	89.1	81.4	65.9	56.4
80	255.1	182.5	154.6	137.4	115.4	101.1	90.8	82.9	67.1	57.4
100	263.1	188.2	159.2	141.4	118.7	104.1	93.5	85.4	69.2	59.2
200	288.1	204.9	173.5	154.3	129.6	113.7	102.1	93.3	75.5	64.6
300	302.7	215.1	181.8	161.6	135.8	119.2	107.2	97.9	79.4	67.9
500	321.2	227.4	192.3	170.9	143.8	126.2	113.5	103.7	84	71.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	20.7	17.6	14	11	9.2	7.9	6.9	5.6	3.2	2.3
3	24	20.5	16.2	12.7	10.6	9.2	8.1	6.6	3.8	2.7
5	27.8	23.6	18.8	14.7	12.3	10.6	9.4	7.7	4.5	3.2
10	32.5	27.6	21.8	17.1	14.3	12.4	11	9	5.3	3.8
20	37	31.4	24.8	19.5	16.3	14.1	12.5	10.3	6.1	4.4
30	39.6	33.6	26.5	20.8	17.4	15.1	13.4	11	6.6	4.7
50	42.8	36.3	28.7	22.6	18.9	16.4	14.6	12	7.2	5.2
70	45	38.1	30.1	23.6	19.8	17.2	15.3	12.6	7.6	5.4
80	45.8	38.8	30.7	24.1	20.2	17.5	15.6	12.8	7.7	5.6
100	47.2	40	31.6	24.8	20.8	18.1	16.1	13.3	8	5.7
200	51.5	43.7	34.5	27.1	22.7	19.8	17.6	14.5	8.7	6.3
300	54.1	45.9	36.2	28.4	23.8	20.7	18.4	15.2	9.2	6.6
500	57.3	48.5	38.3	30.1	25.2	21.9	19.5	16.2	9.8	7

〈표1-67〉 산청(289) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	114.4	85.1	70.7	62.1	52	46	41.9	38.9	32.8	29
3	131.4	96	79.6	70.1	59.3	53	48.7	45.5	38.9	34.6
5	150.3	108.1	89.4	79.1	67.5	60.9	56.3	52.9	45.8	41
10	174.1	123.6	102	90.4	77.8	70.7	65.9	62.2	54.4	49
20	197	138	114	101.3	87.8	80.2	75	71.1	62.5	56.5
30	210.1	146.7	120.8	107.4	93.3	85.6	80.3	76.2	67.3	61
50	226.5	157.3	129.5	115.2	100.4	92.4	86.8	82.6	73.3	66.5
70	237.4	164	135.1	120.4	105.1	96.8	91.1	86.7	77.1	70
80	241.6	166.9	137.4	122.4	106.9	98.6	92.9	88.4	78.7	71.5
100	248.8	171.2	141.1	125.8	110.1	101.5	95.7	91.2	81.2	73.8
200	270.9	185.6	152.7	136.2	119.6	110.6	104.5	99.8	89.2	81.2
300	283.7	193.9	159.5	142.3	125.1	115.9	109.7	104.8	93.8	85.5
500	300	204.2	168.1	150.2	132.2	122.7	116.1	111.1	99.6	90.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	24.2	21	17	13.5	11.3	9.8	8.7	7.1	4.2	3
3	29	25.3	20.5	16.3	13.6	11.8	10.4	8.5	5	3.6
5	34.5	30.1	24.3	19.2	16.1	13.9	12.3	10.1	6	4.2
10	41.4	36.2	29.2	23	19.2	16.6	14.7	12.1	7.2	5
20	47.9	41.9	33.8	26.6	22.2	19.2	17	14	8.3	5.8
30	51.8	45.3	36.5	28.7	23.9	20.7	18.3	15.1	9	6.2
50	56.5	49.4	39.8	31.3	26.1	22.6	20	16.5	9.8	6.7
70	59.6	52.1	42	33	27.5	23.8	21.1	17.4	10.4	7.1
80	60.9	53.2	42.9	33.7	28.1	24.3	21.5	17.7	10.6	7.2
100	62.9	55	44.4	34.8	29	25.1	22.2	18.3	10.9	7.4
200	69.3	60.6	48.8	38.3	31.9	27.6	24.5	20.1	12	8.1
300	73	63.8	51.4	40.3	33.6	29.1	25.8	21.3	12.7	8.5
500	77.7	68	54.8	43	35.8	30.9	27.4	22.5	13.5	9.1

I 부 록

〈표1-68〉 거제(294) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	129	98.1	83.1	73.5	61.7	54.4	49.4	45.6	38.3	33.8
3	148.6	111.3	94.3	83.7	70.7	62.7	57	52.8	44.5	39.3
5	170.4	126	106.7	95	80.7	71.8	65.5	60.8	51.3	45.3
10	197.8	144.3	122.4	109.3	93.3	83.3	76.3	70.8	59.8	52.9
20	224.2	161.8	137.4	123	105.5	94.4	86.5	80.4	68	60.1
30	239.4	171.9	146.1	130.9	112.4	100.8	92.4	85.9	72.7	64.3
50	258.3	184.7	156.9	140.7	121.1	108.7	99.8	92.9	78.7	69.5
70	270.7	193	164	147.2	126.8	113.9	104.6	97.4	82.5	72.9
80	275.6	196.2	166.8	149.7	129	116	106.5	99.2	84.1	74.3
100	283.8	201.8	171.4	154	132.8	119.4	109.7	102.2	86.6	76.5
200	309.2	218.9	186	167.2	144.4	130	119.6	111.4	94.6	83.6
300	324.1	228.8	194.5	174.9	151.2	136.2	125.3	116.8	99.1	87.7
500	342.7	241.4	205.2	184.6	159.8	144.1	132.6	123.7	105	92.9
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	28.3	24.8	20.3	16.2	13.5	11.6	10.2	8.1	4.5	3.2
3	32.8	28.7	23.5	18.9	15.9	13.7	12.1	9.8	5.5	3.9
5	37.8	33.1	27.1	21.8	18.5	16.1	14.3	11.7	6.8	4.7
10	44.1	38.5	31.6	25.5	21.8	19.1	17.1	14.1	8.2	5.6
20	50.1	43.8	36	29.2	24.9	21.9	19.6	16.3	9.6	6.5
30	53.6	46.8	38.4	31.2	26.7	23.6	21.1	17.6	10.4	7
50	57.9	50.6	41.5	33.8	29	25.6	23	19.3	11.5	7.7
70	60.8	53.1	43.6	35.5	30.4	26.9	24.2	20.3	12.1	8.1
80	61.9	54.1	44.4	36.2	31.1	27.5	24.7	20.8	12.4	8.3
100	63.7	55.7	45.7	37.3	32	28.4	25.6	21.5	12.8	8.5
200	69.6	60.8	50	40.7	35.1	31.1	28.1	23.6	14.2	9.4
300	73	63.8	52.4	42.8	36.8	32.7	29.5	24.9	15	10
500	77.3	67.5	55.5	45.3	39.1	34.7	31.4	26.6	16.1	10.6

〈표1-69〉 남해(295) 지점의 확률강우량

ARI(yr)	Duration(min)									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
2	118.5	94.9	81.7	73	61.8	54.8	49.8	46	38.5	33.8
3	136.9	107.7	92.4	82.5	70	62.2	56.7	52.6	44.4	39.2
5	157.3	121.9	104.2	93	79.1	70.5	64.5	59.9	50.9	45.2
10	183	140.1	119	106.1	90.4	80.9	74.2	69.2	59.1	52.7
20	207.6	157.5	133.3	118.7	101.3	90.8	83.6	78.1	67.1	60
30	221.9	167.2	141.5	126	107.7	96.6	88.9	83.2	71.5	64.1
50	239.5	179.8	151.7	135	115.5	103.8	95.7	89.6	77.3	69.3
70	251.1	187.8	158.4	141	120.6	108.4	100	93.7	81	72.7
80	255.7	191.1	161.1	143.4	122.7	110.3	101.8	95.4	82.5	74.1
100	263.4	196.6	165.6	147.3	126	113.4	104.7	98.2	84.9	76.4
200	287.2	213.3	179.3	159.4	136.5	123	113.8	106.8	92.6	83.4
300	301.1	223.1	187.3	166.6	142.7	128.7	119	111.8	97.1	87.5
500	318.7	235.4	197.5	175.6	150.5	135.7	125.7	118.1	102.7	92.6
ARI(yr)	180	240	360	540	720	900	1080	1440	2880	4320
2	28	24.3	19.8	15.7	13.2	11.4	10.1	8.2	4.7	3.3
3	32.7	28.6	23.3	18.5	15.5	13.4	11.8	9.6	5.5	3.9
5	37.9	33.2	27.2	21.7	18.2	15.7	13.8	11.2	6.4	4.6
10	44.5	39.1	32	25.6	21.5	18.6	16.4	13.3	7.6	5.4
20	50.7	44.6	36.6	29.3	24.6	21.3	18.7	15.2	8.7	6.1
30	54.4	47.9	39.3	31.5	26.5	22.9	20.1	16.3	9.3	6.6
50	58.9	51.9	42.7	34.2	28.7	24.8	21.9	17.7	10.1	7.1
70	61.8	54.6	44.9	36	30.2	26.1	23	18.6	10.6	7.5
80	63.1	55.7	45.8	36.7	30.8	26.6	23.5	19	10.8	7.6
100	65	57.4	47.2	37.8	31.7	27.4	24.2	19.6	11.2	7.9
200	71.1	62.8	51.7	41.5	34.8	30.1	26.6	21.6	12.3	8.6
300	74.7	66	54.3	43.6	36.6	31.6	27.9	22.7	12.9	9
500	79.2	70	57.7	46.3	38.9	33.6	29.6	24	13.7	9.6



부 록

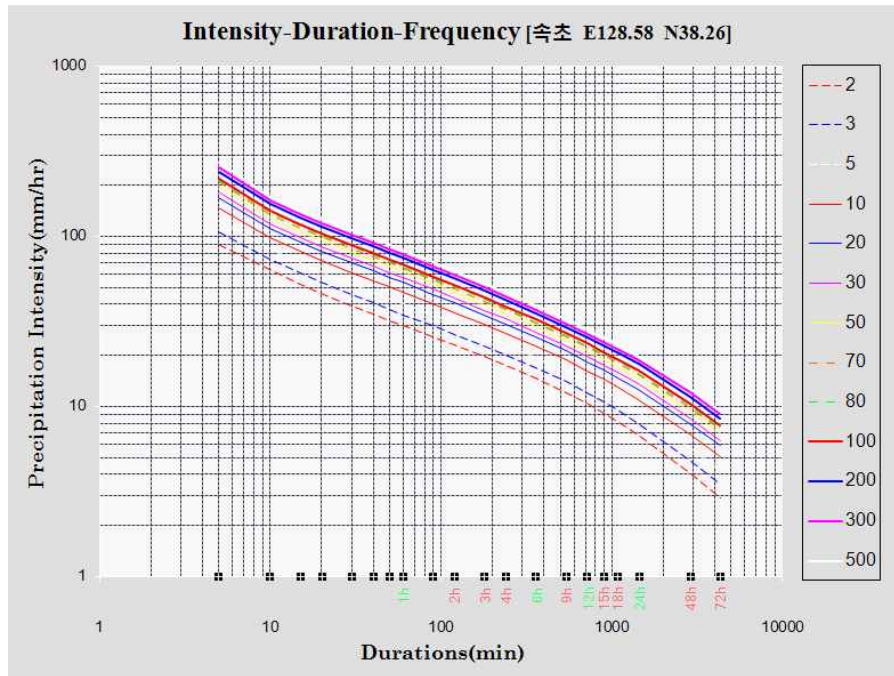
전국 주요지점의

강우강도 - 지속기간 - 빈도곡선

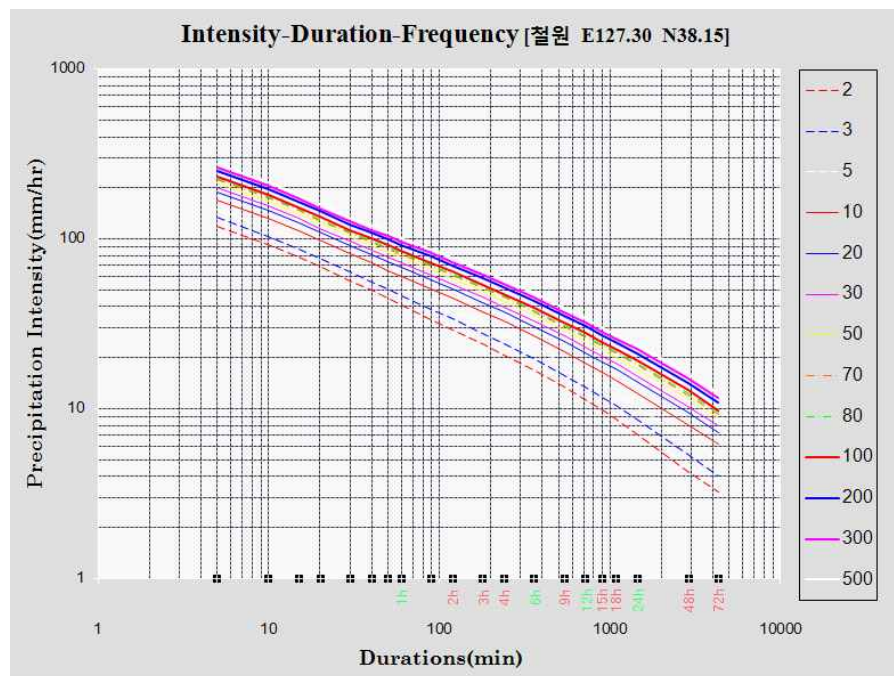


〈주요 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선 찾기 표〉

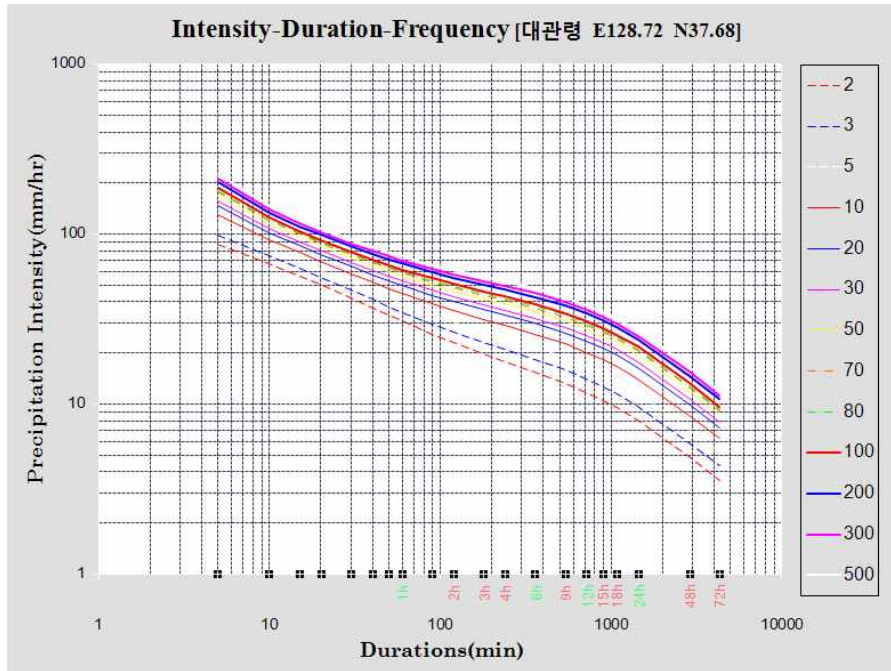
표 번호	지점명(번호)	비고	표 번호	지점명(번호)	비고
<그림 II-1>	속초(090)		<그림 II-36>	양평(202)	
<그림 II-2>	철원(095)		<그림 II-37>	이천(203)	
<그림 II-3>	대관령(100)		<그림 II-38>	인제(211)	
<그림 II-4>	춘천(101)		<그림 II-39>	홍천(212)	
<그림 II-5>	강릉(105)		<그림 II-40>	태백(216)	
<그림 II-6>	동해(106)		<그림 II-41>	제천(221)	
<그림 II-7>	서울(108)		<그림 II-42>	충주(223)	
<그림 II-8>	인천(112)		<그림 II-43>	보은(226)	
<그림 II-9>	원주(114)		<그림 II-44>	천안(232)	
<그림 II-10>	울릉도(115)		<그림 II-45>	보령(235)	
<그림 II-11>	수원(119)		<그림 II-46>	부여(236)	
<그림 II-12>	서산(129)		<그림 II-47>	금산(238)	
<그림 II-13>	울진(130)		<그림 II-48>	부안(243)	
<그림 II-14>	청주(131)		<그림 II-49>	임실(244)	
<그림 II-15>	대전(133)		<그림 II-50>	정읍(245)	
<그림 II-16>	추풍령(135)		<그림 II-51>	남원(247)	
<그림 II-17>	안동(136)		<그림 II-52>	장수(248)	
<그림 II-18>	포항(138)		<그림 II-53>	주암(256)	
<그림 II-19>	군산(140)		<그림 II-54>	장흥(260)	
<그림 II-20>	대구(143)		<그림 II-55>	해남(261)	
<그림 II-21>	전주(146)		<그림 II-56>	고흥(262)	
<그림 II-22>	울산(152)		<그림 II-57>	봉화(271)	
<그림 II-23>	창원(155)		<그림 II-58>	영주(272)	
<그림 II-24>	광주(156)		<그림 II-59>	문경(273)	
<그림 II-25>	부산(159)		<그림 II-60>	영덕(277)	
<그림 II-26>	통영(162)		<그림 II-61>	의성(278)	
<그림 II-27>	목포(165)		<그림 II-62>	구미(279)	
<그림 II-28>	여수(168)		<그림 II-63>	영천(281)	
<그림 II-29>	완도(170)		<그림 II-64>	거창(284)	
<그림 II-30>	제주(184)		<그림 II-65>	합천(285)	
<그림 II-31>	고산(185)		<그림 II-66>	밀양(288)	
<그림 II-32>	성산(188)		<그림 II-67>	산청(289)	
<그림 II-33>	서귀포(189)		<그림 II-68>	거제(294)	
<그림 II-34>	진주(192)		<그림 II-69>	남해(295)	
<그림 II-35>	강화(201)				



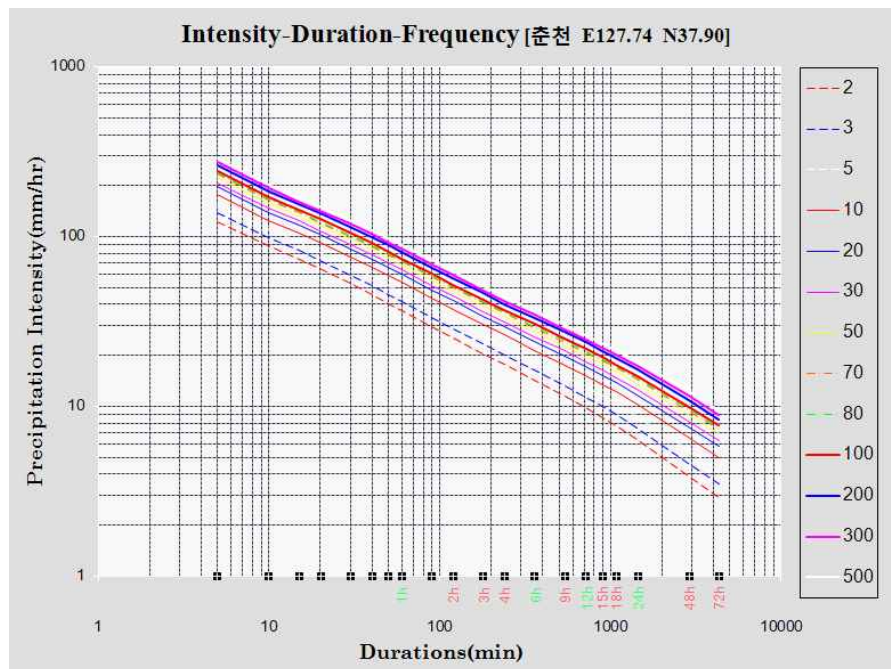
<그림 II-1> 속초(090) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



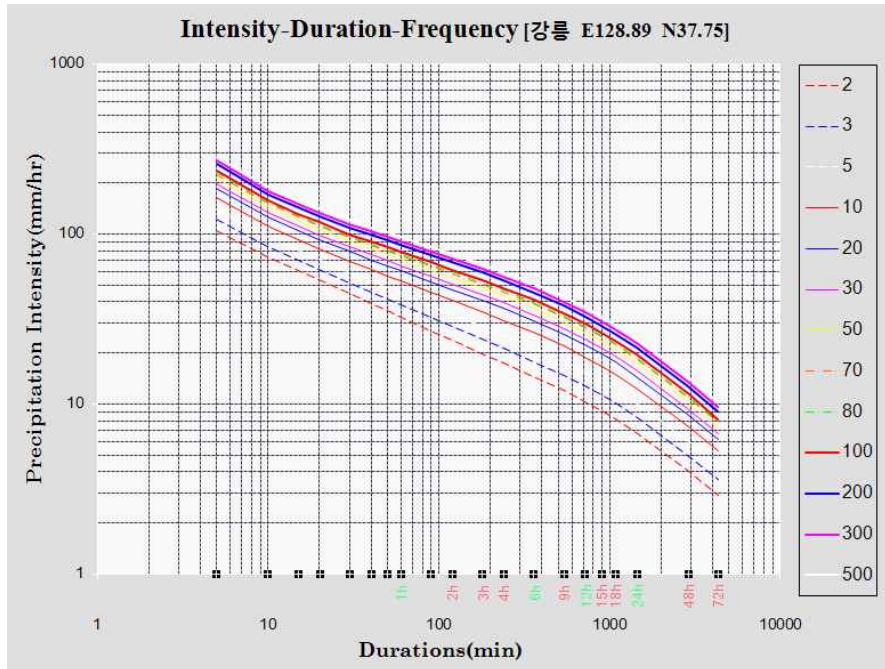
<그림 II-2> 철원(095) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



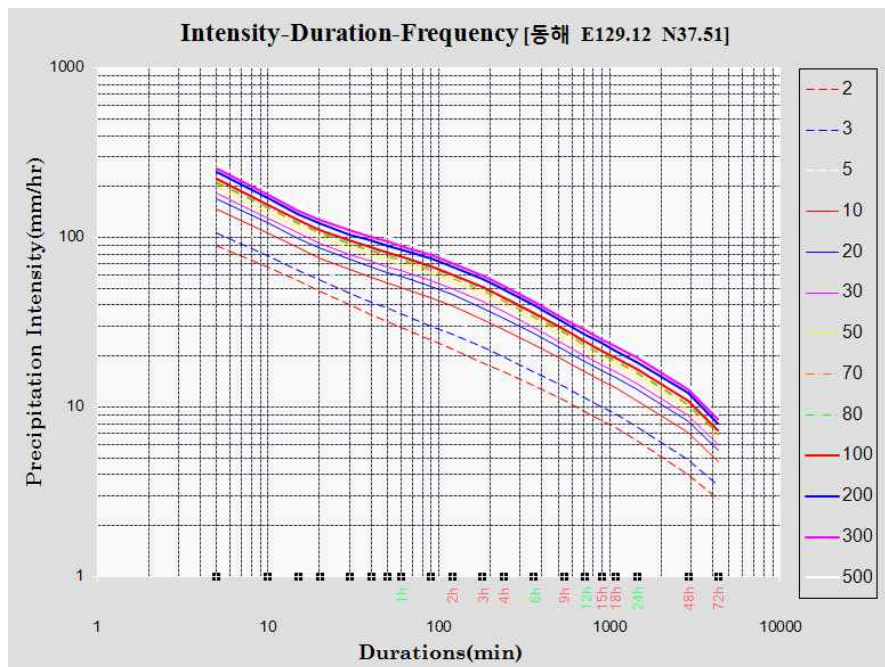
<그림 Ⅱ-3> 대관령(100) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



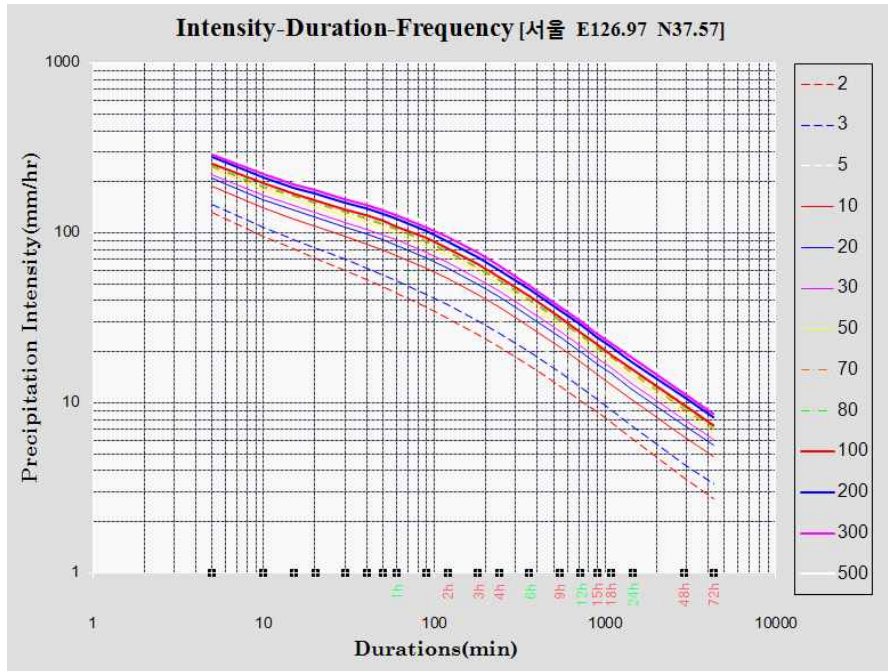
<그림 Ⅱ-4> 춘천(101) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



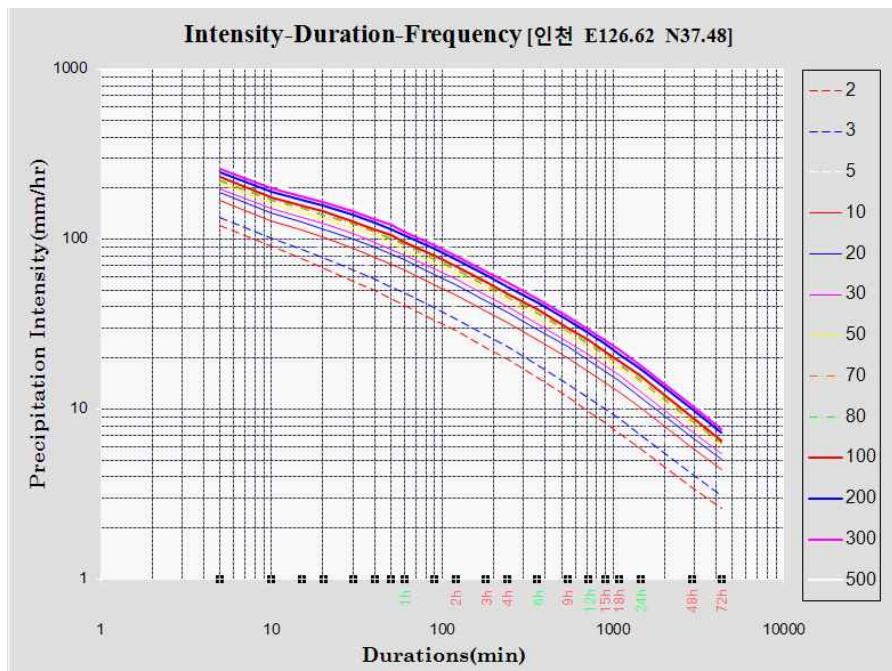
<그림 II-5> 강릉(105) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



<그림 II-6> 동해(106) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선

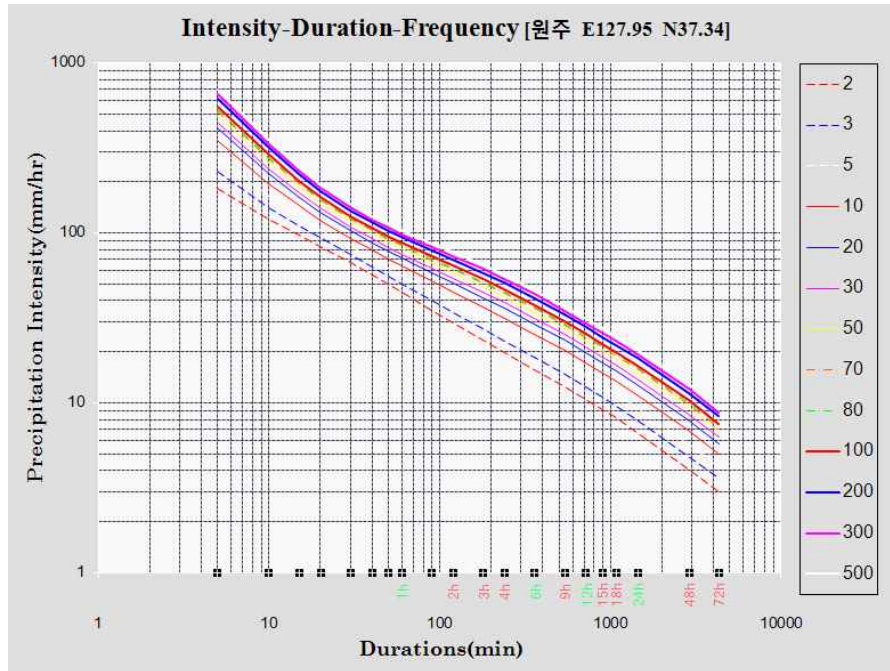


<그림 Ⅱ-7> 서울(108) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선

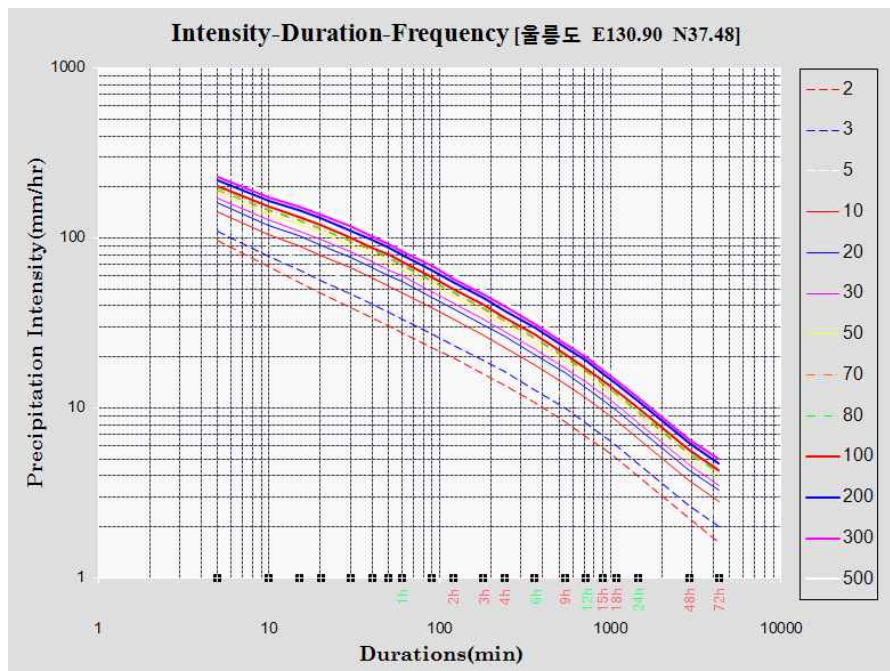


<그림 Ⅱ-8> 인천(112) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선

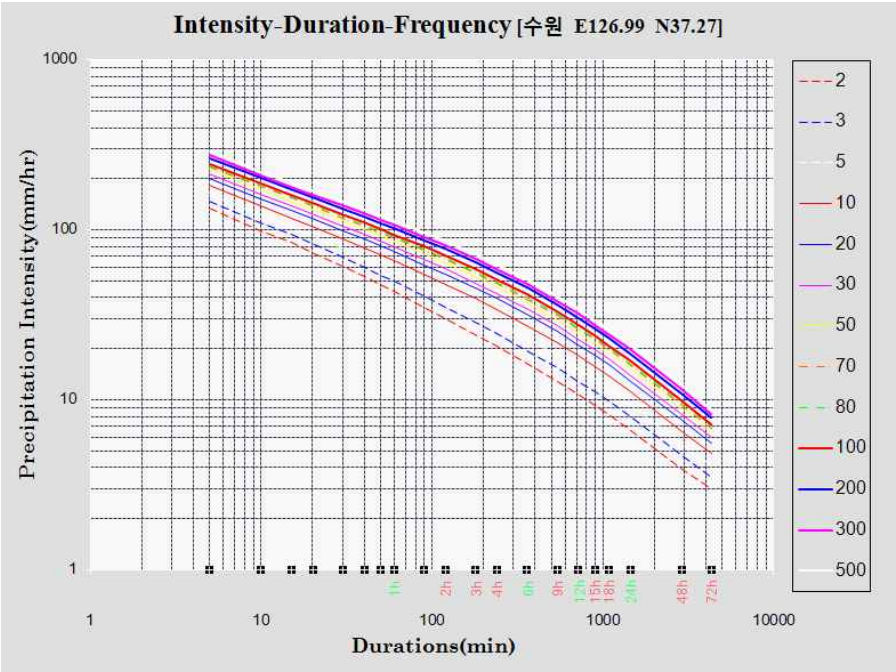
II 부록



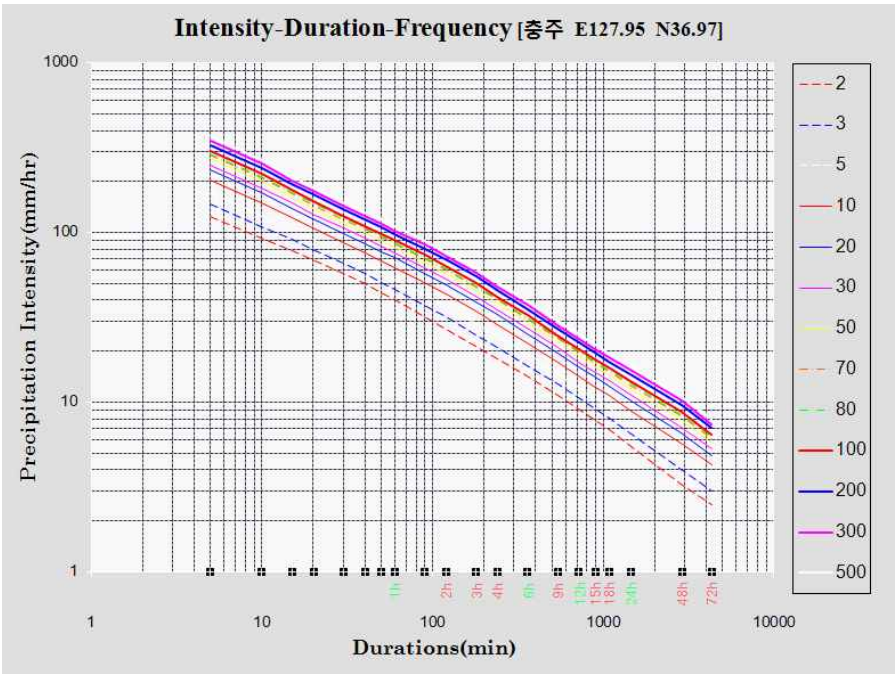
<그림 II-9> 원주(114) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



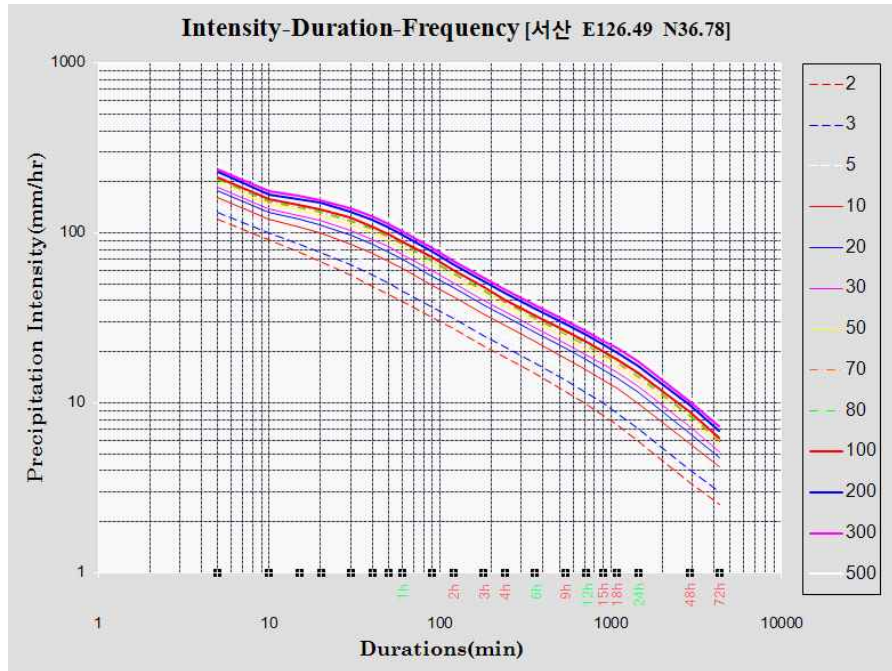
<그림 II-10> 울릉도(115) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



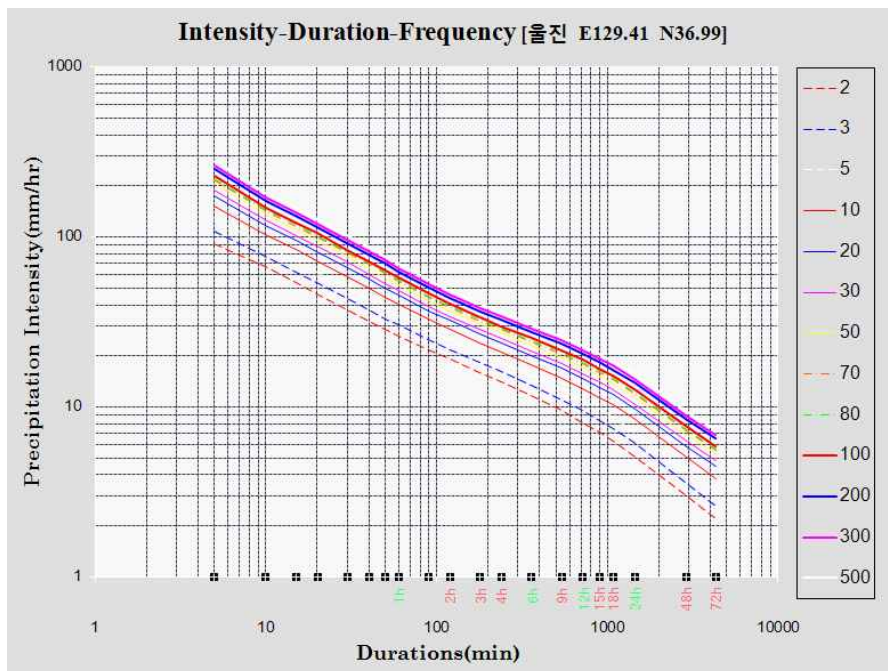
<그림 Ⅱ-11> 수원(119) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



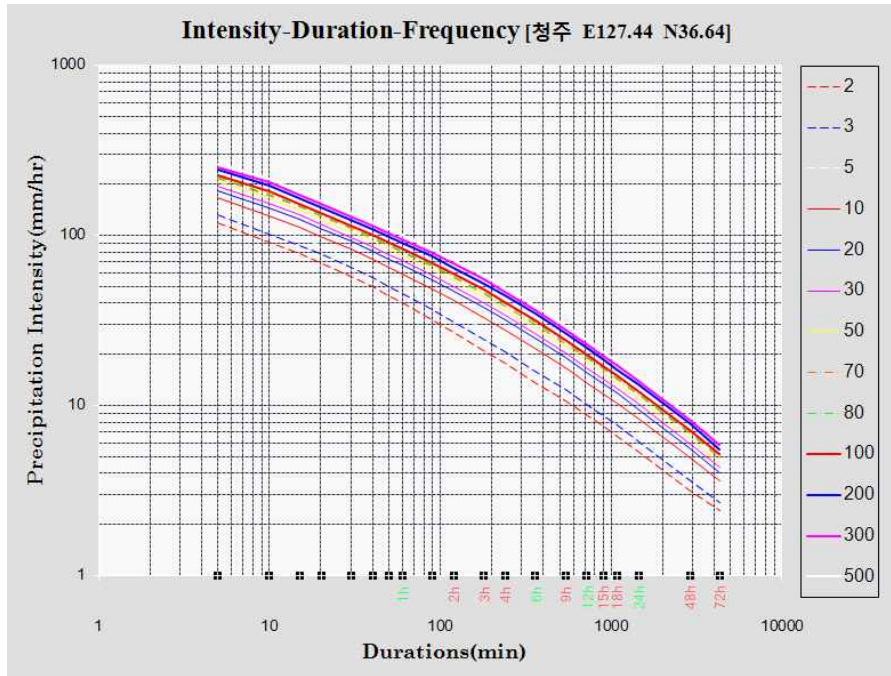
<그림 Ⅱ-12> 충주(127) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



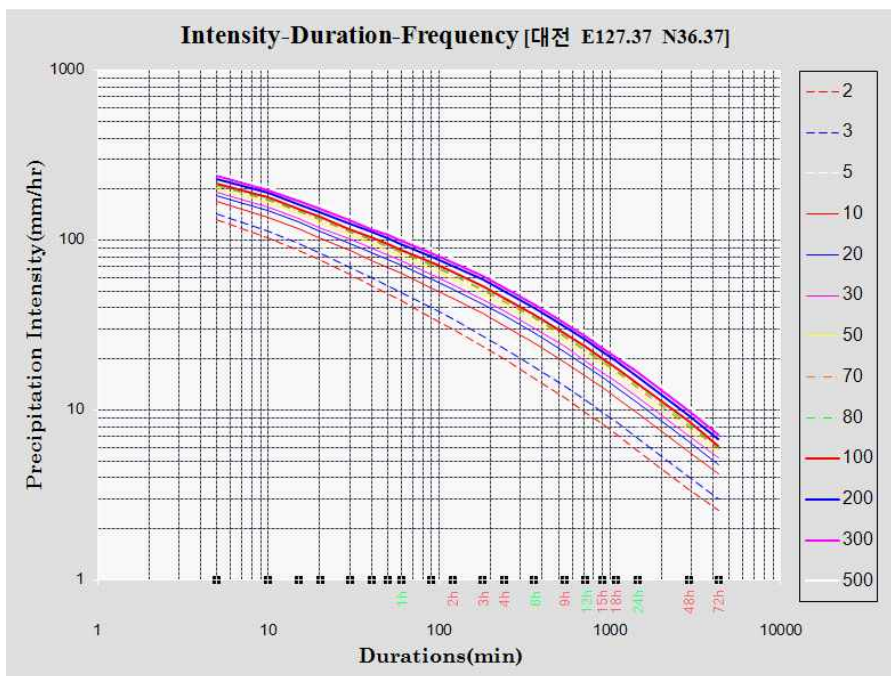
<그림 II-13> 서산(129) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



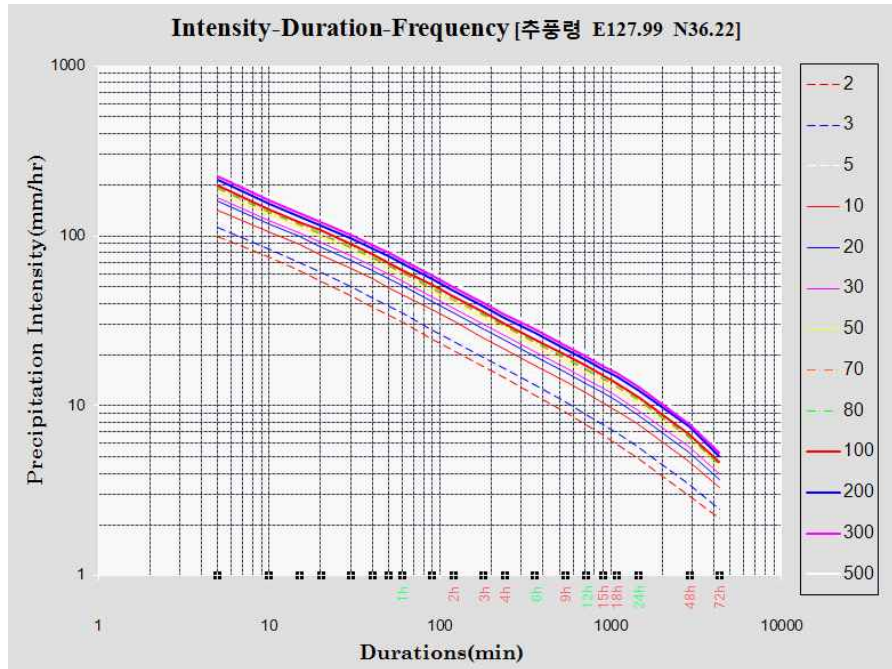
<그림 II-14> 울진(130) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



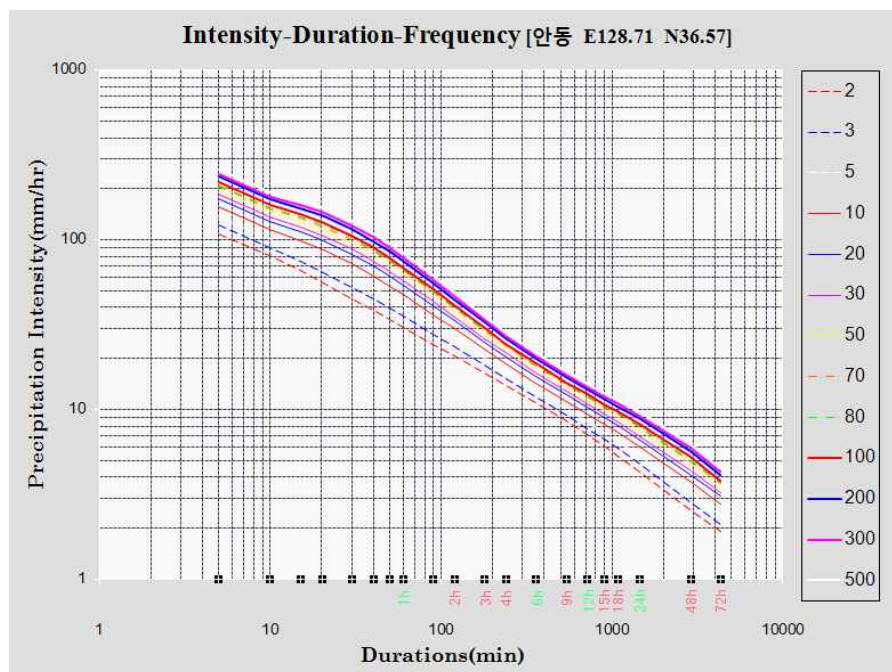
<그림 Ⅱ-15> 청주(131) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



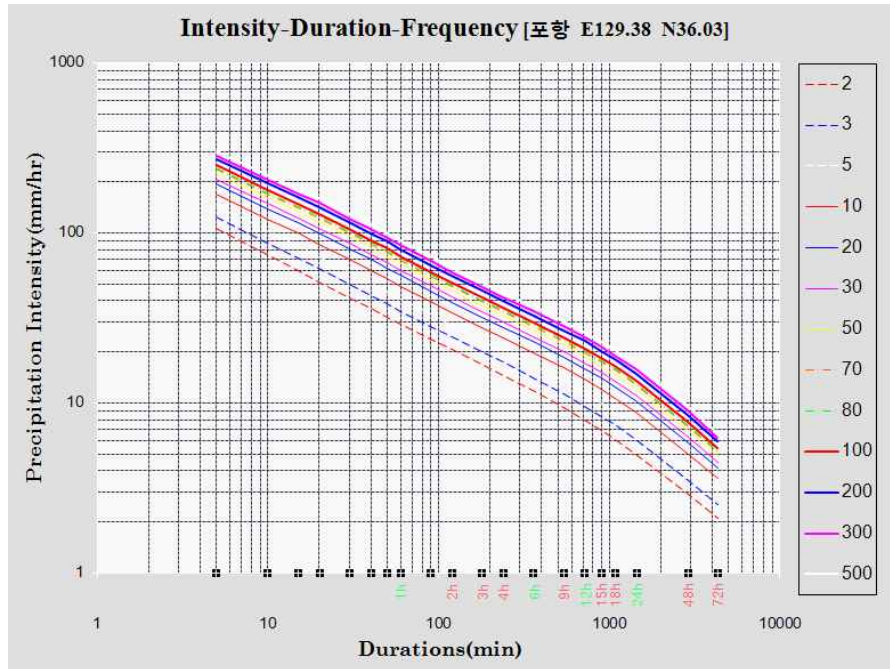
<그림 Ⅱ-16> 대전(133) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



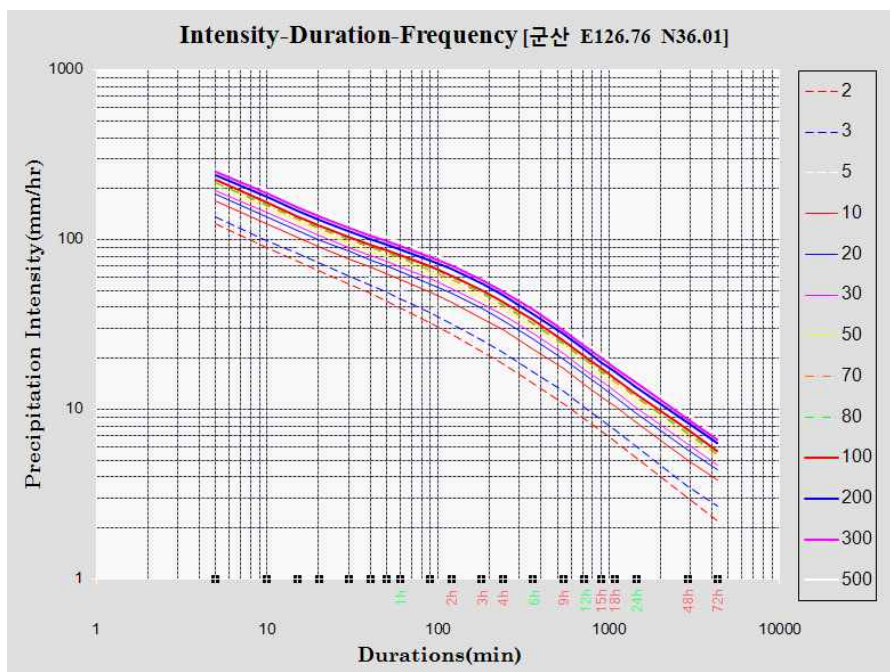
<그림 II-17> 추풍령(135) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



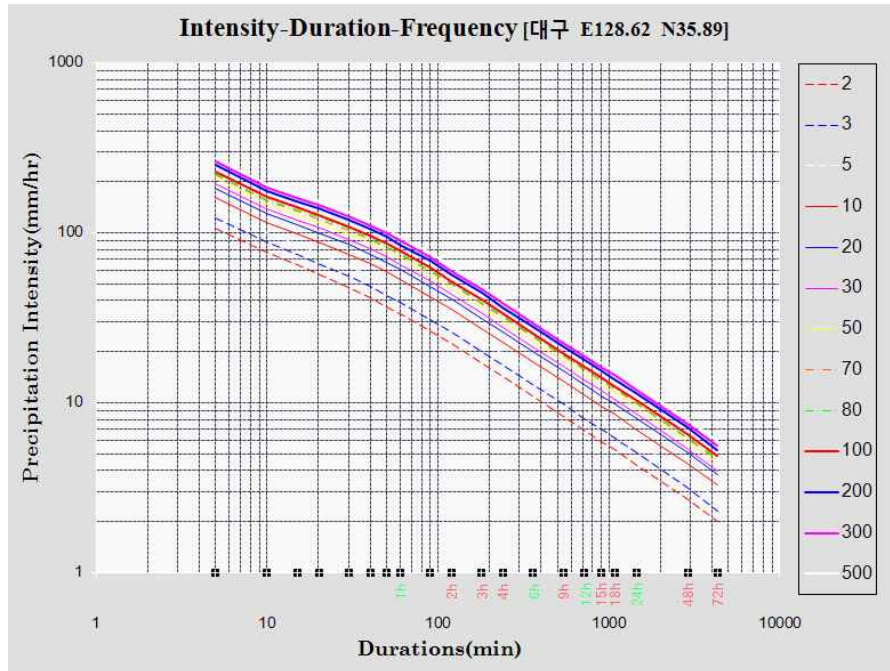
<그림 II-18> 안동(136) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



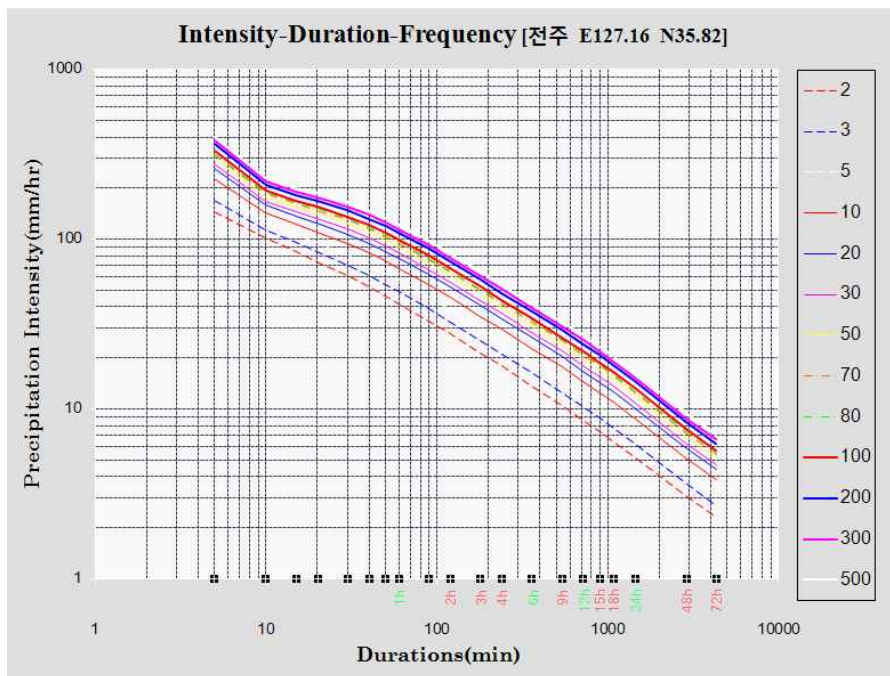
<그림 Ⅱ-19> 포항(138) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



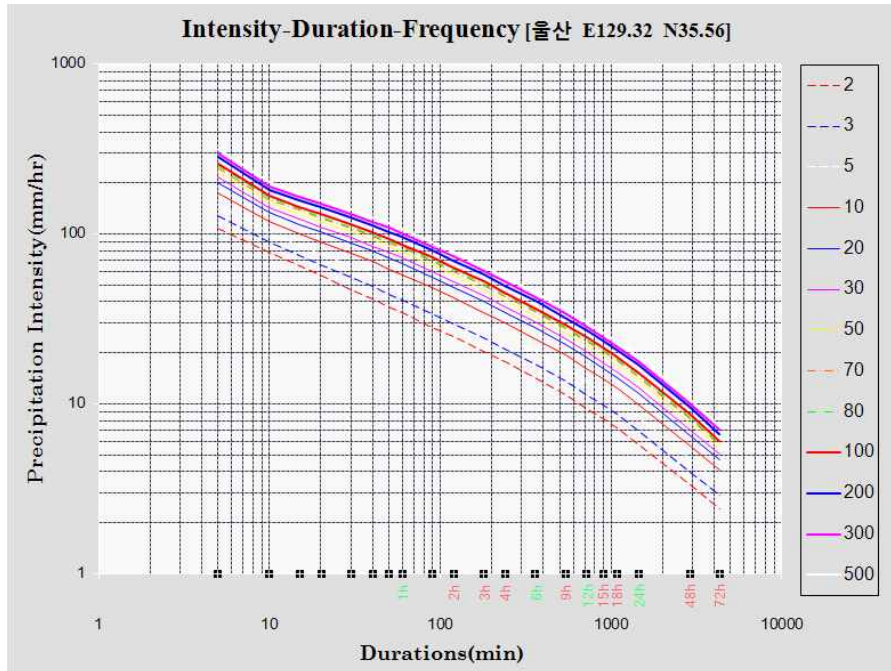
<그림 Ⅱ-20> 군산(140) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



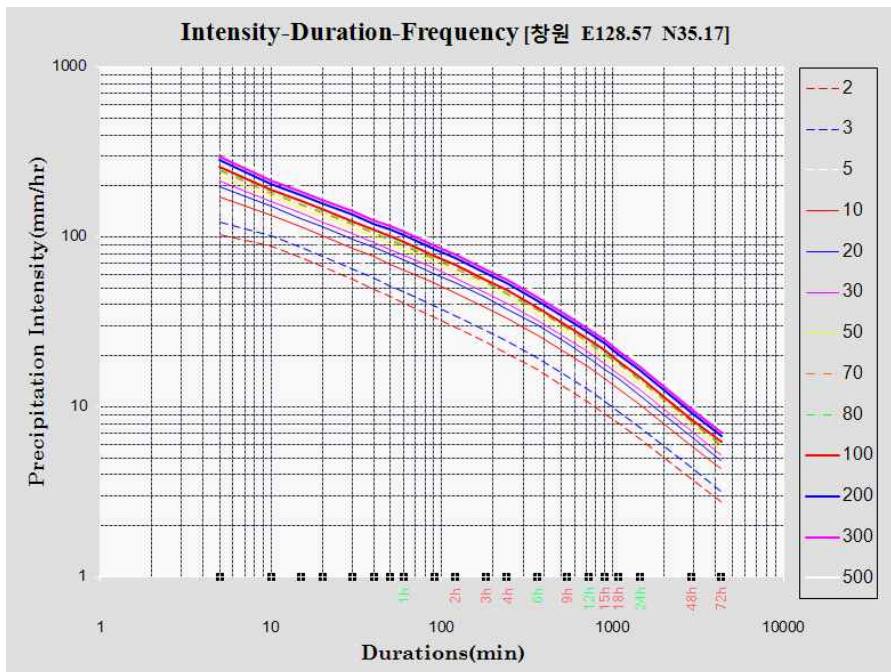
<그림 II-21> 대구(143) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



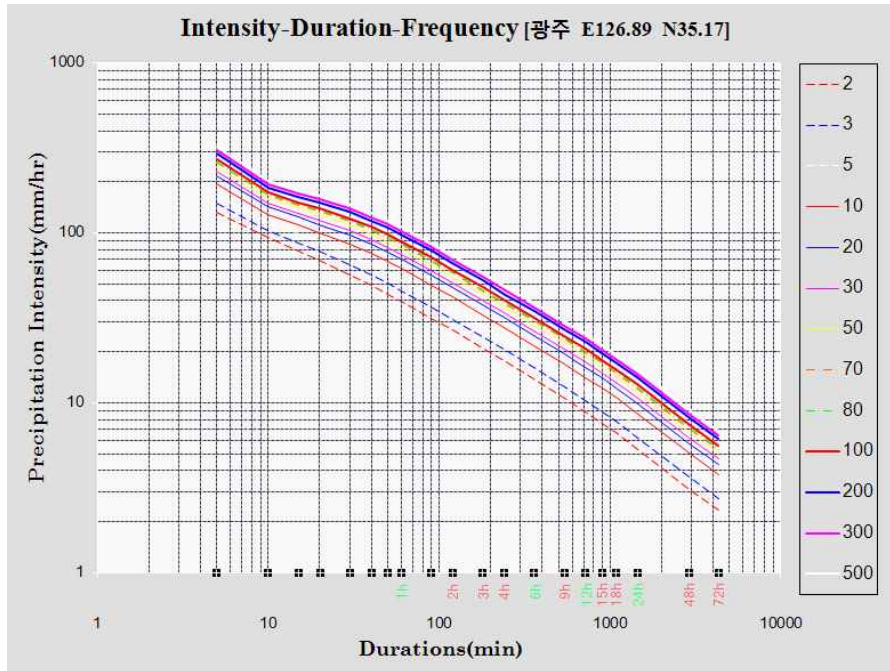
<그림 II-22> 전주(146) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



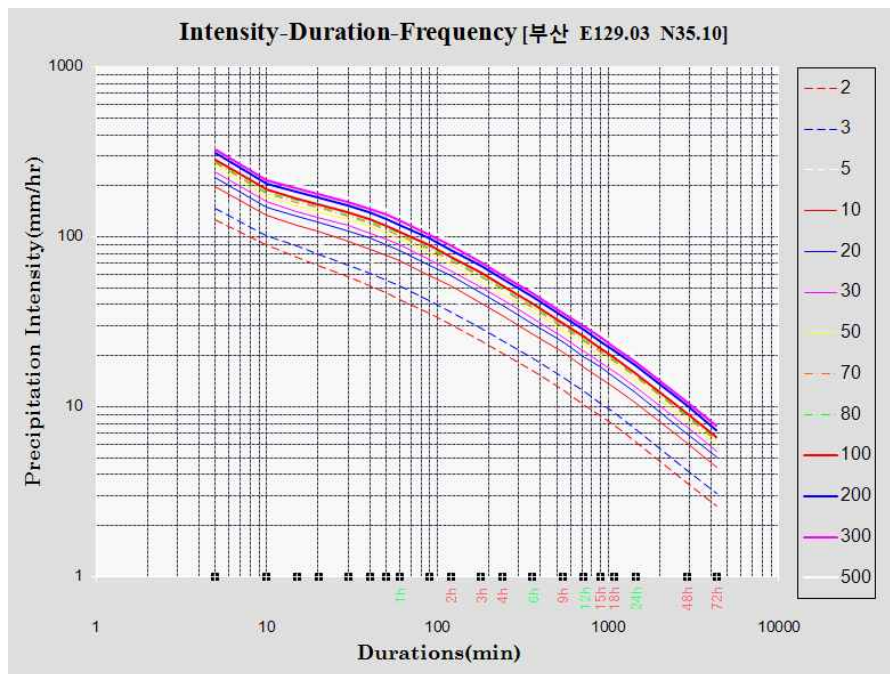
<그림 Ⅱ-23> 울산(152) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



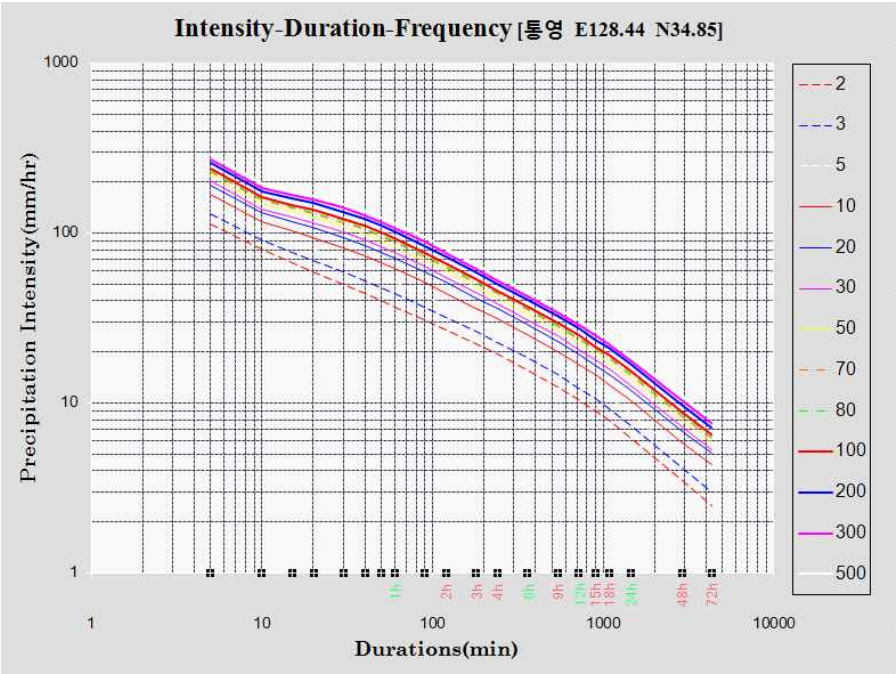
<그림 Ⅱ-24> 창원(155) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



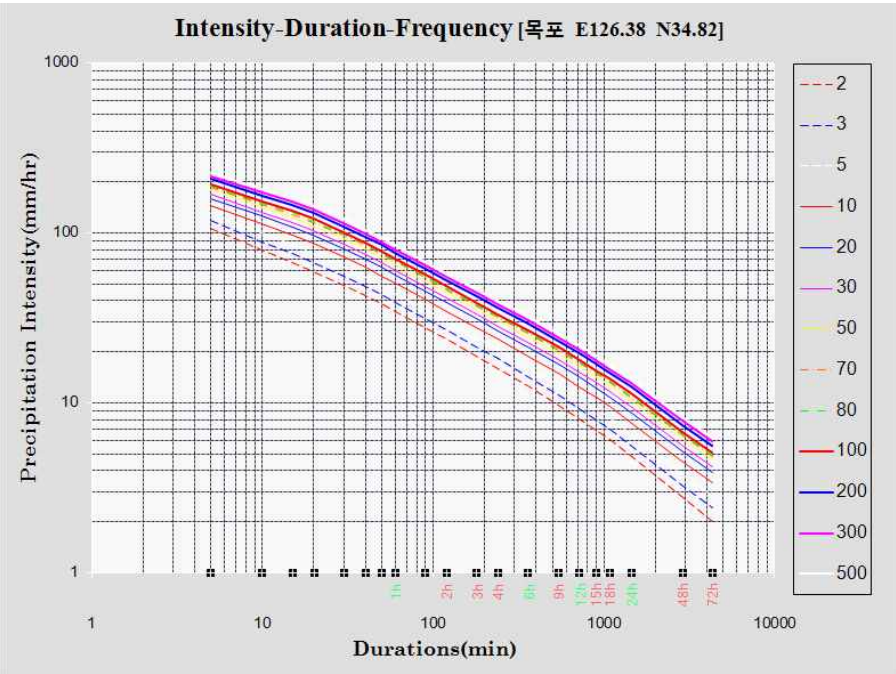
<그림 II-25> 광주(156) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



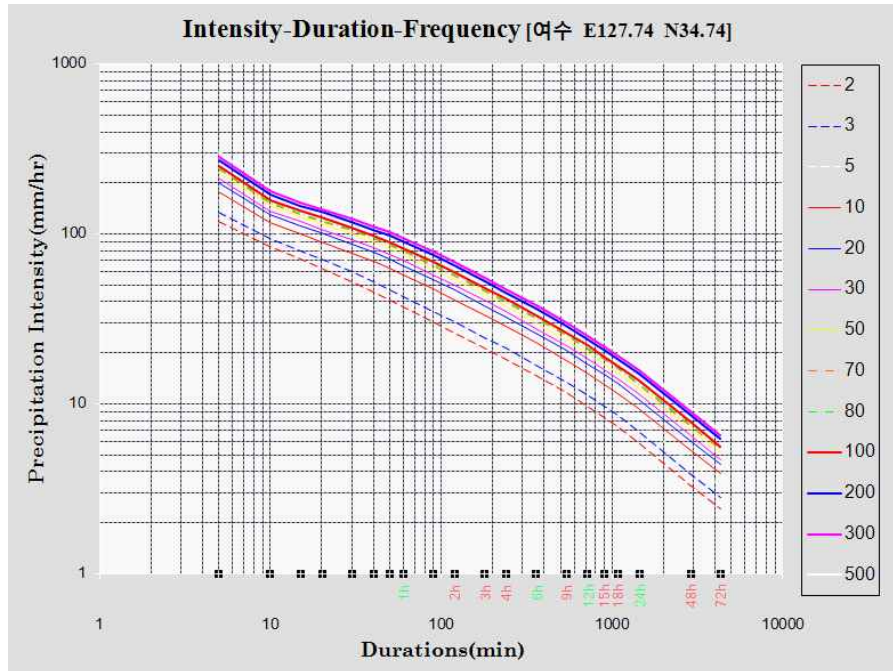
<그림 II-26> 부산(159) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



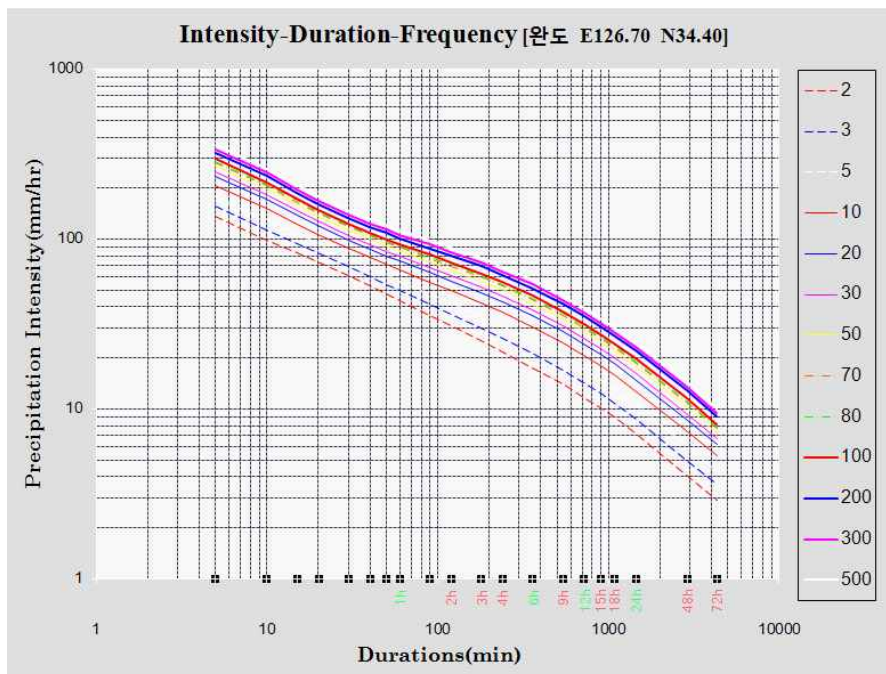
<그림 Ⅱ-27> 통영(162) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



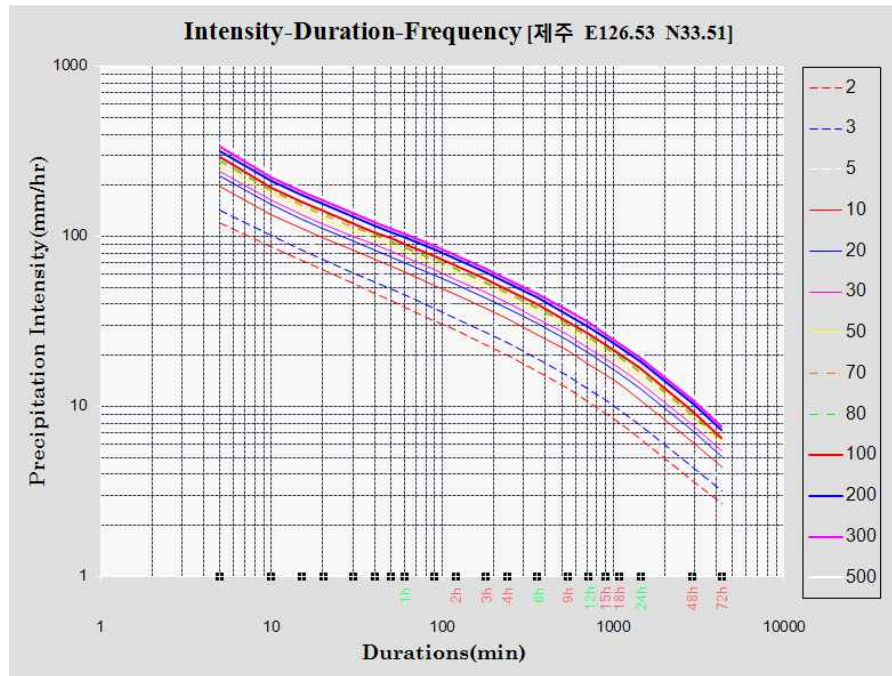
<그림 Ⅱ-28> 목포(165) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



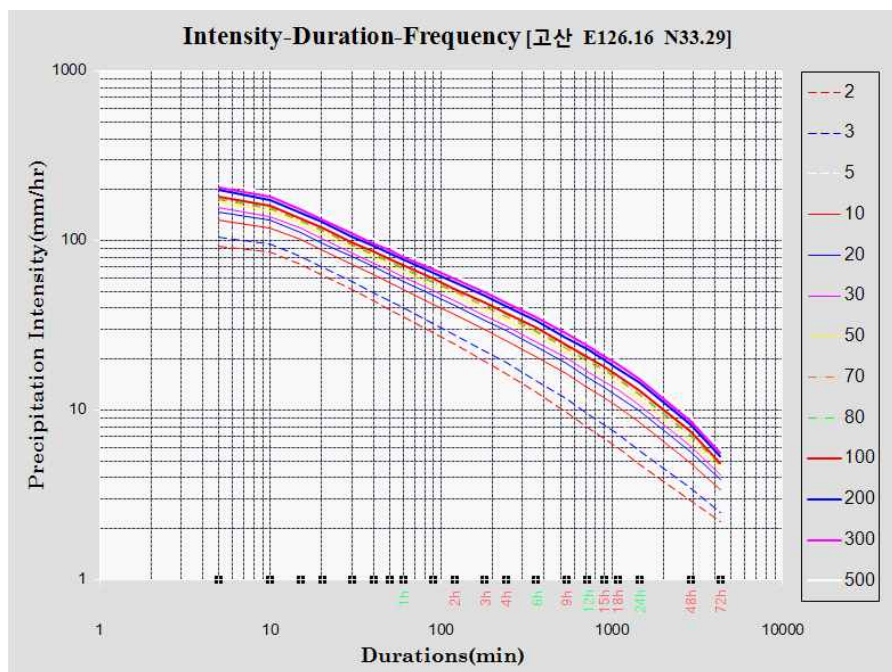
<그림 II-29> 여수(168) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



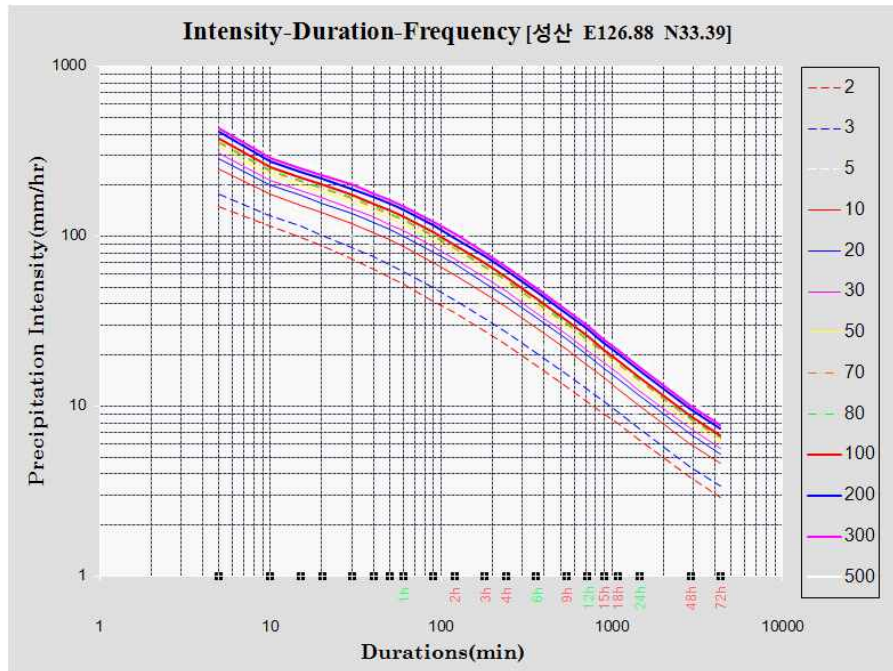
<그림 II-30> 완도(170) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



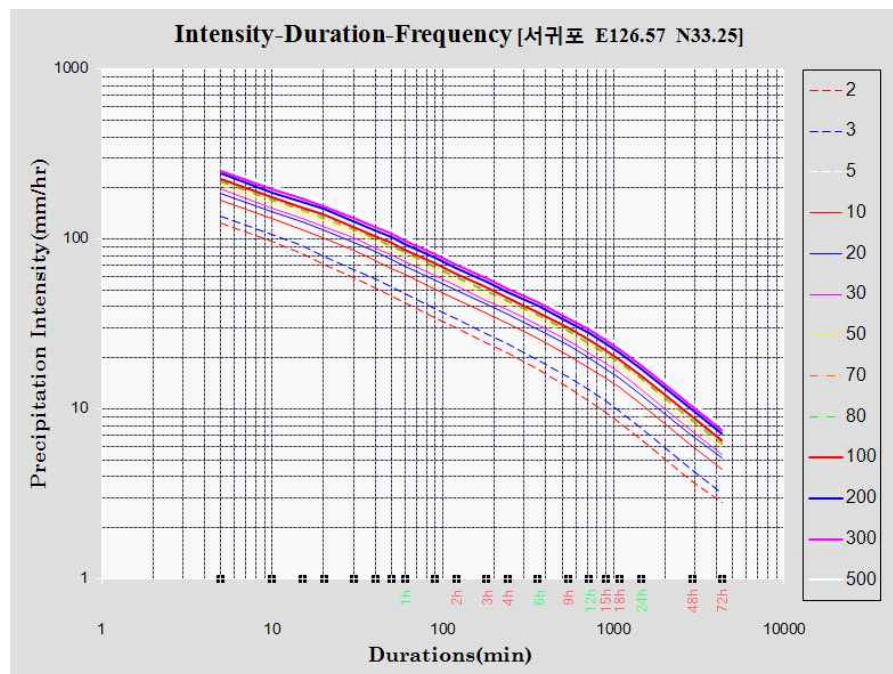
<그림 Ⅱ-31> 제주(184) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



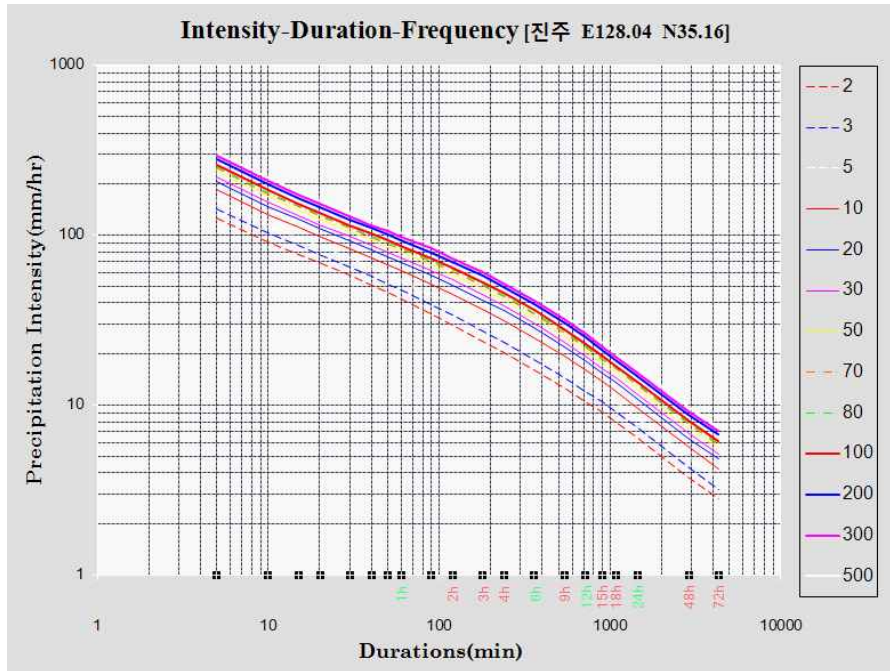
<그림 Ⅱ-32> 고산(185) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



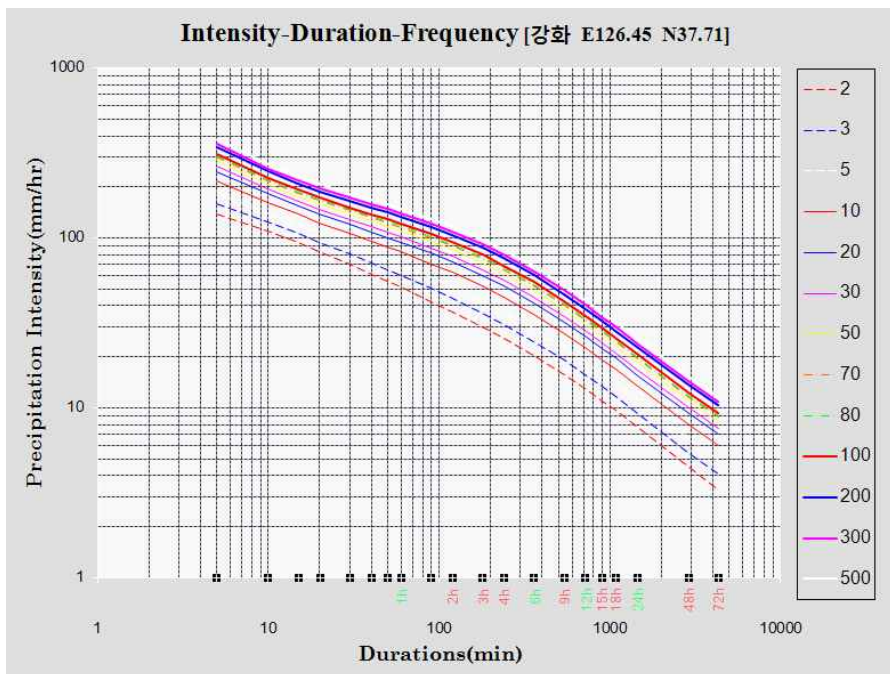
<그림 II-33> 성산(188) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



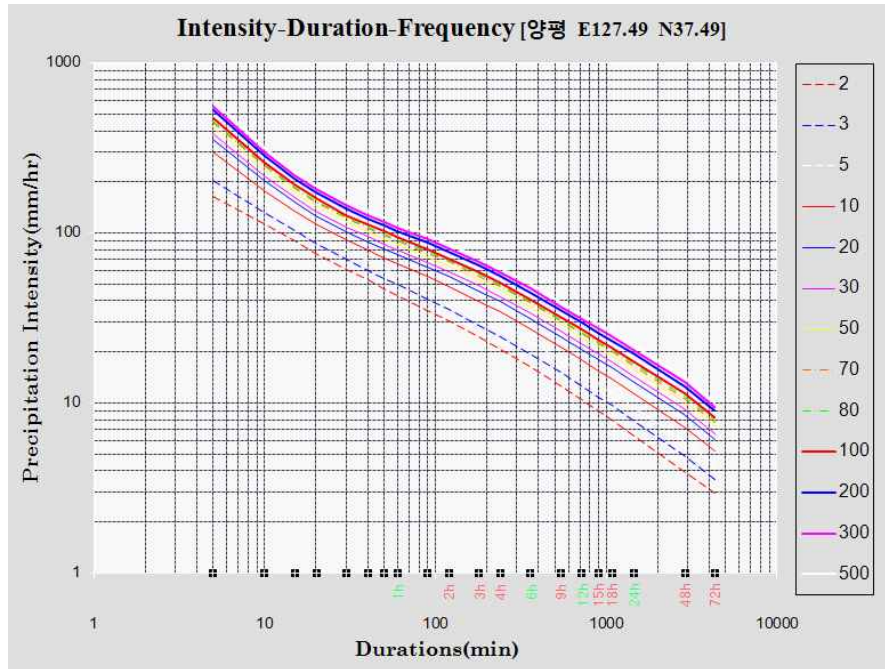
<그림 II-34> 서귀포(189) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



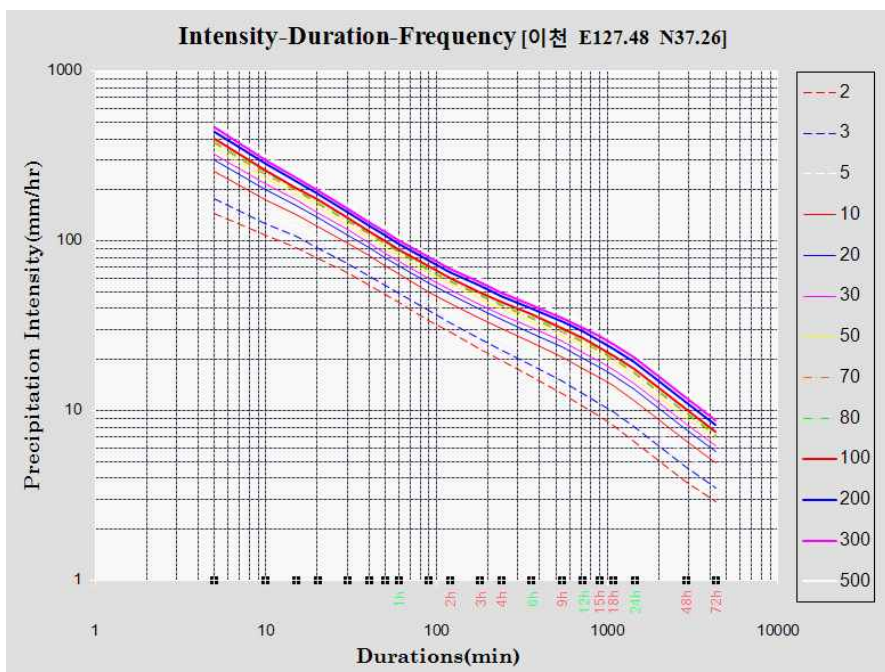
<그림 II-35> 진주(192) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



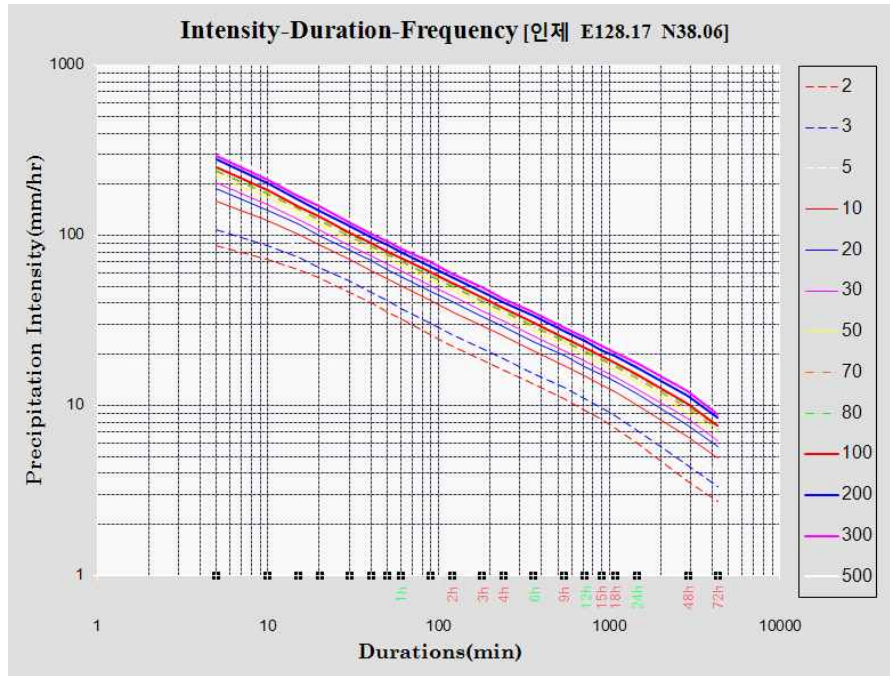
<그림 II-36> 강화(201) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



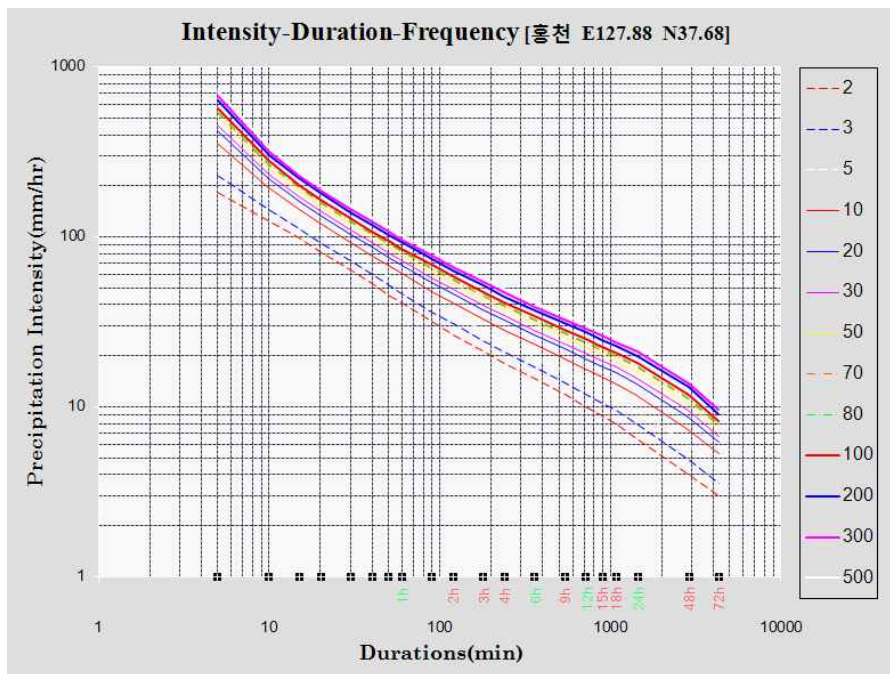
<그림 II-37> 양평(202) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



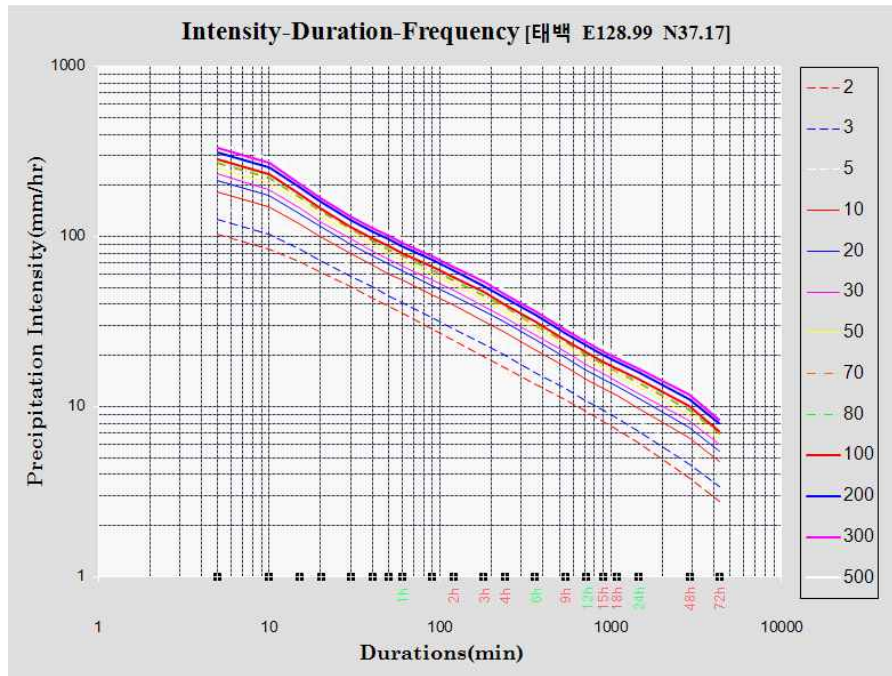
<그림 II-38> 이천(203) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



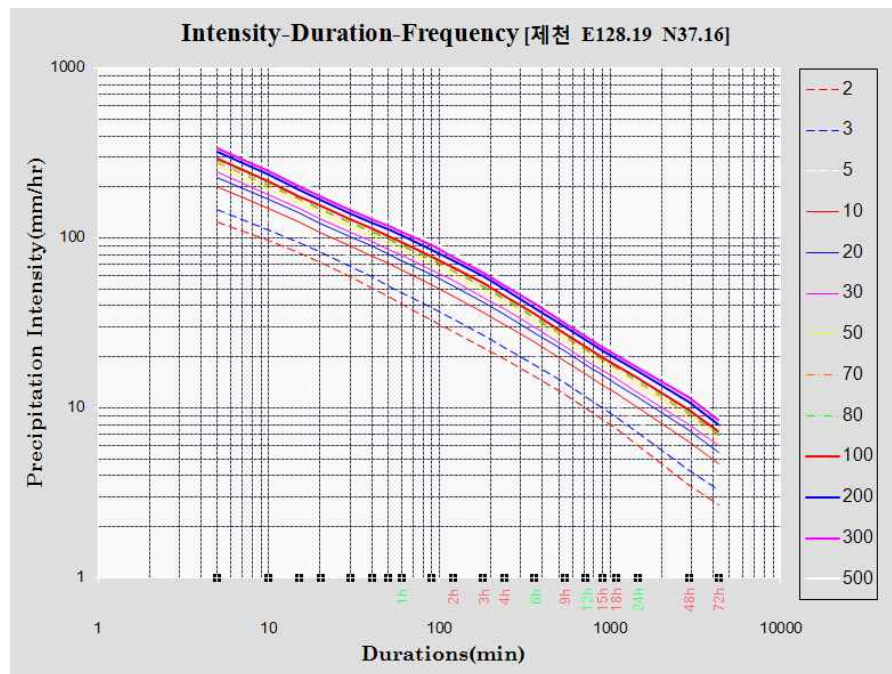
<그림 Ⅱ-39> 인제(211) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



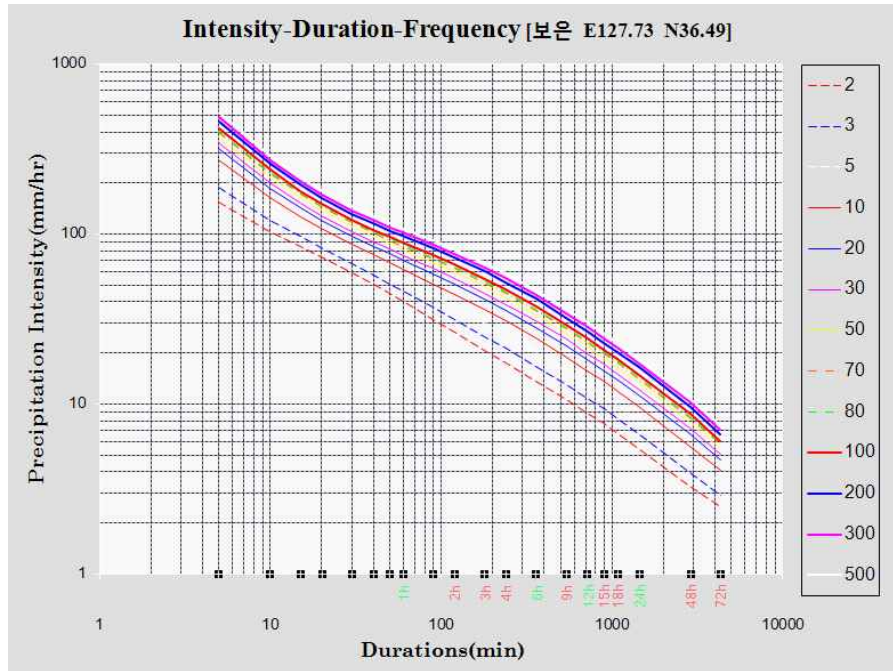
<그림 Ⅱ-40> 홍천(212) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



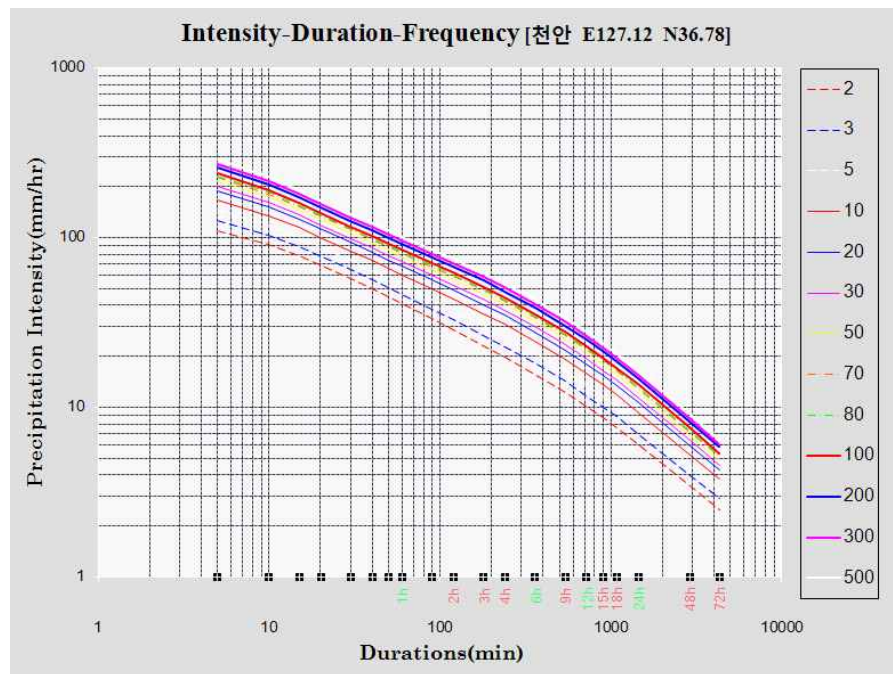
<그림 II-41> 태백(216) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



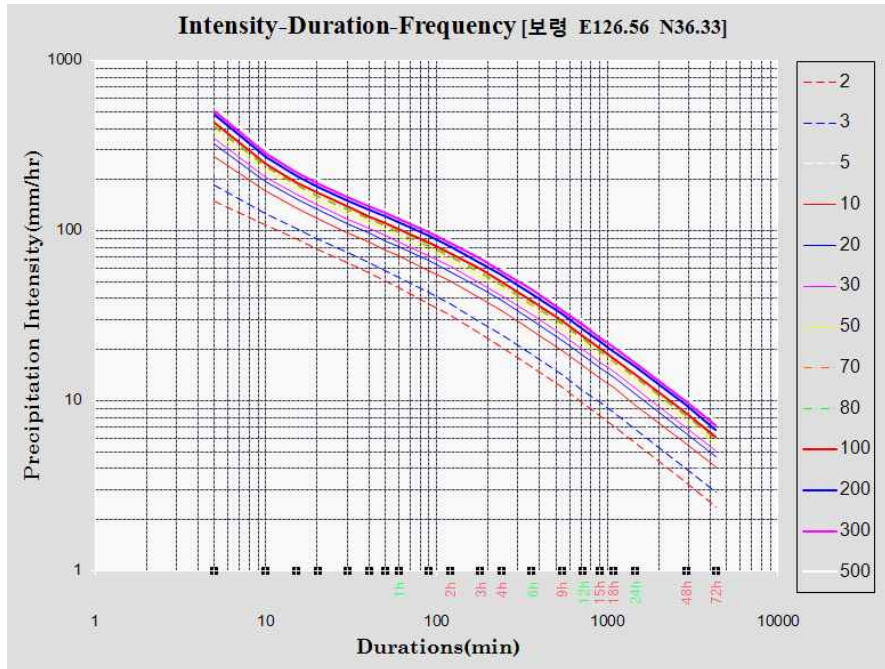
<그림 II-42> 제천(221) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



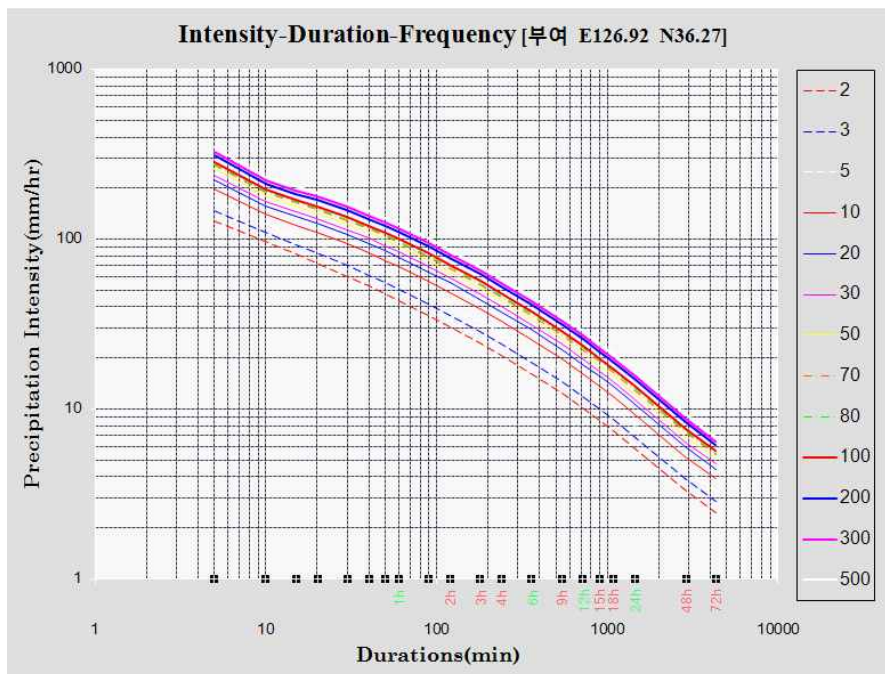
<그림 Ⅱ-43> 보은(226) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



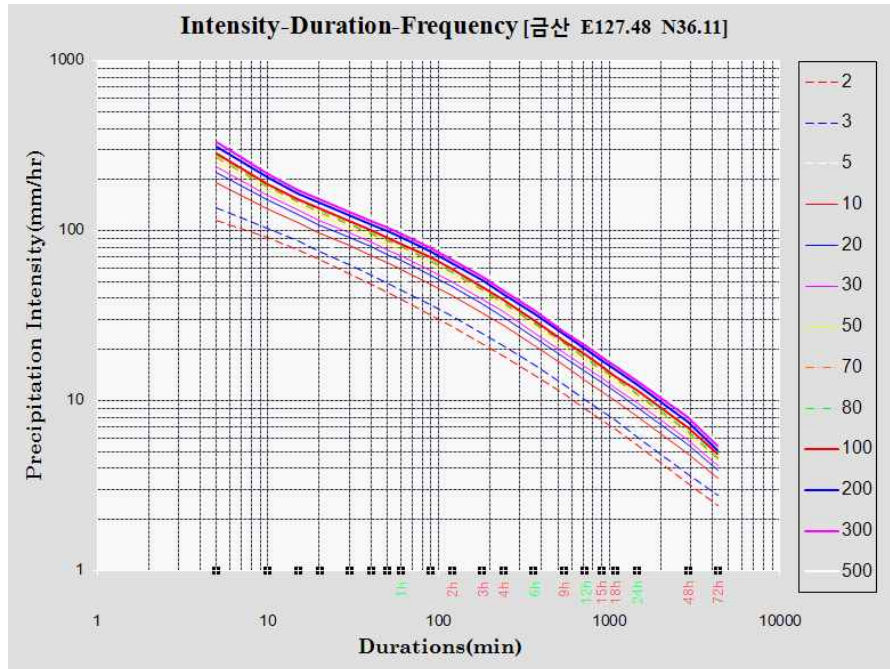
<그림 Ⅱ-44> 천안(232) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



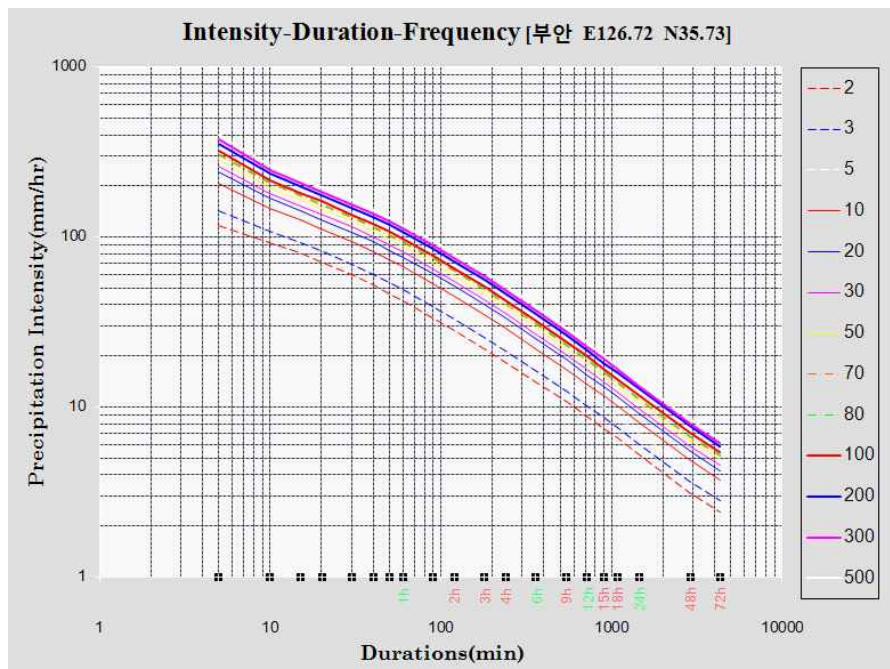
<그림 II-45> 보령(235) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



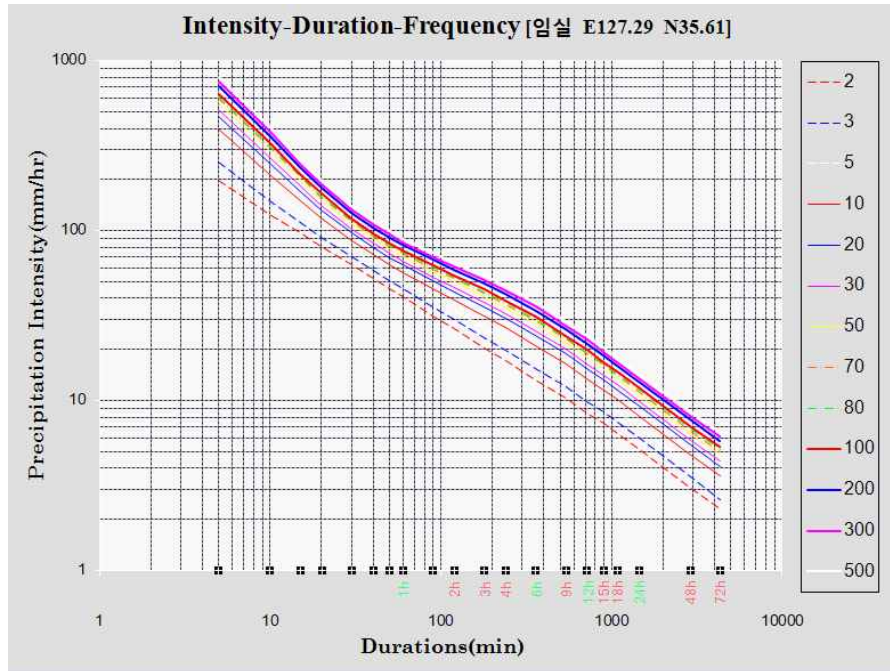
<그림 II-46> 부여(236) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



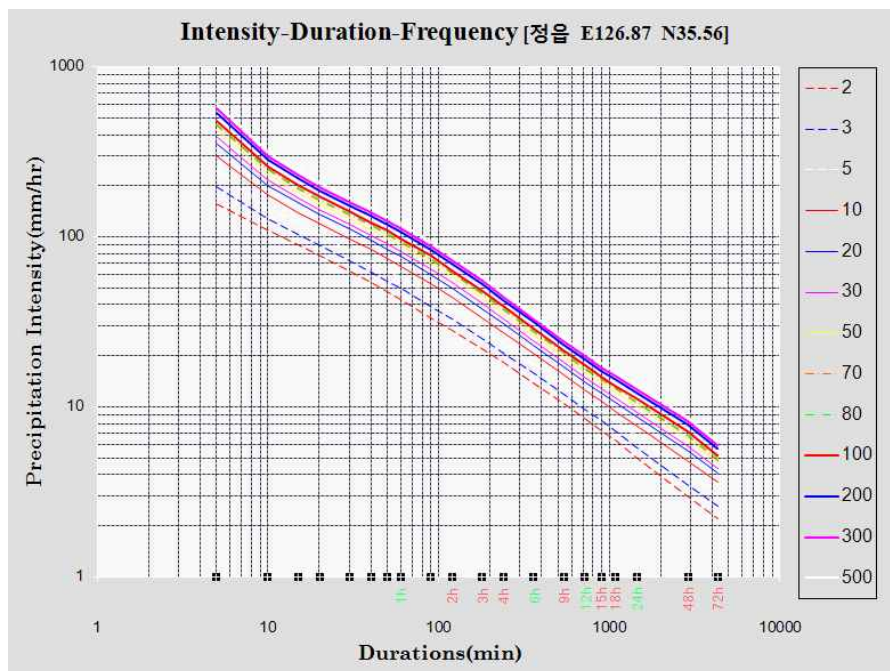
<그림 Ⅱ-47> 금산(238) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



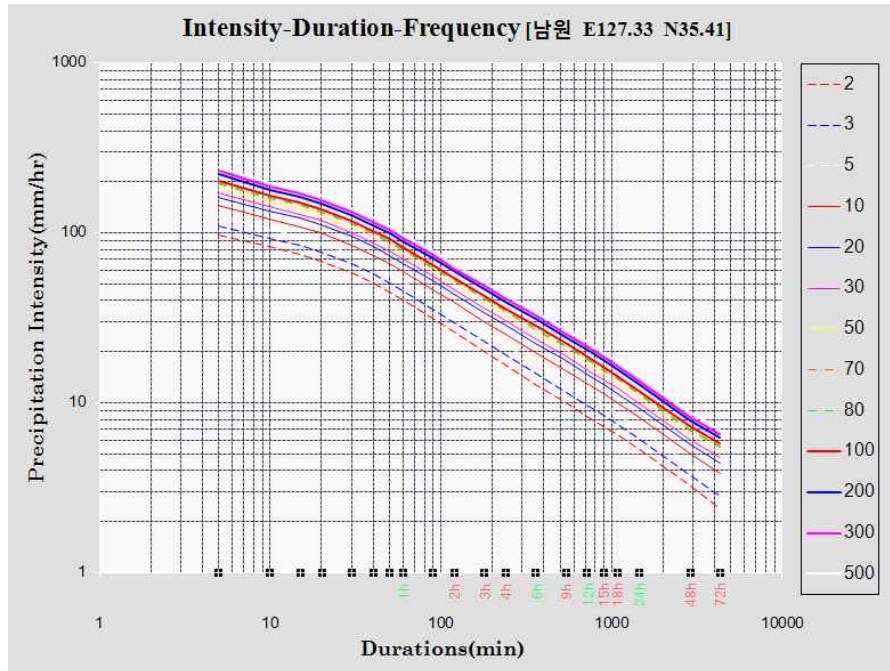
<그림 Ⅱ-48> 부안(243) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



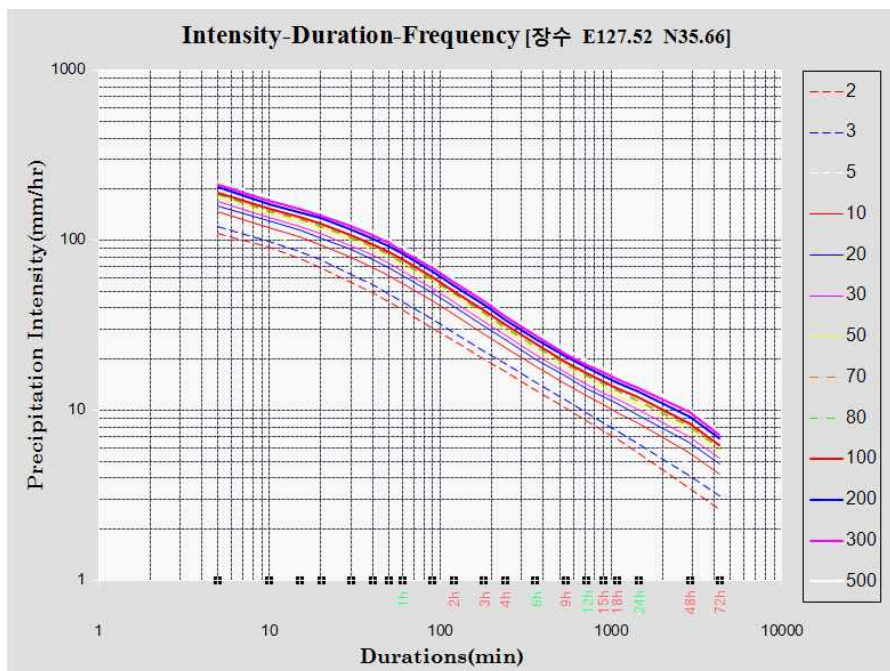
<그림 II-49> 임실(244) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



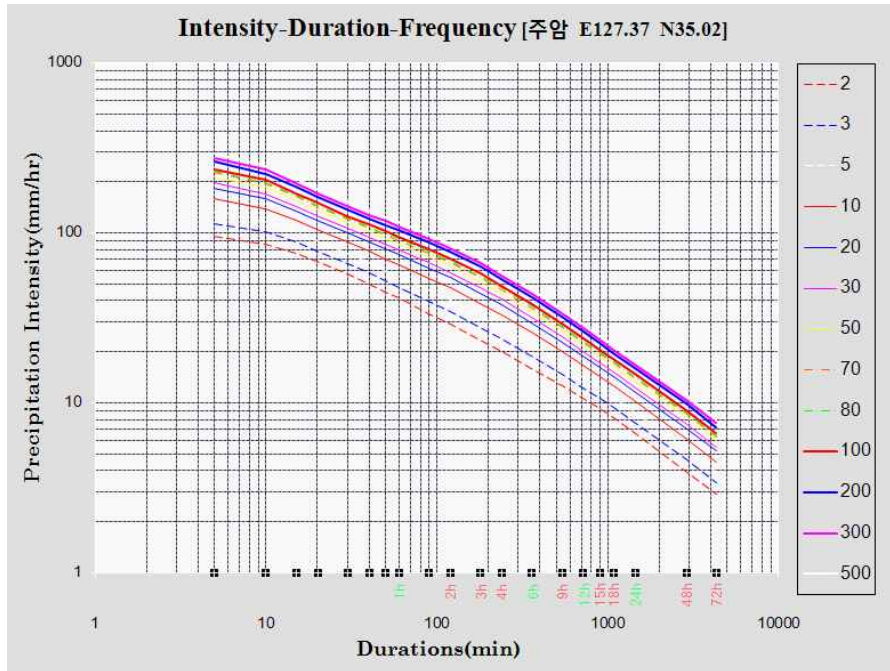
<그림 II-50> 정읍(245) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



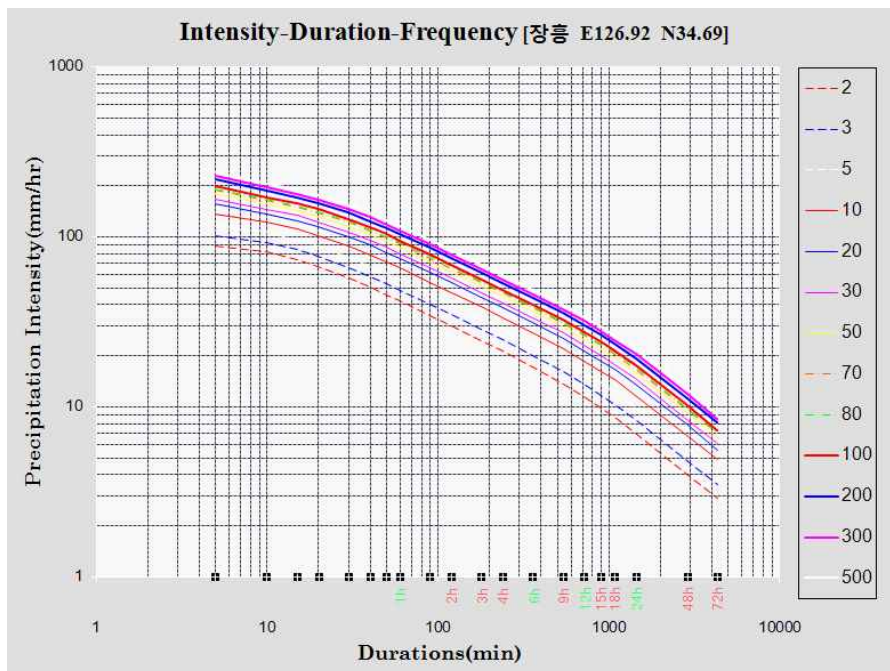
<그림 Ⅱ-51> 남원(247) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



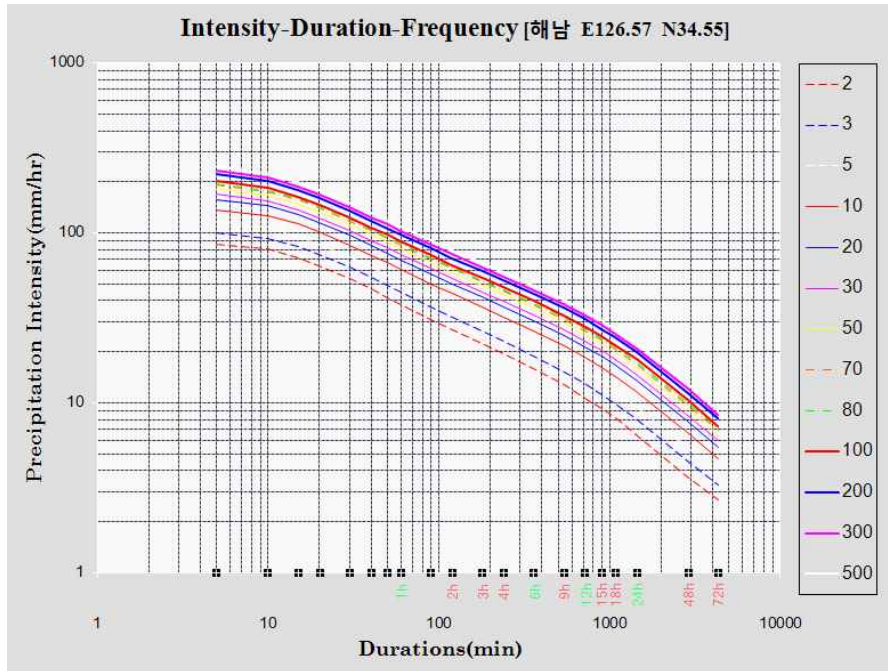
<그림 Ⅱ-52> 장수(248) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



<그림 II-53> 주암(256) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



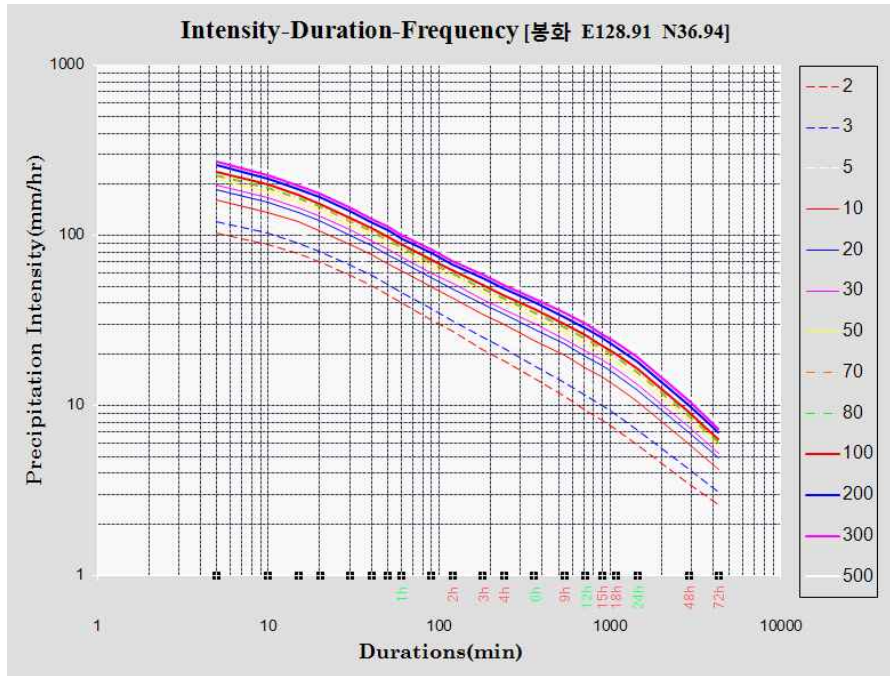
<그림 II-54> 장흥(260) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



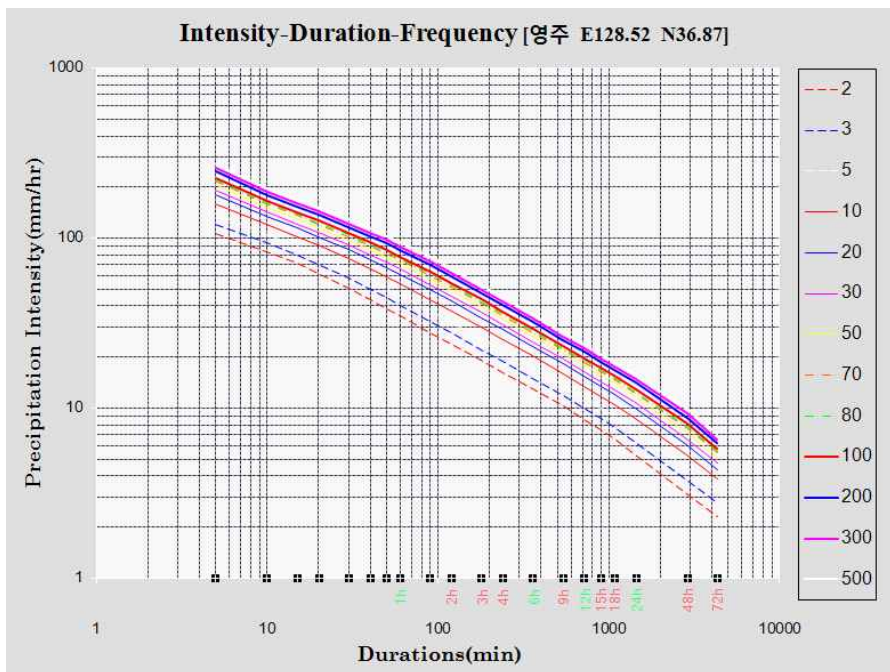
<그림 Ⅱ-55> 해남(261) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



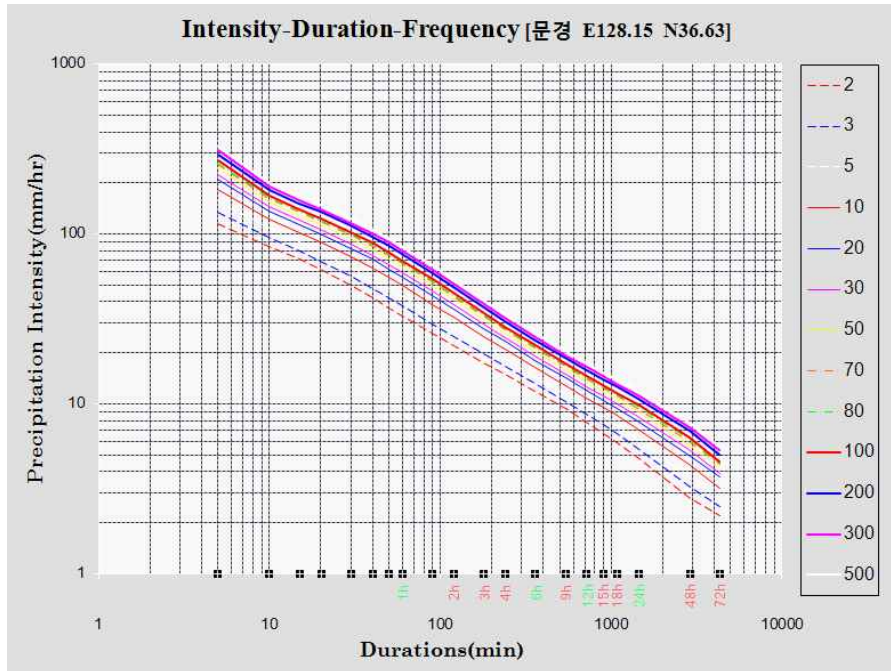
<그림 Ⅱ-56> 고흥(262) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



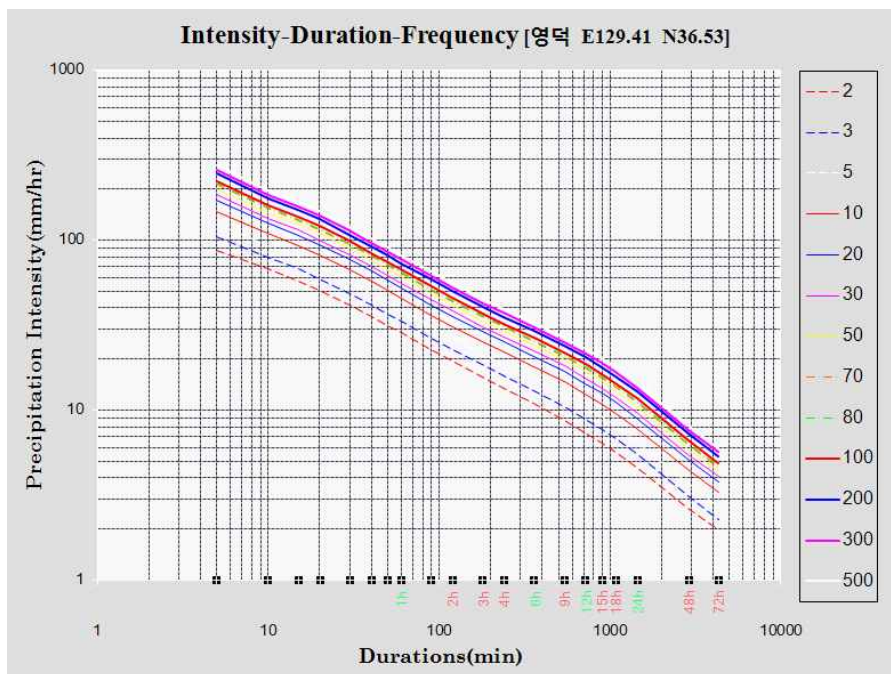
<그림 II-57> 봉화(271) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



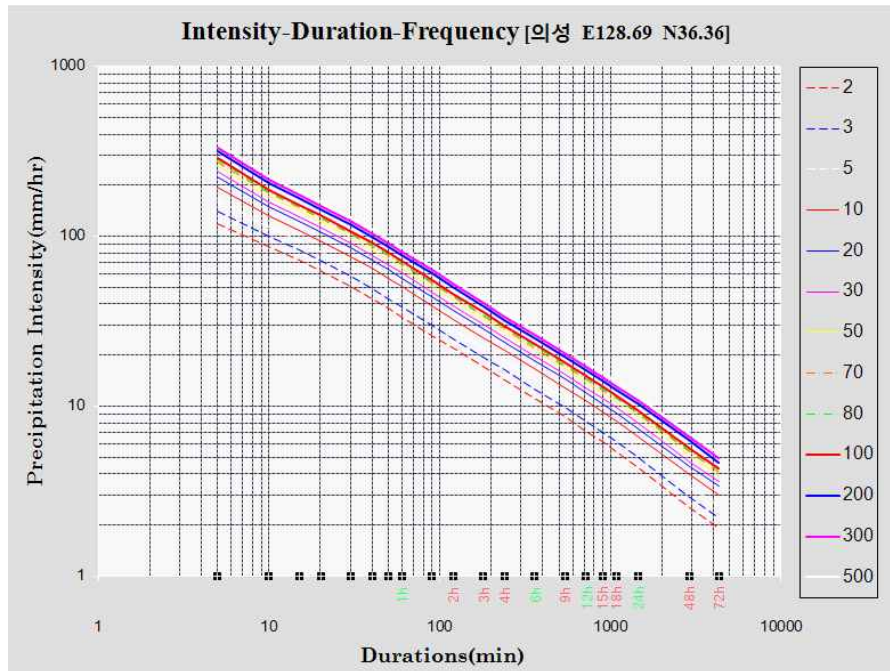
<그림 II-58> 영주(272) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



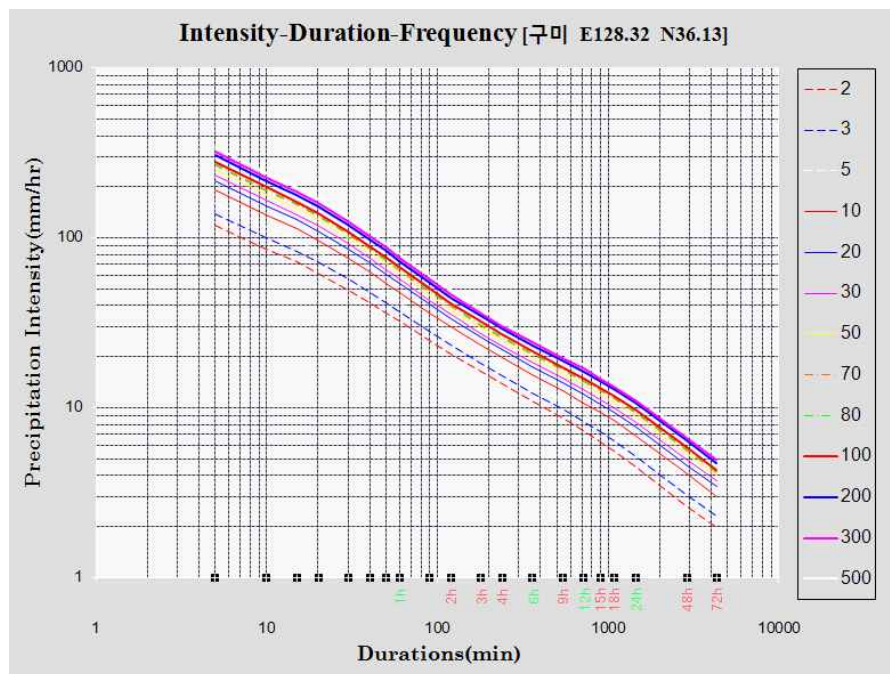
<그림 Ⅱ-59> 문경(273) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



<그림 Ⅱ-60> 영덕(277) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



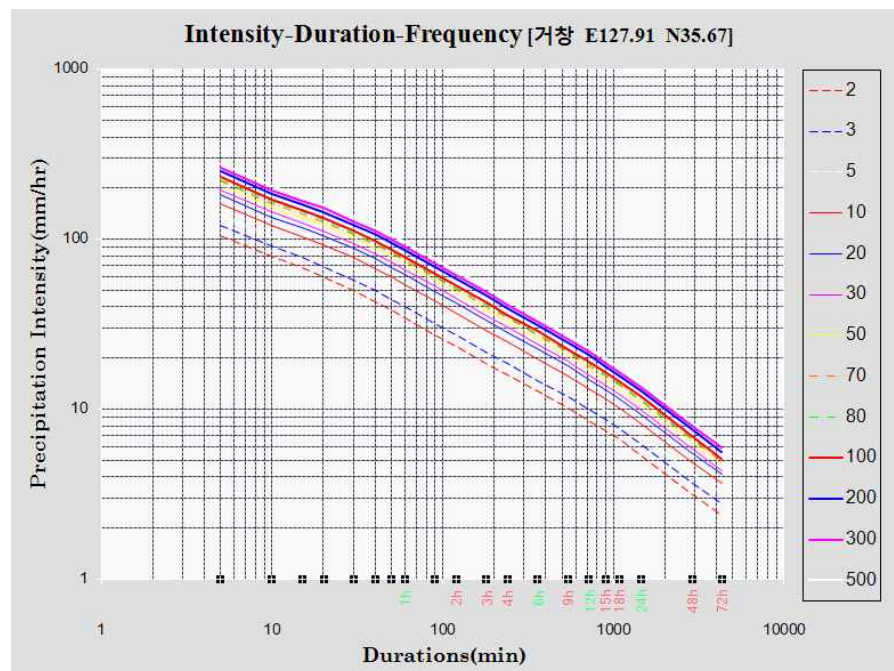
<그림 II-61> 의성(278) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



<그림 II-62> 구미(279) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선

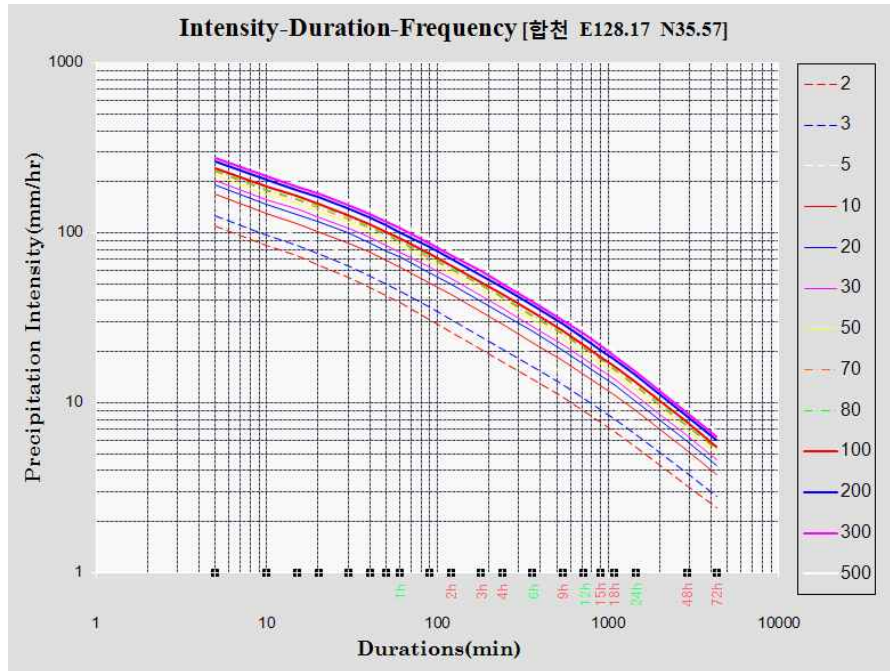


<그림 Ⅱ-63> 영천(281) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선

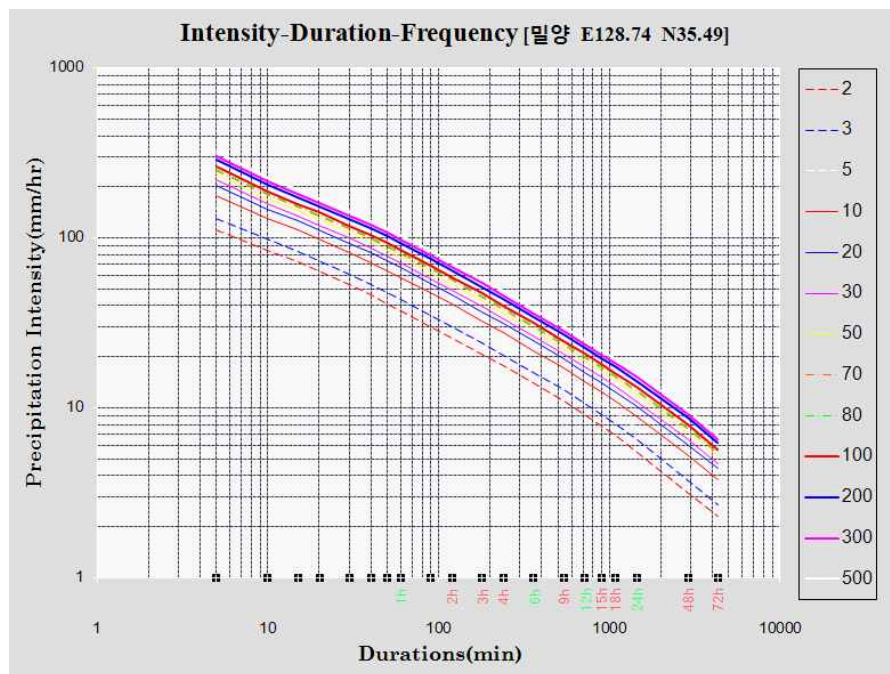


<그림 Ⅱ-64> 거창(284) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선

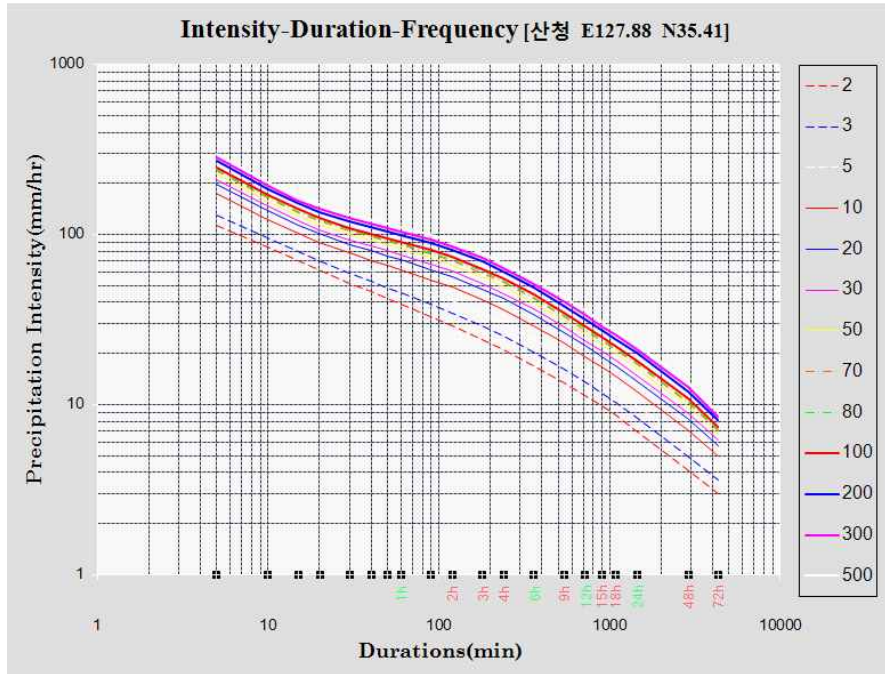
II 부록



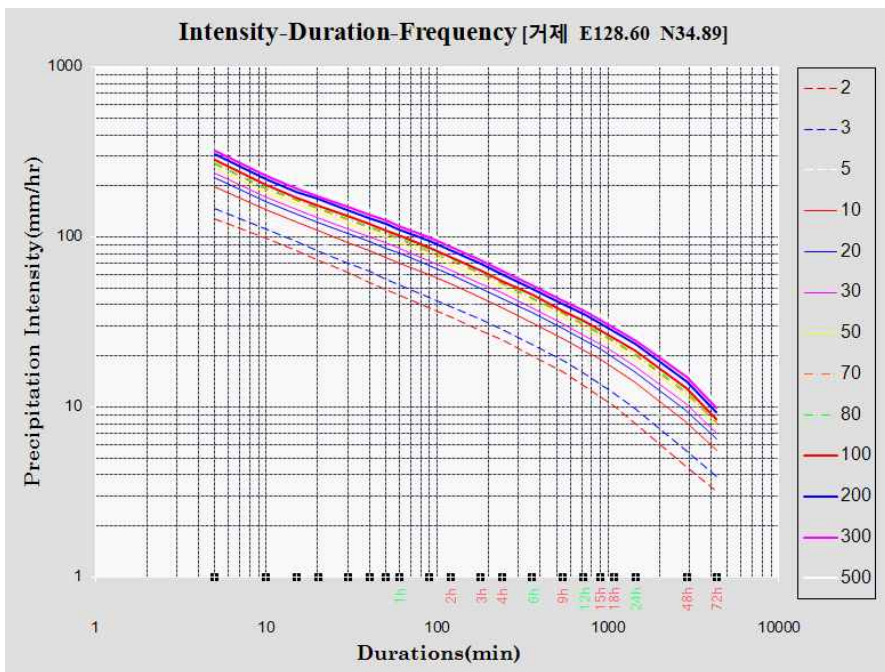
<그림 II-65> 합천(285) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



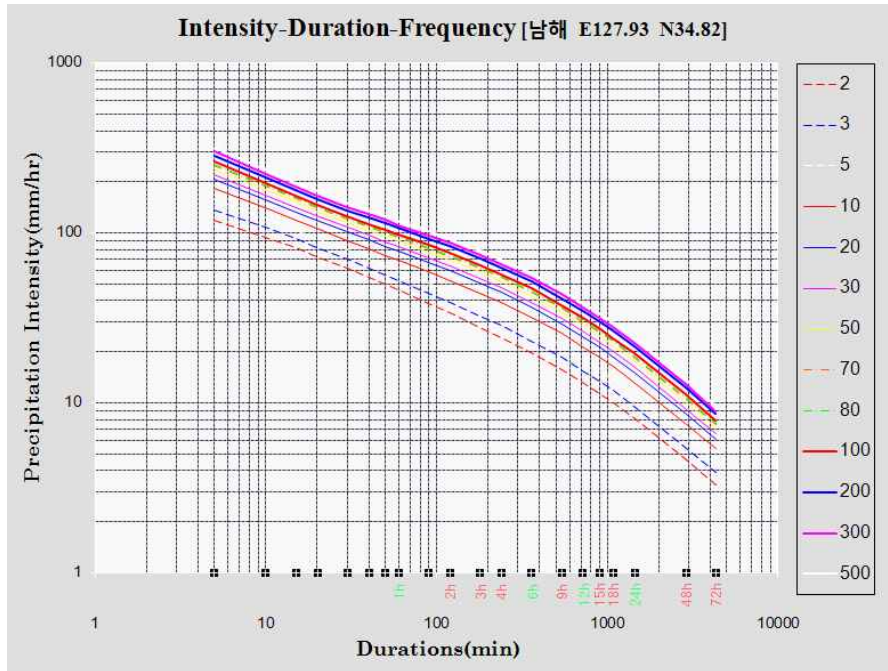
<그림 II-66> 밀양(288) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



<그림 Ⅱ-67> 산청(289) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



<그림 Ⅱ-68> 거제(294) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



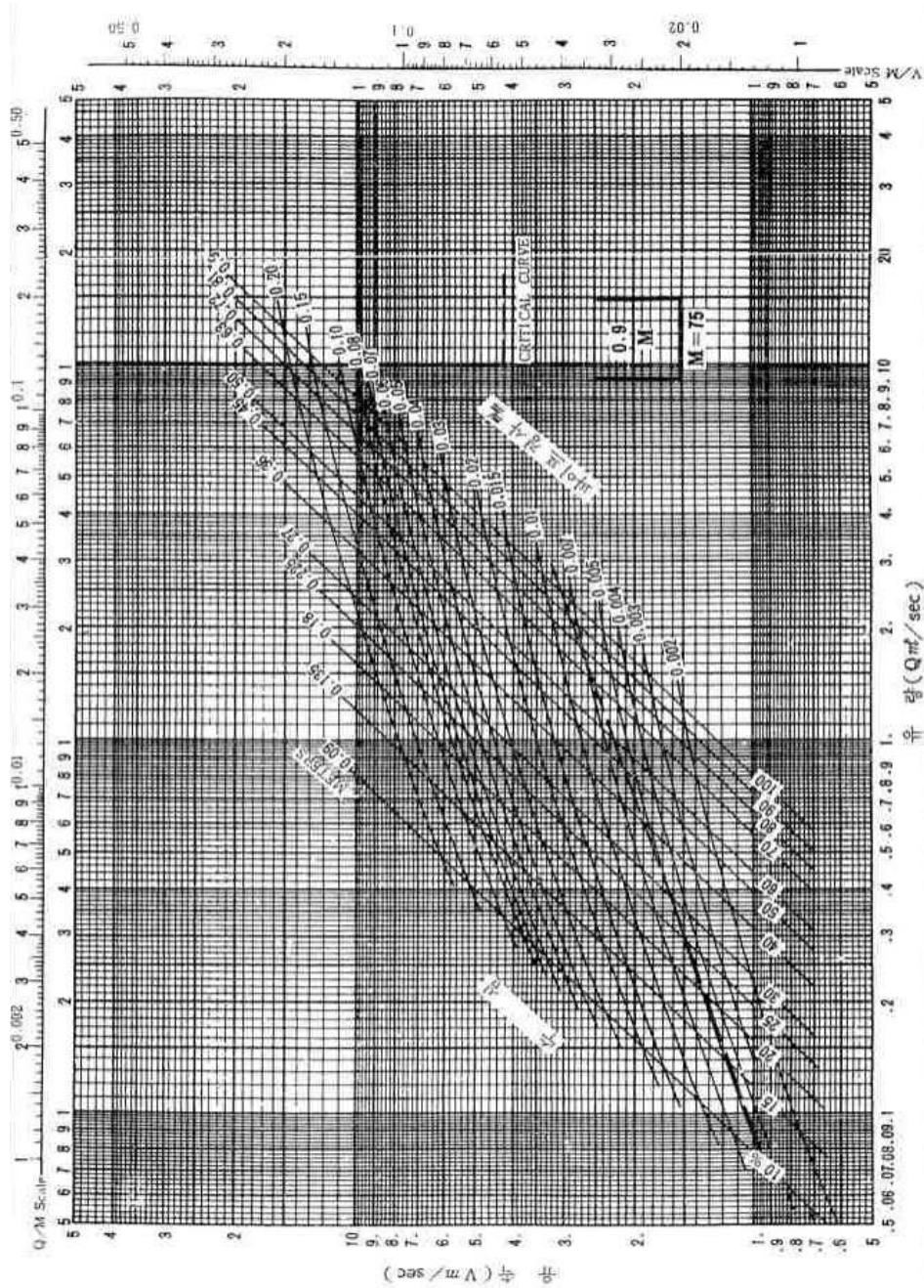
<그림 II-69> 남해(295) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



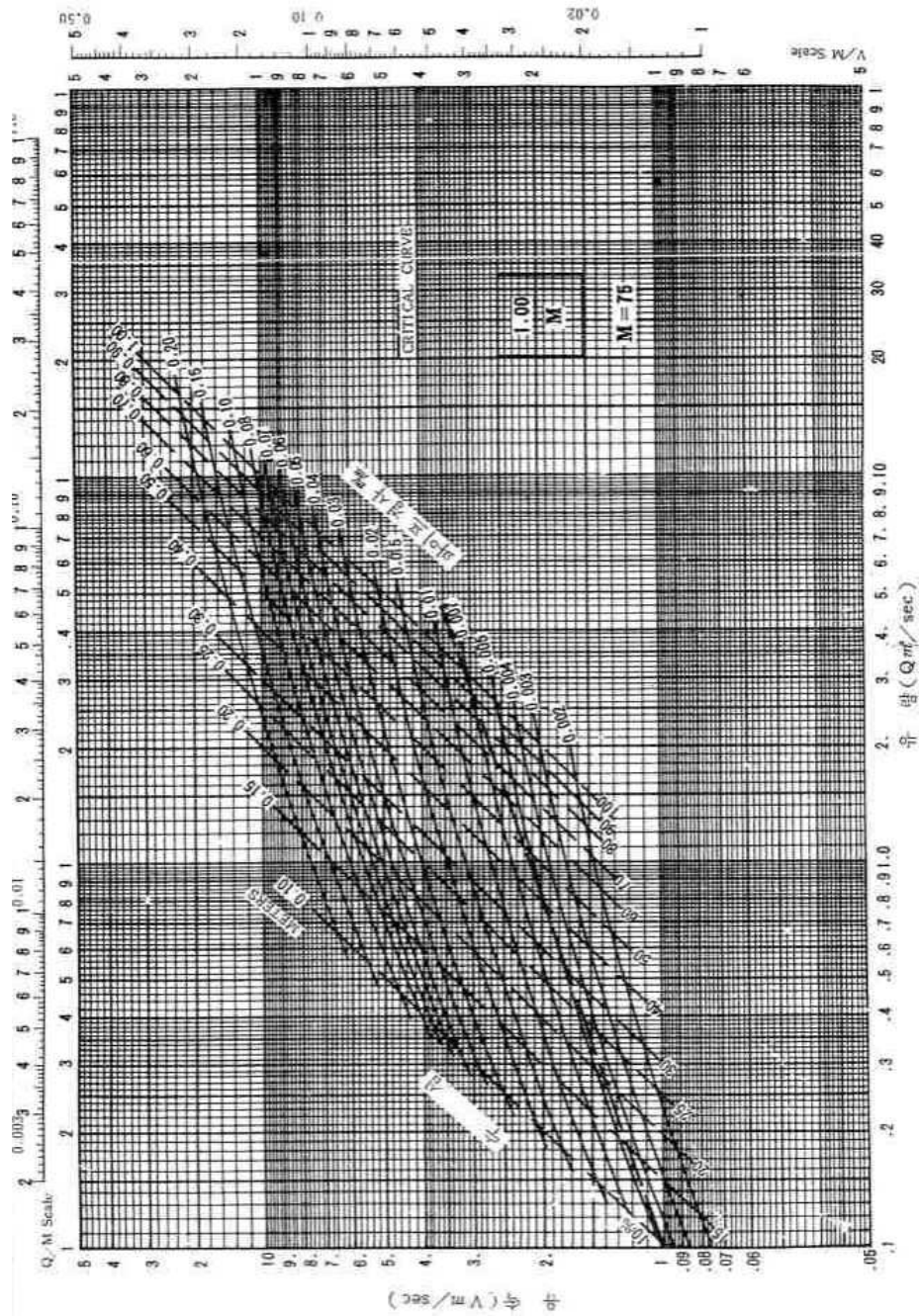
부 록

수리도표

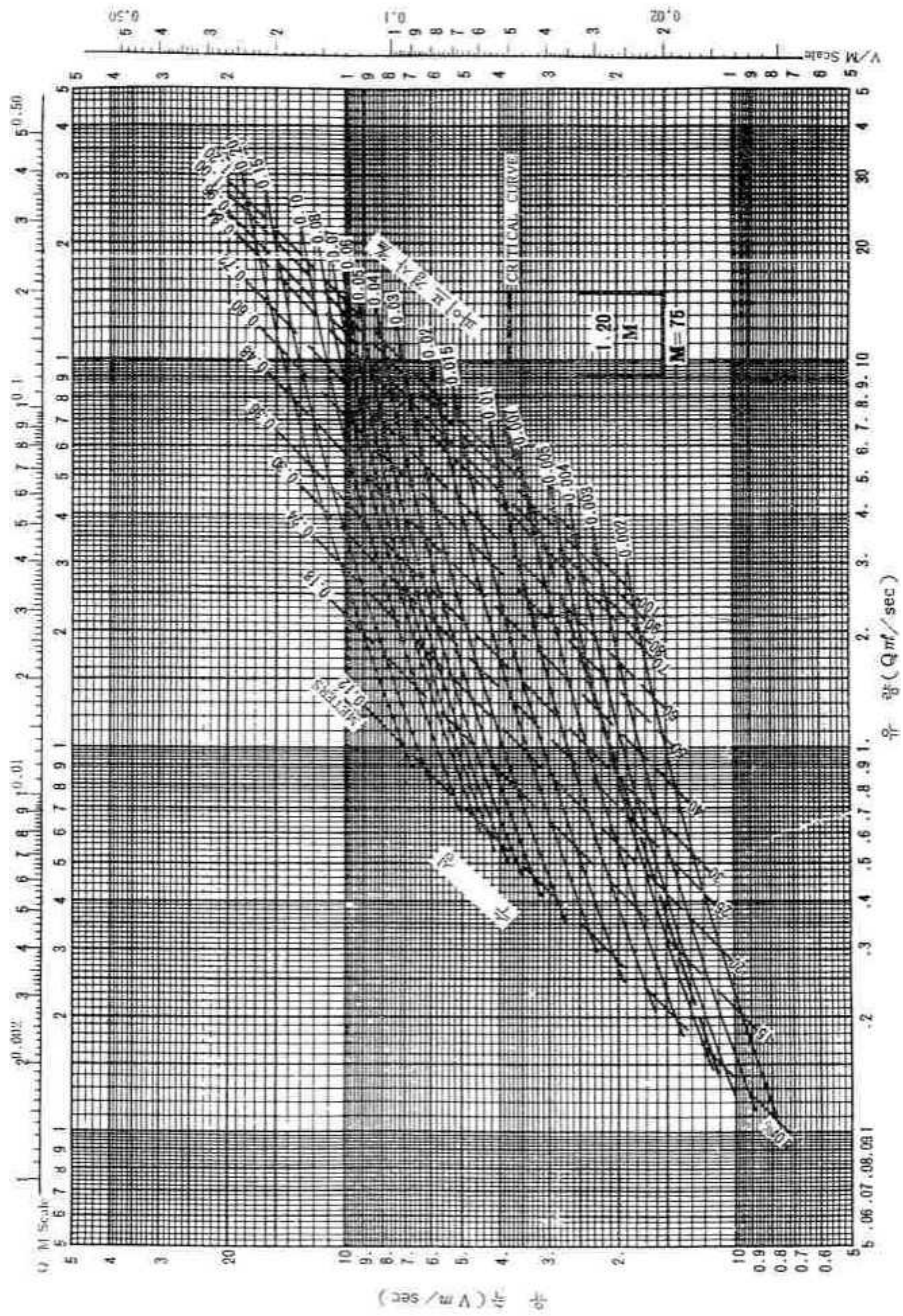




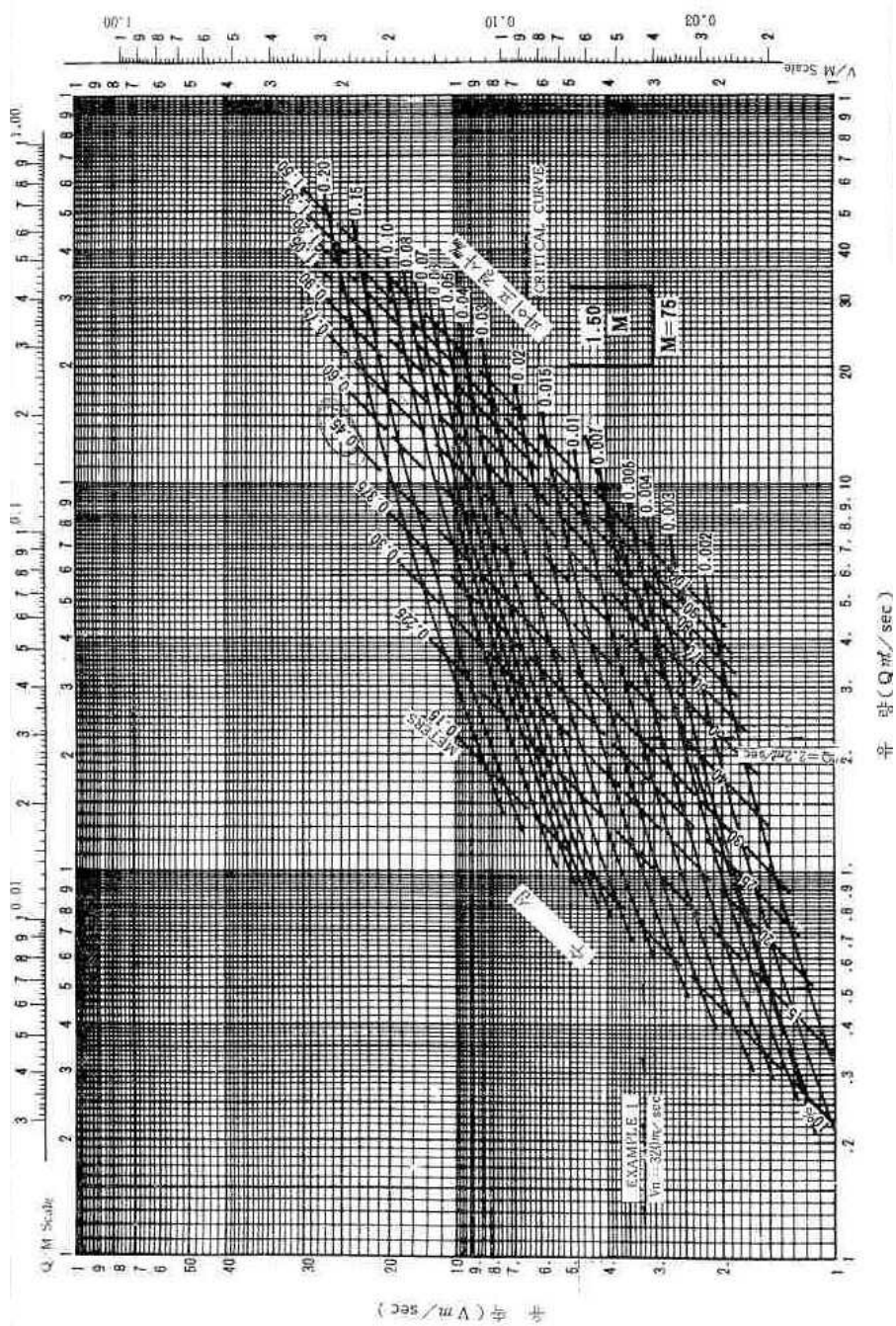
〈그림 III-1〉 U 형측구 수리도표($B=0.9\text{m}$)



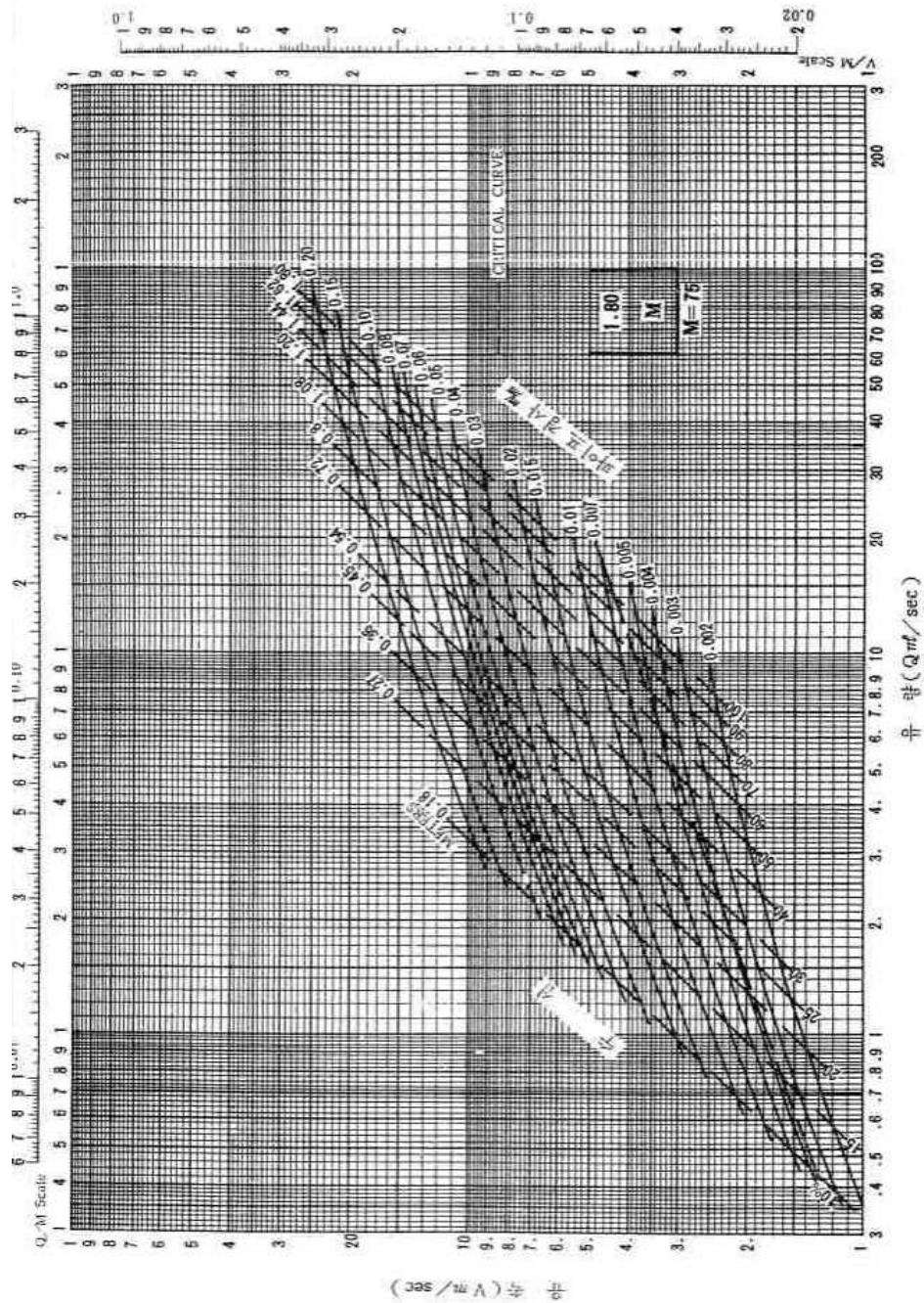
〈그림 III-2〉 U 형측구 수리도표($B=1.0\text{m}$)



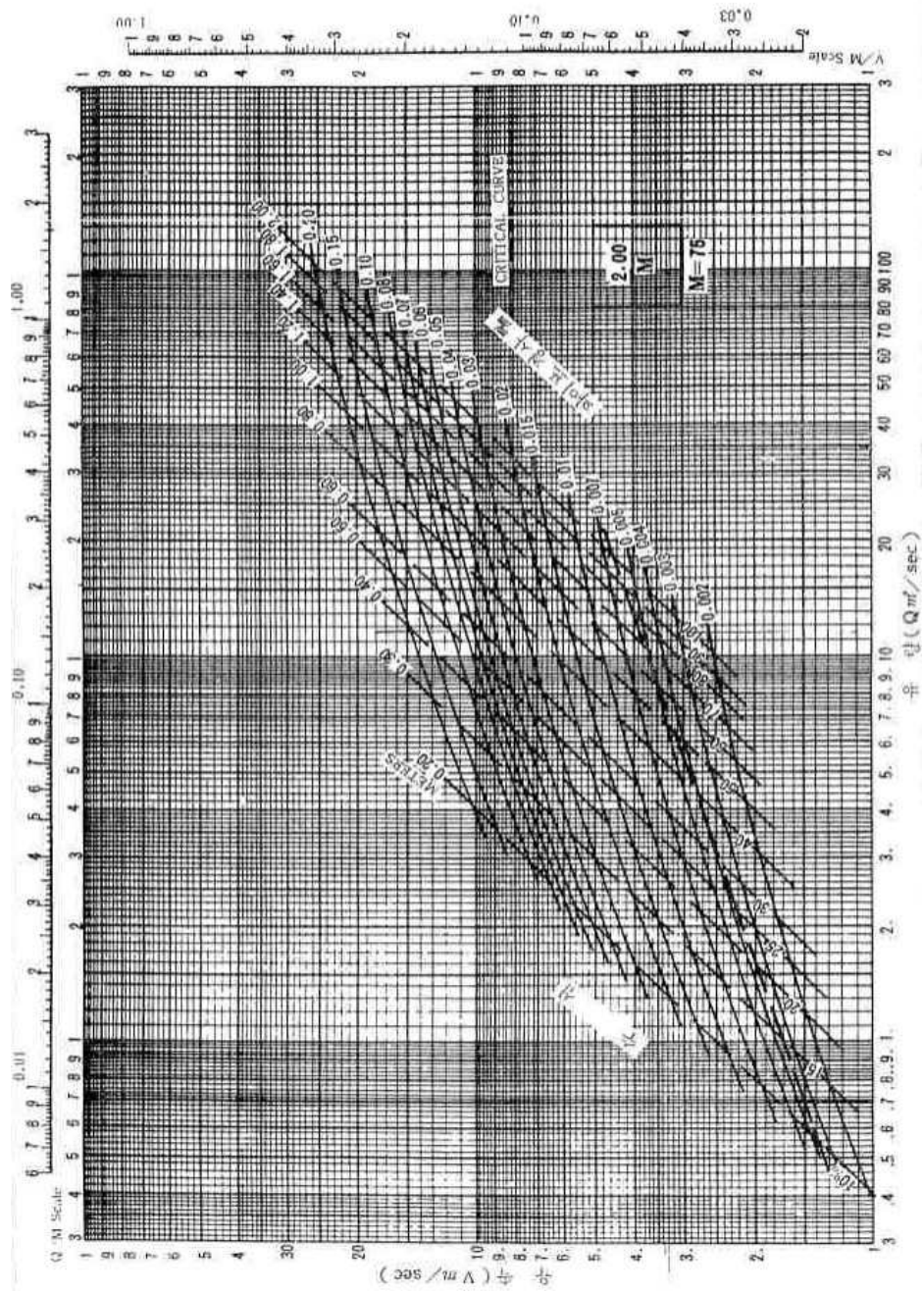
〈그림 III-3〉 U 형측구 수리도표($B=1.2\text{m}$)



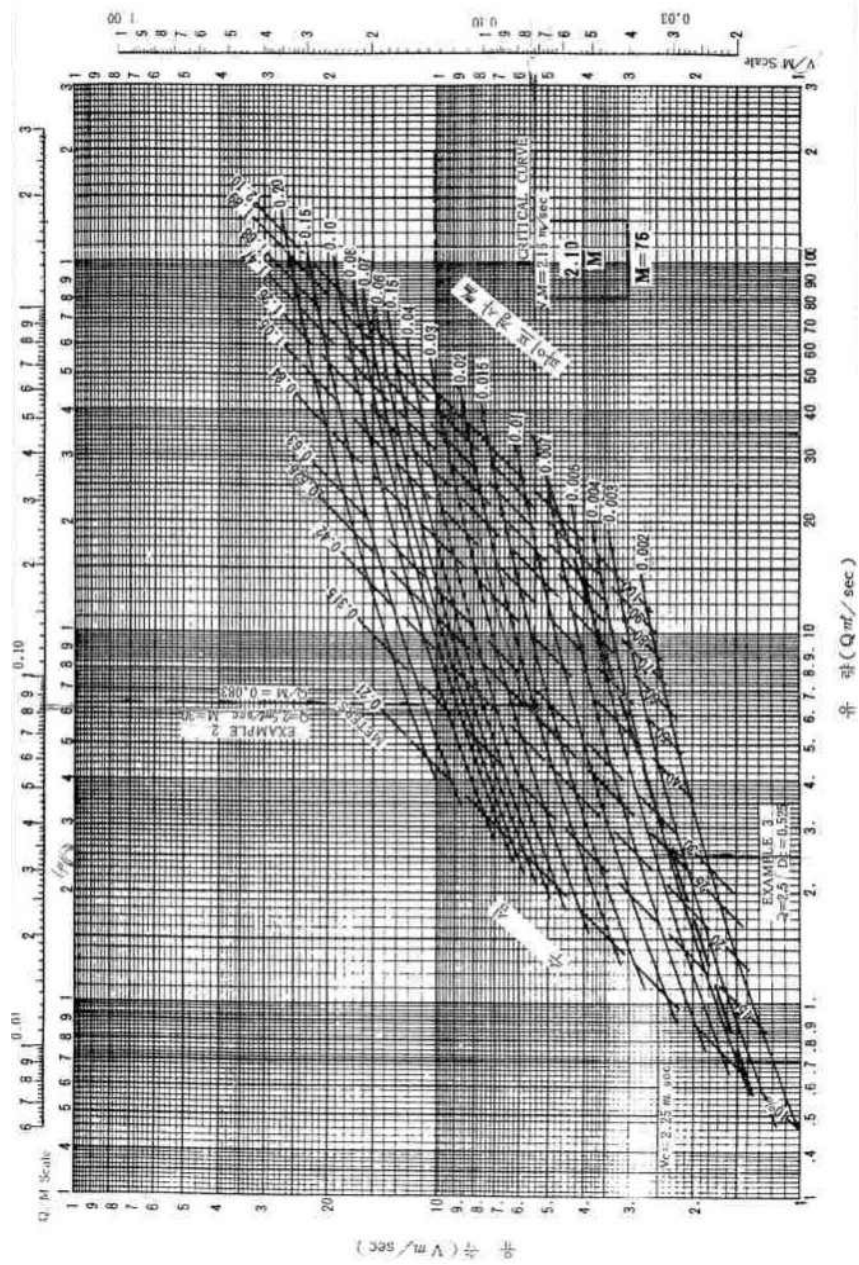
〈그림 III-4〉 U 형측구 수리도표($B = 1.5\text{m}$)



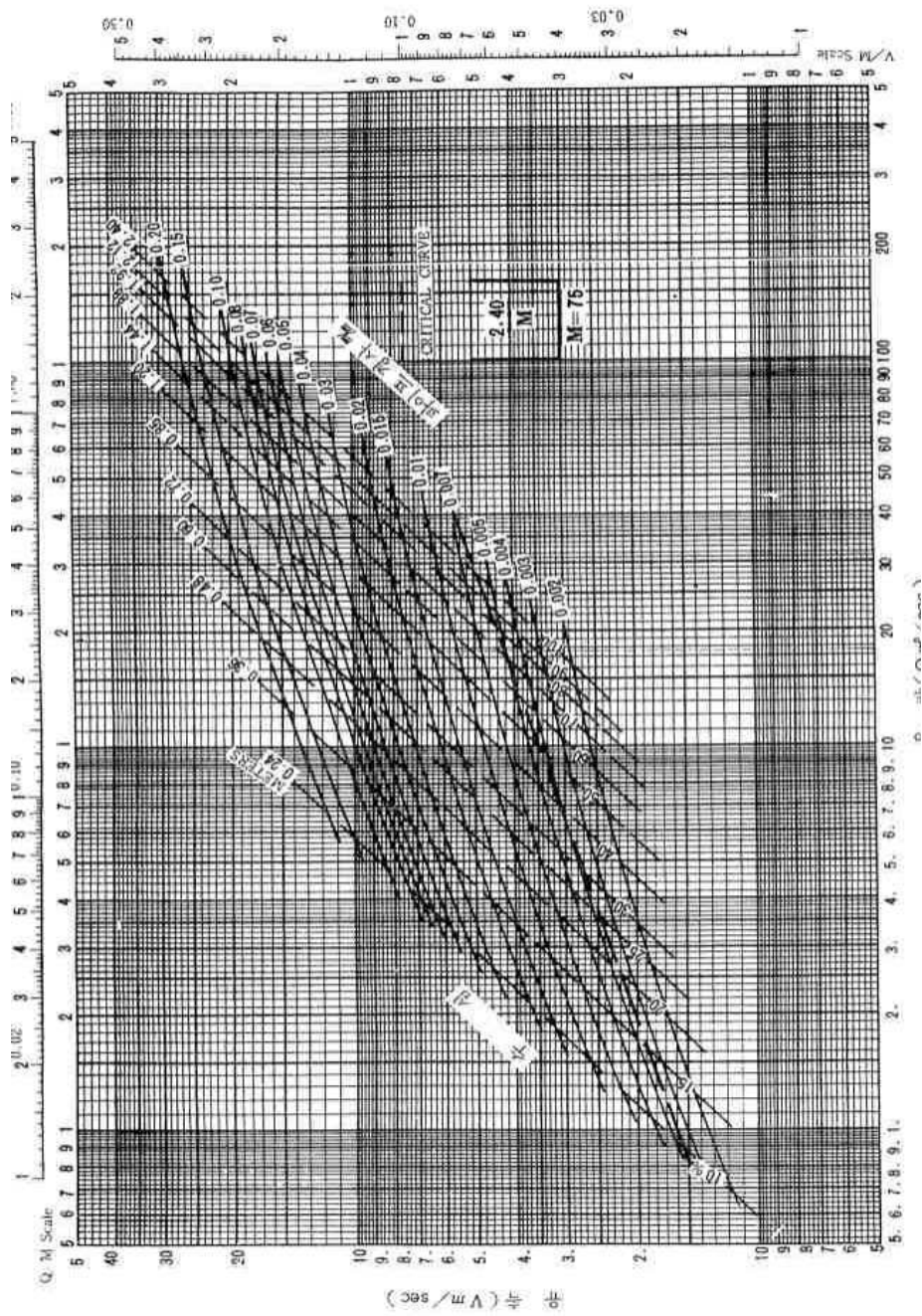
〈그림 III-5〉 U 형측구 수리도표($B=1.8\text{m}$)



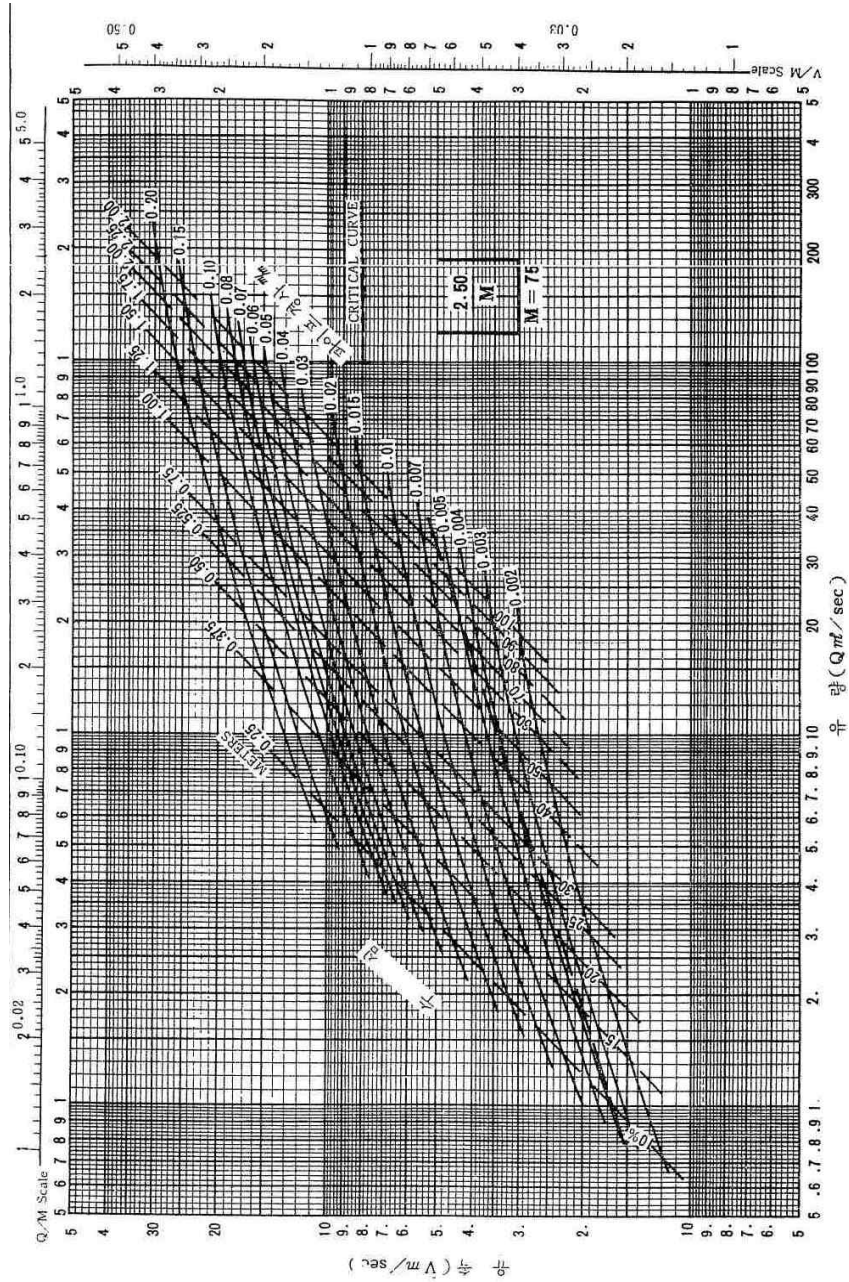
〈그림 III-6〉 U 형측구 수리도표($B=2.0\text{m}$)



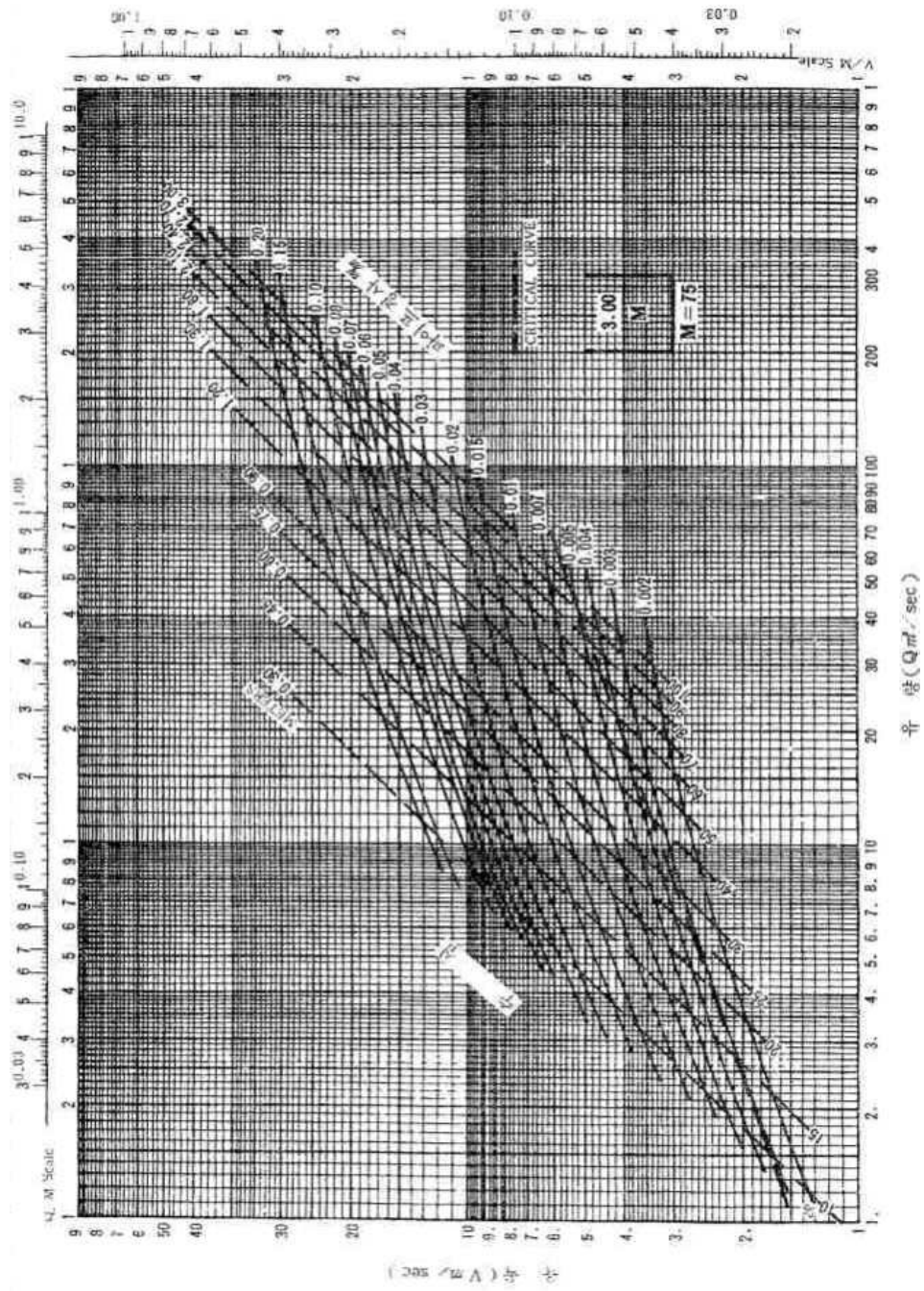
〈그림 III-7〉 U 형측구 수리도표(B=2.1m)



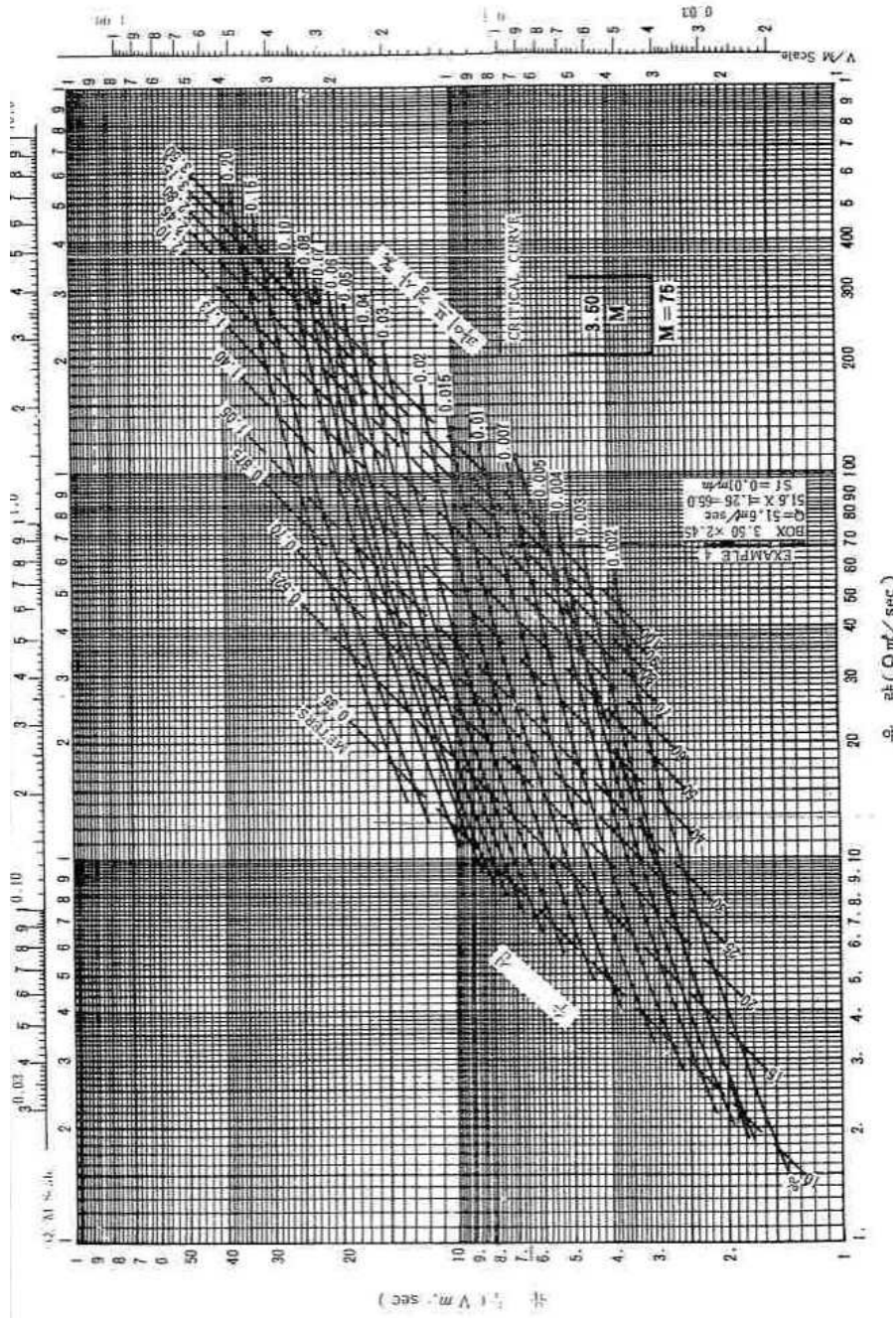
〈그림 III-8〉 U 형측구 수리도표($B=2.4\text{m}$)



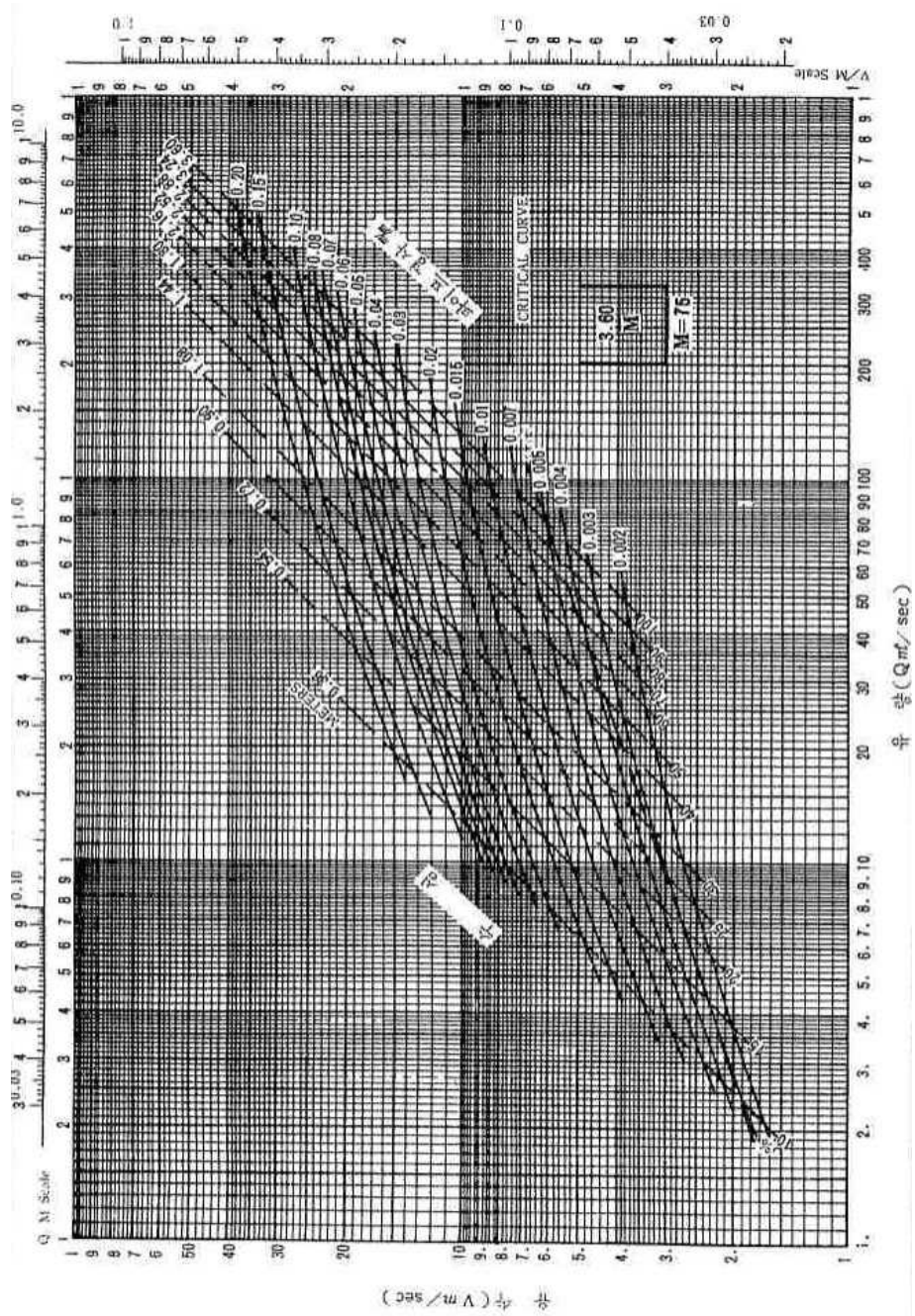
〈그림 III-9〉 U 형측구 수리도표($B=2.5\text{m}$)



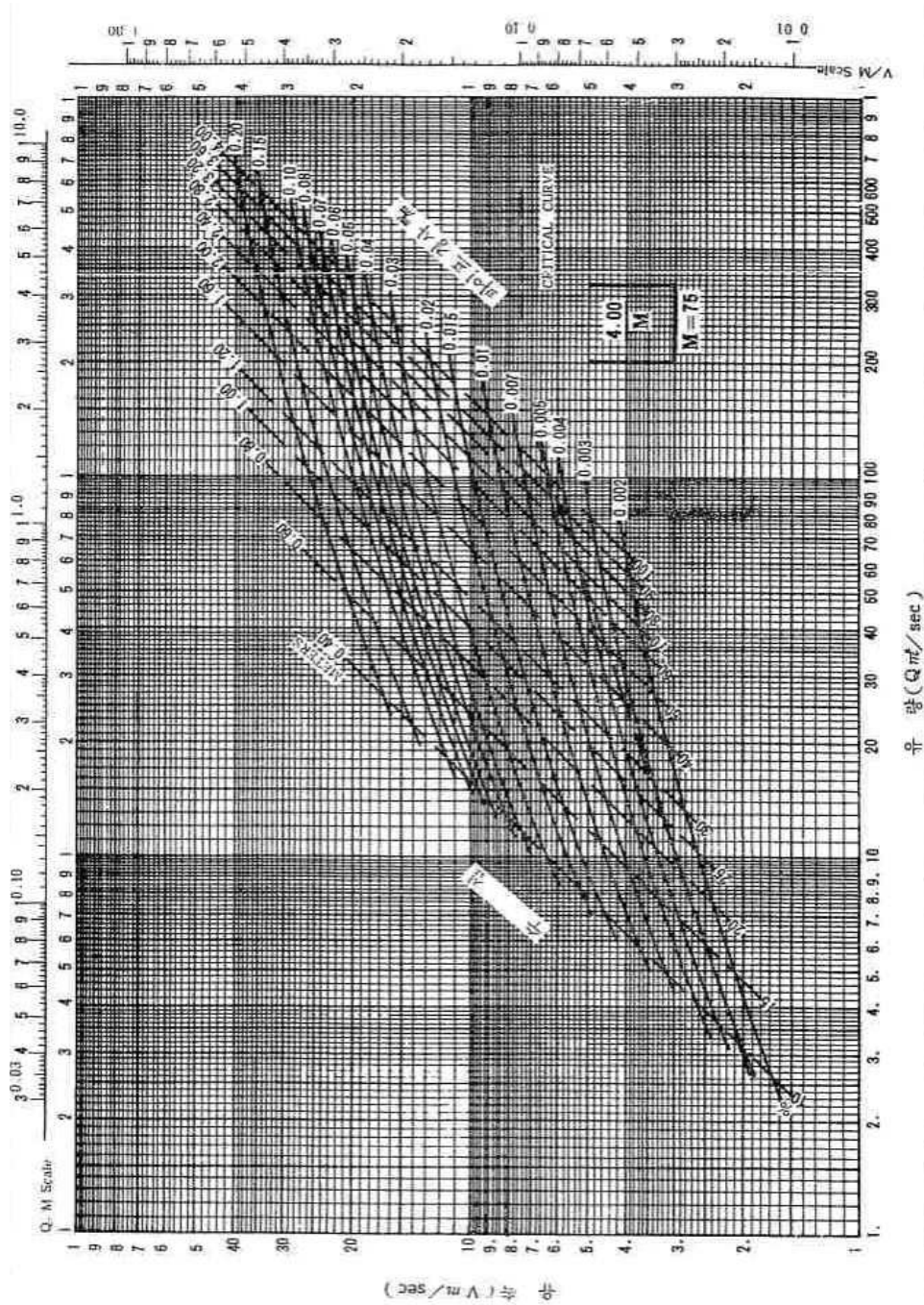
〈그림 III-10〉 U 형측구 수리도표($B=3.0\text{m}$)



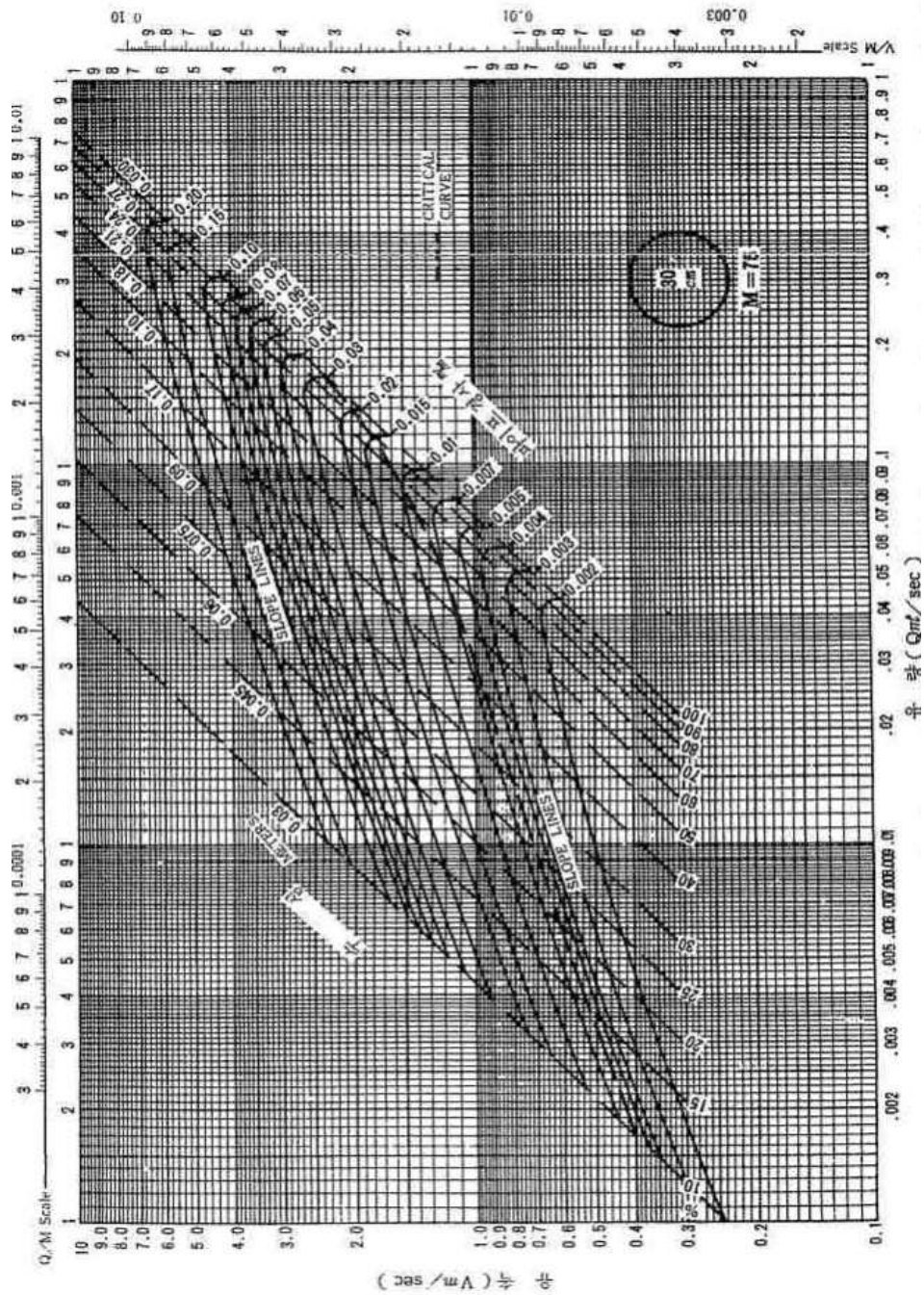
〈그림 III-11〉 U 형측구 수리도표($B=3.5\text{m}$)



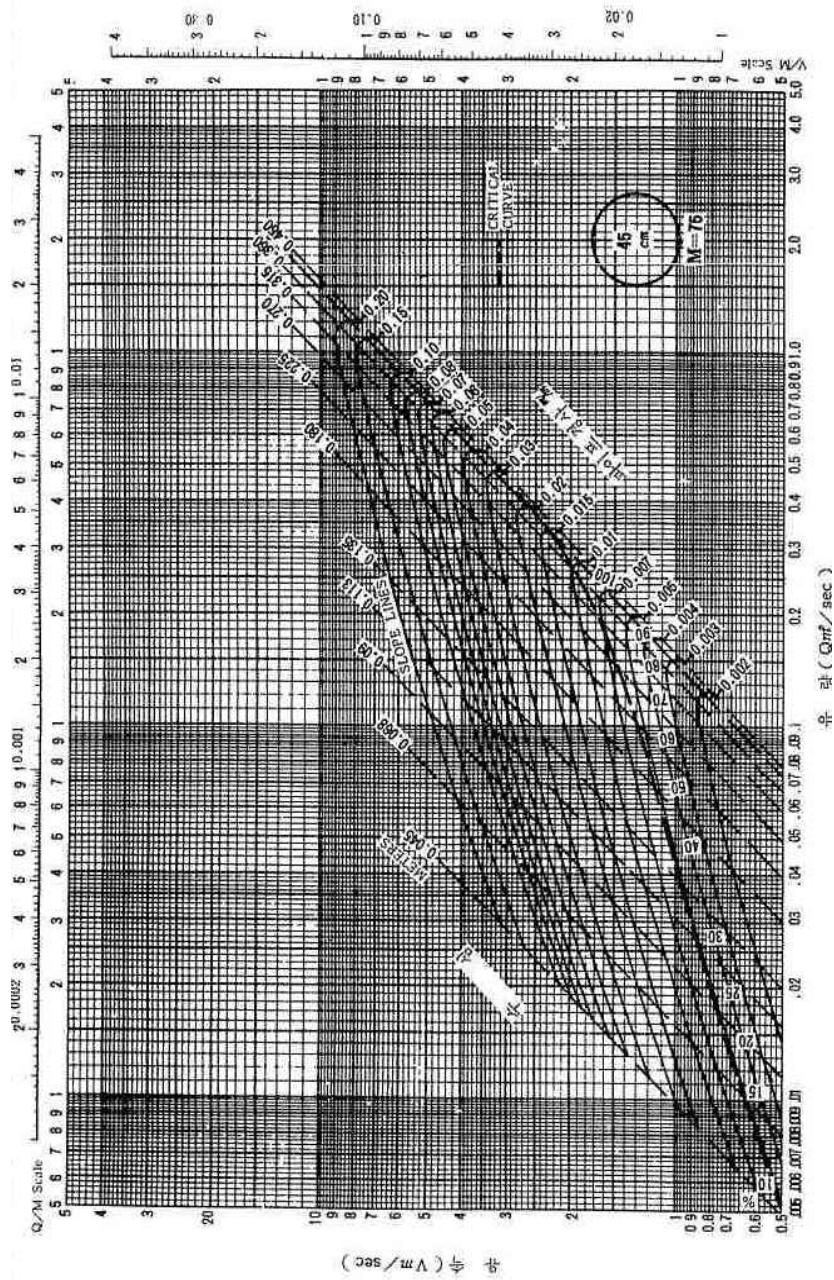
〈그림 III-12〉 U 형측구 수리도표($B=3.6\text{m}$)



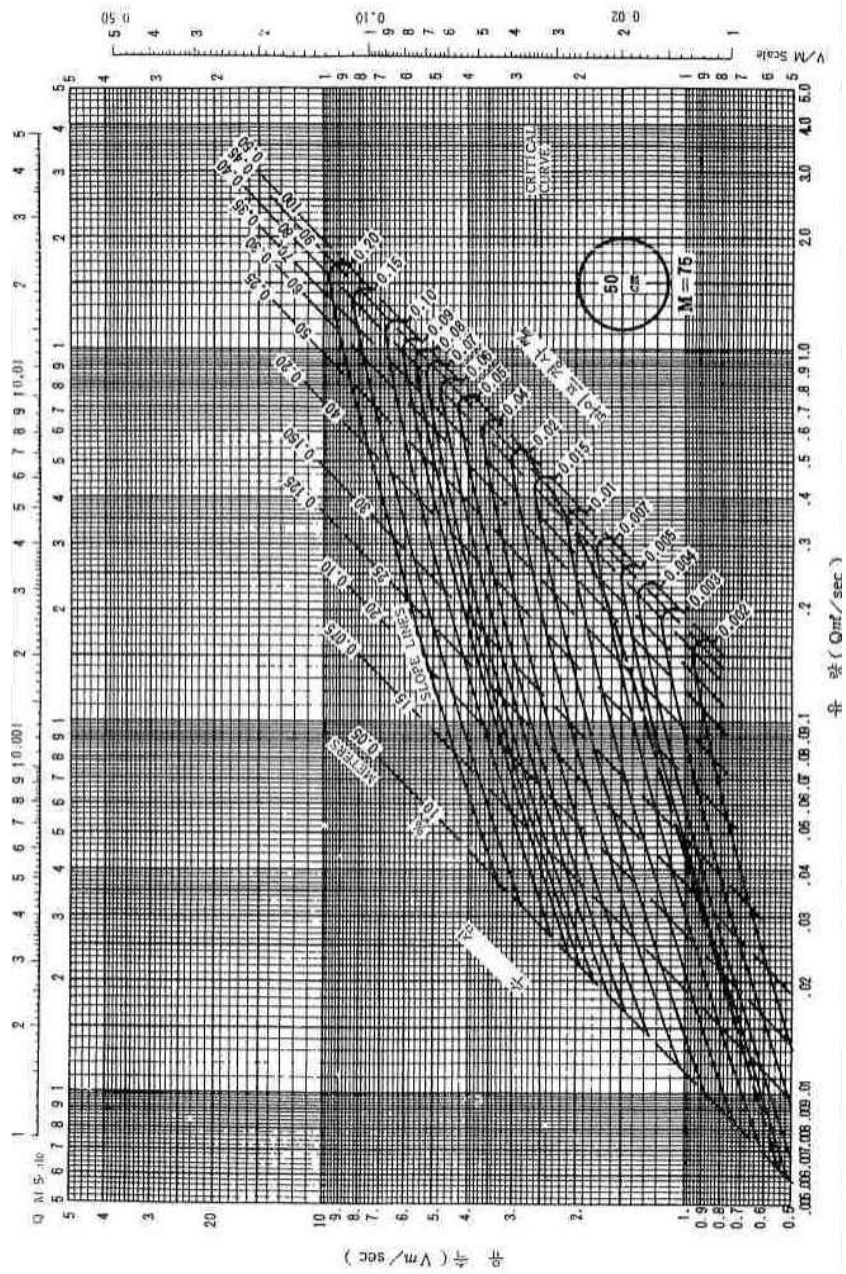
〈그림 III-13〉 U 형측구 수리도표(B=4.0m)



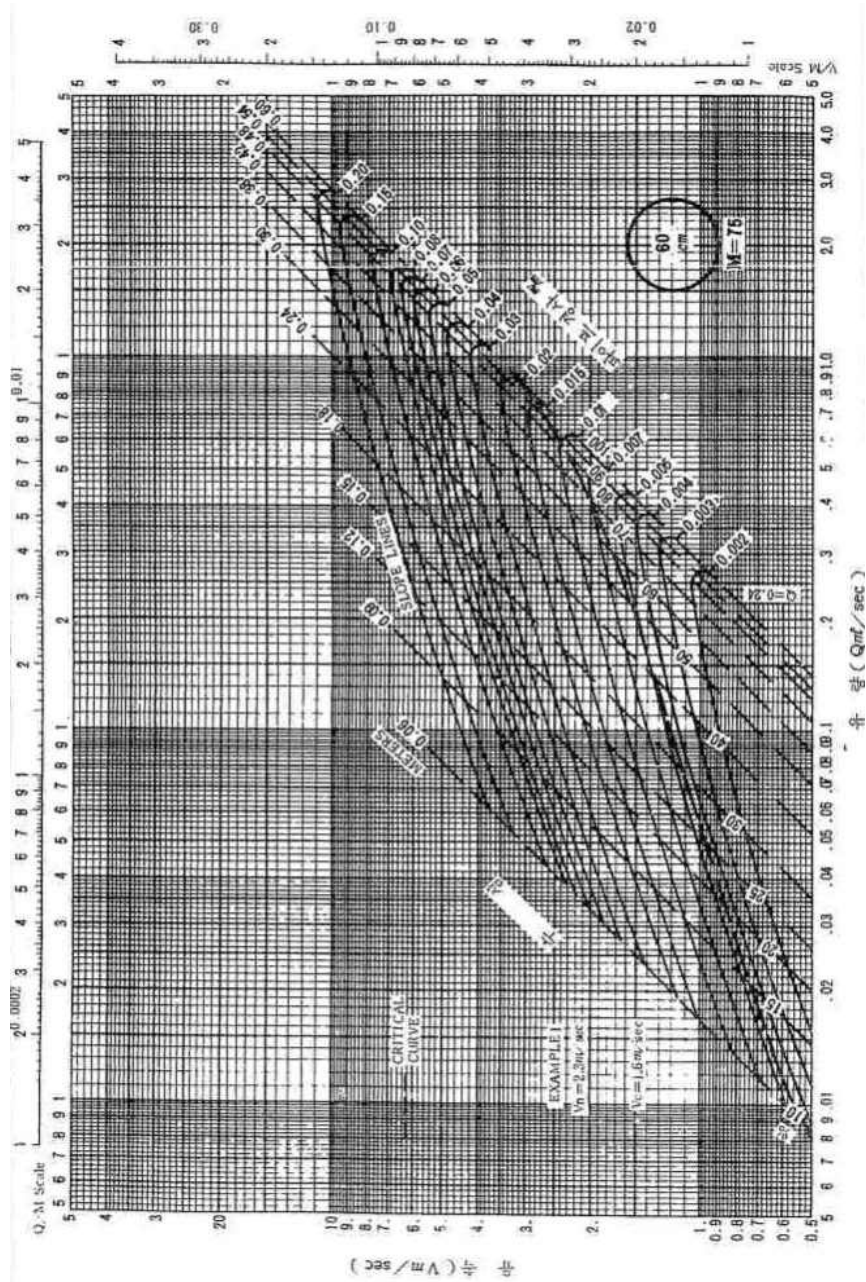
〈그림 III-14〉 파이프 수리도표 ($\phi=30\text{cm}$)



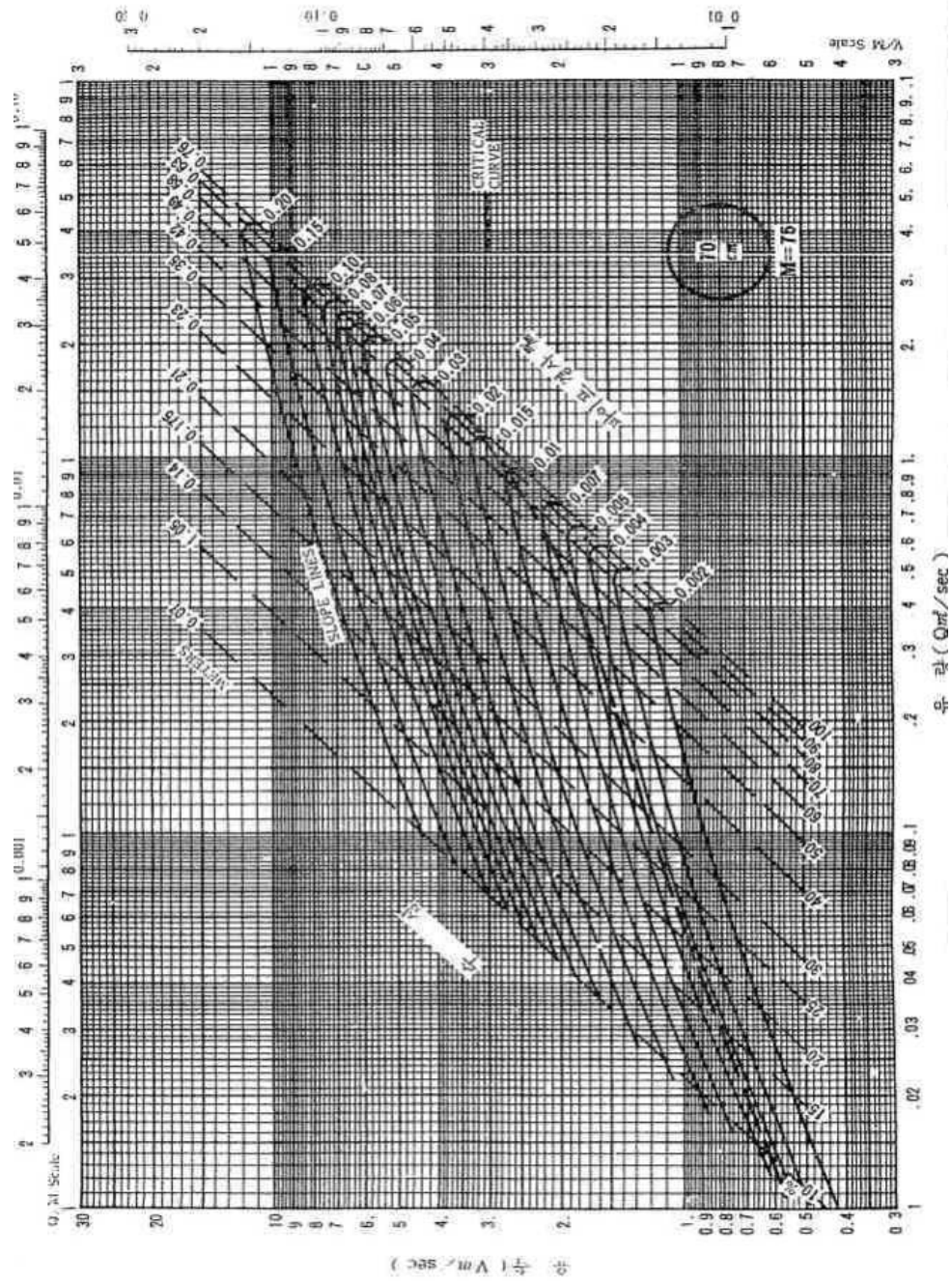
〈그림 III-15〉 파이프 수리도표 ($\phi = 45\text{cm}$)



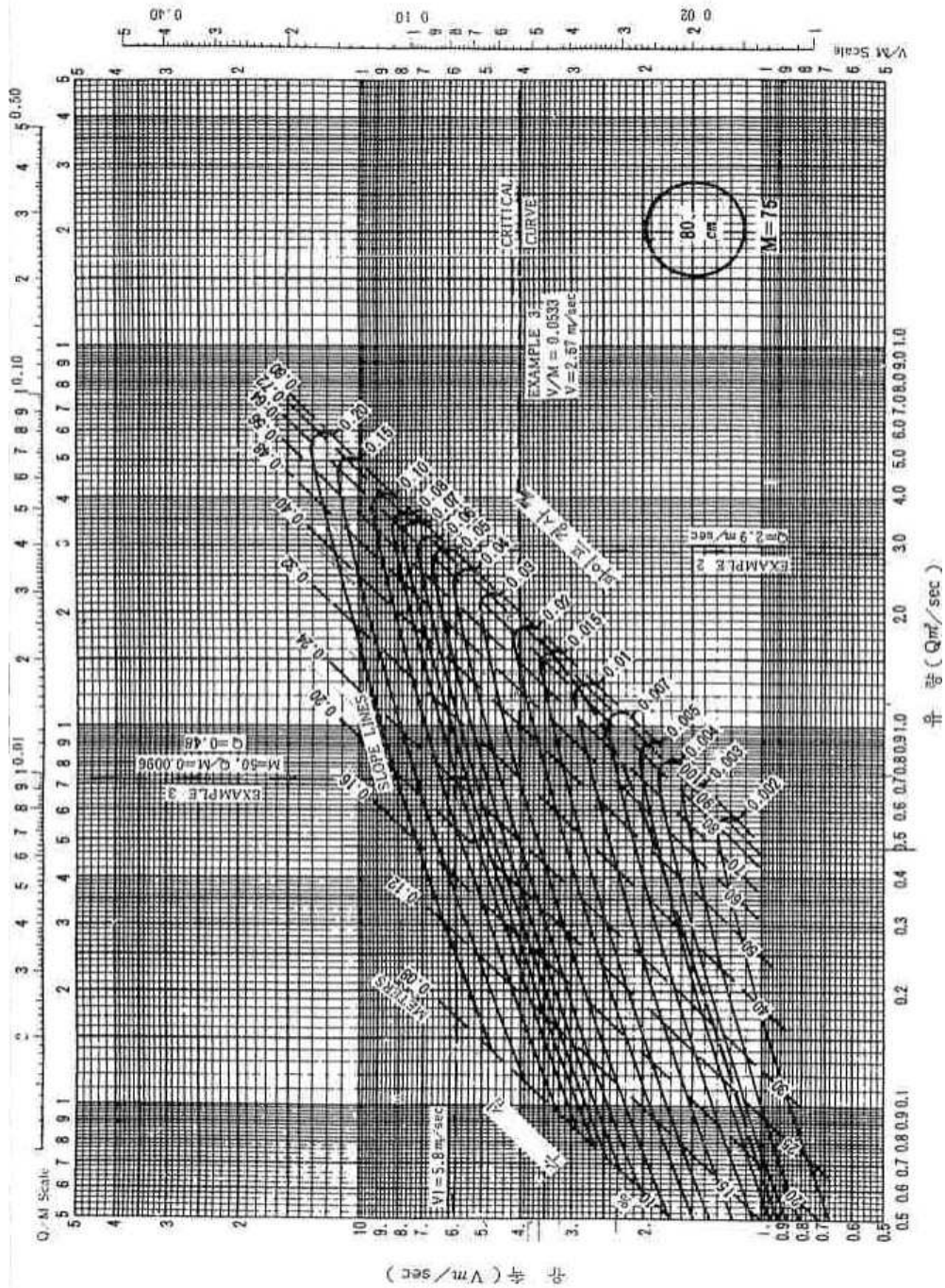
〈그림 III-16〉 파이프 수리도표 ($\phi=50cm$)



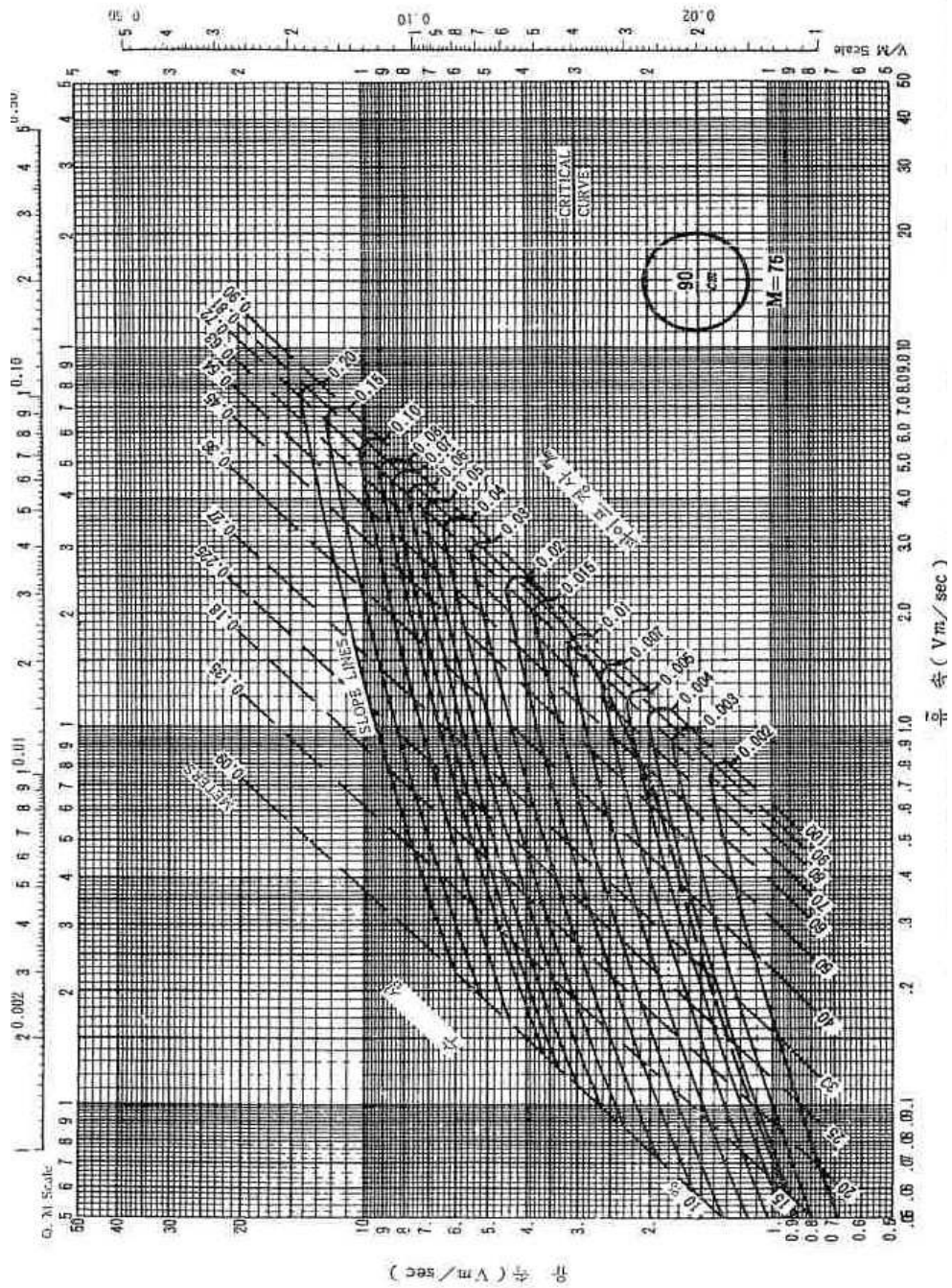
〈그림 III-17〉 파이프 수리도표($\phi=60\text{cm}$)



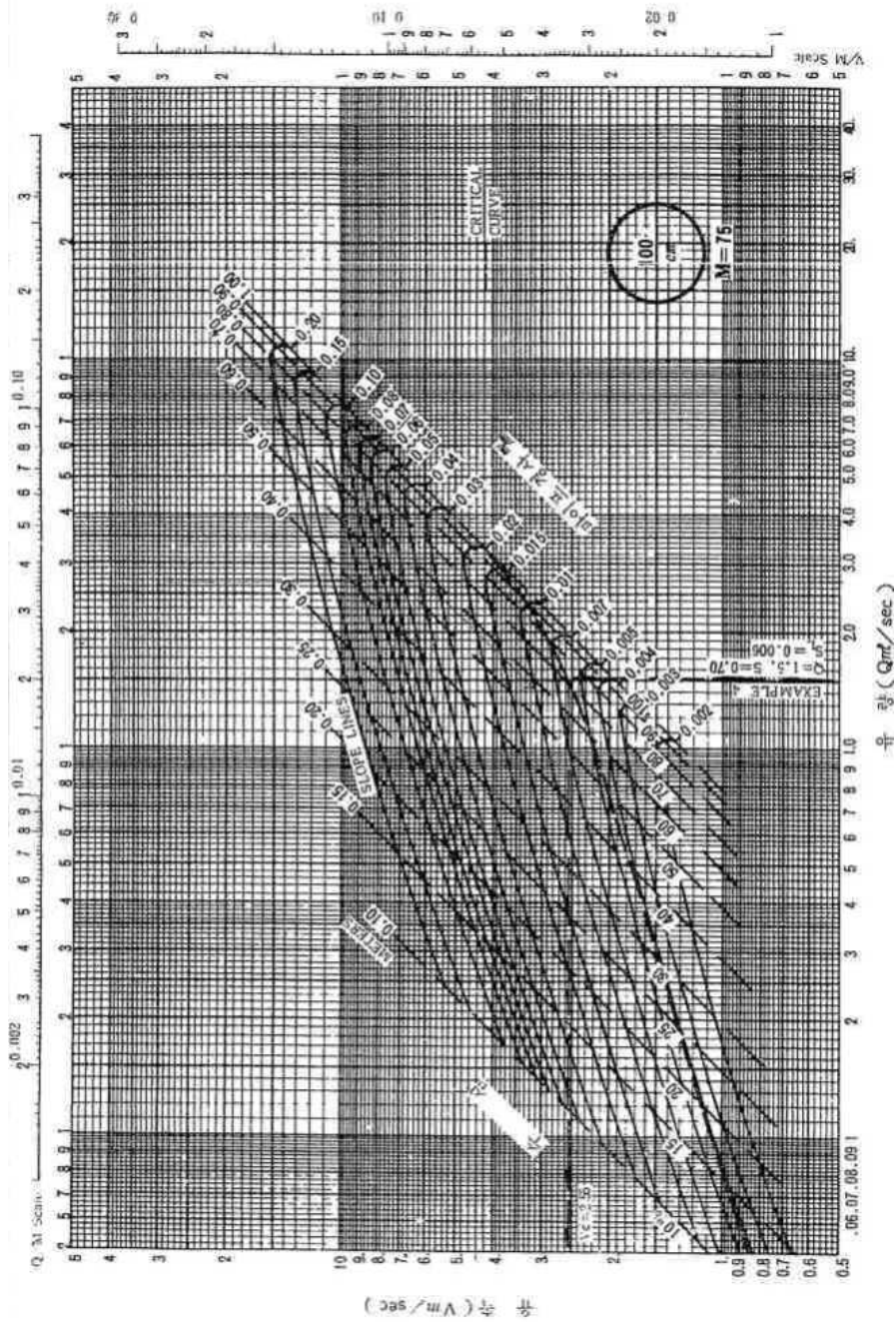
〈그림 III-18〉 파이프 수리도표($\phi = 70\text{cm}$)



〈그림 III-19〉 파이프 수리도표 ($\phi=80\text{cm}$)

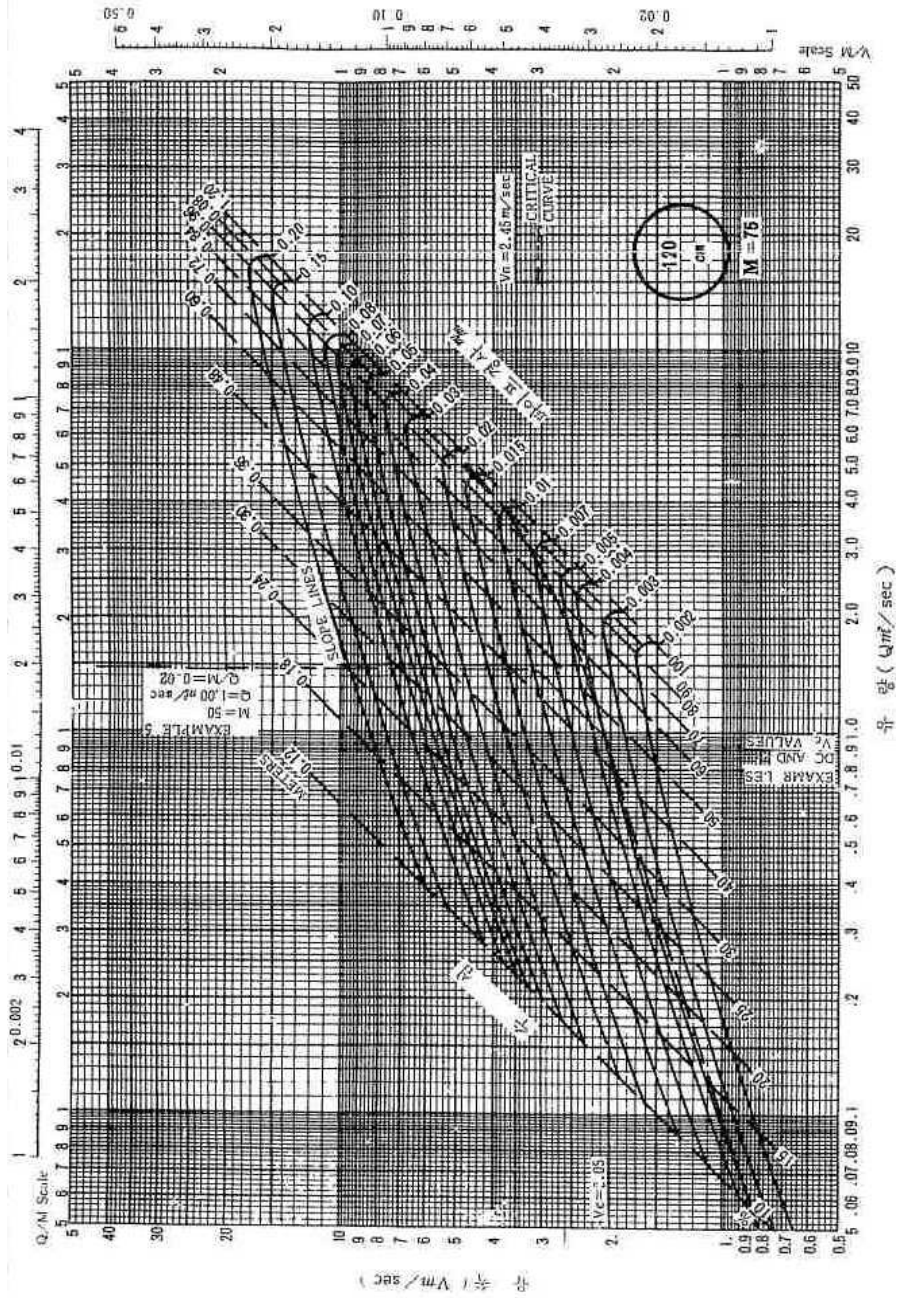


〈그림 III-20〉 파이프 수리도표 ($\phi=90\text{cm}$)

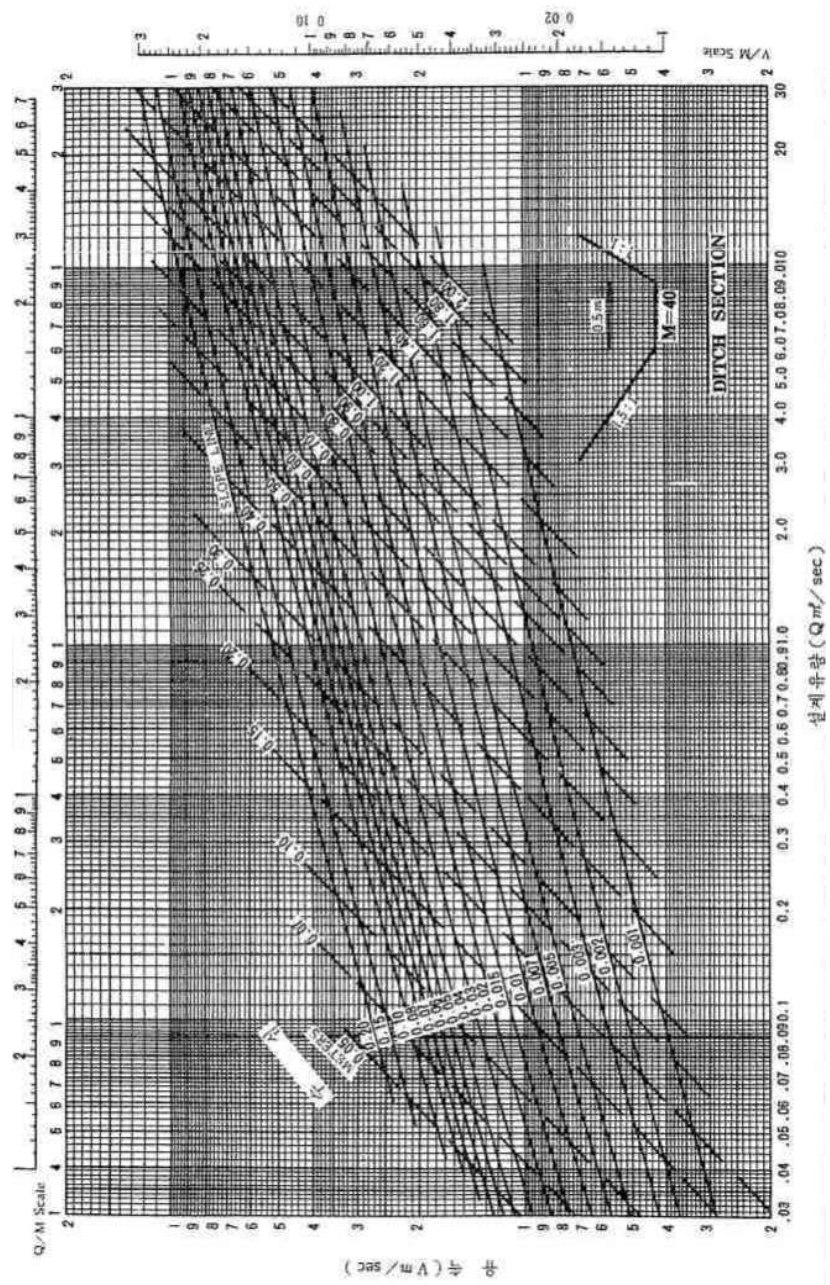


〈그림 III-21〉 파이프 수리도표($\phi=100\text{cm}$)

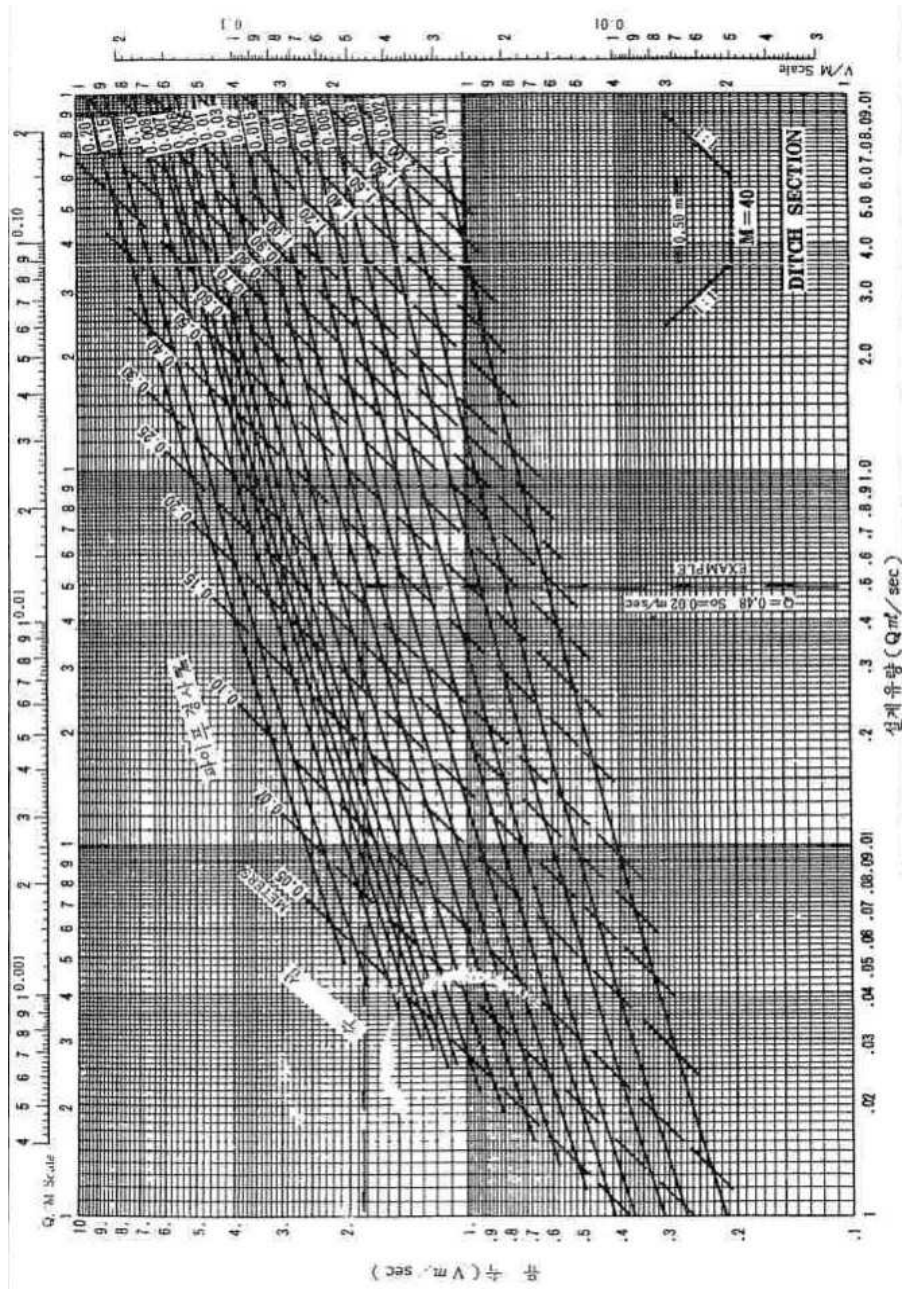




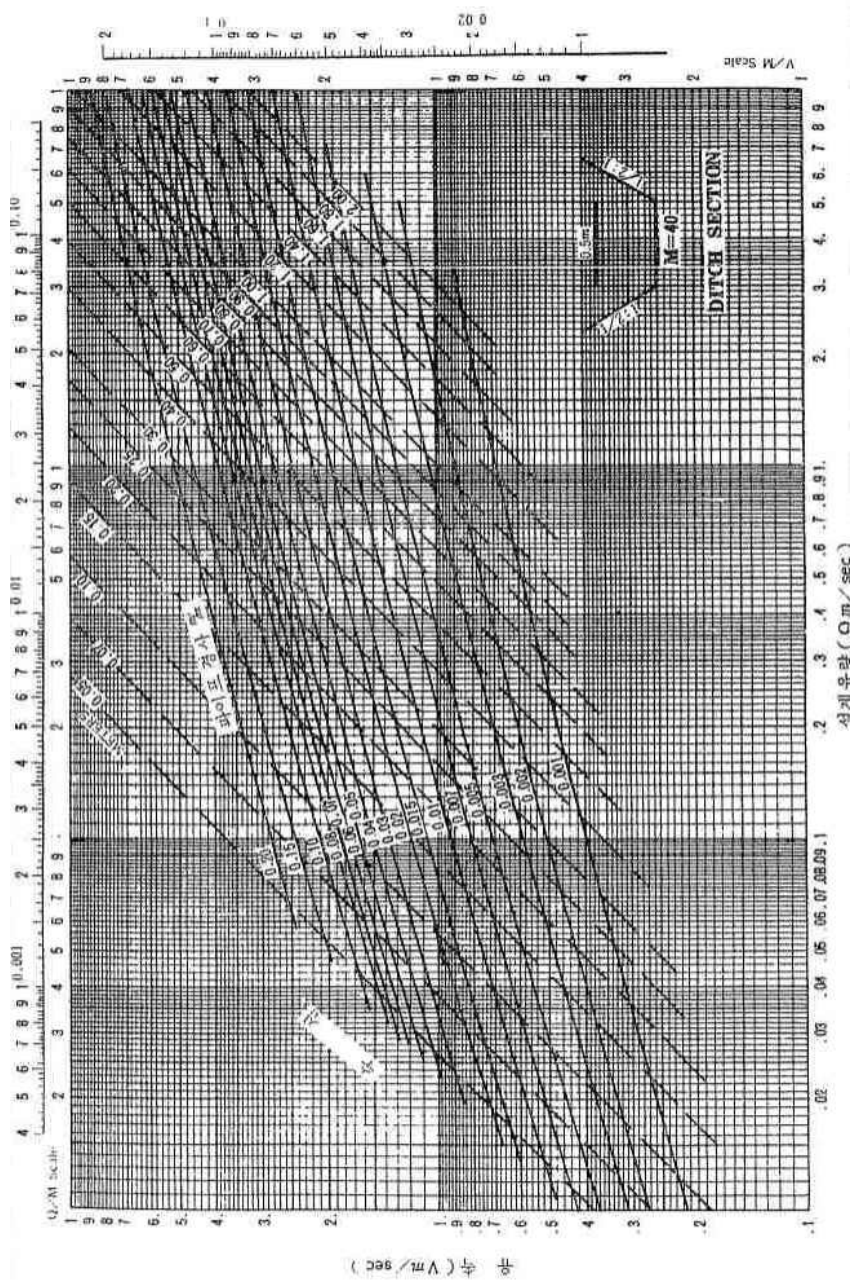
〈그림 III-23〉 파이프 수리도표 ($\phi = 120\text{cm}$)



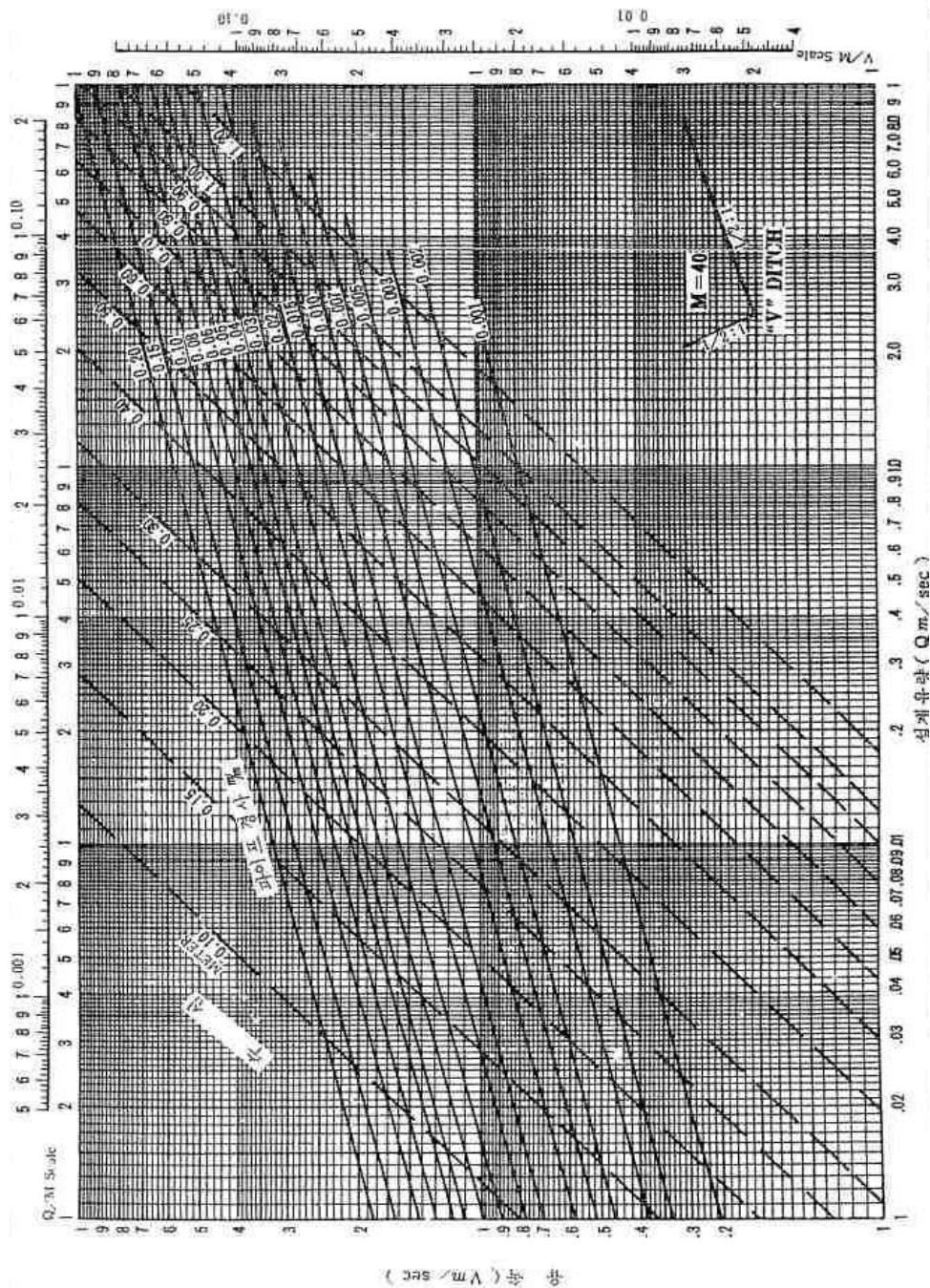
〈그림 III-24〉 측구 수리도표



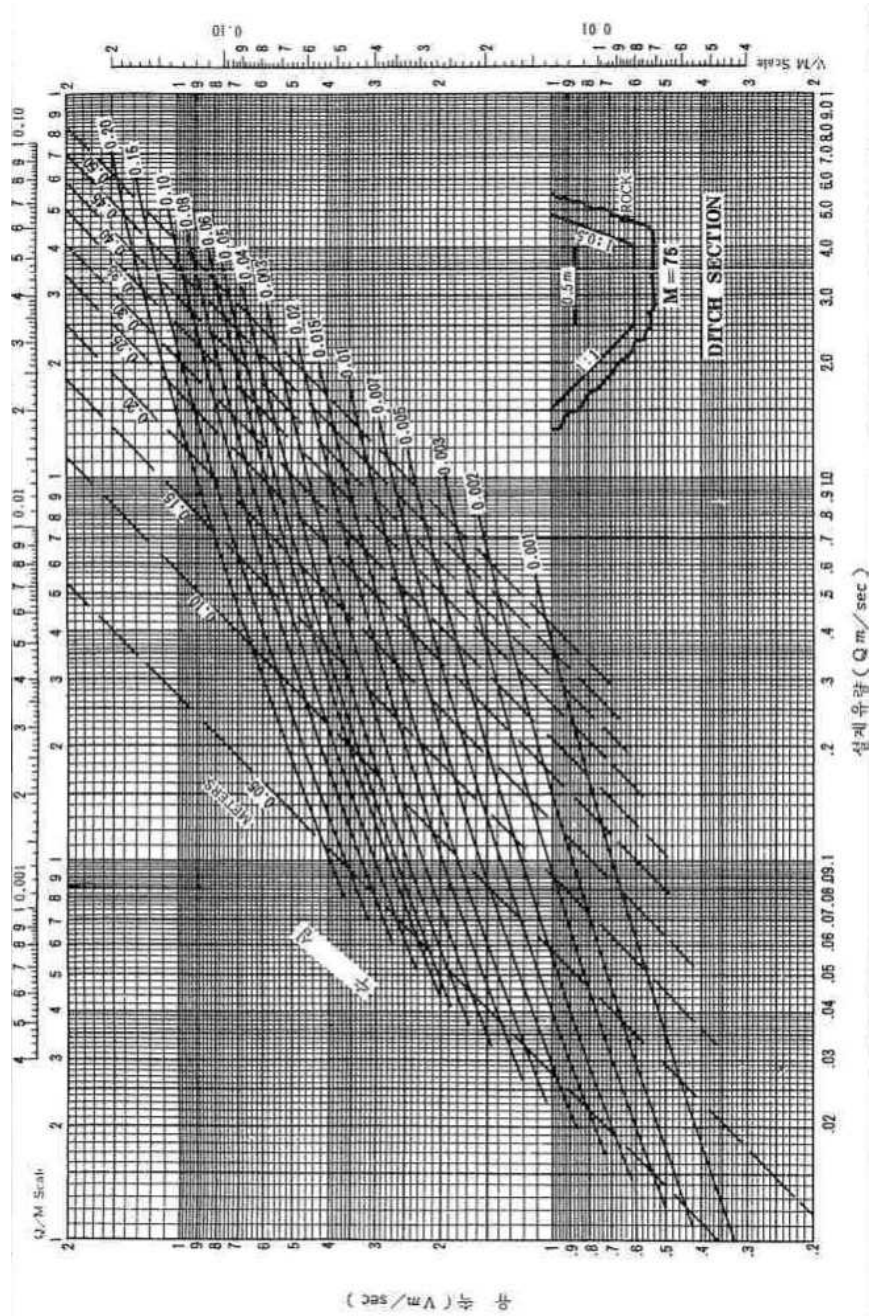
〈그림 III-25〉 측구 수리도표



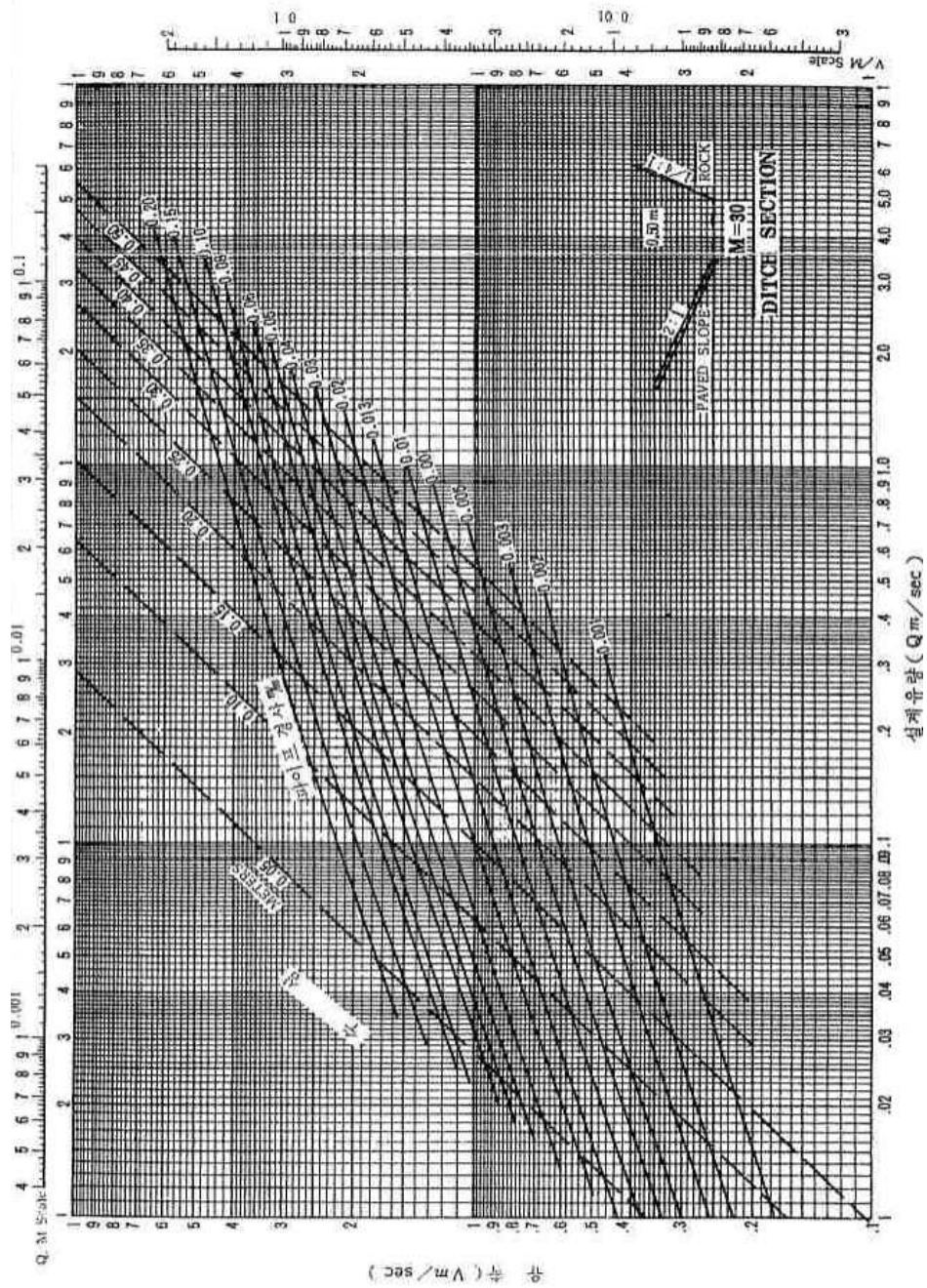
〈그림 III-26〉 측구 수리도표



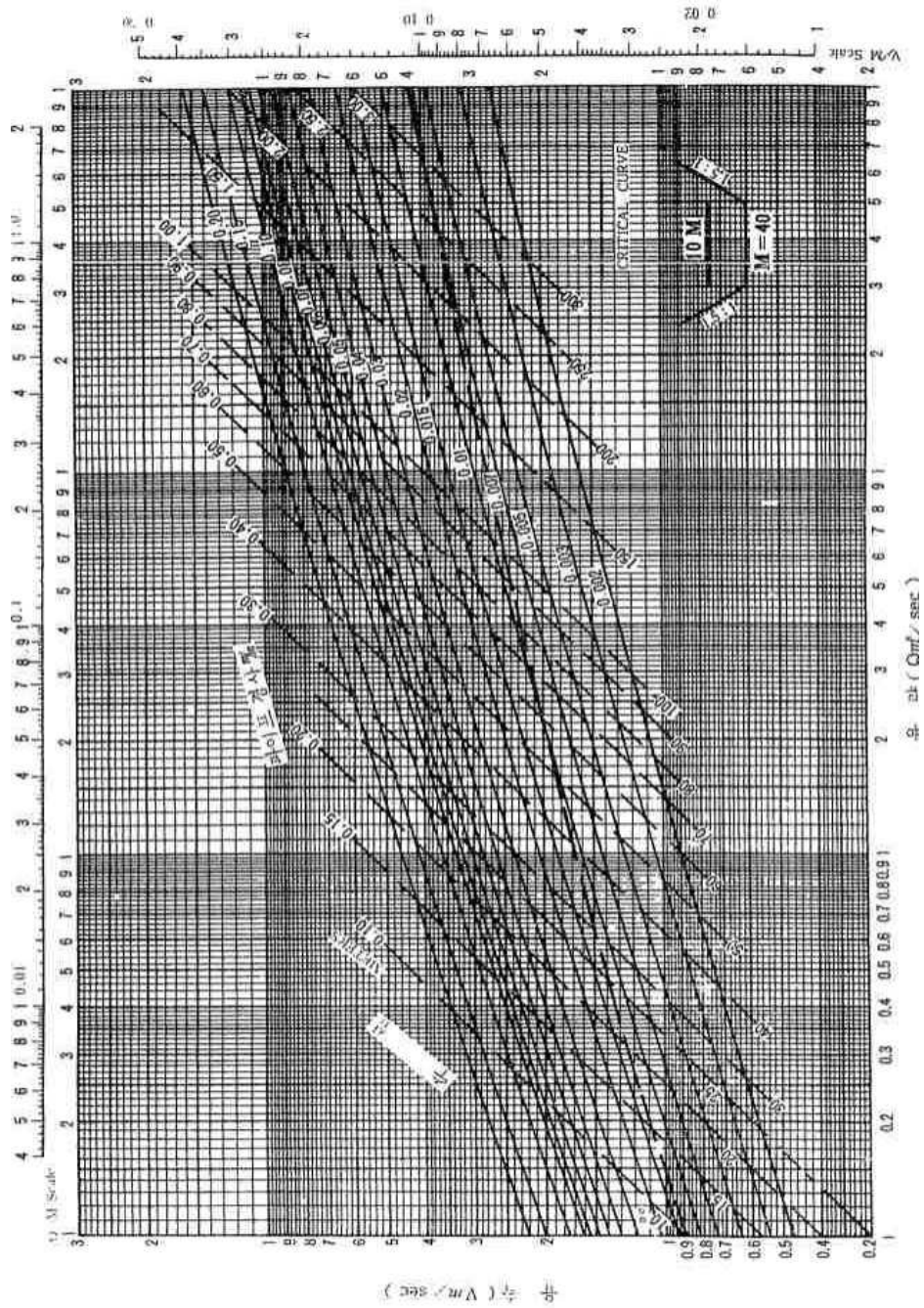
〈그림 III-27〉 측구 수리도표



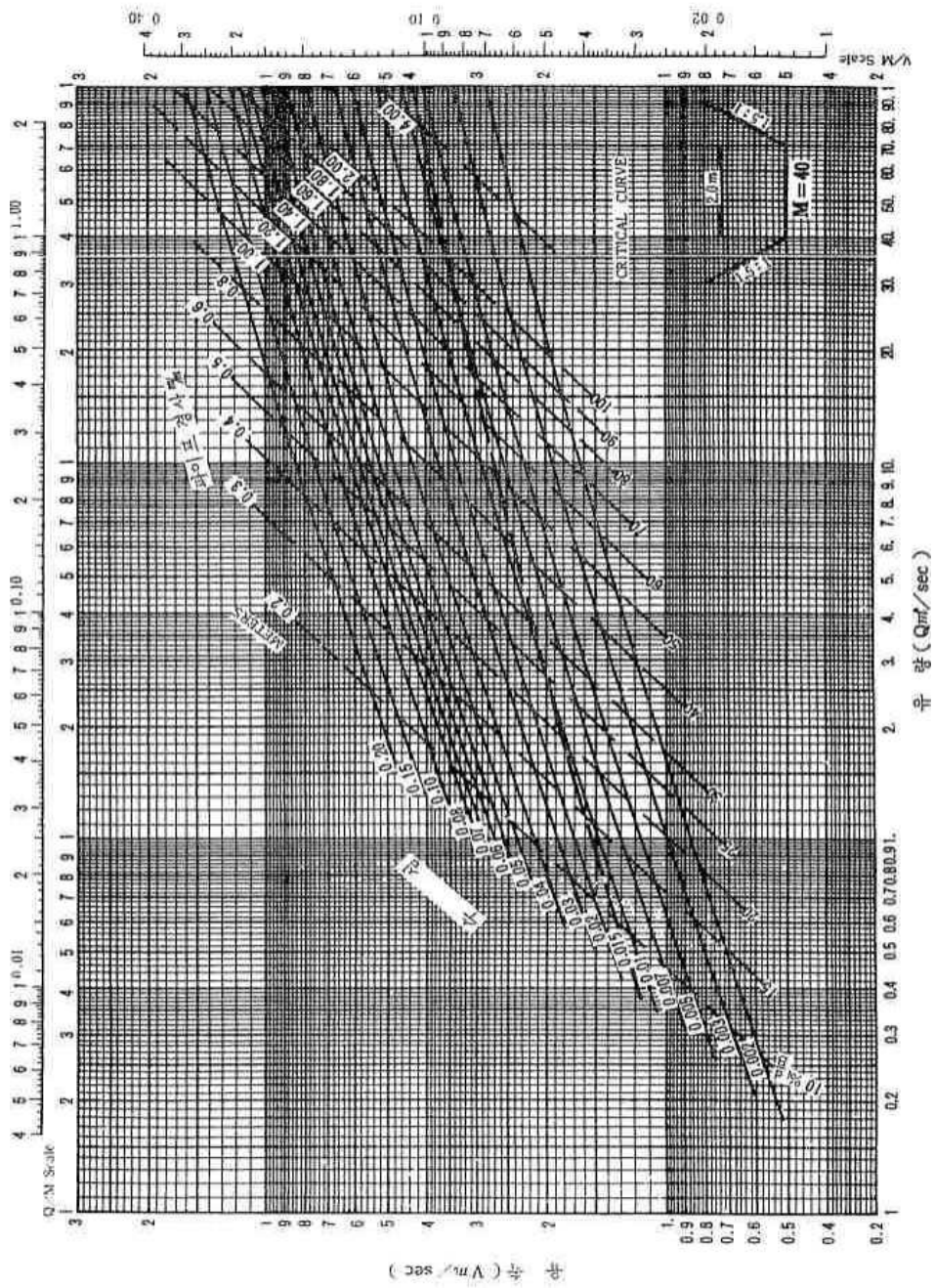
〈그림 III-28〉 측구 수리도표



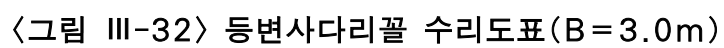
〈그림 III-29〉 측구 수리도표

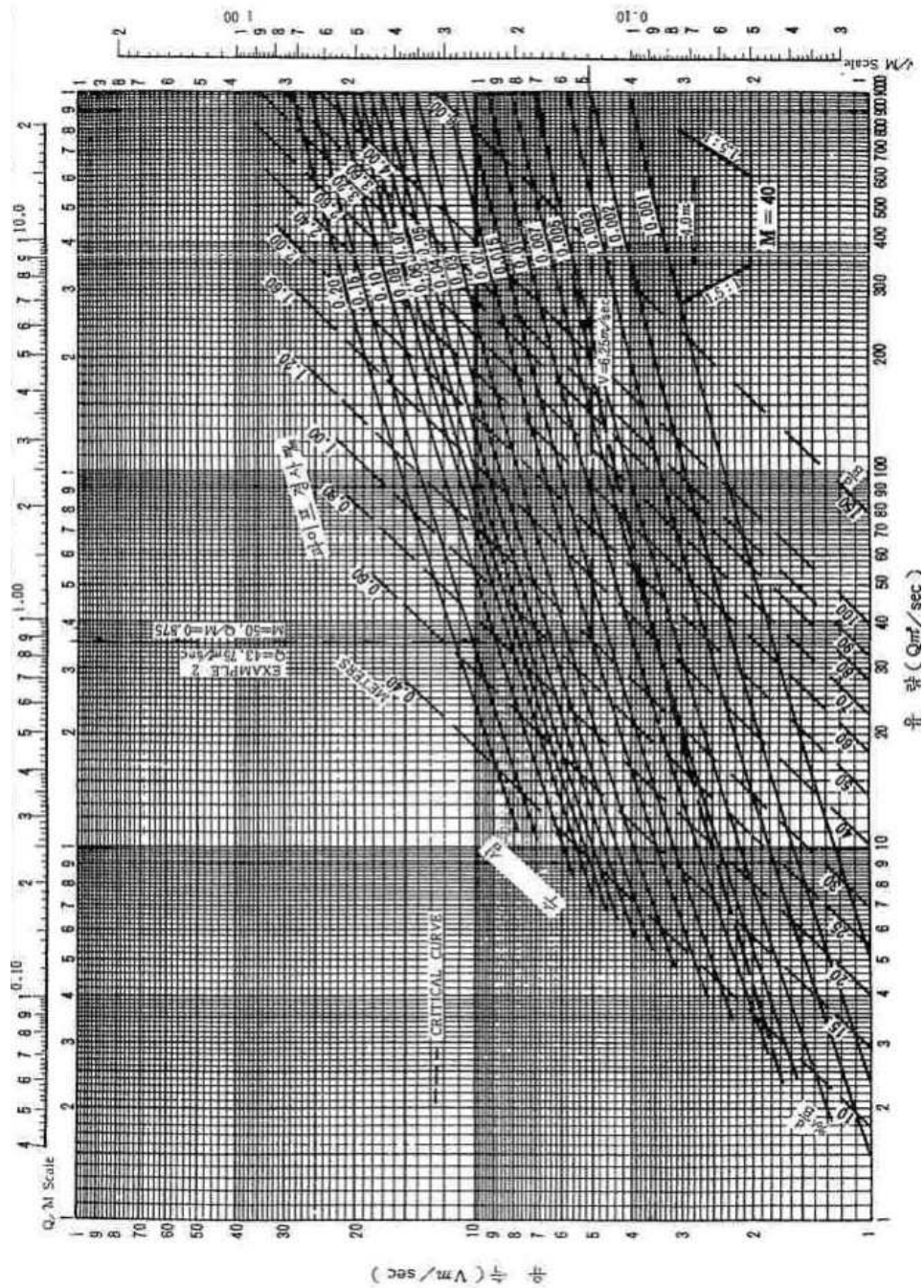


〈그림 III-30〉 등변사다리꼴 수리도표($B=1.0\text{m}$)

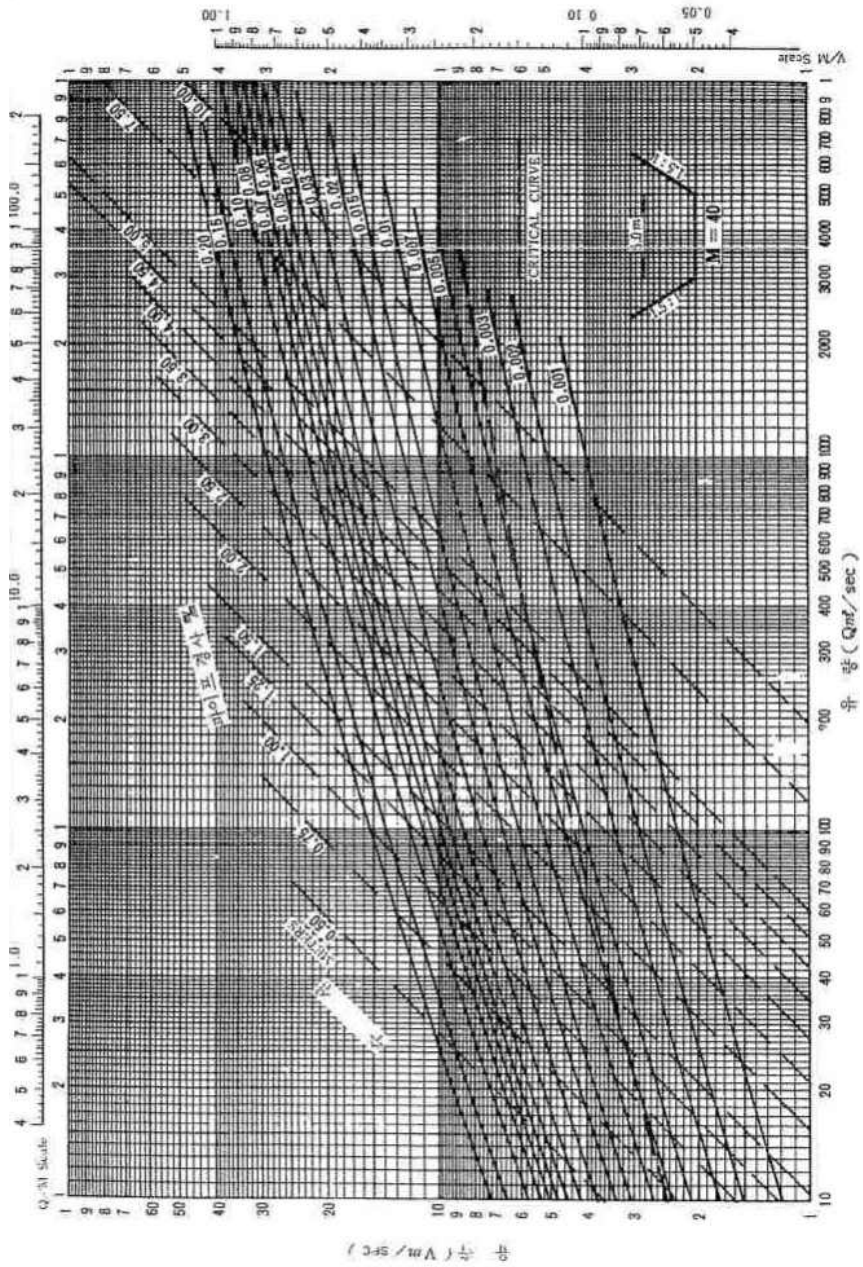


〈그림 III-31〉 등변사다리꼴 수리도표(B=2.0m)

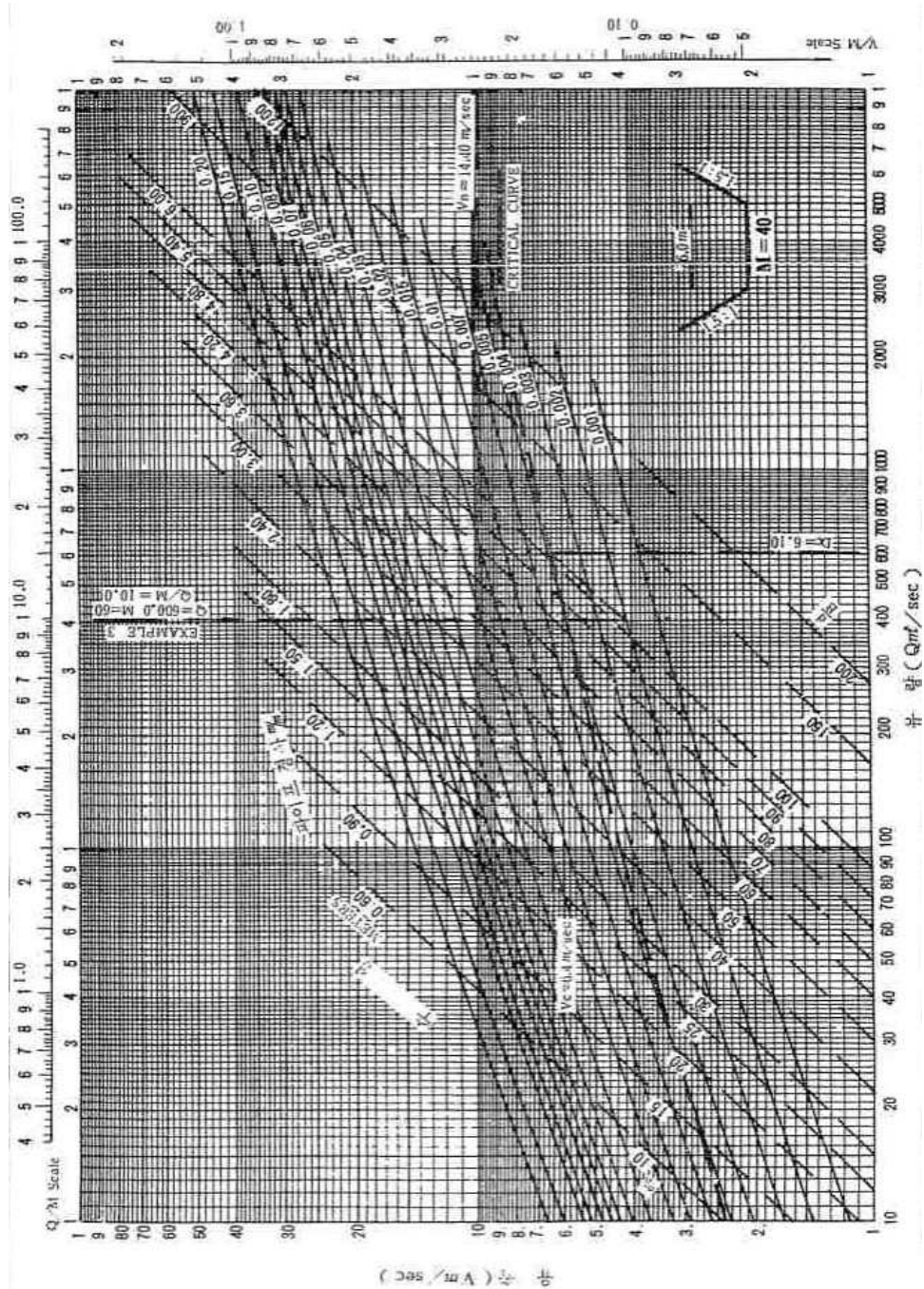




〈그림 III-33〉 등변사다리꼴 수리도표($B=4.0m$)



〈그림 III-34〉 등변사다리꼴 수리도표($B=5.0\text{m}$)



〈그림 III-35〉 등변사다리꼴 수리도표(B=6.0m)

연구 참여진

국토교통부

이우재 국장 / (전) 이용욱 국장	도로국
오수영 과장 / (전) 양희관 과장	도로건설과
신종욱 사무관 / (전) 김갑중 사무관	도로건설과
송진우 주무관 / (전) 김로타 주무관	도로건설과 담당

연구진

연구책임자 : 김우석 연구위원 (한국건설기술연구원)

이용수 선임연구위원 (한국건설기술연구원)

정재형 연구위원 (한국건설기술연구원)

박병석 수석연구위원 (한국건설기술연구원)

이원종 박사 (한국건설기술연구원)

이상호 상무 (한국종합엔지니어링)

김병식 교수 (강원대학교)

자문위원(가나다순)

강태복 위원	복지건설	윤여승 위원	건화
김준석 위원	청운대학교	유민구 위원	정인컨설팅트
김성진 위원	렉스이앤씨	이태옥 위원	수성엔지니어링
나득주 위원	한국종합엔지니어링	최준성 위원	인덕대학교
손원표 위원	길문화연구원	한규환 위원	동명기술공단
전기성 위원	한국도로공사	현동헌 위원	경호 ENG

도로 배수시설 설계 및 관리지침

- 행정간행물 등록번호/ 11-1613000-100053-01
- 발행일 / 2025. 02.
- 발행처 / 국토교통부