

제 6 편 배수시설



목 차

1. 일반사항	483
2. 기본계획	484
2.1 목 적	484
2.2. 도로계획	484
2.2.1 범람의 가능성 있는 도로용지	484
2.2.2 관련기관의 협조	485
2.2.3 홍수피해의 책임	485
2.3 설계생기빈도의 결정	485
2.3.1 도로의 등급	486
2.3.2 위험성과 경제성	486
2.4 배수계획 시 고려사항	487
2.4.1 침식과 침전	487
2.4.2 수로변경과 형태	489
2.4.3 비탈면에 미치는 물의 영향	490
2.4.4 기타 유의사항	491
3. 도로의 수리 수문	493
3.1 강우	493
3.2 강우와 유출	493
3.2.1 개요	493
3.2.2 중발	493
3.2.3 차단	493
3.2.4 저류량	494
3.2.5 침 투	494
4. 배수시설 설계	495
4.1 배수시설의 계획	495
4.2 배수시설의 구분	496
4.2.1 노면 배수시설	497
4.2.2 비탈면 배수시설	497
4.2.3 측도 및 도로 인접지 배수시설	498
4.2.4 지하 배수시설	499

4.2.5	황단 배수시설	500
4.2.6	구조물 배수시설	500
4.2.7	도심지 배수시설	502
4.3	배수시설의 설계 시 고려조건	503
4.3.1	설계조건	503
4.3.2	시공조건	503
4.3.3	유지관리조건	503
5.	조 사	504
5.1	일반사항	504
5.2	일반특성 조사	505
5.2.1	유역 특성인자 조사	505
5.2.2	유역 형상 조사	506
5.2.3	지형 및 지질조사	506
5.2.4	토양 및 토질조사	506
5.2.5	수계조사	507
5.3	토지 이용 및 시설물 조사	507
5.3.1	토지 이용 조사	507
5.3.2	주요 시설물 조사	507
5.4	기존자료 조사	508
5.4.1	기상자료 조사	508
5.4.2	수문자료 조사	508
5.4.3	인문자료 조사	509
5.4.4	기타자료 조사	509
5.5	지하수 조사	509
5.6	수문 조사	511
5.6.1	배수 유역	511
5.6.2	하천의 특성	512
5.6.3	범람원	513
6.	배수시설기준	514
6.1	설계 강우 생기빈도	514
6.2	설계 강우 강도	515
6.3	설계홍수량	521
6.3.1	합리식 (rational method)	522

6.3.2 단위유량도법	523
6.3.3 합성단위유량도법	523
6.4 유속 및 경사	524
6.5 소요 통수단면	529
6.6 지하 배수시설 기준	530
6.6.1 투수	530
6.6.2 맹암거의 수리	532
6.6.3 지하배수관의 유속과 경사	534
7. 노면배수시설	535
7.1 일반사항	535
7.2 노면배수 설계의 기본사항	536
7.3 측구의 종류와 적용	537
7.4 흩쌓기 구간의 길어깨 배수	542
7.5 땅깍기 구간의 길어깨 배수	552
7.6 중앙분리대 배수시설	557
7.7 배수구조물 접합부 처리	560
8. 비탈면 배수시설	562
8.1 일반사항	562
8.2 비탈면 배수의 계획	562
8.2.1 땅깍기 비탈면 배수의 계획	562
8.2.2 흩쌓기 비탈면 배수의 계획	563
8.3 비탈면 배수시설의 설계	563
8.3.1 산마루 및 비탈면 끝 배수	564
8.3.2 도수로	565
8.3.3 소단배수	567
8.3.4 비탈면 용수 등의 처리	568
9. 측도 및 도로 인접지 배수시설	571
9.1 일반사항	571
9.2 측도 배수시설	571
9.3 도로 인접지 배수시설	571

10. 지하배수의 설계	573
10.1 일반사항	573
10.2 지하배수의 수리계산	573
10.3 땅깍기부 지하배수의 설계	577
10.4 지하배수구의 깊이	577
10.5 지하배수구의 구조	577
10.6 길어깨의 지하배수구	581
10.7 횡단지하배수구	583
10.8 차단배수층	584
10.9 토목섬유를 사용한 포장배수	584
10.10 중앙분리대 지하배수시설의 설계	585
11. 횡단 배수시설	588
11.1 일반사항	588
11.2 횡단 배수시설 내 흐름의 분류	588
11.3 횡단 배수시설 내 흐름의 수리특성	589
11.3.1 횡단 배수시설의 흐름 유형	589
11.3.2 횡단 배수시설 내 흐름의 수리특성	597
11.4 횡단 배수시설의 수리설계	599
11.4.1 용어의 정의	600
11.4.2 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법	602
11.4.3 도식에 의한 방법	604
11.4.4 유송잡물 및 토사퇴적을 고려한 수리계산	608
11.5 횡단 배수시설의 수리설계 시 고려사항	622
12. 기타 배수시설	626
12.1 일반사항	626
12.2 사방시설	626
12.3 차수시설	627
12.4 호안시설	628
12.5 유송잡물 처리시설	632

13. 친환경 배수시설	635
13.1 비점오염원 처리시설	635
13.2 친환경 하천이설	636
13.2.1 친환경 하천이설 개요	636
13.2.2 자연형 하천공사 방안	637
참고자료	641
부 록	643
1. box, Pipe 수리도표	644
2. 노면배수 계산실례	681
2.1 쌓기부 도수로 설치간격 계산	681
2.2 L형 측구 집수정 설치간격 계산	689
2.3 중앙분리대 집수정 설치간격 계산	696
3. L형 측구 집수정 설치간격 계산	703
4. 중앙분리대 집수정 설치간격 계산	710
5. I.D.F(Intensity Duration frequency) 그래프	717



1. 일반사항

도로의 배수계획은 노면·비탈면·도로 인접지 및 지하배수 등 배수구역 내에서 일어나는 모든 수리 현상을 조사·분석하고, 적절한 배수시설물을 통하여 유입된 물을 가장 자연스럽게 신속하게 처리할 수 있는 방식이어야 한다.

도로의 배수시설은 측구·도수로·집수정·배수관 및 배수암거와 그 부속물로 구성되며, 도로 구조의 보존을 확고히 하는 데 중요한 시설이므로 신속한 노면배수와 침투수의 차단, 침투된 물의 지하배수, 도로 인접지로부터의 적절한 배수처리가 요구된다.

배수설계에 있어서는 현지의 상황, 특히 지형·기상·지질 등의 조건을 충분히 고려함과 동시에 청소·보수·점검 등의 유지관리 편의를 고려하여야 한다. 이 편에 표시되어 있지 않은 사항에 대해서는 제반기준 혹은 지침에 따른다.

도로 계획노선 선정 시 물과 기후는 중요한 검토사항으로 도로 건설이 현재의 배수형태와 홍수발생에 미치는 영향이나 홍수발생으로 도로가 받는 영향은 도로의 계획, 설계단계에서 검토되어야 한다. 도로 건설 예정지가 하천변에 위치하여 범람 가능성이 있거나 기타 다른 수리적 요인으로 침수 가능성이 있는 지역에 위치할 수 있다. 이러한 수리적 조건은 환경적·경제적인 문제를 야기할 수 있으므로, 계획단계에서 수리·수문 분야의 전문가에 의한 분석과 해결책을 마련하여 도로노선 결정에 적절하게 적용한다.



2. 기본계획

2.1 목 적

도로의 손상 사례를 살펴보면, 비탈면 붕괴·배수구 파손 및 막힘으로 인한 토사유출·도수로 및 날개벽 주변의 세굴·옹벽의 붕괴 등이 배수불량의 직·간접적인 원인이 된다.

도로 건설은 지형변화를 수반하게 되고, 지표수 및 지하수의 흐름에 영향을 미쳐 농경지를 황폐화시키거나 자연생태계에 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 특히, 도로 노면의 배수불량은 노면의 마찰계수를 감소시켜 교통정체 및 사고를 유발시킬 수 있다.

이러한 문제를 사전에 예방할 수 있도록 하는 것이 도로 배수시설을 설치하는 목적이며, 세부적인 목적은 다음과 같다.

- (1) 도로 땅깍기 및 포장, 옹벽 등 도로 시설물의 기능 보존
- (2) 표면수 침투, 지하수 유입으로 인한 지반 지지력 약화방지
- (3) 노면배수 불량으로 인한 교통체증 및 사고예방
- (4) 도로건설로 영향을 받을 수 있는 지표수의 흐름을 파악하여 자연 상태로 연결

2.2. 도로계획

2.2.1 범람의 가능성 있는 도로용지

기존 수로의 범람문제를 분석하여 도로건설의 영향과 도로가 받는 영향을 검토한다. 이는 도로 공사 시 위험성이 있거나 유지관리 비용이 많이 드는 도로용지를 선별하는데 도움을 준다. 초기 계획단계에서 문제가 있는 용지에 대한 원인분석과 개량방법이 제시되지 않을 경우, 도로의 선형기준을 만족시킬 수 있는 다른 양호한 용지를 찾아야 한다. 비록 약간의 개량으로 우량의 용지를 만들 수 있다 하여도 문제 있는 용지를 선정할 필요는 없다.

(1) 공사 중 발생하는 문제점

범람 가능성 있는 지역에서 시공 시 흙의 침전으로 인한 원 지반 활동이 문제가 될 수 있다. 홍수와 강우량에 대한 기록을 참고하여 적절한 작업계획을 세우면 침전으로 인한 위험률을 감소시킬 수 있다. 구조물이나 제방은 공사 중간단계에서 홍수로 인한 피해를 받기 쉬우므로 계획단계에서 충분히 고려되어야 한다. 관개작업이 중단되거나 펌프와 배수시설이 침전물로 오염될 경우, 농경지에 심각한 피해를 줄 수 있으므로 적절한 작업계획을 수립한다.

(2) 유지관리의 문제점

범람에 의한 침식과 침전은 배수시설의 기능저하와 배수시설의 개량을 필요로 하게 된다. 수로의 변경, 배수계통의 소규모 개량은 피해현상에 대한 조사, 배수문제의 원인규명을 통하여 이루어 질 수 있다.

2.2.2 관련기관의 협조

도로공사의 계획단계에서 공사 관련 기관의 상호협력은 매우 중요하다. 홍수방지·수자원계획·하수도정비 계획과 같은 유관계획의 정보공유를 통하여 경비절감효과를 기대할 수 있다. 이러한 관련 계획들의 사업시행 시기는 예산, 사업의 특성에 따라 유동적일 수 있으므로 도로공사 시행과 병행할 수 있는지 우선적으로 검토하여 될 수 있는 한 국가 경제적으로 이익이 될 수 있는 방향으로 관련기관의 협조를 이끌어야 한다.

2.2.3 홍수피해의 책임

도로설계자는 도로건설기관이 배수문제 발생 시 지게 되는 책임을 고려하여야 한다. 토지의 형질변경과 수로변경으로 인한 홍수피해의 책임을 건설자나 건설기관에게 지우는 것이 일반적이므로, 비록 이러한 변경이 부득이 하고 일부분 일지라도 피해에 대한 보상책임을 지게 된다. 따라서, 도로계획 시 홍수발생으로 피해가 예상되는 범위와 정도를 분석하여 배수시설의 규모, 규격과 위치를 결정하여 시공 전 홍수에 대한 대책을 수립하여 시공 중에 침식과 토사유출로 인한 피해가 없도록 대비하여야 한다.

2.3 설계생기빈도의 결정

배수시설의 결정은 설계홍수량 산정으로부터 시작되며, 설계 홍수량은 설계 생기빈도의 함수이다. 따라서, 설계생기빈도를 결정하는 것이 도로 배수시설 설계의 기초가 된다. 설계생기빈도의 결정에는 경제적 측면·위험성 측면에 대한 분석이 실시되는데, 생기빈도를 높여 설계홍수량을 크게 계획하면 배

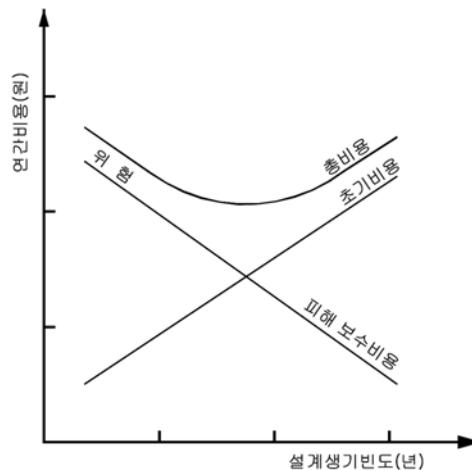
수시설의 규격이 커져 전반적인 건설비용이 증가하나 홍수로 인한 피해정도와 생기빈도는 감소할 수 있다. 반대로 설계홍수량을 작게 계획하면 건설비용은 절감되나 홍수에 대한 위험은 증가하게 된다.

2.3.1 도로의 등급

설계홍수량 산정과 설계생기빈도 결정 시 도로의 등급은 중요한 요소이다. 도로의 등급은 도로가 갖는 기능성·교통량·지역경제에 미치는 영향과 기타 특성에 따라 분류되고, 이러한 인자들은 설계생기빈도를 결정하는 요소로 활용될 수 있다. 도로의 등급이 높을수록 안전도를 높이는 것은 당연한 것이지만 낮은 등급의 도로에서 안전도를 낮출 수 있는 것은 아니다. 도로의 등급과 배수시설의 중요성, 홍수발생 위험과 경제성 등을 복합적으로 고려한다.

2.3.2 위험성과 경제성

도로건설 후 홍수로 인한 인명 및 재산의 손실·교통장애·환경피해는 예상될 수 있는 위험이며, 이러한 위험요소에 대처하기 위한 배수시설을 계획하는 것이 필요하다. 그러나, 위험을 배제하고 안전만을 고려한 설계가 비경제적인 경우 계획자체가 타당성을 상실할 수 있으므로 위험성과 경제성의 상반된 항목을 함께 고려하여야 한다. 높은 생기빈도로 설계된 경우, 초기공사비와 관리비용이 많이 들게 되고, 낮은 생기빈도를 적용한 시설물은 재산피해·유지보수 비용이 높아질 수 있다. 비용과 설계생기빈도의 관계는 <그림 2.1>과 같다. 이러한 상관관계를 고려하여 경제적이고 안전한 수준의 설계생기빈도를 결정하여야 하며, 설계생기빈도 결정방법은 <표 2.1>과 같다. <표 2.1>은 다소 주관적인 요소와 판정기준을 제시하고 있어 모든 환경에서 같은 비중으로 적용될 수 없으나 지역여건과 도로의 특성에 따라 알맞은 요소를 추가 또는 변경하여 설계생기빈도 결정에 활용할 수 있다.



<그림 2.1> 비용과 설계생기빈도

〈표 2.1〉 설계홍수빈도 선정표

요 소	등 급		
	1	2	3
비도로 피해	낮 음	중 간	높 음
도로 피해	낮 음	중 간	높 음
인명손실 가능성	낮 음	중 간	높 음
복구비용	낮 음	중 간	높 음
ADT (일교통량)	< 100	100~750	> 750
대체우회로	있 음	불 량	없 음
도로의 홍수유출 시설	있 음	형식적임	없 음
Q ₅₀ 보다 큰 홍수발생량 수	없 음	1회	2회 이상
국가방위도로의 기능	없 음	없 음	있 음
지방경제의 영향 (학교버스, 식량 등)	낮 음	중 간	높 음
설계생기빈도(안)	20~30년	30~50년	50년 이상

주) Q₅₀ : 50년 설계생기빈도

2.4 배수계획 시 고려사항

2.4.1 침식과 침전

강우와 유수에 의한 도로 경사면·수로의 침식은 강우지속시간·유수량·토질특성에 따라 다르나 도로 계획 시 유수의 효과적인 조절을 고려한다면 도로 구조물과 자연환경을 보호할 수 있다. 침식은 자연적인 것과 인위적인 것으로 구분하며, 자연침식은 지형을 형성하는 지질작용으로 광범위한 지역에서 지속적으로 발생하며 다양한 진행요인으로 진행속도가 변할 수 있다. 건설공사로 인한 지형변화·벌개제근 등은 토지를 교란시켜 침식을 가속화하며, 침식량을 증가시킨다. 이러한 침식으로 토립자가 물에 의하여 운반되며, 유속이 감소되고 유수의 운반능력이 감소하면 토립자를 침전시켜 수로에 있어 배수용량을 감소시킨다.

(1) 도로 계획 단계 시 침식방지

모든 도로용지는 기본적으로 침식발생 가능성을 지니고 있으므로 도로의 노선선정 단계에서 침식으로 인한 환경적·경제적 손실을 최소화 할 수 있도록 계획한다.

- ① 하천 횡단 시 곡류부를 피하며, 유수방향과 직각으로 횡단하도록 한다.
- ② 하천 횡단을 최소화하고, 수로 변경 시 침식·침하에 대한 대책을 수립한다.
- ③ 생활용수 및 농업용수를 공급하는 집수시설을 고려한다.
- ④ 침식성이 강한 지반활동지역, 황토(loss soils), 충적팬(alluvial fans) 지역은 피한다.

(2) 세부 설계 시 침식방지

도로공사 기간 및 시공 후 발생하는 침식문제는 타당성 있는 설계와 시방으로 피할 수 있으며, 침식발생을 최소화한 도로는 안전성·미관·경제성의 효과를 얻을 수 있다.

- ① 선형 결정 시 침전이 발생하지 않도록 최소종단경사를 결정한다.
- ② 땅깍기·흙쌓기부의 높이를 최소화하고, 경사면에는 식생피복과 소단 배수로를 설치한다.
- ③ 유속이 빠르거나 급변하는 수로는 피복을 하거나 콘크리트 수로를 계획한다.
- ④ 유수의 집중을 피할 수 있도록 배수시설을 배치한다.
- ⑤ 관로의 유출부는 유속을 검토하여 감속시설·잡석깔기 및 세굴방지시설을 계획하고, 침전토사의 청소가 용이한 형태로 계획한다.
- ⑥ 침식성이 높은 토질조건인 경사면에는 파이프 도수로를 계획한다.
- ⑦ 소단이 설치된 경사면의 도수로는 도수방지용 덮개를 설치한다.

(3) 공사 중 침식방지

공사 중 발생하는 침식은 자연환경 훼손·민원 등의 문제를 일으킬 수 있으며, 공사안전·공사기간·토공의 균형에 영향을 미치므로 세심한 대책이 필요하다.

- ① 공사기간동안의 강우 발생을 고려한 공사일정을 계획한다.
- ② 토공작업과 병행하여 배수시설물 공사를 시행한다.
- ③ 벌개제근 지역을 최소화하고, 강우 시를 대비한 일시적 침식방지 작업을 수행한다.
- ④ 흙쌓기부 및 땅깍기부의 비탈은 식생이 정착될 때까지 부직포, 벚짚 등으로 보호한다.
- ⑤ 하천, 저수지와 인접한 공사장은 방수로와 침사조를 설치하여 토사의 유출을 막는다.
- ⑥ 하천횡단 구조물로 인한 하상 굴착 시 폐자재가 하상에 버려지지 않도록 한다.

2.4.2 수로변경과 형태

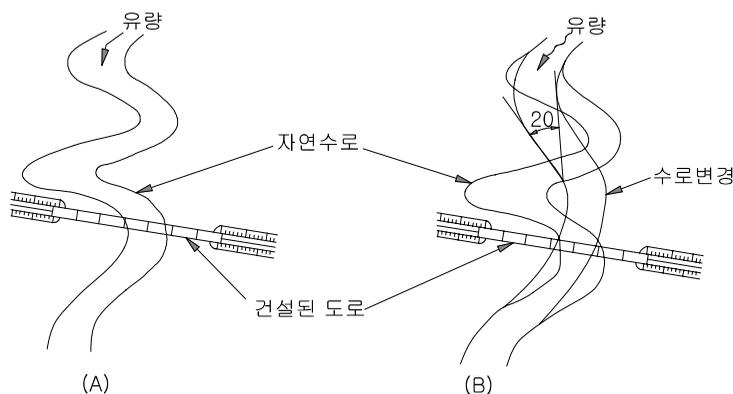
(1) 수로변경의 영향

자연수로에 대한 순기능은 매우 다양하며 특히, 환경적·생태학적 측면의 기능은 도로 계획 시 보호되어야 한다. 그러나 수로의 형상과 도로 선형조건에 상충으로 수로변경을 고려하는 경우에는 자연수로와 도로의 양립성이 전제 되어야하며 다음사항을 고려한다.

- ① 수로용량을 증가시키기 위한 짧은 구간의 수로변경은 효과적이지 못하다. 수위와 유량변화 가능성이 있는 경우에 수로용량을 증가시키기 위해서는 하류의 유량조절 작업을 시행하여야 한다.
- ② 정비되지 않은 하천 수로를 횡단하는 교량은 수로 개구부(수로의 통수단면)를 확폭시킬 수 있으나, 이는 하천의 수위-유량 관계에 영향을 미치지 못한다. 그러나 교량하부의 수로 개구부를 확폭 또는 증가시켜 홍수수위의 역류발생을 감소시킬 수 있다. 이 경우 정기적인 유지관리가 없으면 퇴적현상으로 자연수로의 형태로 되돌아간다.
- ③ 일부 환경조건에서 수로선형을 재형성하여 수로개구와 함께 보다 효율적인 유로선형을 만들 수 있다. 수로 재형성을 위한 일반기준을 공식화하기는 어렵지만, 곡류부의 반지름·만곡정도·수로경사·수력 등 요인에 대한 검토가 필요하다.

(2) 수로변경의 일반지침

- ① 재선형수로의 곡류부 반지름은 수로 확대 구역의 곡류부 평균 반지름과 같게 하고, 연속 곡류부 내부와 곡류부 사이의 둑과 접선각은 약 20° 로 한다. 수로 선형의 변경은 <그림 2.2>와 같다. 이것은 곡류부가 한 쪽 수로면에서 다른 쪽 수로면으로 이동할 수 있는 충분한 횡단길이를 허용하고 있다.



<그림 2.2> 수로선형의 변경

- ② 변경수로의 수력은 구수로의 수력과 같아야 한다. 구수로와 변경수로의 동일수력은 변경수로의 폭 W_2 를 정하는 기준이 된다. 즉, 경사도가 $S_2 \geq S_1$ 일 경우 수로 폭 W_2 는 W_1 보다 작아야한다.

$$W_2 \cdot S_1 = W_1 \cdot S_2 \quad (2.1)$$

여기서, W_1, S_1 : 구수로의 폭과 수로경사

W_2, S_2 : 변경수로의 폭과 수로경사

- ③ 변경수로의 경사도 S_2 는 식 (2.2)와 같다.

$$S_2 \cdot Q^{\frac{1}{4}} < 0.0017 \quad (2.2)$$

여기서, S_2 : 변경수로의 경사

Q : 수로의 유량, m^3/sec

식 (2.2)이 충족되지 않을 경우 수로 내에서 유수가 여러 갈래로 분산·합류되는 현상(수로의 망류화)의 가능성이 높으며, 망류화 방지를 위하여 만곡부를 증가시켜 수로의 경사를 감소시켜야 한다.

- ④ 변경수로의 곡류부는 사석으로 제방을 보호하고, 홍수 발생 후 퇴적량을 제거하여 새로운 곡류가 형성되지 않도록 유지관리를 한다.

(3) 수로의 안정화

수로의 안정화는 도로의 손상이나 피해방지·유지관리·미관 및 어류 서식지의 보호 등 경제적·환경적인 타당성이 있어야 한다. 부분적인 수로 독의 안정처리는 보호되지 않은 수로 독을 침식시킬 수 있으므로 수로변형·하상토사 입자의 크기·하상과 독의 재료·경사·평균유량과 저유량 등 요인을 고려한 공법을 선정한다.

2.4.3 비탈면에 미치는 물의 영향

(1) 비탈면 배수와 비탈면의 안정

땅깎기와 흙쌓기는 지하수위를 변화시키며, 강우에 의한 침투는 급격한 지하수위 상승을 일으킬 수 있다. 특히, 비탈면을 갖는 지형에서 지하수위 변화는 비탈면의 안정을 저해하므로 침투수를 고려한 안정 검토를 수행한다.

(2) 비탈면에 흐르는 우수

강우로 인한 우수는 지표층이 포화됨에 따라 유출량이 증가하여 경사면과 도로의 비탈면을 침식시킬 수 있다. 침식이 장기화되면 비탈면은 국부적인 불안정 상태가 되고 붕괴 가능성이 높아진다. 비탈면 보호는 식생으로 피복·잡석 등 자연재료를 이용하거나, 기타 콘크리트·플라스틱 혼합재료로 구성된 비탈면 보호공의 설치와 함께 배수시설을 설치하여 유입되는 지표수를 차단시킨다. 또한, 비탈면에 떨어진 우수는 곧바로 배수되도록 산마루 측구·소단 배수로·적절한 간격의 도수로로 설치한다. 공사 중에는 비탈면이 우수에 노출되므로 집중호우를 피할 수 있는 공사일정을 수립하고, 비닐 또는 부직포 등을 준비하여 강우 시 비탈면을 덮어 보호한다.

(3) 비탈면의 용수

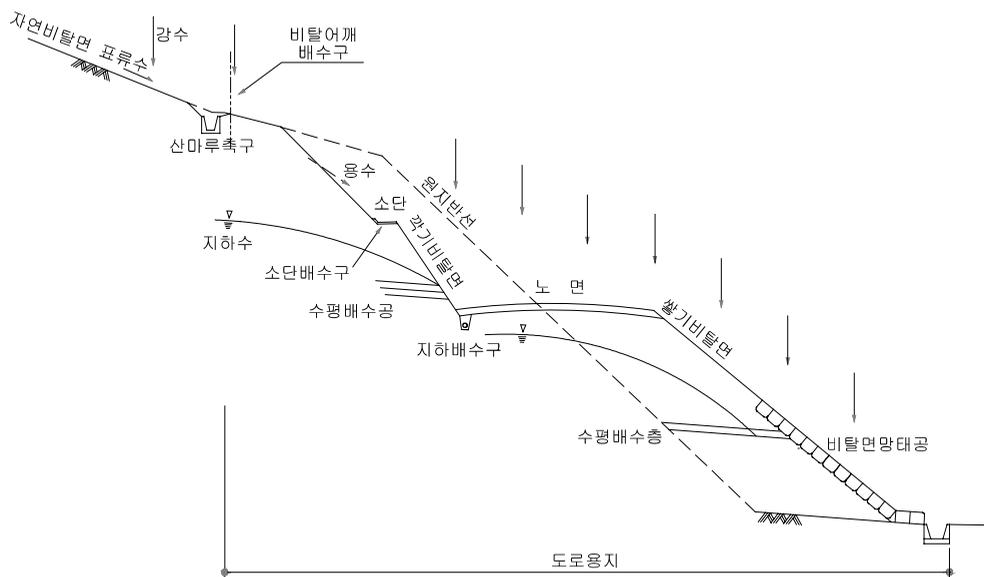
비탈면의 용수는 비탈면을 침식시킬 우려가 있을 뿐만 아니라 경우에 따라서는 용수가 유출하는 지층을 따라 활동면이 형성되어 비탈면 붕괴의 원인이 되는 경우도 있으므로 주의하여야 한다. 비탈면의 용수를 배제하기 위한 시설은 비탈면 망태공·지하배수공·수평배수층·수평배수공 등이 있으며 <그림 2.3>과 같다.

2.4.4 기타 유의사항

- (1) 도로의 노상 및 노체 등 흙 구조물은 표면수에 의한 침식·침투수의 포화·토사유출로 인하여 연약화 되고, 붕괴로 진전되는 경우가 있다. 이러한 붕괴를 방지할 수 있도록 포장체의 방수 성능을 높인 수밀성 다이크, 비탈면 도수로의 덮개 설치 등 침식과 세굴에 대비하여야 한다.
- (2) 지하수위가 높은 원 지반을 굴착하여 도로를 건설할 때는 지하수의 영향으로 노상이 연약화 되어 포장이 파손될 수 있다. 따라서 지하수 차단 또는 배제 할 수 있는 지하 배수구를 설치하거나 그라우팅 등과 같은 지하수 처리대책을 수립한다. 이외는 별도로, 땅깍기에 의한 지하수위 저하로 인접 지역의 지하수가 고갈될 수 있으므로 충분한 조사와 세심한 배려가 요구된다.
- (3) 시공 중 배수시설은 시공면의 연약화를 방지하고, 시공장비의 이동성과 시공성을 확보하기 위하여 매우 중요하므로, 시공단계별 적절한 배수처리 계획이 수립되어야 한다. 또

한, 강우시 오탁수나 토사가 공사구역 이외로 유출되어 농경지에 피해를 주거나 하천으로 유입되어 환경문제를 일으키지 않도록 배수인접지에 대한 배수계획과 함께 오탁수 유출방지 대책이 수립되어야 한다.

- (4) 음지부에 설치된 집수정은 동절기 때 제설에 의한 막힘과 동결로 인한 파손 가능성이 있다. 이로 인한 배수능력의 상실은 눈 녹은 물이 노면으로 유입, 동결되어 교통사고를 유발 할 수 있다. 따라서 터널 앞, 평면곡선이 설치된 땅깍기 구간, 교량 하부도로 등의 집수정 설치는 일조량이 많은 지점을 선정한다.



〈그림 2.3〉 비탈면에서의 용수를 배수하는 시설



3. 도로의 수리 수문

3.1 강우

강수는 강우와 강설을 포함하고 있으며, 우리나라의 경우 최고 유출량에 영향을 주는 것은 강우가 지배적이므로 도로배수 설계 시 유출량은 강우를 대상으로 한다.

3.2 강우와 유출

3.2.1 개요

강우 유출량의 첨두 흐름(peak flow)과 유량은 배수시설설계에서 중요한 요소이다. 유효유량(직접적인 표면 유출을 의미하며, 총강수량의 일부분)은 저류현상, 침투, 지하수 유출을 고려함으로써 얻을 수 있다.

유입량 = 유출량 + 저수량의 변화

강수량 = 저유량 + 증발 + 침투 + 차단 + 지표면 유출

3.2.2 증발

증발이란 물이 액체로부터 기체로 변화되는 과정으로서, 증발은 증기의 순수 이동 비율로 정의된다. 대략 총 강우의 75% 정도가 지구의 대기로 환원되고 있다. 만일, 장기간 동안의 지속적인 강우가 예상된다면, 충분히 고려할 필요가 있다.

3.2.3 차단

증발에 의하여 대기 중으로 환원 될 때까지 땅속에 저장되어 있는 강우량의 일부를 말한다. 차단은 식물이 덮여 있는 지역에서는 총 강우량의 10~25% 정도이다.

3.2.4 저류량

오직 증발과 침투만이 가능한 지표에 도달한 강우가 지표의 작은 웅덩이 등에 갇히게 되는 현상을 저류라고 한다. 저류량을 산정하는 경험방정식은 다음 식 (3.1)과 같다.

$$V = S_d \cdot (1 - e^{-kpe}) \quad (3.1)$$

여기서, V : 특정시점의 저유량

S_d : 최대 저유용량

P_e : 강우초과 = 총강우 - (증발, 차단, 침투)

K : $1/S_d$

3.2.5 침 투

침투는 지표 유출 현상 중에서 가장 중요한 작용이다. 침투는 지표 표면을 통하여 토양 속으로 물이 흐르는 것을 말한다. 침투정도는 식생의 두께와 형태, 지표의 상태, 온도, 강우강도, 토양의 특성과 수질 등에 영향을 받는다. 식물 등과 같은 식생이 없는 토양의 침투는 숲이나 풀로 덮여 있는 토양보다 3~7.5배 증가 할 수 있지만, 작물이 심어진 토양에서는 거의 증가하지 않는다. 침투를 나타낼 수 있는 경험적인 방법의 하나는 ϕ 지수법이다. ϕ 지수법은 강우가 지속하는 동안에 침투는 일정한 비율로 일어난다고 가정한다. 이 방법은 강우 초기에는 침투를 과소평가하고, 강우 말기에는 과대평가하게 된다. ϕ 지수법은 침투율이 강우 초기에 일정 비율에 도달하였다고 가정되는 곳에서 수분이 많은 토양이나 강우강도가 큰 곳에 적용하여야 한다.



4. 배수시설 설계

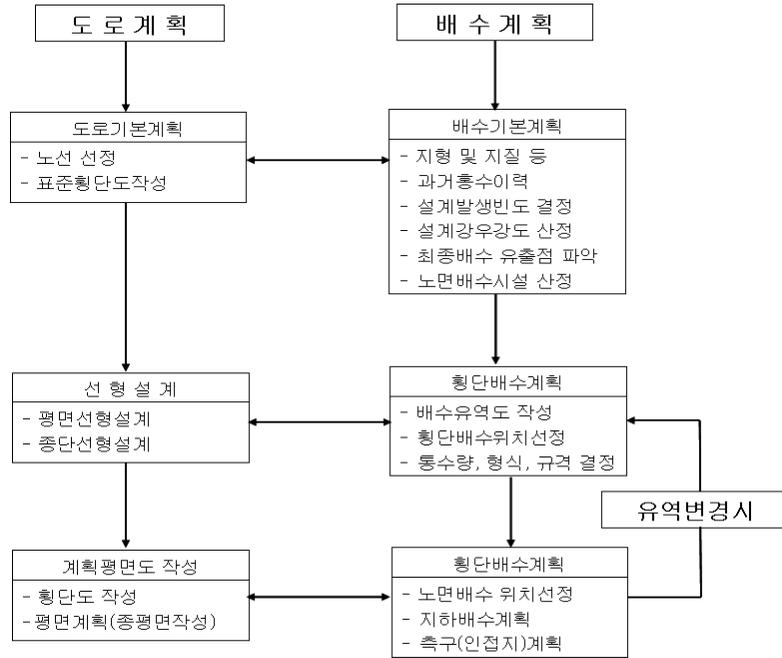
4.1 배수시설의 계획

도로 배수시설의 계획은 지형 및 조건·도로의 종류·주변 배수시설 등을 고려하여 경제적으로 수립한다.

도로의 계획시 고려할 문제 중 물과 기후는 매우 중요한 요소이다. 도로 건설이 현재의 배수형태 및 홍수발생에 미치는 영향과 홍수현상이 도로에 미치는 영향은 도로의 예비계획, 설계단계에서 평가하여야 한다.

수리적 요인들은 도로의 위치 선정 시 환경적·생태적·경제적 측면과 깊은 관련이 있으므로 도로의 계획, 변경 시에는 대안공법이 제안되어야 한다. 또한, 배수시설의 통수능력저하 현상을 고려하고, 유로·유역 변경 등에 따른 하류지역 배수시설의 영향을 검토하여 민원발생이 없도록 계획을 수립한다. 일부 배수 및 홍수 수질문제는 쉽게 해결할 수 있으나, 대부분은 광범위한 사전조사를 필요로 한다. 문제성 있는 부지를 선정했을 경우에는 도로 계획 및 조사 위치 선정 단계에 수문·수리학 전문가와 함께 배수계획을 수립하여야 한다.

특히, 산지 계곡부의 경우 나뭇가지·토사·토석 등의 유송잡물에 의한 배수시설의 통수능력 저하현상을 고려하고, 이에 대한 계획을 수립하여야 한다. 만약, 유송잡물에 의하여 암거 등이 막히거나, 도로배수시설의 손상으로 인하여 주변 피해가 있다고 판단되는 경우에는 나뭇가지가 걸리지 않는 규격이 큰 암거·교량 등과 같은 형식으로 배수시설을 설계한다.



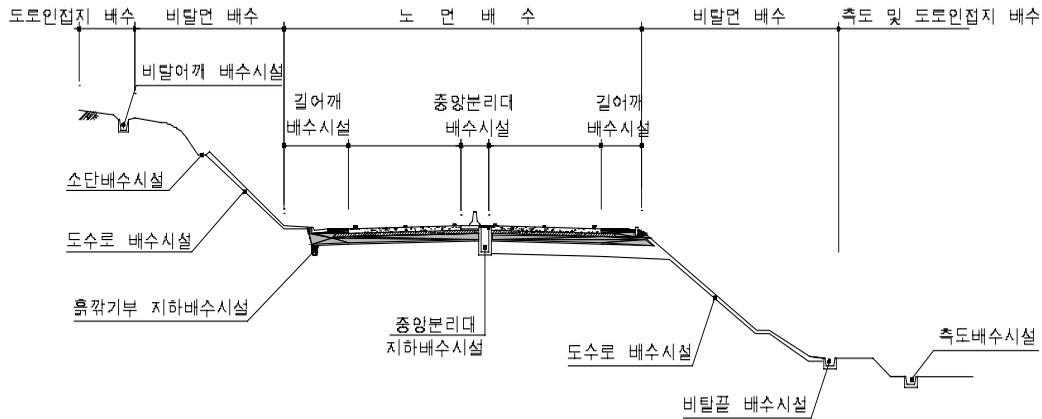
〈그림 4.1〉 도로 배수시설 설계 흐름

4.2 배수시설의 구분

도로의 배수시설은 〈표 4.1〉, 〈그림 4.2〉와 같이 배수구역에 따라 세분되며, 각각의 배수시설은 배수계통으로 밀접하게 연결되고 기능적으로 중복되기도 한다.

〈표 4.1〉 도로의 배수시설 구분

도로의 배수시설	표면 배수			지하 배수	횡단 배수
	노면 배수	비탈면 배수	측도 및 도로 인접지 배수		
배수시설의 설치위치	◦길어깨 ◦중앙분리대	◦땅깎기 및 흠쌓기부의 비탈끝 ◦비탈면 세로방향 ◦비탈면 가로방향	◦측도 ◦비탈어깨 ◦기타	◦땅깎기부 지중 ◦흠쌓기부 지중 ◦땅깎기·흠쌓기 경계부 ◦중앙분리대 지중	◦도로 횡단 ◦수로횡단 ◦계곡부 횡단 ◦하천 횡단
주요 배수시설	◦측구(L, U형) ◦흠쌓기부 다이크 ◦집수정 ◦배수관 ◦배수구, 맨홀	◦측구(산마루 측구 등) ◦도수로 ◦집수정 ◦소단 배수시설	◦집수정 ◦측구(V형측구) ◦배수관 ◦배수구, 맨홀	◦맹암거 ◦유공관 ◦배수층	◦배수관 ◦암거 ◦교량



〈그림 4.2〉 배수시설의 구분

4.2.1 노면 배수시설

강우시 교통안전을 도모하기 위하여 노면 및 비탈면에 내린 빗물을 원활히 배수하기 위한 길어깨 및 중앙분리대 등의 표면 배수시설을 의미한다.

(1) 길어깨 배수시설

노면 및 비탈면의 배수를 위하여 길어깨에 설치하는 L형 측구·집수정·흙쌓기부 도수로·배수구 등의 배수시설물을 의미한다.

(2) 중앙분리대 배수시설

노면의 배수를 위하여 중앙분리대 측에 설치하는 중앙분리대 집수정, 배수관 등의 배수시설물을 의미한다.

4.2.2 비탈면 배수시설

비탈면의 배수를 위하여 땅깎기부 및 흙쌓기부에 설치하는 배수시설을 의미한다.

(1) 비탈끝 배수시설

비탈면에 내린 빗물을 배수하기 위하여 비탈끝 부분에 설치하는 측구 및 배수구 등의 배수시설물을 의미한다.

(2) 도수로 배수시설(세로 배수시설)

측도·부체(附替)도로·접속도로 등의 노면·비탈면 및 측도에 접하여 있는 좁은 지역의 배수를 위하여, 지형에 적합한 간격으로 설치하는 도수로·집수정·배수관·배수구 및 감쇄공(energy dissipater) 등의 배수시설물을 의미한다.

4.2.3 측도 및 도로 인접지 배수시설

측도 및 도로 인접지역의 배수를 위하여 설치되는 배수시설을 의미한다.

(1) 도로 인접지 배수시설

도로 보전, 교통안전을 위하여 도로 인접지의 배수구역에 내린 빗물을 배수하기 위한 표면 배수시설을 의미한다.

① 비탈어깨(산마루) 배수시설

산지 측 땅깁기부에 형성되는 비탈면의 안정을 도모하기 위하여 비탈면 인접지의 빗물이 비탈면에 유입되지 않도록 비탈어깨에 설치하는 산마루측구 및 감쇄공(energy dissipater) 등의 배수시설물을 의미한다.

② 배수구 및 배수관

노면 및 비탈면 배수시설물에 의하여 유출구(방류구)에 집수된 빗물과 도로 인접지의 배수구역에 내린 빗물을 기존 배수로 및 하천에 배수하기 위하여, 비탈면 끝에 설치하는 집수정·배수구·배수관 및 맨홀 등의 배수시설물을 의미한다.

③ 측도 배수시설

공사용 도로·부체(附替)도로·접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여, 설치하는 집수정·배수구 및 배수관 등의 배수시설물을 의미한다.

(2) 수로의 구분

수로는 계획된 목적을 가지고 정해진 양의 물을 어느 지점에서 다른 지점까지 보내는 일련의 구조물(분수, 계측, 합류 등의 구조물 포함)이다. 그 기능이나 수리특성 면에서 물의 송수(送水)를 주목적으로 하는 수로와 배수(排水)를 목적으로 하는 수로로 나눈다.

① 용수로

용수로는 주로 농업용수를 송수하기 위한 농업용수 전용수로와 상수도용수·공업용수·발전용수 등을 겸하여 송수하는 다목적 수로가 있다.

② 배수로

배수로는 주로 농지 및 마을의 배수 또는 농지의 지하배수를 촉진하기 위한 수로서 농작물의 양호한 생육조건을 확보하고, 영농작업의 기계화 등에 지장을 주는 잉여수를 배제하기 위한 수로와 농지의 침식 등을 방지하는 농지보전을 위한 수로 등이 있다

③ 용·배수 겸용수로

용수로와 배수로는 원칙적으로 분리하지만, 경사지 등에서 용수와 배수의 두 가지기능을 갖는 수로로서, 예를 들면

가. 관계 시에는 용수로로, 홍수 시에는 배수로로 사용되는 수로,

나. 상류부 논외 배수를 하류부에서 용수로로 사용하는 수로 등이다. 이들 수로는 소요 단면 등의 수리적 여건을 확보하기 위하여 일반적으로 배수로 기능을 위주로 설계된다.

다. 가의 수로를 용수로로 사용할 때는 적당한 보를 설치하기도 하나, 이런 경우는 배수로로 사용할 때의 수로 관리에 특히 주의하여야 한다.

4.2.4 지하 배수시설

지하수위가 높고 침투수가 많아 노체 안정에 위험이 있을 경우, 지하수위 저하 및 침투수 배수를 위하여 설치하는 유공배수관, 맹암거 등의 지하 배수시설물을 의미한다.

(1) 땅깍기 구간의 지하 배수시설

땅깍기 구간의 노체 안정을 위하여 필요한 배수시설로서, 지하수 침투방지 및 지하수위를 낮추기 위하여 땅깍기의 비탈끝 부위에 설치하는 가로 지하배수구(맹암거 등)와 도로 횡단방향으로 설치하는 세로 지하배수구 등의 지하 배수시설물을 의미한다.

(2) 흙쌓기 구간의 지하 배수시설

흙쌓기 구간의 노체 안정을 위하여 필요한 배수시설로서, 노체의 압밀침하 촉진 및 비탈면 활동 방지를 위하여 설치하는 여과성 대수층(帶水層)지역 등의 지하 배수시설물을 의미한다.

(3) 땅깍기·흙쌓기 경계부의 지하 배수시설

위에서 설명한 (1), (2)의 복합 배수시설물을 의미한다.

(4) 중앙분리대 지하 배수시설

노체 안정을 위하여 설치하는 배수시설로서, 중앙분리대의 침투수의 배수를 위하여 분리대 저부(低部)에 설치하는 유공관 등의 지하 배수시설물을 의미한다.

4.2.5 횡단 배수시설

횡단 배수시설은 도로를 횡단하는 소하천 또는 수로를 위한 시설로서, 도로 본체의 보존과 도로 인접지의 호우(豪雨)에 대한 피해를 적절히 방지하기 위하여 설치하는 원형관(circular pipe)·구형관(box culvert)·아치(arch)형·마제형 등의 배수구조물을 의미한다.

4.2.6 구조물 배수시설

구조물의 배수를 원활하게 하기 위하여 설치하는 배수시설로서, 옹벽·터널·교량 등의 배수시설이 있다.

(1) 옹벽 구조물 배수시설

옹벽배수는 지표면배수와 뒤펀배수로 구분하며, 지표면배수는 식생공·블록 등의 불투수층을 마련하여 배수구로 집수시킨다. 뒤펀배수로는 간이배수공, 구형배수공, 연속배면 배수공, 기타 배수공 등을 사용한다.

(2) 터널 구조물 배수시설

터널배수는 노면배수, 배면배수, 저면배수로 구분된다.

① 노면배수

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

② 배면배수

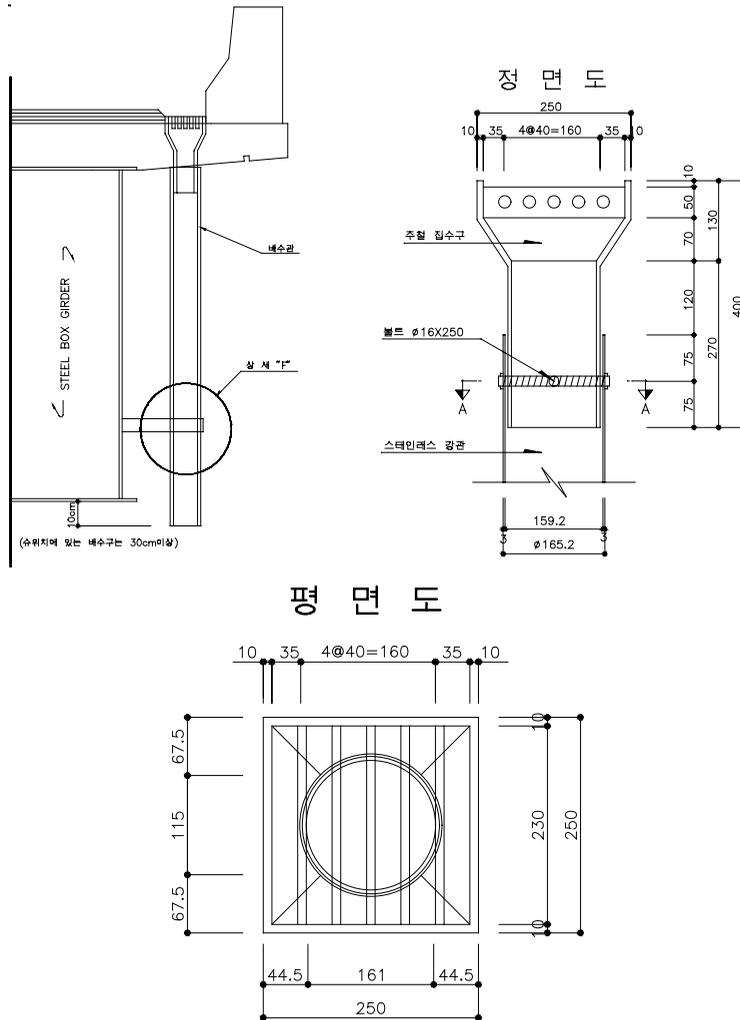
방수막 배면으로 유도되는 용출수 처리를 위한 것으로서, 터널 구조물 안전에 중요한 영향을 미친다. 측벽 하단에 종방향 유공관을 설치하여 배면의 용출수를 유도하고, 적정 간격으로 배수구에 연결시킴으로써 최종적으로 배수구를 통하여 처리하게 된다.

③ 저면 배수

지하수 배수공은 터널 인버트부 지반으로부터의 용출수를 대상으로 한 배수로서, 터널 전장에 걸쳐 양측에 설치하고, 노반 및 용출수의 배수를 원활히 할 수 있도록 설치하여야 한다.

(3) 교량 구조물 배수시설

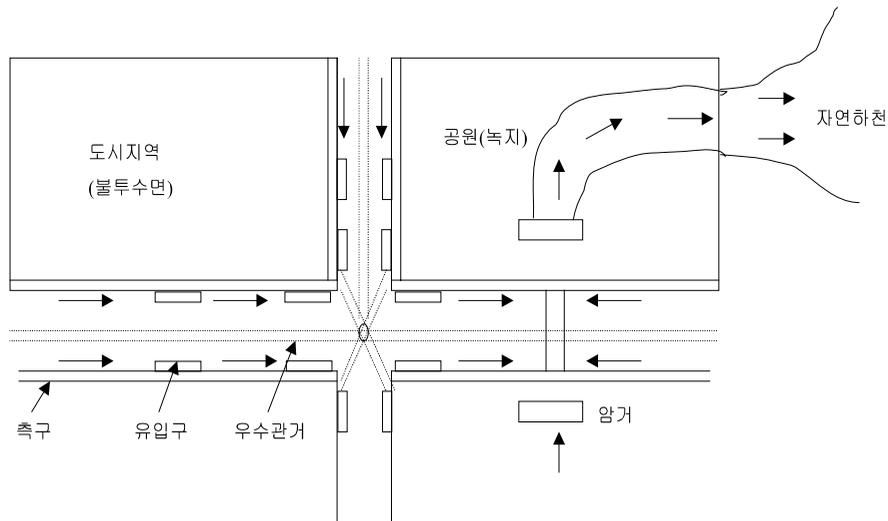
배수 홈통 간격은 20m 이하로 하는 것이 좋으며, 배수 홈통은 종단경사가 오목한 구간에서는 그 저부에 반드시 1개, 그 양측에 각각 3~5m 정도 떨어져 설치한다. 단, 너무 간격이 좁으면 상판에 악영향을 미치거나 유지관리상도 바람직하지 않기 때문에 주의를 요한다.



4.2.7 도심지 배수시설

도심지의 우수 배제를 주목적으로 설치하는 시설로서, 측구·유입구·맨홀·암거 등 우수 관거 시설을 의미한다.

도심지 도로배수 계통은 우수 배제가 주목적이 된다. 이러한 우수 배제를 위하여 해당지역의 설계를 위하여 주어진 재현기간에 대한 침투유량을 감당하도록 설계된다. 만약 이와 같이 설계된 용량이 초과되면 우수는 맨홀을 통하여 지상으로 분출되며 도로 위로 흐르게 된다. 이러한 초과한 용량을 감당하도록 설계되지 않으면 지면 흐름은 구조물을 통하여서 흐르게 되어 도로 피해를 유발하게 된다. 도심지 배수는 <그림 4.3>에 나타난 바와 같이, 지표 위를 유하하는 노면수를 측구와 유입구·암거 등의 배수시설을 통하여 우수관거로 배수하게 된다. 우수 관거로 배수된 노면수는 인근의 자연하천이나 유수지 등으로 배수하도록 한다.



<그림 4.3> 도심지 우수배수계통

4.3 배수시설의 설계 시 고려조건

4.3.1 설계조건

도로 배수설계 시 설계자가 직접 현장을 조사하지 못하는 경우가 있다. 단지 지도나 지반조사에 의한 자료만으로는 정확한 설계를 할 수 없으며, 도로 계획 시의 설계가 완전한 것으로 생각하여서는 안 된다. 따라서, 예비단계에서부터 이러한 요건을 충분히 고려하여야 하며, 시공 중에서도 주의를 요한다. 이를 위하여 현장조건이나 관련시설의 장래계획, 기존 배수시설물과의 연계성 등을 충분히 조사하여 설계에 반영하도록 한다.

4.3.2 시공조건

배수시설의 설계는 공사 내용을 파악하고, 지형 및 지질·기상·자재·주변 환경 등에 대한 현지조사를 통하여 현지조건에 적합한 시공계획을 수립한다. 도로 배수공사는 땅깍기·흙쌓기 외에 횡단구조물·비탈면공·배수공 등의 공정과 같이 진행되기 때문에 이들을 종합적으로 고려한 배수계획을 세워야 한다.

4.3.3 유지관리조건

유지관리 계획에는 재해복구 및 개량공사, 환경대책과 도로 공용 후 유지관리계획을 포함한다. 배수공을 계획하고 설계하는 경우에는 주변의 구조물과 배수공, 기타 배수시설물에 피해가 가지 않도록 검토하여 배수 구조물에 피해가 발생하지 않도록 설계단계에서 대책을 세워야 한다. 또한, 유지관리가 용이하도록 계획을 수립하여야 한다.



5. 조 사

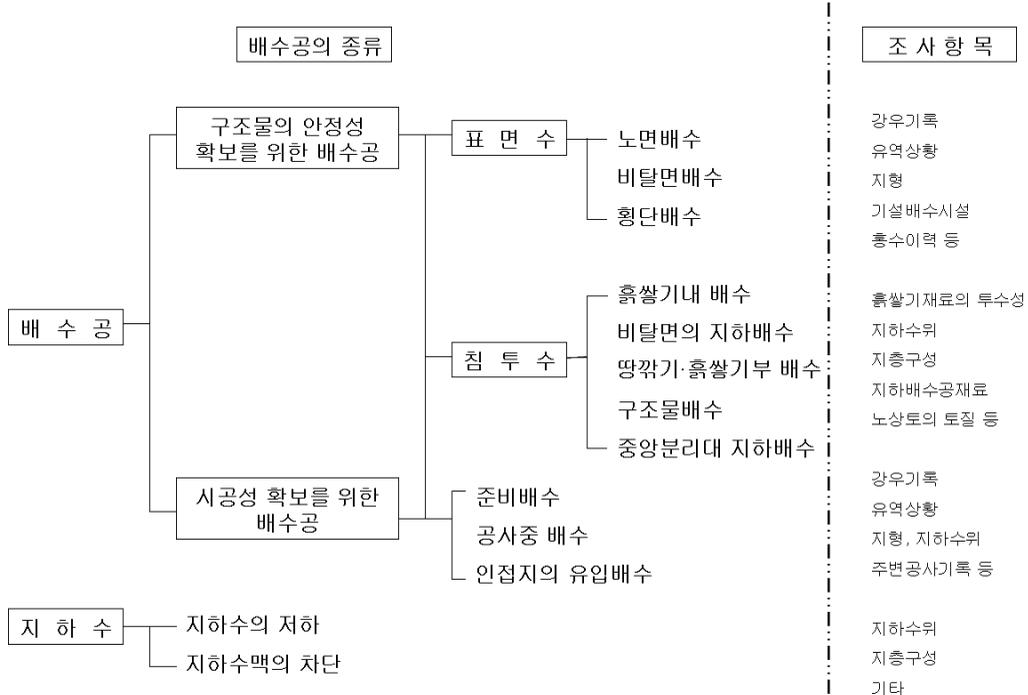
5.1 일반사항

적절한 도로배수시설을 계획, 설계하려면 사전에 다음 사항에 대하여 조사가 필요하다.

- ① 지형(집수면적) 및 지표면의 피복 상황
- ② 기상, 강우
- ③ 토질, 지질, 투수성
- ④ 지하수면의 위치와 용수의 유무
- ⑤ 기존 도로의 배수설비
- ⑥ 수문조사, 과거 홍수이력 등
- ⑦ 지역주민 및 관계기관 탐문조사
- ⑧ 배수구역의 장래 토지사용 계획 등
- ⑨ 토사침식, 토석을 발생이력 등

도로는 수리요인의 영향을 많이 받으므로 계획단계에서 이에 관한 많은 자료를 필요로 한다. 환경 문제, 도로의 등급, 토지이용과 개발상태, 개별 용지조건 등에 따라 다양한 자료가 필요하다. 토질조사·지질도·항공촬영사진·유량기록표 등은 배수 설계 시 매우 유용한 자료이며, 고수위와 홍수유출량에 관한 기록은 수로조건을 결정하는데 유용하다. 용수 공급원, 저수지, 홍수방지용 댐, 수자원 공사, 범람원, 침식 문제들이 있는 경우에는 보다 포괄적인 수리조사가 선행되어야 한다. 조사의 주요한 목적은 다음과 같다.

- (1) 선정 노선의 설계·시공, 그리고 재해 상의 문제점 유무 검토
- (2) 배수시설 구조물의 형식 선정
- (3) 선정한 배수시설 구조물의 설계 및 시공
- (4) 공용 후 도로 배수구조물의 보수에 필요한 자료 획득



〈그림 5.1〉 배수시설의 종류와 조사항목

5.2 일반특성 조사

5.2.1 유역 특성인자 조사

(1) 유역의 특성을 나타내는 인자들을 조사한다.

(2) 유역 특성을 나타내는 인자로는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- ① 유역 면적
- ② 유역 평균경사
- ③ 유역의 방향성
- ④ 유역 평균표고
- ⑤ 기타 유역의 특성을 나타내는 인자

5.2.2 유역 형상 조사

(1) 유역 전반에 대하여 유출에 영향을 미치는 유역 형상에 대하여 조사한다.

(2) 유역 형상 조사에는 다음과 같은 내용이 포함된다.

- ① 유역 형상의 분류 및 특징
- ② 유역 평균폭
- ③ 유역 형상계수
- ④ 유역 밀집도
- ⑤ 기타 유역 형상에 관련된 사항

5.2.3 지형 및 지질조사

지형 및 지질조사에는 지형적 특성, 배수면적 및 지하수 등의 조사가 있다.

(1) 지형적 특성

지형조사에서는 배수 구조물의 설치 위치를 선정하고 유로의 수리분석과 배수시설 설계를 위한 충분한 정보를 얻어야 하며, 특히 주거·상업용 빌딩·경작지·도로·공공시설 등을 설계할 때는 그 시설물의 지반고와 위치에 대하여 알고 있어야 한다.

(2) 배수면적

배수면적은 홍수발생률을 결정하는데 있어서 중요한 요소인데, 이는 측량·사진측량·지질조사 등으로 만든 지형도를 이용하여 경계 지어야 한다. 지도로부터 배수면적을 정확히 구분하기 어려운 경우에는 현장조사를 실시하여 보충하여야 한다.

조사를 통하여 토지 이용도, 토질유형, 초목화 정도, 그리고 유출량을 크게 변화시킬 수 있는 땀의 유무 등을 표시하여 두어야 한다. 또한, 도로 부근의 배수를 완벽하게 하기 위해서 강우강도에 따른 유출량과 유속, 방향 등을 표시한 축척 1/1,200 이나 1/5,000 또는 1/25,000(가급적 세밀한 축척을 사용)의 배수등고선(drainage contour map)을 작성하여야 한다.

5.2.4 토양 및 토질조사

(1) 조사 대상 유역의 토양 및 토질 상태를 조사한다.

(2) 토양 및 토질조사 자료는 유역 내의 유출률, 침투율, 배수상태 등 유출 상황을 판단하는데 사용한다.

5.2.5 수계조사

(1) 조사 대상 구역의 우수 소통능력을 판단하기 위하여 수계를 조사한다.

(2) 수계 조사에는 다음 사항이 포함된다.

- ① 하천망도 및 배수계통도
- ② 수로 종·횡단의 형태
- ③ 수로상태 및 축조재료
- ④ 조도계수의 범위
- ⑤ 하천표석의 유무
- ⑥ 하천수량상태
- ⑦ 기타 수계에 관련된 사항

5.3 토지 이용 및 시설물 조사

5.3.1 토지 이용 조사

(1) 조사 대상 구역의 유출에 영향을 미칠 수 있는 토지 이용상태를 조사한다.

(2) 토지 이용상태 조사항목에는 다음 사항들을 포함한다.

- ① 구역 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 이용상태

5.3.2 주요 시설물 조사

(1) 유출에 영향을 줄 수 있는 주요 시설물의 유무, 밀집도 등을 조사하여 유출에 영향을 미치는 정도를 판단할 수 있도록 하여야 한다.

(2) 주요 시설물 조사에는 다음 사항들을 포함한다.

- ① 건물의 수와 밀집도
- ② 하수 관거 부설 현황

- ③ 도로 및 포장된 면적 비율 현황
- ④ 유수지, 댐, 저수지, 양수장, 호수 등 저류와 관계되는 시설
- ⑤ 홍수터 및 제방의 관리상태와 홍수터의 시설 현황
- ⑥ 교량, 철도 및 하천 부지에 설치된 교각 등의 상황
- ⑦ 기타 주요 시설물

5.4 기존자료 조사

분석 대상유역에 대한 기존의 보고서·관측기록 등이 있을 경우, 이들을 조사·수집하여 유역의 문제점과 이용 가능한 자료상태 및 추가조치 사항들을 결정할 수 있도록 하여야 한다.

5.4.1 기상자료 조사

(1) 대상유역에 이용 가능한 기상관측 자료와 관련 자료 등을 조사한다.

(2) 기상자료에는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- ① 관측소명, 위치, 관측기간
- ② 기온, 기압, 습도, 풍향 및 풍속, 증발량, 일조량, 일사량 등의 관측 종류
- ③ 관측량의 평균, 최고·최저값 및 연간 기상 개황
- ④ 기타 기상에 관계되는 자료

5.4.2 수문자료 조사

(1) 대상 유역 내 또는 인접 유역에 대한 강우량, 강설량, 수위, 유량, 증발량, 지하수위 및 이와 관련된 각종 수문자료를 조사한다.

(2) 수문자료 조사에는 유역 내 또는 인접지역에 있는 다음 자료들이 포함된다.

- ① 수문 관측시설 : 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 : 국토해양부, 기상청, 한국수자원공사, 대학, 연구소 등
- ⑤ 관측 방법 : 원격관측(TM), 위성, 이동통신, 자기, 보통 등

- ⑥ 조사관측량 : 관측 종류별로 장·단기별 극대 및 극소량, 연최대, 연평균, 일최대, 일최소, 계절별 특성 등
- ⑦ 관측소 운영 상태 : 자료의 이용 가능성 여부, 관측의 중단여부, 관측시설의 이설 상황 등
- ⑧ 유출량 : 수위-유량곡선의 획득 가능성, 유역의 수자원 부족량, 단위도 등의 유출 상황 분석자료 등
- ⑨ 유황 조사 : 수위표 지점의 최대 유량, 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량, 하천 유지 유량 등
- ⑩ 기타 수문 관측소의 역사 및 변경 사항 등

5.4.3 인문자료 조사

- (1) 유역 개발이나 하천 종합개발과 관련된 계획을 수립하는데 필요한 인문자료를 조사한다.
- (2) 인문자료 조사에는 유역 내의 가구수, 인구, 구성인의 직업실태, 인구 밀집지역, 공업지역, 농업지역 등의 조사와 교통망조사 등이 포함된다.

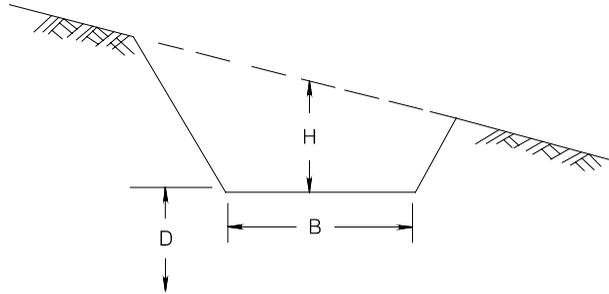
5.4.4 기타자료 조사

기타 홍수 흔적, 홍수 피해상황, 상습침수지역, 유사량에 대한 자료를 조사한다.

5.5 지하수 조사

- (1) 지하 배수시설의 설계에는 지하수위와 투수계수를 아는 것이 중요하다. 보링에 의한 조사를 하였다면 지하수위도 기록되어 있으므로 그 자료를 이용할 수 있다. 또, 근처에 가정용 우물이 있으면 그 우물을 이용해서 우물을 사용하기 전에 지하수위를 조사할 수 있다. 이 가정용 우물의 수위조사는 대규모적인 땅깍기의 경우 지하수위 저하의 영향 반지름의 추정이나 투수계수 결정의 보조 수단으로서 유효하다.
- (2) 지하수위의 높이만을 조사하는 것이라면 토질조사용 오우거(auger)를 사용하여 조사할 수 있다. 수위는 대체로 계절적으로 크게 변하므로 지반의 조건들을 고려해서 최고수준위를 알 수 있도록 하여야 한다. 구멍을 굴착 후 잠시 방치하여 수위를 측정할 필요가 있다.
- (3) 투수층을 관통하여 시추할 경우, 시추공의 수위는 투수계수가 가장 큰 투수층의 수두에 영향을 받기 쉬우므로 주의할 필요가 있다. 지하수위의 측정은 지하수위가 높을 경우에는 줄자나 나무 조각 등을 시추공에 넣어서 측정할 수 있지만 구멍이 깊어서 지하수위가 낮은 경우에는 전류(mA)를 이용한 계측기로 측정할 수 있다.

- (4) 땅깍기 등에서 지하수의 조사 깊이는 계획고 아래 1~2m로 한다. 그러나 깊은 절취에 따른 비탈면 경사의 안정상의 문제, 지하수위, 투수층 등을 조사하여야 할 경우의 조사 깊이(토질조사도 병행)는 <그림 5.2>에서 $D = 0.75B \sim 1.0B$ 와 $D \cong 1.25H$ 중 작은 값을 취하는 것이 좋다.



<그림 5.2> 깊은 절취의 조사 깊이

- (5) 지하 배수시설의 위치(깊이)와 유량을 결정하기 위해서는 지하수위 외에 투수계수를 측정하여야 한다. 지하수의 흐름을 계산할 경우 보통 Darcy의 법칙이 사용되는데, 이 법칙은 침투류가 층류인 범위에서 성립한다.

$$Q = k \cdot i \cdot A \quad (5.1)$$

여기서, Q : 유량(cm^3/sec)

k : 투수계수(cm/sec)

i : 동수경사

A : 단면적(cm^2)

따라서 투수층의 투수계수를 조사하고, 지점의 동수경사를 알면 유량을 산출할 수 있다.

(6) 투수계수의 측정

흙의 투수계수를 측정하는 방법에는 실내시험과 현장시험의 2가지 방법이 있다. 실내 투수시험은 현장에서 채취한 비교적 작은 치수의 시료로 행하는 것으로 실제로 토층 전체의 투수계수를 대표하는 시료라고는 할 수 없으며, 지반의 평균 투수계수와와의 사이에 상당한 차이가 생기는 것이 보통이다. 또, 실제의 토층에는 균열이나 수로가 있거나, 층 자체도 방향성을 갖고 있으므로 작은 시료에 의한 실험으로 투수계수를 측정하는 것은 상당한 문제성이 있으므로 가능한 한 현장시험을 하는 것이 바람직하다. 실내·현장시험 등을 하지 않고 개략치를 추정할 필요가 있을 경우에는 <표 5.1>에 나타난 수치를 참고할 수 있다.

〈표 5.1〉 대표적 흙의 투수계수의 개략치 (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

5.6 수문 조사

5.6.1 배수 유역

지형 및 지질 지리적 특성이 같은 지역에서 유역의 규모는 유출량에 비례하므로, 유역의 규모를 결정하는 것이 배수시설의 규모를 결정하는 것이 된다. 유역의 규모는 국토지리정보원에서 발간되는 축척 1/5,000 이나, 1/25,000 지형도와 현장조사를 통하여 결정하며, 유역에 대한 항공사진이 있는 경우 유역결정에 도움이 된다. 수문 자료 수집은 축척 1/5,000이나, 1/25,000 지형도를 이용하여 유역면적과 구조물의 설치 예정 위치별로 유량을 추정 후 현지조사를 실시하며, 과거의 최고 홍수위·기존 구조물의 규격 및 기타 필요한 자료를 수집한다. 또 기존 구조물의 규격 및 연장, 침수 여부 등을 조사한다. 상류에 저수지가 있을 경우에는 수문 및 여수로의 크기 등을 조사하고, 하류에 저수지나 하천의 합류지점이 있을 경우에는 역류(back water)의 영향 유무·기존 교량의 세굴(洗掘)상태·제방높이 등을 조사한다. 그리고 현지 주민에게 탐문하거나 또는 관계기관으로부터 신뢰할 수 있는 자료를 얻어 최고홍수위에 대한 조사 등 여러 가지 조사를 행하여 설계의 기본으로 삼아야 한다.

(1) 수로의 경사

도로 배수 유역은 일반적으로 홍수 시에만 수로를 관찰할 수 있는 경우가 많기 때문에 현장조사를 통하여 유로의 흔적을 찾아 배수계획을 수립한다. 수로의 형상이 최고 유량에 영향을 주지는 않지만 수로의 경사와 단면은 배수계획에 영향을 미치는 요소가 된다.

(2) 토지이용

인위적인 토지의 형질변경과 이용현황의 변경은 유출량의 변화로 이어진다. 특히, 도시화와 산림의 개간은 유역 내 침투량을 감소시키고 홍수 유출량을 증가시켜 유역규모가 변경되어 도로건설 당시의 배수시설의 기능을 상실케 한다. 토지이용에 대한 조사는 현장조사를 실시하여 현재 시점의 조사와 해당 지자체와 중앙정부의 지역개발계획 등에 대한 내용을 수집·조사한다.

(3) 지질 및 토질의 조사

지하의 암석 형성 상태와 하천의 퇴적물과 같은 지질학적 요인은 유역의 유출현상과 관련이 있다. 특히, 토질의 종류는 침투량과 밀접한 관계가 있으며, 결국 유출량에 영향을 준다. 강우 시 토질의 상태에 따라 유출량이 변화될 수 있다. 지반이 얼었거나 수분으로 포화된 상태라면 강우량의 대부분이 유출된다. 지질과 토질에 대한 자료는 지질도, 현장지표조사 및 시추조사 등을 실시하여 얻을 수 있다.

(4) 표면 침투성

표면 침투현상은 물이 땅속으로 흘러 스며드는 것을 말한다. 배수면적에서의 침투현상은 강우량 손실의 주요 원인이다. 침투량 자료와 수리 자료를 이용하여 강우 손실량을 측정하고 강우 손실량을 뺀 나머지 최고 유량을 계산한다.

5.6.2 하천의 특성

(1) 하천의 구조와 형상

하천망의 기하학적 조건은 홍수발생에 영향을 미치므로 도로 배수설계에 앞서 계획단계에서 이를 고려하여야 한다. 하천에는 경계가 명확한 하천과 작고 얇으면서 넓은 범람원을 지닌 하천이 있으며, 지류를 많이 갖고 있는 하천과 단순히 본류만으로 형성된 하천도 있다. 하천의 만곡부는 저류량과 유출량에 영향을 주며, 하천망은 홍수규모에 따라 영향의 정도가 달라진다.

특히, 하천 만곡부에 위치한 도로는 도로의 손상을 방지하기 위하여 돌붙임, 돌쌓기, 호안블록 등의 비탈면 보호공을 설치한다. 이 때, 비탈면 보호공은 포장층 시공기면과 비탈머리공을 수평적으로 일치시켜 설치한다.

(2) 수로변경

흐름의 수리효율성을 변화시키는 수로변경은 도로시설물이 있는 지점에서 최고유량과 수위에 영향을 준다. 도로 계획 시 수로변경계획에 대한 상세 정보는 매우 중요하다. 수로의 변경, 수리관련 공사계획 등을 조사하여 배수계획에 미치는 영향을 검토한다. 수로의 변경은 도로설계와 수로 변경작업과 상호 연관성이 있으므로 도로 배수 설계자는 수로 변경계획을 숙지하여야 한다.

(3) 하상의 변동

하천의 유역특성으로부터 하천의 수면형태는 지속적으로 영향을 받는다. 유역으로부터 유입되는 부유물과 유사량은 하상의 상승과 하천수면을 상승시켜 홍수 유출량을 증가시키며, 반대로 침식에 의한 하상저하는 수로용량을 증대시킨다. 하상변화, 계획하상고의 자료는 하천관리기관의 하천정비 기본계획으로부터 얻을 수 있다.

5.6.3 범람원

자주 발생하는 범람 유출량의 대부분은 범람원에서 유입된다. 범람원은 수로가 정비되지 않은 모든 지역에 넓게 분포하고 있으므로 도로의 배수 계획 시 하천이나 수로보다 더 많은 영향을 줄 수 있다. 산지가 많은 우리나라의 경우, 능선부에 위치한 작은 골이나 계곡부의 농경지는 중요한 범람원이다. 범람유출의 발생 가능성은 범람원의 폭에 대한 깊이의 비로부터 예측할 수 있다. 일반적으로 폭-깊이의 비가 클수록 유속의 변화가 크고, 조도계수 및 식생변화에 영향이 커서 유출량의 변화가 크게 된다. 현장조사를 통하여 범람원의 유로방향을 찾고 유출량을 분석하여 도로 배수계획을 수립한다.

(1) 기하구조와 형상

범람유출 발생 가능성을 판단할 때는 범람원의 폭-깊이 비를 알아야 한다. 일반적으로 폭-깊이 비가 클수록 속도수두의 변화와 일시적 저류량 손실현상에 대한 소규모 침하부와 지면경사의 영향과 조도 요인에 대한 식생변화의 영향이 커진다.

(2) 계절적 식생변화

범람원의 수용량을 평가할 때는 사전에 식물의 계절적 식생변화에 대하여 알고 있어야 한다. 여름, 가을보다는 늦은 겨울철과 초봄에 범람원의 수위는 낮게 된다.



6. 배수시설기준

6.1 설계 강우 생기빈도

(동일용어 : 설계 강우 발생빈도, 재현기간, 설계빈도, 확률년, 빈도년, 회기빈도, 발생주기)

(1) 설계빈도의 결정

설계 강우강도를 결정하기 위한 구조물별, 배수시설별 설계빈도의 기준은 <표 6.1>과 같다. 단, 중요한 배수시설물은 관계 관청 및 감독관과 협의한 후 설계빈도를 정하여야 한다.

<표 6.1> 설계 강우 생기빈도

구 분	발 생 빈 도	적용위치 및 적용 방법	비고
국가하천 주요구간 국 가 하 천 지방 1 급 하천 지방 2 급 하천 농경지 하천 제방 도시 하천 제방	200년 이상 100~200년 80~200년 50~200년 50~100년 50~200년	· 기 수립된 하천정비 기본계획 시의 기준과 비교 · 하천관련 기관의 계획에 따라 설정 · 하천이설 또는 교각 설치에 따른 수리영향 검토 시	
본선 횡단 암거 및 배수관 (도시계획구간 등의 경우)	30년 (50년) 산지 : 100년	· 일반구간 · 도심지, 도시계획구간 · 국지성 집중호우가 빈번히 발생하는 경우로 조사된 경우	
노면 및 흙쌓기 비탈면 배수시설	10년 산지 : 20년	· 길어깨 및 중분대 등 노면 배수시설 · 흙쌓기부 도수로, 땅깍기·흙쌓기 경계부 측구 등	
측도 및 도로 인접지 배수시설 땅깍기 비탈면 배수시설	10년 산지 : 20년	· 산마루 측구, 땅깍기부 도수로, 소단측구 · 흙쌓기 비탈면 배수시설	
집수정 등 배수구조물 간 접속부		접속하는 시설물 중 빈도가 큰 값 적용	

※ <표 6.1>의 설계 강우 생기빈도는 일반적인 기준으로써, 국지성 호우 등 예기치 못한 상황에 대처가 필요할 시에는 위치에 따라 기술적 판단에 의거 조정 가능.

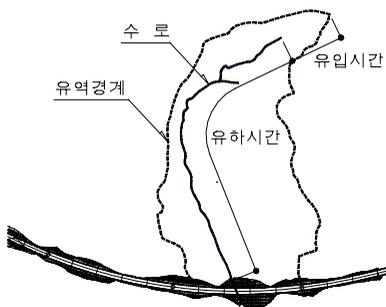
※ 이 기준에 제시되지 않은 하천 관련사항은 '하천설계기준'(05)에 의거 적용

※ 산지 : 과거 강우강도 100mm/hr 이상 발생지역, 산사태 위험도상 1·2 등급지역

6.2 설계 강우 강도

설계 강우강도는 도로 기능의 안전성과 도로 구조물의 안정성 그리고 배수시설의 중요성 및 경제성에 의하여 결정되는 확률년의 확률별, 강우지속시간(강우도달시간)별 강우량의 크기를 의미하며, mm/hr 의 단위로 표시한다.

(1) 강우도달시간의 산정



〈그림 6.1〉 강우도달시간

강우(홍수)도달시간은 배수구역(집수구역)의 가장 멀리 떨어진 점에서 서부터 홍수량 산정지점까지 강우가 도달하는 시간을 의미하며, 강우지속시간이라고도 한다.

강우도달시간은 유입시간과 유하시간의 합(승)으로 표시된다. 여기서, 유입시간은 배수구역(집수구역)의 가장 먼 지점에서 배수공 최상단류까지 강우가 유입되는 시간을 의미하며, 유하시간은 강우가 배수시설물이나 하천을 유하하는데 걸리는 시간을 의미한다.

① 강우도달시간 산정공식($t_c = t_1 + t_2$)

강우도달시간 산정에는 여러 가지 경험 공식들이 개발되어 사용되고 있으며, 각종 설계기준에 따라 상이한 공식들이 적용되고 있다.

노면배수의 경우 : $t = t_1$

이설수로 및 하천의 경우 : $t = t_1 + t_2$

횡배수관의 경우 : $t = t_1 + t_2^*$

(t_2^* 는 유하시간이 상대적으로 작을 경우 무시할 수 있다.)

「하천설계기준·해설, 한국수자원학회, 2005.」에서는 여러 공식들의 국내 적용 결과에 대하여 제시하고 있으며 그 공식을 사용하는 각종 설계기준은 다음과 같다.

〈표 6.2〉 자연유역에 대한 도달시간 공식

공식명	공 식	제한사항 또는 비교
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	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3~5%, 유역면적 0.453km ²
Kerby (1959)	$T_c = 36.264 (L \cdot N)^{0.467} / S^{0.2335}$ L : 유로 최원점부터 하천 유입부까지의 직선거리(km ²) 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
Johnstone and Cross (1949)	$T_c = (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L : 본류 유로 길이(mi) S : 본류 유로 평균경사(H/L, ft/mi) r : 하천 형태에 따른 지류인자	25~1,624 mi ² 의 유역면적
Kraven	$T_c = 0.444 L S^{-0.515}$ L : 유로 길이(km) S : 유로 경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중·하류, 하도경사가 1/200 이하인 유역
Rizha	$T_c = 0.833 L S^{-0.6}$ L : 유로 길이(km ²) S : 유로 경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도경사가 1/200 이상인 지역
California Culvert Practice (1942)	$T_c = 60[11.9L^3/H]^{0.385}$ L : 최장 유로길이(mi) H : 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
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, 8km ² 이하인 도시유역에도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 T _c = 1.67 × 유역 지체시간

주) 하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2005)

〈표 6.3〉 도시유역에 대한 도달시간 공식

공식명	공식 (t , min)	제한사상 또는 비고
Kerby (1949)	$t = 36.264 (rL^{1.5}/H^{0.5})^{0.467}$ L : 흐름 경로 길이(km) H : 표고차(m) r : 포장지역 0.02 거칠은 나대지 0.10 거칠고 풀이 없는 지역 0.30 잔디 0.40 나무나 풀이 뺏직한 지역 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 : 흐름경로 길이(ft) S : 흐름경로 경사(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, 도시지역에서도 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(한국수자원학회, 2005)

② 유입시간의 산정

유입시간을 배수구역 특성에 따라 다음과 같이 산정한다.

– 배수구역이 도심지 구역인 경우 (t_1)

다음의 Kerby 공식을 사용하되 유속이 과소치로 나타날 우려가 있는 바, ‘지면상태’를 가정함에 있어 특별한 주의가 요망되며, ‘유입시간의 표준치’와 비교·검토하여 채택하여야 한다.

$$t_1 = \left(2.18 \times \frac{\ell \cdot n_d}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = (\text{Kerby의 공식}) \quad (6.1)$$

여기서, t_1 : 유입시간 (min)

ℓ : 집수구역으로부터 가장 먼 지점까지 유로(流路)의 거리 (m)

S : 유역의 출구점과 주 유로(主 流路)를 따른 유역 종점과의 표고 차(H)를 유로거리로 나눈($S = H/\ell$) 집수구역의 평균 경사

n_d : 지체계수 (Manning 공식의 조도계수와 유사함, <표 6.4>)

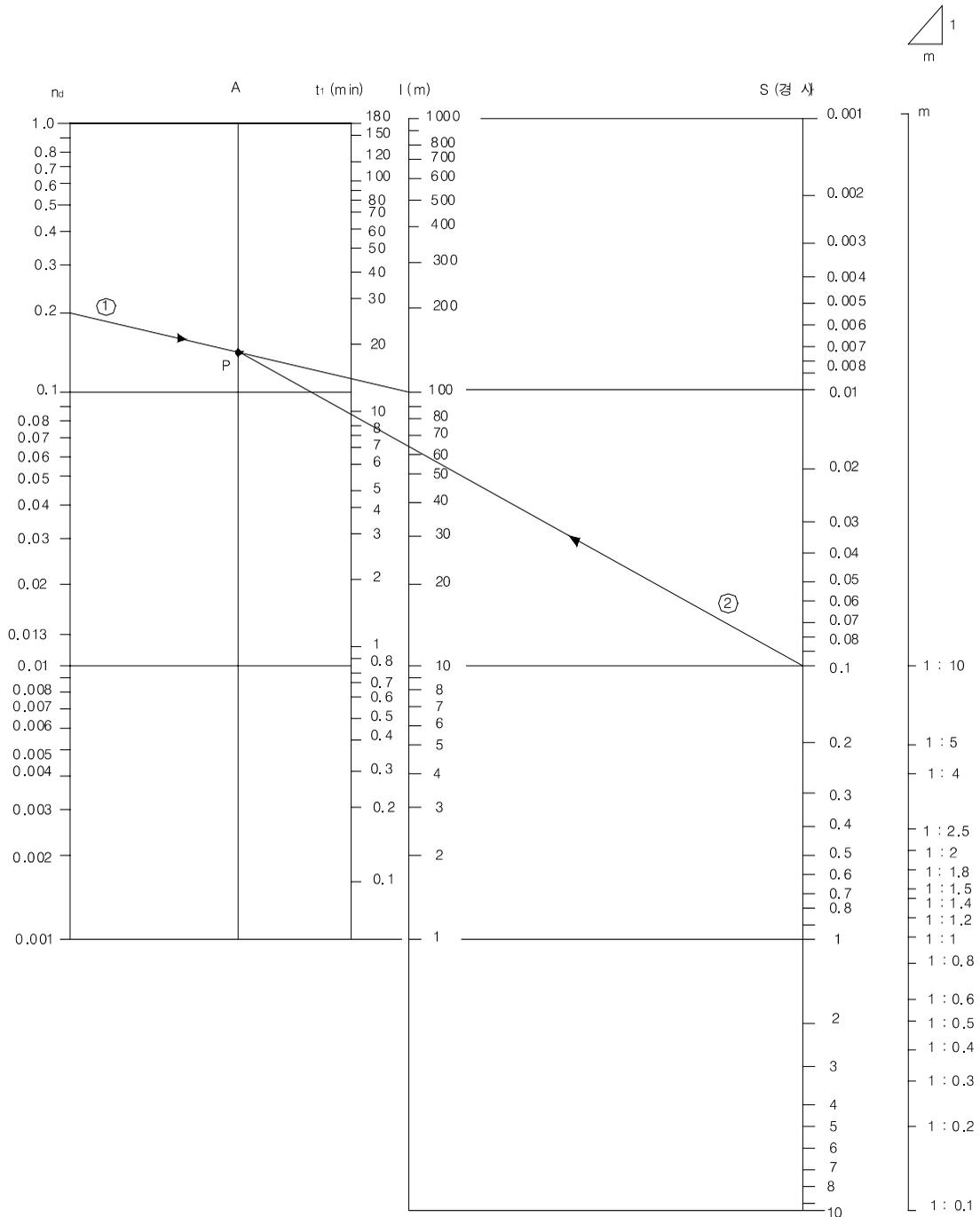
<표 6.4> Kerby식에서의 n_d 값

표 면 형 태	n_d
매끄러운 불투수 표면(smooth impervious surface)	0.02
매끄러운 나대지(smooth bare packed soil)	0.10
경작지나 기복이 있는 나대지 (poor grass, cultivated row crops or moderately bare surfaces)	0.20
활엽수(deciduous timberland)	0.50
초지 또는 잔디(pasture or average grass)	0.40
침엽수, 깊은 표토층을 가진 활엽수림지대 (coniferous timberland, deciduous timberland with deep forest litter, or dense grass)	0.80

주) 수자원 관리기법 개발 연구 조사 보고서(건설부, 1991)

<그림 6.2>는 식 (6.1)을 도표화(圖表化)한 것이다. 한편, 우리나라 ‘하수도 시설기준(2005)’에 의하면 유입시간의 표준치는 다음과 같다.

- 인구밀도가 큰 지구 : 5분
- 인구밀도가 적은 지구 : 10분
- 평 균 : 7분
- 간선 하수관거 : 5분
- 지선 하수관거 : 7~10분



〈그림 6.2〉 유입시간 산정용 모노그램

[계산 예]

경사 10%($S = 0.1$) 유로(流路)거리 100m의 밭($n_d = 0.20$)에서의 유입시간 t_1 을 구한다. 먼저 <그림 6.2>에서 $n_d = 0.2$ 와 $\ell = 100$ 을 잇는다.(그림에서 ①) 그리고 A선과 교점을 P로 한다. $S = 0.1$ 의 점과 P를 잇는다. 따라서 t_1 의 축에서 $t_1 = 10$ 분을 구할 수 있다.

- 배수구역이 일반적인 경우 (하천) (t_1)

배수구역(집수구역)이 하천과 같이 넓은 경우 유입시간은 주 계곡(主 溪谷)을 따라 형성되는 분수령의 최원점에서 하천 시점까지 강우가 유입되는 시간을 의미하며, 이 시간은 강우도달시간 가운데 차지하는 비중이 매우 작으므로 고려하지 않을 경우도 있다.

$$t_1 = 0.833LS - 0.6 : \text{Rizha 공식} \quad (6.2)$$

여기서, t_1 : 유입시간 (min)

L : 유로길이 (km)

S : 유로의 평균경사 (H/L , m/m)

③ 유하시간의 산정

유하시간은 배수구역의 특성에 따라 다음과 같이 산정한다.

- 배수구역이 도심지 구역인 경우 (t_2) : 하수도관망에 의한 배수 등

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} : \text{SCS 평균유속공식} \quad (6.3)$$

여기서, t_2 : 유하시간 (min)

L : 유출량을 구하려고 하는 지점까지 배수로의 수평거리 (m)

V : 배수로에서의 평균유속 (m/sec)

- 배수구역이 일반적인 경우 (t_2) : 하천인 경우

배수구역이 하천인 경우 유하시간은 다음의 3가지 방법에 의하여 산정한다.

(a) 방법 1 : Kraven 공식 (평지 하천 적용 : 하도경사 1/200 이하)

$$t_2 = 0.444LS^{-0.515} : \text{Kraven 공식} \quad (6.4)$$

여기서, t_2 : 유하시간 (min)

L : 유출량을 구하려고 하는 지점까지 배수로의 수평거리 (km)

S : 유로경사 (H/L , m/m)

(b) 방법 2 : Rizha 공식 (산지하천 적용 : 하도경사 1/200 이상)

$$t_2 = 0.833LS^{-0.6} \quad (6.5)$$

여기서, t_2 : 유하시간 (min)

L : 유로길이 (km)

S : 유로의 평균경사 (H/L , m/m)

(c) 방법 3 : 실측 수문자료를 분석하여 산정

(2) 설계 강우강도 산정

- ① 노면배수시설물 및 일반 구조물의 유출량 산출에 사용되는 I,D,F 곡선(intensity duration frequency, 강우강도-지속시간-생기빈도곡선)은 국토해양부에서 제시한 <부록편 그림 5.1~ 5.69>를 활용한다. 단, 추후 재개정 및 보완자료를 발표 시에는 신규자료를 활용한다.
- ② I,D,F 곡선이 제시된 지역은 지점별 강우강도표를 적용하고 그외의 지역은 최인접 지점의 강우강도표를 사용하되, 계획대상지점의 설계 강우강도를 이용하여 강우강도표를 작성한 값과 최인접 지점의 설계 강우강도표와 비교후 큰 값을 적용한다. 단, 중요한 배수시설물은 관계부서 및 감독관과 협의후 설계 강우강도를 정하여야 한다.

예) 10년의 확률년을 갖는 폭우가 서울에서 강우지속시간이 30분일 때 강우강도를 구한다면, <부록편 그림 5.7>에서 지속시간 30분 축과 10년 빈도곡선이 만나는 값을 읽으면 왼편의 강우강도는 $98mm/hr$ 이 구해진다.

6.3 설계홍수량

설계홍수량은 유역크기에 따라 소규모·중규모 또는 대규모 유역으로 구분하고, 도시하천과 자연하천 유역 등으로 구분하여 각각의 유출특성에 맞는 방법을 적용한다.

유출은 배수면적·유역의 형상·유역 경사·토지이용 상태·토양과 지질학적 인자·고도·유역의 방향성·유로 특성·관망 조직의 구성 양상 등의 지상학적 인자와 강우 및 강설·온도·습도·증발산·강우와 함께 강설의 해빙 등의 기상학적 인자에 영향을 받는다. 또한 유출은 눈과 빙하, 배수구역 표면의 계절성을 띤 식생의 분포, 하천 개·보수로 인한 인공적·자연적 유역 특성에 따라 영향을 받게 된다. 따라서 유출 특성에 따라 소규모·중규모·대규모 유역으로 분류하고, 각각의 유출 특성에 맞는 설계홍수량 산정방법을 적용한다.

도시하천 유역은 토질·지형·불투수 면적·도달시간 등의 유출특성이 자연하천과 크게 다르고, 우수 관거에 의하여 강제 배제되므로 자연하천과는 다른 특성을 갖는다. 따라서, 적용대상 유역의 특성에 적합한 설계홍수량 방법을 적용한다.

배수구조물의 단면을 결정하기 위한 유출량(설계유량) 즉, 계획홍수량을 추정할 수 있는 방법에는 합리식·표준유출법·수문곡선 추적법이 있으며, 유역면적에 따라 아래와 같이 구분하여 적용한다.

- (1) 유역면적이 $4.0km^2$ 이하일 경우 : 합리식
- (2) 유역면적이 $4.0km^2$ 이상이고 강우량과 유출량 자료가 다수 존재할 경우 단위유량도법을 이용, 유출량 자료의 활용이 어렵고 간접적인 방법으로 산정할 경우 합성단위유량도법을 이용한다.
- (3) 교량부 수로 : 기수립된 하천정비 계획을 조사하여 설계에 적용하고, 미수립된 하천지역은 표준축차계산법에 의하여 계산하여 적용

유역면적은 도로 침수면적과 도로 인근 지대에서 우수가 유입하는 지역의 면적을 합한 것인데, 인접 지역에서 우수가 유입하는 지역의 면적은 유역의 특성을 감안하여 1/1,000~1/25,000 도상에서 분수령을 찾아서 구한다.

6.3.1 합리식 (rational method)

$$Q_d = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot I \cdot A \quad (6.6)$$

여기서, Q_d : 첨두홍수량 (m^3/sec)

C : 강우에 대하여 배수유역의 특성에 따라 결정되는 유출계수

I : 설계 강우강도 (mm/hr)

A : 유역면적 (km^2)

합리식은 강우 유출과 직접 연관을 가지며, 유역면적이 $4.0km^2$ 이내일 때 사용되고, 0.8% 이내의 오차를 갖는 경험 공식이며, 모든 수문계산 시 간략 해석으로 사용할 수 있다. 유출계수 C는 배수구역 내의 지표면 상태 · 경사 · 토질 · 강우지속시간 등에 따라 결정되며, 전반적인 상태로써 대표할 필요가 있고, C에 대한 값은 <표 6.5>에 있다.

강우강도 I는 유대함수로써 구하고, 합리식에서는 전 지역에 균일한 우수가 발생하는 것으로 본다. 유역면적 A는 도상(圖上) 작업에 의하여 직접 산출한다. 우수가 발생하는 지역에서 강우지속시간이 구해지면 강우강도-지속시간-빈도곡선을 이용하여 강우강도를 구한다.<<부록편 그림 5.1~5.69>>참조)

〈표 6.5〉 합리식에서의 C값

유역면적의 상태 C값	유역면적의 상태 C값
포장면0.9	도시지역0.7
가파른 산지 및 비탈면0.8	잡 지0.6
가파른 계곡 경작지0.8	경작하는 평작지0.5
논0.8	경작하는 평계곡0.6
완만한 산지0.7	수 림0.3
완만한 경작지0.7	밀림수림과 덩불숲0.2

※ 단, 지역의 기상조건과 설계시 설계자의 판단에 의해 유출계수값(C)을 상향 조정하여 사용할 수 있다.

합리식의 전제조건은 다음과 같다.

- ① 강우강도 I 의 강우에 의한 홍수량 Q_d 는 그 강도의 강우가 유역의 도달시간과 같거나 더 큰 시간 동안 계속될 때 최대치에 도달한다.
- ② 강우의 지속기간이 유역의 도달시간과 같거나 길 때 강우강도 I 인 강우에 의한 첨두홍수량 Q_d 는 강우강도 I 와 직선적 관계를 가진다.
- ③ 첨두홍수량의 발생확률은 주어진 도달시간에 대응하는 강우강도의 발생확률과 동일하다.
- ④ 유출계수 C 는 각각 다른 발생확률을 가지는 강우-유출 사상에 관계없이 동일하다.

6.3.2 단위유량도법

단위유량도법을 중규모 유역에 적용하기 위해서는 유역의 강우량 자료와 유출량 자료가 다수 존재하여야 하고, 관측된 유출량 자료를 바탕으로 한 유역의 대표단위도가 존재하는 경우에 한하여 사용한다.

6.3.3 합성단위유량도법

합성단위유량도법은 유역의 유출량 자료가 존재하지 않는 미계측 유역에서의 사용을 원칙으로 한다. 즉, 국내 실정상 대표단위도를 작성하기 어려운 경우가 많으므로 이러한 경우에는 합성단위유량도를 작성하여 사용하도록 하며, 주로 사용되는 합성단위도법으로는 Snyder · SCS · Nakayasu · Clark · Nash 방법이 있다. 적용의 절차는 단위유량도법 적용에 준하여 적용한다. 다만, 미계측 유역에서 유출량 자료가 없는 경우, 유효유량의 산정은 “SCS 유효유량 산정법”을 이용한다.

6.4 유속 및 경사

(1) 유속

수로내의 평균유속은 Manning의 식으로 구한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (6.7)$$

여기서, V : 평균유속, m/sec

n : Manning의 조도계수 (〈표 6.6〉)

R : 동수반경, m

S : 수로의 종단경사, m/m

- ① 개수로나 관수로의 평균유속 공식은 오래 전부터 많은 공식들이 제안되고 있으나, 여기에서는 비교적 계산이 간단하고 또 신뢰할 수 있는 Manning의 공식을 사용하며, 아래와 같은 변수자료가 쓰인다.

$$Q : \text{배수량 } (m^3/sec) : Q = A \cdot V \quad (6.8)$$

여기서 A : 유수부분의 통수 단면적 (m^2)

P : 윤변 (m) - 수로 횡단면에 있어서 물이 접하고 있는 부분의 길이

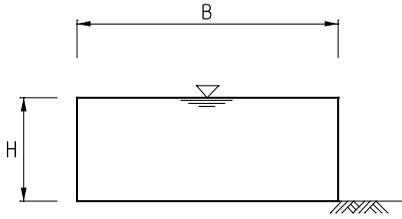
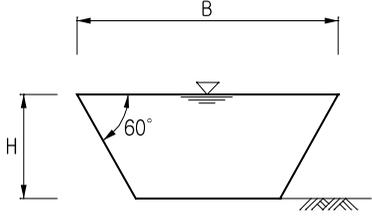
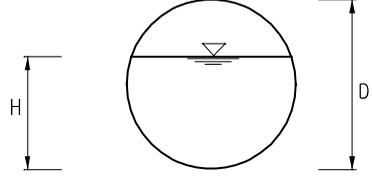
R : 동수반경(또는 경심) (m) - 경심 $R = A/P$

- ② 주요 단면의 단면적과 동수반경은 〈그림 6.3〉과 같다.

(단, 주로 만류를 전제로 한 것임)

- ③ 조도계수(n)는 유수에 대한 수로의 저항을 나타내는 척도이며, 수리계산에서 중요한 기본값 중의 하나이다. 따라서, 수로계산에 있어서 조도계수를 적절하게 선정한다는 것은 대단히 중요하다. Manning공식에 있어서의 조도계수는 수치적으로는 큰 값을 나타낸다.

〈표 6.6〉에서 수로상태에 따라 조도계수(n 또는 $M = 1/n$)를 찾을 수 있다.

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

〈그림 6.3〉 경제적인 수로단면

〈표 6.6〉 Manning의 조도계수 n값

1) 폐수로

수 로 유 형	n	
	양호	보통
가) 콘크리트 Culvert	0.013	0.015
나) 구운 옹관(매끈함)	0.012	0.014
다) 강관(도장 없음)	0.013	-
라) 강관	0.011	-
마) 벽돌 수로	0.014	0.017
바) 콘크리트 일체식 수로		
① 합판 거푸집 사용, 거칠음	0.015	0.017
② 합판 거푸집 사용, 매끈함	0.012	0.014
③ 강제 거푸집 사용	0.012	0.013
사) 석축벽		
① 바닥과 천정 콘크리트 사용	0.017	0.022
② 자연 수로 바닥	0.019	0.025
아) 나무판 수로	0.015	0.017
자) 구운 넓적한 흙벽돌 수로	0.015	-

2) 개수로-초목 식생방지 라이닝-직선적으로 정리된 수로

수 로 유 형	n	
	양호	보통
가) 전 표면이 콘크리트이며, 표면형태는		
① 성형되었으며 마무리 없음	0.013	0.017
② 흙손으로 마무리	0.012	0.014
③ 쇠손으로 마무리	0.013	0.015
④ 바닥에 자갈산재	0.015	0.017
⑤ 양호한 단면	0.016	0.019
⑥ 파형단면	0.018	0.022
나) 콘크리트 바닥은 쇠손 마무리 되었으며, 측벽은		
① 일정 규격 돌메붙임	0.015	0.017
② 불규칙 돌메붙임	0.017	0.020
③ 석축 모르타르 쌓기	0.020	0.025
④ 석축 모르타르 바름 실시	0.016	0.020
⑤ rip-rap쌓기	0.020	0.030
다) 수로바닥은 세립모래질이며, 측벽은		
① 콘크리트 측벽	0.017	0.020
② 불규칙 돌 메붙임	0.020	0.023
③ rip-rap쌓기	0.023	0.033
라) 벽돌	0.014	0.017
마) 아스팔트		
① 매끈함	0.013	-
② 거침	0.016	-
바) 널판지 수로로 깨끗한 상태	0.011	0.013
사) 암석 절취구간으로 콘크리트 라이닝 처리		
① 단면 양호	0.017	0.020
② 단면이 불규칙적임	0.022	0.027
아) 수로(급경사)	0.013	-

3) 도로와 고속도로 수로

수 로 유 형	n
가) 콘크리트 수로(흙손 마감)	0.012
나) 아스팔트 수로	
① 매끈한 표면처리	0.013
② 거친 표면처리	0.016
다) 콘크리트 수로(아스팔트 도포)	
① 매끈함	0.013
② 거침	0.015
라) 시멘트 콘크리트 포장 수로	
① 미장 마감	0.014
② 빗질 마감	0.016
③ 빗질 마감, 거칠음	0.020

4) 굴착한 개수로-수로 직선 정비되었고, 자연상태의 라이닝

수 로 유 형	n	
	양호	보통
가) 토사수로로서 일정 단면(최상 상태)		
① 최근 완성되었으며, 수로 상태 양호	0.016	0.018
② 수로가 오래되었으며, 상태 양호	0.018	0.020
③ 몇몇의 수목과 작은 키의 풀이 있음	0.022	0.027
④ 균일한 단면에 자갈이 산재, 상태 양호	0.022	0.025
나) 토사수로로서 일정 단면 양호		
① 식생이 없음	0.022	0.025
② 잔디와 약간의 수목	0.025	0.030
③ 수로 깊은 곳에 수목이 우거지거나 수생식물이 번식	0.030	0.035
④ 측벽은 깨끗하고 바닥에 자갈	0.025	0.030
⑤ 측벽은 깨끗하고 바닥에 조약돌	0.030	0.040
다) 바닥이 준설됨		
① 식생이 없음	0.028	0.033
② 초목은 잘라냄	0.035	0.050
라) 압		
① 설계 단면상태 단면	0.035	-
② 자연 그대로의 상태 단면		
a) 완만하고 균일함	0.035	0.040
b) 들쭉날쭉 불규칙함	0.040	0.045
마) 수로의 유지보수가 없으며, 수목 그대로 방치		
① 수목이 우거지고 수심만큼 자람	0.080	0.120
② 바닥이 깨끗하고, 측벽 풀음 뱀	0.050	0.080
③ ②와 같은 유수깊이가 최소상태	0.070	0.110
④ 풀은 바삭 잘라버리고 그 상태 유지	0.010	0.014

5) 자연수로

수 로 유 형	n	
	양호	보통
가) 흐름		
① 상당히 불규칙한 단면		
a) 약간의 수림과 풀베기가 조금 또는 거의 없음	0.030	0.035
b) 수림이 우거져 있고 유류는 초목보다 더 높은 상태	0.035	0.050
c) 약간의 수목, 제방은 가벼운 풀베기 실시	0.035	0.050
d) 약간의 수목, 짧게 풀베기 실시	0.050	0.070
e) 약간의 수목, 제방에 버들이 심하게 자람	0.060	0.080
f) 수목이 심히 자라 유류가 침식된 상태	0.010	0.020
② 수로가 움푹옴푹 패여 불규칙하고 약간 구불구불 함		
a) 위의 a)~e)의 형상 값에 우측 값 증가시켜 사용함	0.0.10	0.020
③ 계곡부 흐름으로 수로에 풀은 없으며, 제방의 경사는 급함, 초목은 모두 제거되었음		
a) 수로바닥 : 자갈, 조약돌과 약간의 큰 돌이 있음	0.040	0.050
b) 수로바닥 : 조약돌과 매우 큰 약간의 암 괴돌이 있음	0.050	.070
나) 흐름 평면(자연 흐름에 가깝고)		
① 건설 후 시간이 지났으며, 정비 없음		
a) 짧은 풀이 자람	0.030	0.035
b) 키가 큰 풀이 자람	0.035	0.050
② 경작지대		
a) 수로에 경작이 없음	0.030	0.040
b) 경작물이 균일하게 자라고 있음	0.035	0.045
c) 경사지로 이용	0.040	0.050
③ 잡초가 우거지고 부분적으로 정비됨	0.050	0.070
④ 가볍게 정비되고 수목 있음		
a) 겨울	0.050	0.060
b) 여름	0.060	0.080
⑤ 중간 정도의 정비 상태		
a) 겨울	0.070	0.110
b) 여름	0.100	0.160
⑥ 버드나무가 우거져 있으나 물살에 의하여 구부러진 흔적 없음	0.150	0.200
⑦ 나무 그루터기를 제거하여 토지가 깨끗한 상태		
a) 새싹이 보이지 않음	0.040	0.050
b) 싹이 돌아나 무성히 자람	0.060	0.200
⑧ 수목에 단단한 거침대가 반혀져 있고, 쓰러진 나무가 조금 있으며, 거의 성장은 지장 없음		
a) 나무가지 아래로 물이 흐름	0.100	0.120
b) 나무가지까지 수위가 다다름("n"만큼 수위 상승)	0.120	0.160

(2) 경사

배수로 및 배수거(암거, 배수관)의 최소 경사는 0.5%(부득이한 경우 0.2%)를 원칙으로 하나, 토사의 침전과 마모 등을 방지하기 위하여 평균유속이 0.8~3.0m/sec의 범위가 되도록 설계하는 것이 좋다. 토사의 유출이 많은 지역 또는 시공 후 청소하기가 곤란한 배수로에 있어서, 경사가 완만한 경우에는 토사의 침전시설을 많이 설치해서 토사가 흘러 내려가는 것을 방지하여야 한다. 수로의 경사가 지형 조건 등에 의하여 급하게 되어, 유속이 규정치를 상회할 경우에는 수로단면을 충분히 안전하게 하거나, 배수시설의 재질이나 품목을 바꾸어서 조도계수나 경심을 변경해서 안전한 수로가 되게 설계하여야 한다.

6.5 소요 통수단면

(1) 배수로 및 배수거(암거, 배수관)의 통수유량

배수로 및 배수관의 통수량은 평균유속과 통수 단면적의 곱으로 구한다.

$$Q_i = V \cdot A = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \cdot A \quad (6.9)$$

여기서, Q_i : 통수유량 (m^3/sec)

V : 평균유속 (m/sec)

A : 통수단면적 (m^2)

n, R, S : '6.5 유속 및 경사' 참조

(2) 배수로 및 배수거(암거, 배수관)의 통수단면 결정

배수로 및 배수관의 단면을 설계할 때는 유지관리의 효율성, 퇴적의 정도 등을 감안하여 설치위치 및 종류에 따라 다음과 같은 설계통수량으로 산정한다.

- ① 배수관, 수로암거 일반적인 경우 : 최대 통수량의 80%
 - 경사 0.2% 이하 또는 유속이 0.6m/sec 이하인 경우 : 최대 통수량의 70%
 - 경지 정리된 논경작지, 집단가옥, 도심지 등 : 최대 통수량의 70%
 - 산지부, 토사 퇴적 및 유송잡물이 많은 곳 : 최대 통수량의 50%
- ② 중앙분리대 종배수관, 횡배수관 : 최대 통수량의 70%
- ③ 노면배수시설 중 길어깨측, 중분대측 노면배수 : 최대 통수량의 100%

- ④ 땅깍기부·흙쌓기부 도수로, 산마루 측구, 흙쌓기부 비탈면 끝 측구 등 측구시설 및 기타 시설의 일반적인 경우 : 최대 통수량의 80%
- 경사 0.2% 이하 또는 유속이 $0.6m/sec$ 이하인 경우 : 최대 통수량의 70%
 - 경지 정리된 논경작지, 집단가옥, 도심지 등 : 최대 통수량의 70%

6.6 지하 배수시설 기준

6.6.1 투수

(1) Darcy의 공식

투수는 투수성 매체를 통한 물의 흐름 또는 거동으로 정의할 수 있으며, Darcy는 모래층에 대한 투수 실험을 통하여 다음 식을 제안하였다.

$$V = K \cdot i, \quad Q = K \cdot i \cdot A \quad (6.10)$$

여기서, V : 투수속도 (m/day 또는 cm/sec)

K : 투수계수(〈표 6.8〉) (m/day 또는 cm/sec)

i : 동수경사{유수방향으로 총수두(H)의 거리에 대한 변화 비}

Q : 투수량 (m^3/day 또는 cm^3/sec)

A : 투수단면적 (m^2 또는 cm^2)

Darcy의 공식은 지하수의 흐름이 층류일 때 성립하며 지하수의 흐름이 층류인가를 판단하기 위하여 Reynolds수(Re)를 이용한다. Reynolds수는 점성력의 비로 나타내는 무차원의 양으로 값이 커지면 층류에서 난류로 변화되며, $Re = 1 \sim 10$ 의 범위에서 Darcy의 공식을 적용할 수 있다. 자연상태의 지층에서 지하수의 흐름은 보통 $Re < 1$ 이므로 Darcy의 공식이 적용된다.

$$Re = \frac{\rho V \ell}{\mu} \quad (6.11)$$

여기서, Re : Reynolds수, 무차원

ρ : 유체의 밀도 (g/cm^3)

V : 유속 (cm/sec)

ℓ : 관의 직경 (cm)

μ : 점성계수 ($g/cm/sec$)

(2) 투수계수

투수계수는 물이 통과하는 투수성 매체의 전도능력을 말하며, 흙의 투수계수는 토립자의 입경 · 공극률 · 수온에 영향을 받는다. 투수계수는 기 조사된 흙의 투수계수를 활용하거나 경험공식, 현장 및 실내실험을 실시한다.

① 투수계수의 경험공식

(가) Slichter의 공식

$$K = k_1 \cdot de^2 \quad (6.12)$$

여기서, K : 투수계수 (cm/sec)

k_i : 공극률 n 에 따라 변하는 상수 (<표 6.7>)

de : 유효입경 (mm)

<표 6.7> 공극률 n 에 대한 상수 k_1 (수온 $10^\circ C$)

n	k_1	n	k_1	n	k_1	n	k_1
0.26	0.09	0.32	0.19	0.38	0.31	0.44	0.52
0.28	0.12	0.34	0.23	0.40	0.37	0.46	0.61
0.30	0.15	0.36	0.29	0.42	0.42	0.48	0.68

(나) Hazen의 공식

$$K = c(0.7 + 0.03t)D_{10}^2 \quad (6.13)$$

여기서, K : 투수계수 (cm/sec)

c : 상수(40~116)

t : 수온 ($^\circ C$)

D_{10} : 유효입경 (mm)

② 일반적인 투수계수의 값

실내실험 또는 현장실험을 통하여 투수계수 측정이 곤란하거나 투수계수 개략 값만으로 문제점이 없다고 판단될 경우, <표 6.8>을 참고 할 수 있다.

〈표 6.8〉 일반적인 흙의 투수계수

흙 의 분 류	투 수 계 수 (cm/sec)	투 수 성
자갈이 섞인 흙	0.1 이상	투수성이 매우 높음
모래, 세립 모래	$0.1 \sim 1 \times 10^{-3}$	중간정도의 투수성
모재질 로움 (loam)	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	투수성이 낮음
실트 (silt)	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-7}$	투수성이 매우 낮음
점토 (clay)	1×10^{-7} 이하	불투수성

6.6.2 맹암거의 수리

맹암거는 도로 내의 지하수를 집수하여 지하수위를 낮추게 된다. 맹암거로 유입되는 지하배수량 산정은 다양한 경험식과 이론식이 있으나 현장조건과 정확히 일치되는 경우가 많지 않아 다소 부정확한 상황이다. 몇 가지 도로조건을 고려한 지하배수량 산정방법은 다음과 같다.

(1) 맹암거가 투수층을 차단한 경우

- ① 맹암거가 불투수층에 접하고 불투수층의 경사가 매우 큰 경우 지하수는 일방향 즉, 경사방향으로 맹암거에 유입되며 다음 식이 성립된다.

$$Q = K \cdot i \cdot H_0 \cdot L \quad (6.14)$$

여기서, Q : 지하배수량 (cm^3/sec)

K : 투수계수 (cm/sec)

i : 불투수층의 경사

H_0 : 지하수위 저하량 (cm)

L : 맹암거의 길이 (cm)

- ② 맹암거가 불투수층에 접하고 불투수층의 경사를 무시할 수 있어 지하수는 양방향에서 맹암거로 유입되며 다음 식이 성립된다.

$$Q = \frac{K \cdot H_0^2}{R} \cdot L \quad (6.15)$$

여기서, Q : 지하배수량 (cm^3/sec)

K : 투수계수 (cm/sec)

H_0 : 지하수위 저하량 (cm)

$R : 2k^{\frac{1}{2}} \cdot H_o^{\frac{3}{2}}$ 맹암거 영향권의 반지름 (cm)

$L :$ 맹암거의 길이 (cm)

- ③ 땅깍기부 도로에서 맹암거는 도로의 양측 끝에 설치되고, 포장면에서 지하수 유입을 고려하지 않는다면 일방향 유입으로 가정할 수 있으므로 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$Q = \frac{K \cdot H_o^2}{2R} \cdot L \quad (6.16)$$

(2) 맹암거가 불투수층과 떨어진 경우

- ① 맹암거의 바닥이 불투수층에 이르지 않고 불투수층까지의 깊이가 낮은 경우에는 다음 식이 성립된다.

$$Q = K \cdot H_o^2 \cdot \left(\frac{t + 0.5r_o}{h_o} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{2h_o - t}{h_o} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot L \quad (6.17)$$

여기서, $Q :$ 지하배수량 (cm^3/sec)

$K :$ 투수계수 (cm/sec)

$H_o :$ 지하수위 저하량 (cm)

$R : 2H_o \cdot K^{\frac{1}{2}} \cdot H^{\frac{1}{2}}$ ($H :$ 원지하수위, cm) 맹암거 영향권의 반지름 (cm)

$t :$ 맹암거 영향권의 수심 (cm)

$r_o :$ 맹암거 내 유공관의 반지름 (cm)

$h_o :$ 불투수층에서 지하수위까지 높이 (cm)

$L :$ 맹암거의 길이 (cm)

- ② 맹암거에서 불투수층까지의 깊이가 깊고 맹암거의 바닥으로부터 지하수가 유입되는 경우에는 다음 식이 성립된다.

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot H_o^2}{2.3 \log(2R/r_o)} \cdot L \quad (6.18)$$

여기서, $Q :$ 지하배수량 (cm^3/sec)

$K :$ 투수계수 (cm/sec)

$H_o :$ 지하수위 저하량 (cm)

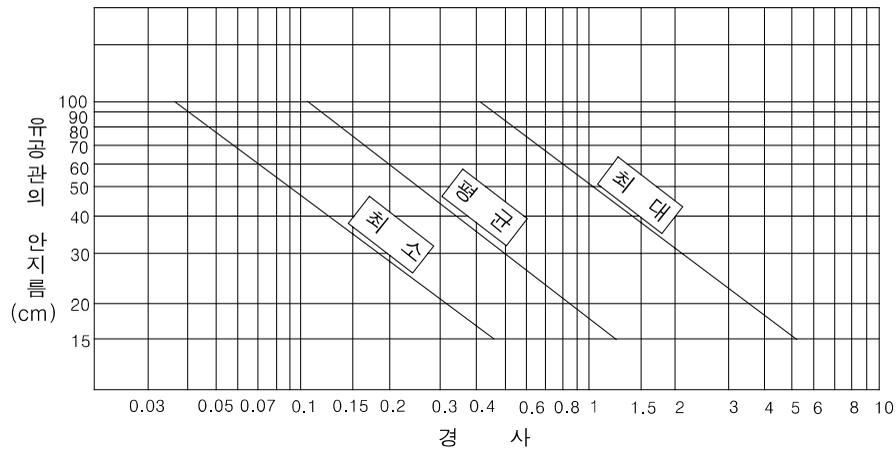
$R : 2H_o \cdot K^{\frac{1}{2}} \cdot H^{\frac{1}{2}}$ ($H :$ 원지하수위, cm) 맹암거 영향권의 반지름, (cm)

r_0 : 맨암거 내 유공관의 반지름 (cm)

L : 맨암거의 길이 (cm)

6.6.3 지하배수관의 유속과 경사

지하배수관 내의 평균유속은 만닝식에서 구하며, 가능한 한 $0.3\sim 1.0m/sec$ 가 되도록 경사를 준다. 만류 시의 경우에 대해서 $0.3\sim 1.0m/sec$ 의 유속이 되는 경사를 <그림 6.4>에 표시한다.



주) : 만류 유속(m/sec) 최대 약 1.0, 평균 약 0.5, 최소 약 0.3

<그림 6.4> 유공관의 안지름과 경사의 관계



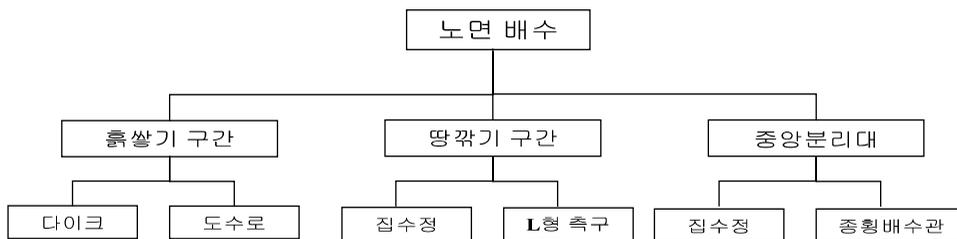
7. 노면배수시설

7.1 일반사항

도로부지 내(노면 및 비탈면)에 강우 또는 강설에 의하여 발생한 우수는 도로 노면, 땅깍기 비탈면, 흠쌓기 비탈면에 직접 내린 우수 및 응설수 그리고 도로와 인접한 지역에 내린 지표수가 흘러 도달한 우수 및 응설수가 있다. 노면배수는 도로부지 내(노면 및 비탈면)에 강우 또는 강설에 의하여 발생한 우수를 원활히 처리하기 위하여 설치한다.

노면에 내린 우수와 도로 인접지에서 도달한 물을 배제하는 시설을 노면배수시설이라 부른다. 비탈면으로 흐르는 물도 표면수이지만, 이를 위한 배수시설은 비탈면 배수시설이라 부르고, 제 8장에 서술하였다.

노면배수시설의 설계는 <그림 7.1>과 같은 흐름으로 설계할 수 있다.



<그림 7.1> 노면배수의 종류

먼저, 설계에 앞서 토질조사 및 수문조사 자료와 현장답사를 실시하여 집수 및 배수를 가장 효율적으로 할 수 있는 설치위치를 결정한다. 이때 유송잡물에 의한 통수능력 저하 및 배수구조물에 피해를 유발시키는 영향이 적고, 원활한 배수가 이루어지는 곳을 선정한다. 또한, 향후 도로 공용 후 유지관리가 용이하게 이루어질 수 있는 곳에 설치하여야 한다. 위치 결정 후에는 경제적이고 친환경적이며, 시공이 용이한 측구·도수로 등 노면배수시설물을 결정한다.

7.2 노면배수 설계의 기본사항

(1) 횡단경사

노면의 횡단경사는 강우 혹은 융설에 의한 노면상의 물을 측구로 유도하기 위하여 필요하다. 단면 형상은 노면의 물을 충분히 배제하는 동시에 주행 차량에 대하여 안전하고 지장이 없는 것으로 한다. 횡단경사는 일반적으로 기상·선형·종단경사·노면의 종류 등을 고려하여 결정하며, 노면배수를 위해서는 일반적으로 표준편차 2.0% 으로 한다.

(2) 종단경사

종단경사는 우수의 유달시간에 영향을 미치고, 배수시설에 의하여 우수를 배제하고 있는 도로에서는 배수시설의 낙하율에도 영향을 미치므로 최소종단경사를 0.5%로 적용한다.

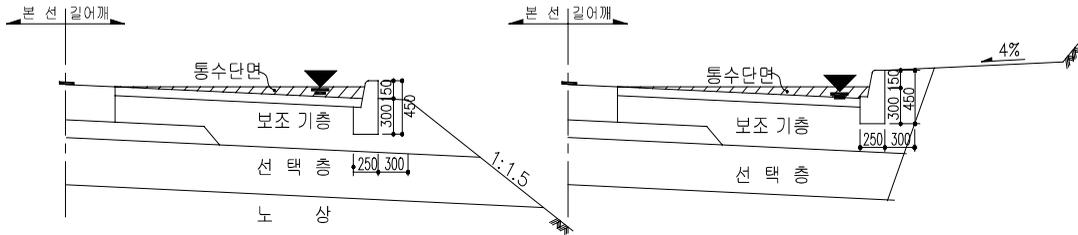
우수의 유달시간은 종단경사가 급할수록 짧아지기 때문에 종단경사가 큰 경우 설계 강우강도가 커지므로 배수시설 규모가 크게 된다. 또한, 종단경사가 급하면 우수는 노면의 종단방향으로 흐르게 되고, 배수시설로 물이 처리되지 않으므로 이와 같은 경우에는 측구 및 배수시설의 규모·배치 등에 주의하여 검토 설치하여야 한다.

(3) 길어깨의 통수단면

길어깨의 배수시설은 노면에 내린 빗물을 배수시키기 위하여 설치하는 것으로서, 길어깨와 흠쌓기부 다이크 또는 L형 측구로 구성되는 삼각형 단면 또는 길어깨 측구를 사용하는 것이 원칙이다.

길어깨를 통수단면으로 사용할 경우의 통수 폭은 원칙적으로 연석으로부터 측대 바깥쪽 선까지이다.

- ① 길어깨 측구는 길어깨 폭이 좁은 부분이 주차대에서나 오르막 차로 길어깨부의 삼각형 단면에서 필요로 하는 충분한 통수단면을 얻지 못할 경우에 설치하며, 차량이 차도를 이탈할 때의 안전을 고려하여 L형으로 계획하여야 한다.
- ② 종단경사가 완만하고 집수 폭이 비교적 좁고, 흠쌓기의 비탈 길이가 짧은 곳에서 비탈면에 손상을 줄 염려가 없을 때는 배수시설을 생략할 수도 있다.
- ③ 다이크는 빗물 등이 흠쌓기 비탈면으로 흘러 비탈면이 유실되는 것을 방지하기 위한 물막이 시설이다.



〈그림 7.2〉 길어깨 통수단면

7.3 측구의 종류와 적용

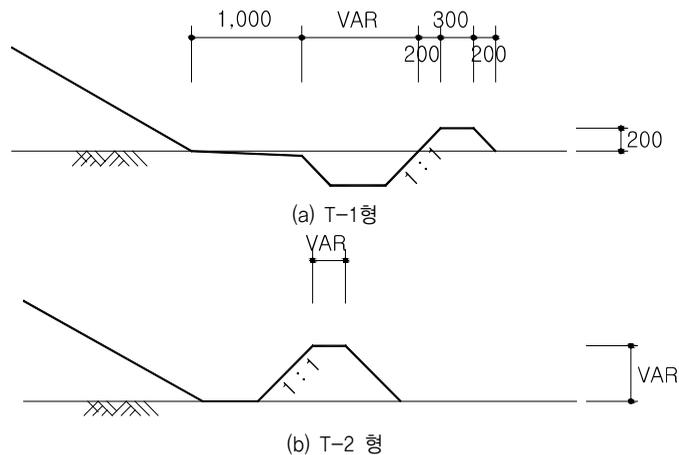
측구(side ditch)의 형상과 구조는 지형, 배수의 목적, 배수량, 배수위치, 경제성 등 여러 가지 조건에 따라 적절한 형태와 크기를 선정하여야 한다. 측구의 종류에는 토사 측구, V형 측구, 땅깍기·흙쌓기 경계부 V형 측구, 산마루 측구, L형 측구 및 U형 측구 등이 있다.

(1) 토사 측구(toe ditch) : (설계 강우 생기빈도 : 10년, 통수단면의 70~80%)

산지, 나지(裸地), 농경지 등 용지 확보가 유리한 구간에 설치하며, 흙쌓기 비탈면 끝에 위치하여 도로 배수를 자연 수로에 연결시킨다.

토사 측구는 〈그림 7.3〉과 같으며, 비탈면에 설치할 경우에는 비탈기슭에 폭 1.0m 정도의 소단을 설치하여 토사유입을 방지한다.

폭과 깊이는 배수량과 관계가 있으며, 단면의 10~20% 정도는 토사의 퇴적을 예상하여 여유 있게 설계한다.

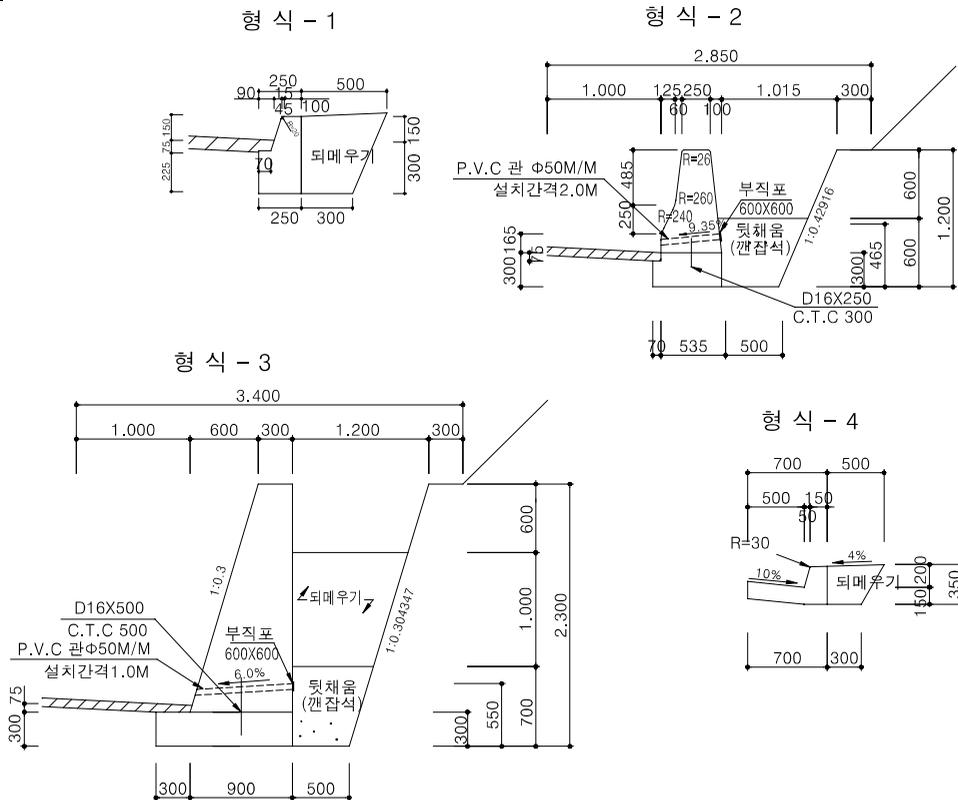


〈그림 7.3〉 토사측구의 종류

④ 형식-4 : 고속도로에 접하여 있는 도로에 설치

※ L형 측구 벽체 배면에 설치되는 시설물(낙석방지울타리 기초콘크리트, 땅깍기부 도수로 집수정, 관통신관로용 맨홀) 설치에 문제가 없는 범위 내에서 표준횡단 조정.

L형 측구 Type-2 배면 여유공간은 저판 기계타설 후 철근삽입, 벽체 배수관설치를 위한 작업공간, 낙석방지울타리 기초 설치를 위하여 500mm 유지



〈그림 7.6〉 형식별 L형 측구

(6) U형 측구 (U-ditch) : (설계빈도 : 5년, 10년, 통수단면의 80%)

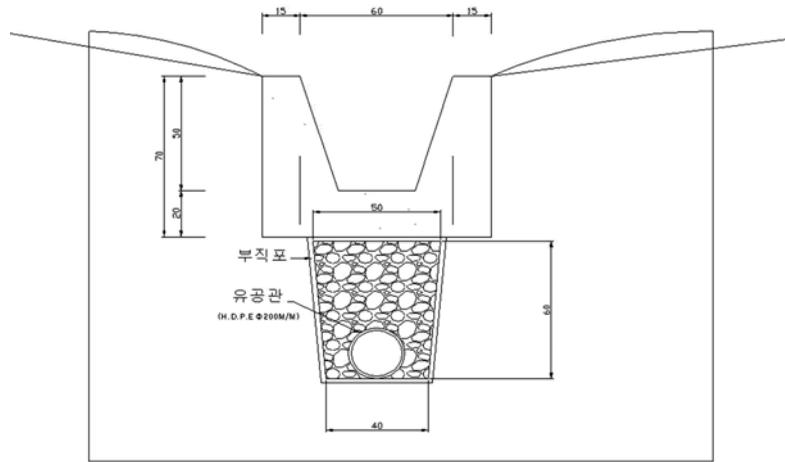
형식별 적용기준에 맞게 지형 여건을 고려하여 인터체인지나 분리 차선 녹지대 및 부체도로에 지형 여건을 감안하여 다음과 같이 설치한다.

- ① 형식-1 : 영업소 및 휴게소에 설치 (5년)
- ② 형식-2~4 : 시가지 구간에서 높이에 따라 설치
- ③ 형식-5 : 고속도로에 접하여 있는 도로에 설치

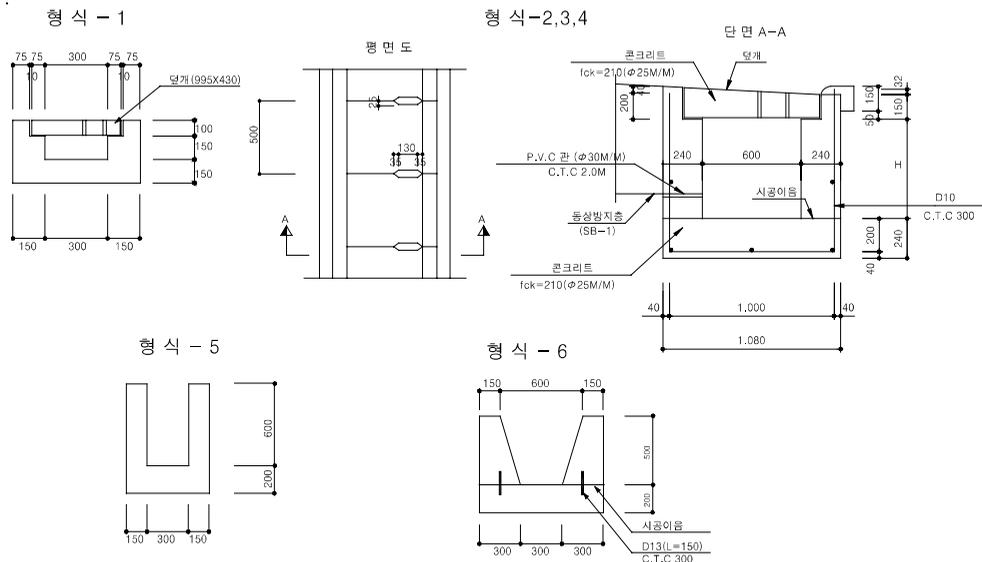
④ 형식-6 : 인터체인지 및 분리구간 녹지대에 설치

※ 녹지대 배수시설

- 기 시행 하고 있는 녹지대 배수로(측구)하부에 지하배수를 위한 맨암거 설치로 지하배수 유도
- 맨암거 시공 시 $\Phi 200mm$ 유공관 또는 투수관 설치로 녹지대 지하침투수 배수
- 맨암거에 토사 유입을 막기 위한 필터재(부직포) 설치
- 녹지대 표면배수를 양호하게 하기 위하여 측구보다 높게 성토
- 표면수는 측구로 유도, 침투수는 맨암거에 의한 지하배수 유도로 녹지대 배수시설 개선



<그림 7.7> 녹지대 측구 맨암거 설치(안) 단면도



<그림 7.8> 형식별 U형 측구

7.4 흠쌓기 구간의 길어깨 배수

길어깨 또는 길어깨 측구를 흐르는 물을 배수하기 위하여 비탈면 도수로를 설치한다. 비탈면 도수로 는 유량이 길어깨 또는 길어깨 측구의 허용 통수량과 같게 되는 곳, 길어깨 또는 길어깨 측구의 종단 최요부(最凹部), 교량 고가 구간 및 연약지반, 암거 평행식 날개벽 상부의 법면이 2단(높이 12m)이상 이고 날개벽 상부를 포함한 파라펫트 길이가 20m 이상인 경우의 암거 날개벽 끝단부·인근 횡배수 관 흠쌓기부 연결부·높은 흠쌓기 구간에서 장치 흠쌓기의 침하에 의하여 길어깨 배수에 지장을 준다고 예상되는 곳에 설치한다. 설계에 있어서는 지형, 비탈면의 상태, 연결되는 배수시설(중앙분리대의 맨홀, 측구의 집수정 등의 위치)을 고려하여서 가장 효과적인 위치에 설치하여야 한다.

비탈면 도수로의 간격은 30~150m의 범위를 원칙으로 한다. 그러나 길어깨의 빗물만을 배수시키는 비탈면 도수로의 간격은 최대 300m로 설치할 수 있다. 또한 산악지의 경우 노면수를 적절하게 처리 하지 못할 경우 쌓기비탈면의 붕괴로 인한 도로유실이 발생할 수 있으므로 최대설치간격을 70m로 설치한다.

길어깨에 흐르는 물을 모아서 비탈면 도수로에 흘러 들어가게 하는 유입구(집수거)를 설치하여야 한다. 또한 계산상 도수로의 간격이 30m 이하인 경우에는 인근 도수로의 규격을 키우거나 길어깨 측구 등 별도의 대책을 강구한다.

단면 형식	비고
<p style="text-align: center;">쌓기부 다이크 집수거 (L형)</p> <p style="text-align: right;">S = 1:50</p> <p style="text-align: center;">단면 A - A</p> <p style="text-align: right;">S = 1:30</p> <p>* A(다이크 노출높이) : 일반부:150, 보강부:200</p>	<p>· 다이크 돌출부 제거 및 라운드 처리</p>
<p style="text-align: center;">쌓기부 다이크 집수거 (T형)</p> <p style="text-align: center;">단면 A - A</p> <p style="text-align: right;">S = 1:30</p> <p>* A (다이크 노출높이) : 보강부:200</p>	

(그림 7.9) 흙쌓기 구간의 다이크 집수거

(1) 비탈 도수로의 간격

비탈 도수로의 간격은 유출량과 길어깨(또는 측구)의 허용 통수량에 의하여 결정된다. 유출량은 강우 강도와 집수면적의 크기에 따라 정하여지고, 허용 통수량은 길어깨(또는 측구)의 통수단면적과 종단경사로 결정된다.

① 유량의 100%를 통수할 수 있는 집수거 길이 (<그림 7.10> 참조)

$$L_T = KQ^{0.42} S^{0.3} \left(\frac{1.49}{nS_e} \right)^{0.6} \quad (7.1)$$

여기서, L_T : 유량의 100%를 통수할 수 있는 집수거 길이(ft)

Q : 길어깨에 집수되는 총 유량(통수단면의 100%)(ft^3/sec)

K : 0.6

S : 길어깨 횡단경사

S_e : 복합 횡단경사

n : Manning 계수

② 복합 횡단경사 산출

$$S_e = S_x + S_w' E_0 \quad (7.2)$$

여기서 S_e : 복합 횡단경사 (<그림 7.11> 참조)

S_x : 길어깨 횡단경사

S_w' : 측구 횡단경사(= $a/12w$)

a : 측구 깊이($inch$)

w : 집수구 유입되는 횡단경사 길이(ft)

E_0 : 유효통수량 / 총통수량 (<그림 7.12> 참조)

③ 측구 길이에 대한 효율 (<그림 7.13> 참조)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_T} \right)^{1.8} \quad (7.3)$$

여기서 E : 효율(유효통수량 / 총통수량)

L : 측구 길이(ft)

④ 유량

$$Q_i = Q \cdot E \quad (7.4)$$

여기서 Q_i : 효율을 고려한 길어깨에 집수되는 유량(ft^3/sec)

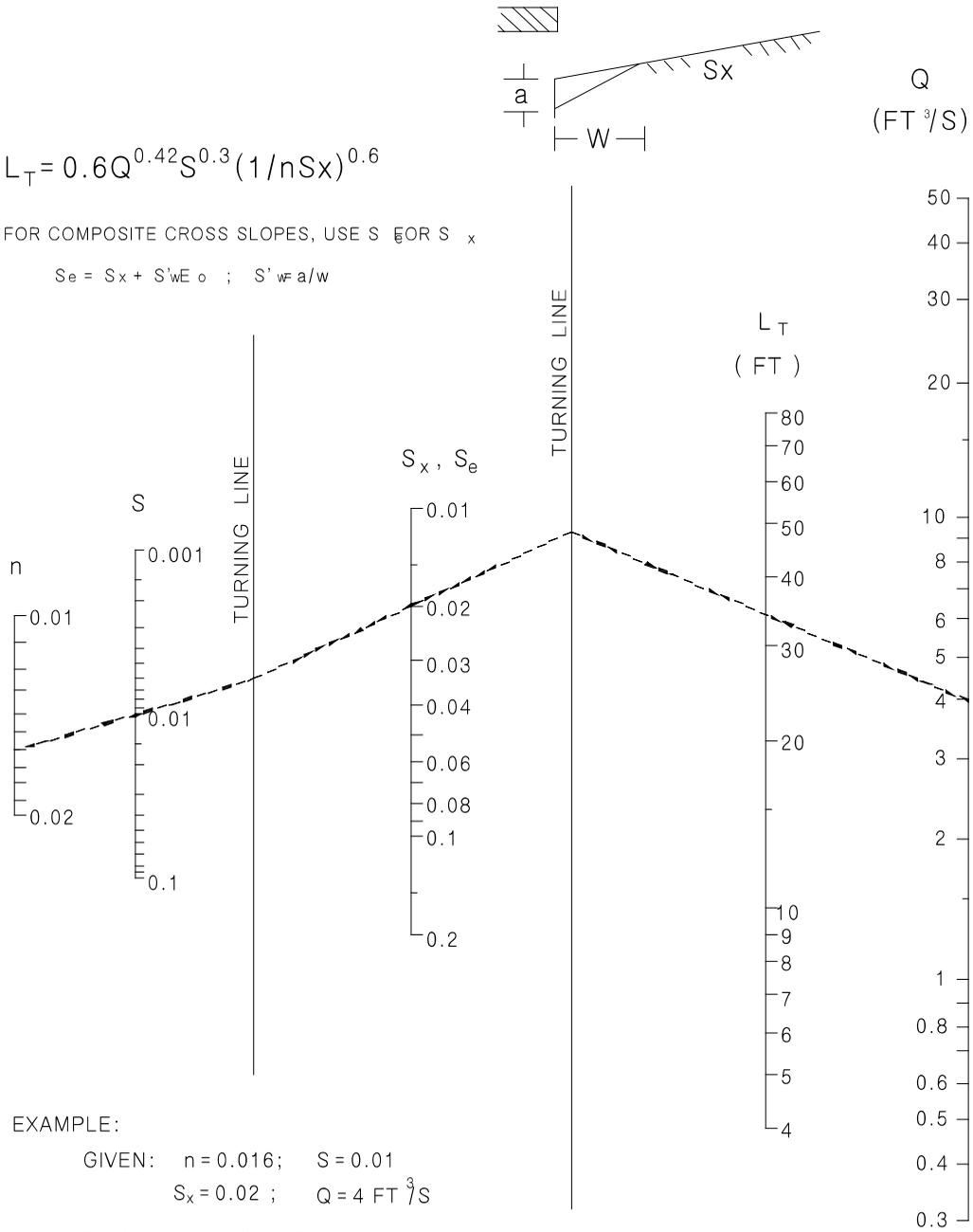
Q : 길어깨에 집수되는 총유량 (ft^3/sec)

E : 효율

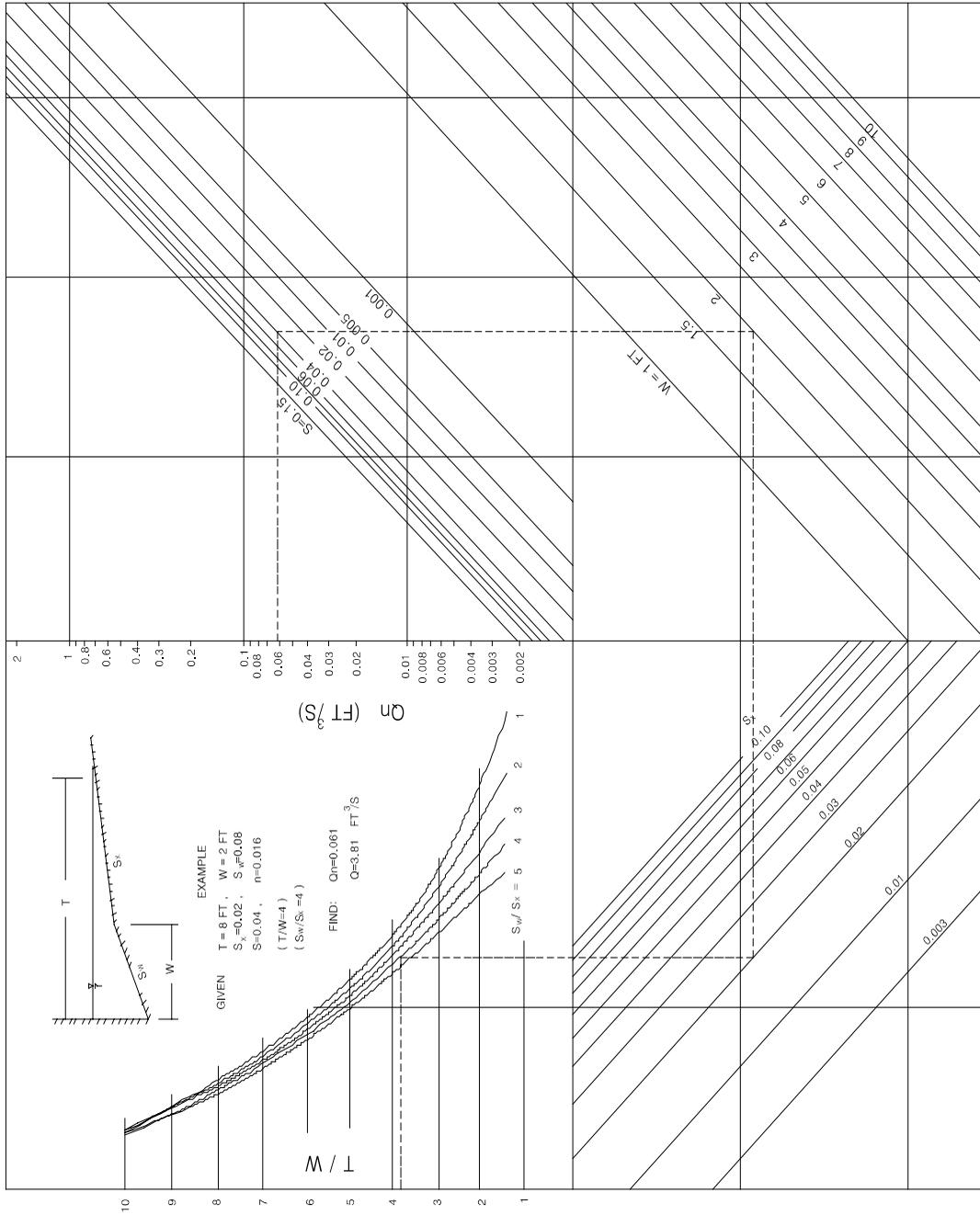
$$L_T = 0.6Q^{0.42}S^{0.3}(1/nS_x)^{0.6}$$

FOR COMPOSITE CROSS SLOPES, USE S_e FOR S_x

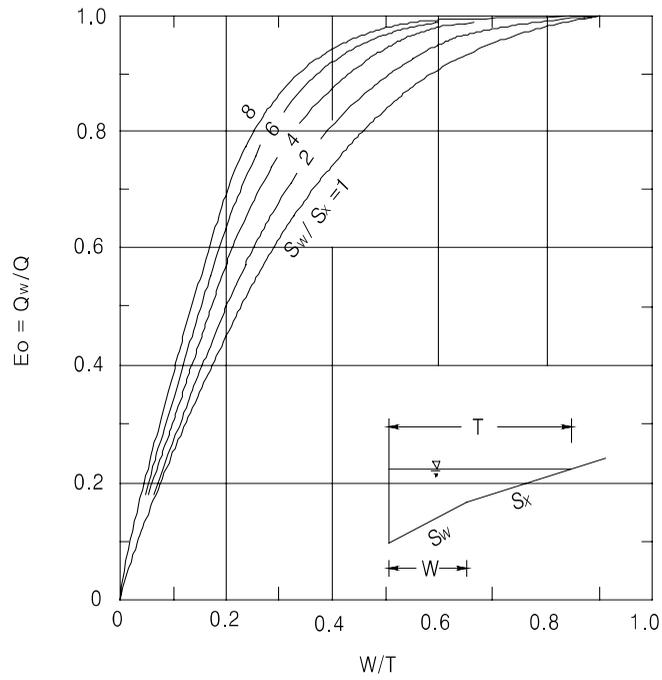
$$S_e = S_x + S'wE_o ; S' = a/w$$



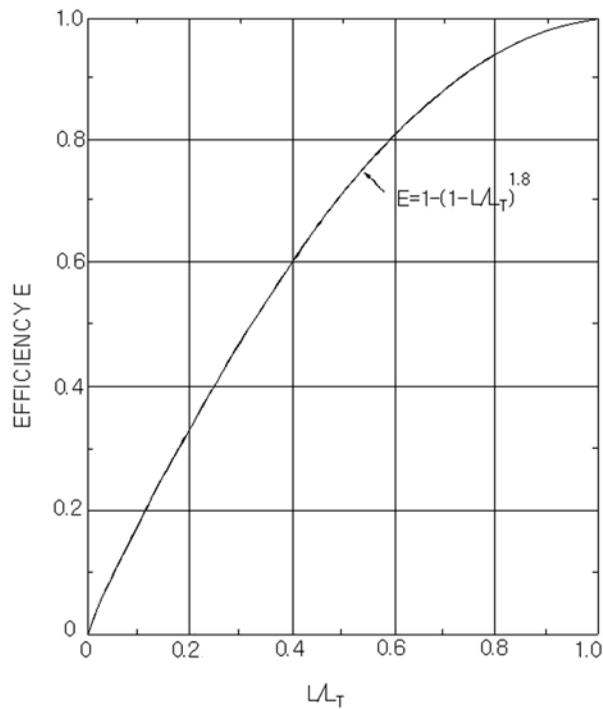
〈그림 7.10〉 유량의 100%를 통수할 수 있는 집수거 길이(ft)



〈그림 7.11〉 측구의 복합횡단경사 구간의 흐름



〈그림 7.12〉 총통수량에 대한 유효통수량의 비율



〈그림 7.13〉 집수거 길이에 대한 효율

흙쌓기 구간에 있어서 집수구역은 구형(직사각형)이라 하고, 길어깨의 통수단면적과 종단경사가 변하지 않는다고 하면, 이때의 비탈도수로의 최대 간격은 식 (7.5)로 계산할 수 있다.

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q_i}{c \times r \times W} \quad (7.5)$$

여기서, S : 비탈면 도수로의 간격 (m)

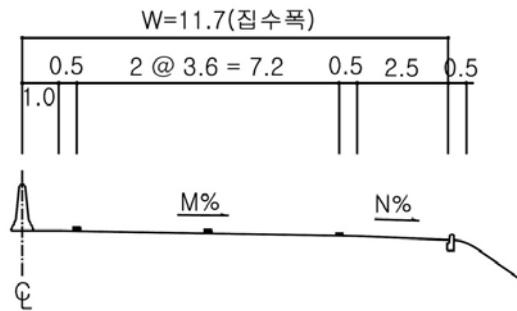
Q_i : 길어깨(또는 측구)의 허용통수량 (m^3/sec)

c : 유출계수 (0.9로 함)

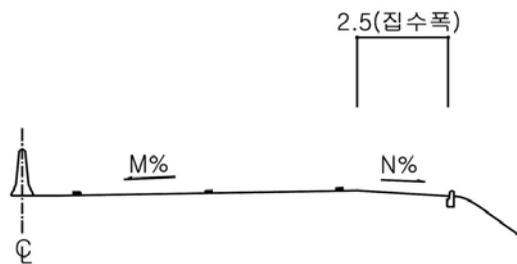
r : 설계강우강도 (mm/h)

W : 집수폭(m) (<그림 7.14>)

또, 비탈면 도수로의 간격이 30m 이하일 경우는 길어깨 측구 등을 설치하여 인접 도수로로 유도 처리한다.

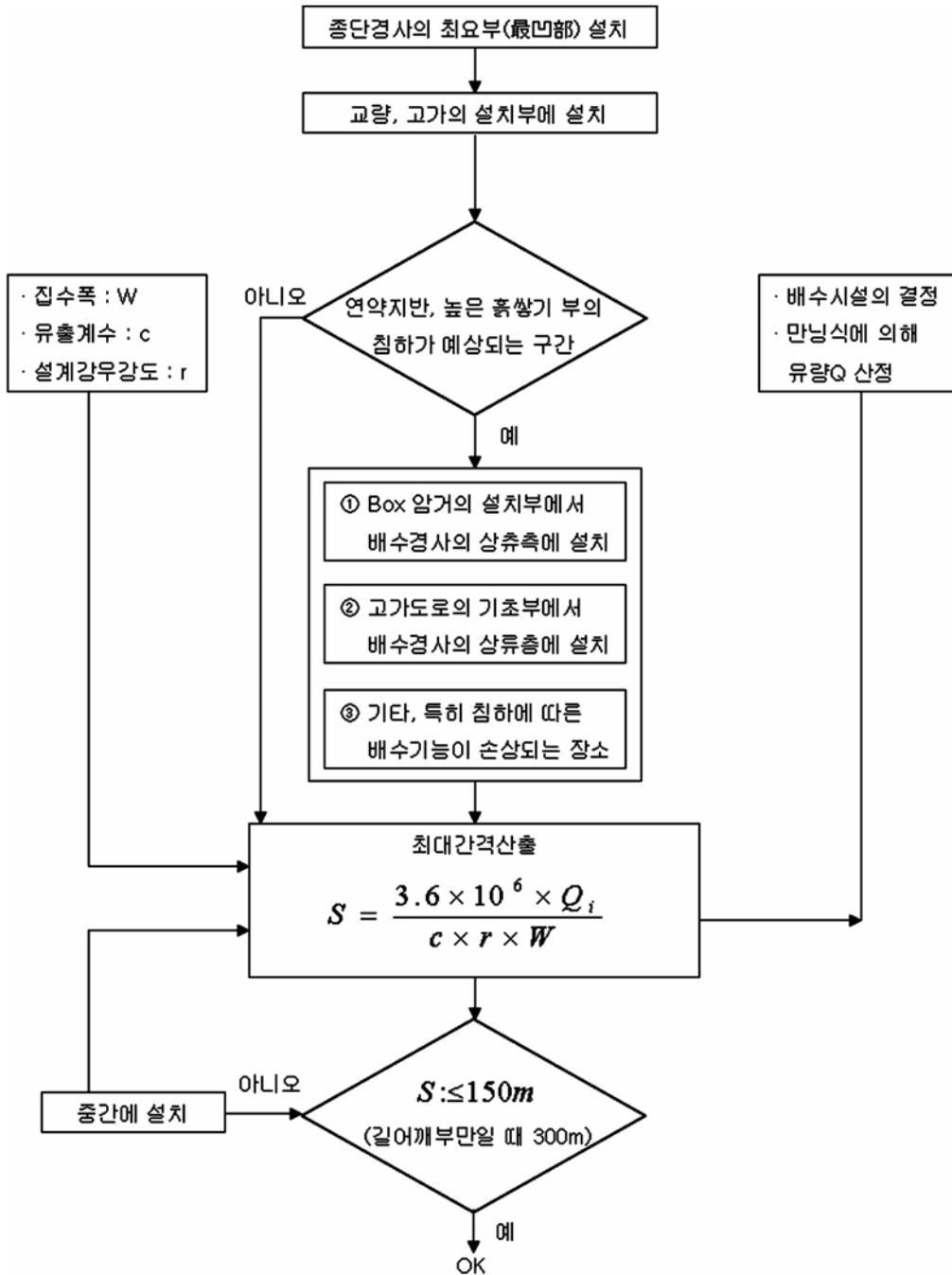


1. 곡선 내측구간 및 직선구간



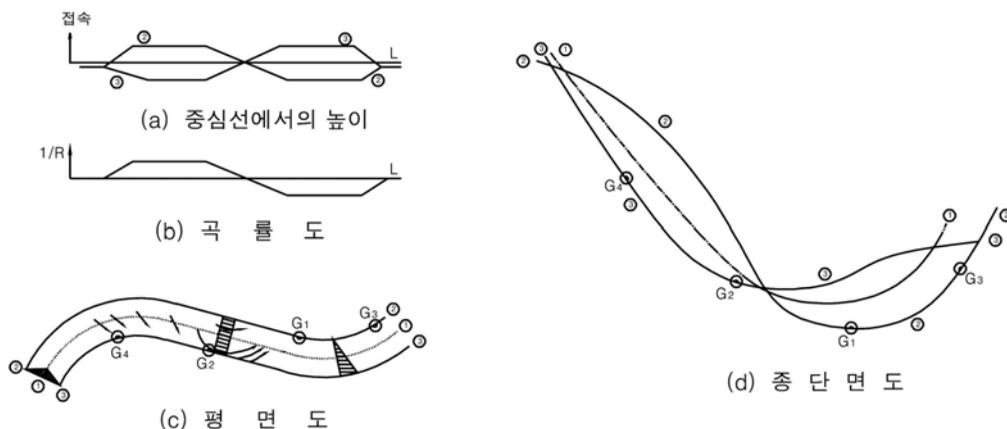
2. 곡선 외측구간

<그림 7.14> 집수폭 개념도 예(흙쌓기부 편도 2차로 도로)



〈그림 7.15〉 비탈면 도수로의 설치간격 산정절차 흐름도

- (3) 실제로 설계를 할 때는 계산에서 구한 값을 참고로 하여서 현지 상황을 고려하면서 도수로의 위치를 결정하도록 한다. 계산에서 구한 비탈면 도수로의 간격에 필요 이상으로 구애받을 것은 없다. 또, 종단경사가 완만할 때도 균형을 잡기 위하여 계산에서 구한 값보다도 더욱 작게 잡는 것이 좋다. 그러나 도수로의 간격을 너무 가까이 하면 비경제적이고 외관도 좋지 않으므로 최소 간격을 30m로 억제한다.
- (4) 종단곡선 오목구간 저점부 전후에 25m, 50m에 추가로 설치한다.
- (5) 도수로 간격을 구할 때는 도수로로 배수하지 않고 하류로 흘러 보내는 유량을 고려하여서 보정하여야 한다.
- (6) 높은 흙쌓기 구간과 같이 도수로 연장이 길어지는 장소에는 도수로 대신에 길어깨 측구에 의한 배수를 고려하여도 된다.
- (7) 환경 대책을 시행했을 때의 길어깨 배수시설의 위치는 방음벽 및 방음을 위한 제방 등과 조화를 충분히 고려한 후에 설계하여야 한다.
- (8) 도수로 설치 시 종·횡단경사에 따른 등고선을 그려 설치한다(〈그림 7.17 참조〉). 〈그림 7.17〉은 원화곡선이나 배향곡선을 갖는 도로의 배치 예이다. 〈그림 7.17(a)〉는 중심선에서의 높이이고, 〈그림 7.17(b)〉는 평면형의 곡률도·〈그림 7.17(c)〉는 평면도·〈그림 7.17(d)〉는 종단면도이다. 종단면도에서는 중심선(①) 및 양측선(②, ③)의 3본과 같은 흐름방향을 갖지 않도록 G2의 점에서도 배수구가 필요하다.



〈그림 7.17〉 배향곡선 도로에서의 경사 설치 예

7.5 땅깍기 구간의 길어깨 배수

땅깍기부에서는 길어깨에 흐르는 물을 배수하기 위하여 집수정을 설치한다. 집수정은 유량이 길어깨의 허용 통수량과 같게 되는 곳, 땅깍기부의 비탈면 도수로 또는 종단배수관과 연결되는 곳, 지하배수관 또는 종단배수관의 단면이 변화하는 곳, 종단경사의 최요부(最凹部)등에 설치한다.

배수관 또는 지하에 매설한 배수로에 연결된 집수정의 최대 간격은 50m로 한다. 집수정과 집수정 사이를 연결하는 배수관은 안지름 600mm 이상의 것을 사용한다.

- (1) 땅깍기 구간에서의 유수량을 구할 때는 노면으로부터 유입하는 물 외에 비탈면으로부터 유입하는 물도 고려하여야 한다. 이 경우 비탈면의 높이가 거의 같다고 하면, 집수구역은 직사각형이 되므로 7.4의 (1)을 그대로 적용할 수 있다. 따라서 식 (7.5)에 의하여 집수정의 최대 간격을 구할 수가 있다. <그림 7.20>은 땅깍기 구간의 집수 폭의 개념을 보인 것이다.

① 유량구분

$$Q = Q_i + Q_b$$

여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량

Q_i : 집수정으로 유출되는 유량(intercepted)

Q_b : 집수정으로 유출되지 않고 종방향으로 흐르는 유량(bypassed)

$$Q_i = E \times Q = Q \times [R_f E_0 + R_s (1 - E_0)]$$

여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량(m^3/sec)

R_f : 집수정 전면으로 흐르는 유량(Q_w)중 집수정으로 유출되는 유량의 비율

$$1 = 1 - 0.09(V - V_0) \quad \rightarrow \text{〈그림 7.18〉 참조}$$

$$\therefore V_0 \quad \rightarrow \text{〈그림 7.18〉 참조}$$

E_0 : 전체 길어깨 유량에 대한 집수정 전면 흐름 유량의 비율

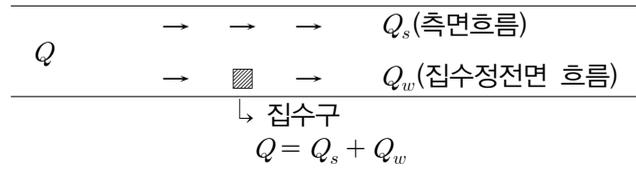
$$= 1 - (1 - W/T)^{2.67} = \frac{Q_w}{Q}$$

W : 배수구 폭(m)

T : 전체 수로폭(m)

R_s : 측면 흐름 유량(Q_s)중 집수정으로 유출되는 유량의 비율

$$= 1 / \left(1 + \frac{0.15 V^{1.8}}{S \times L^{2.3}} \right) \quad \rightarrow \text{〈그림 7.19〉 참조}$$



② 길어깨 최대 통수량 중 실제로 집수정으로 유출되는 유량(Q_i)에 의한 집수정 간격 결정

- 초기집수정 설치위치 = $\frac{\text{길어깨최대통수량}(Q)}{\text{단위길이당유량}} = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q}{Y(C_1 W_1 + C_2 W_2)}$
- 집수정간격 = $\frac{\text{집수구유출량}(Q_i)}{\text{단위길이당유량}} = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q_i}{Y(C_1 W_1 + C_2 W_2)}$

여기서, S : 집수정 간격 (m)

C_1, C_2 : 유출계수 $\Rightarrow C_1$ (포장부)=0.9, C_2 (절개부)=0.8

Y : 설계강우강도 (mm/h)

Q : 길어깨에 집수되는 총유량 (m^3/sec)

Q_i : 집수정으로 유출되는 유량 (m^3/sec)

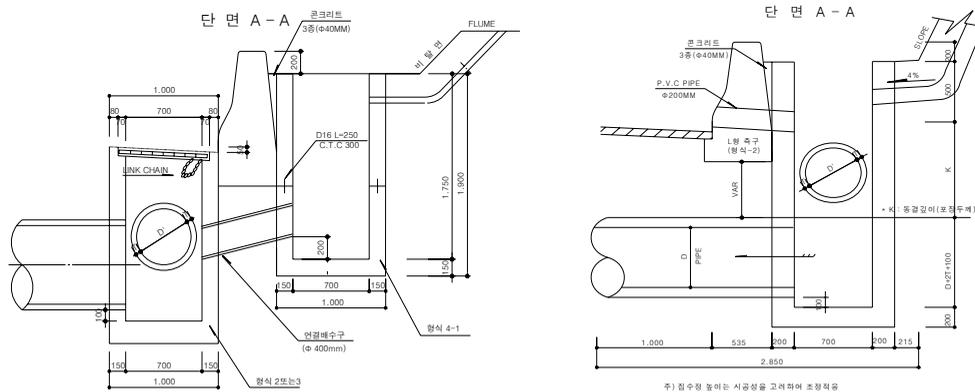
W_1, W_2 : 집수폭 (m) $\Rightarrow W_1$ (포장부), W_2 (절개부)

※ 절개부 집수폭(W_2)은 순차적 반복 계산법에 의한 평균집수폭 적용

- ③ • 초기집수정은 L형 측구 등 노면배수만으로 처리가 불가능한 지점부터 설치한다.
- 초기집수정 및 집수거는 종·횡단경사에 따른 등고선을 그려 설치한다.

④ 집중호우에 따른 피해방지를 위한 대책수립

- 집수정 연결 배수구(D=600) 및 집수정 규격(900mm) 확대
- 도수로 소단 제거로 월류방지



(2) 배수관의 공중 선정에 있어서는 유량, 부설장소의 상황, 외부압력, 연결방법, 강도, 모양, 기초공사를 포함한 공사비 등을 충분히 고려해서 선택하여야 한다. 또, 배수관의 안지름은 유지관리를 고려해서 450mm 이상으로 한다.

(3) 그레이팅 형상 및 치수

- ① L형 측구 및 중앙분리대 집수정에 설치하는 스틸 그레이팅(steel grating) 뚜껑의 형상 및 치수는 명시된 도면에 따르며, 베어링 바(bearing bar)의 간격이 50mm 이어야 한다.
- ② L형 측구 및 중분대 집수정용 스틸 그레이팅 뚜껑은 T=20(후륜 일축하중 8ton)에 견딜 수 있는 제품이어야 한다.

〈스틸 그레이팅 재료 기준〉

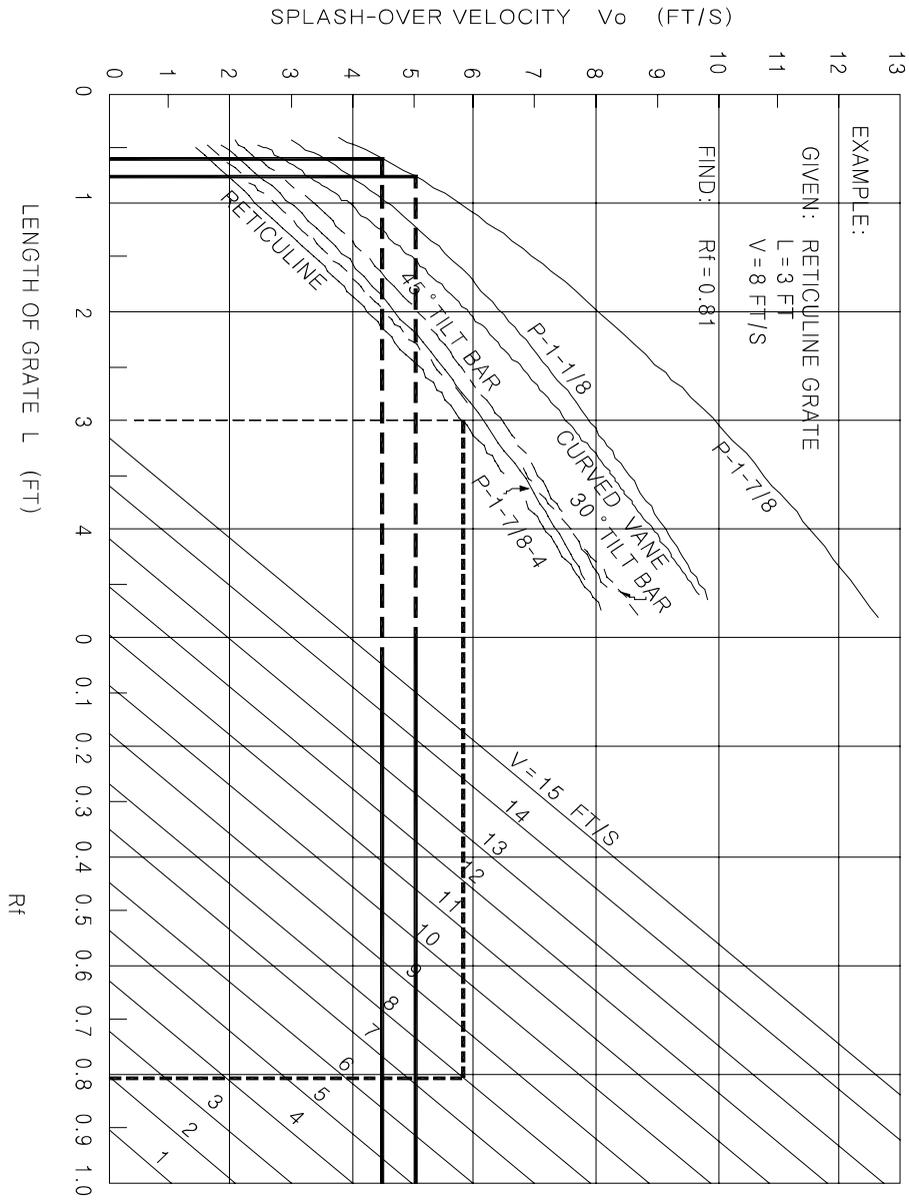
항 목	시험방법	기 준(g/cm ²)
아연도금 부착량	KS D 0201	4.1(직접법), 4.2(염화안티몬법)
황 산 동	KS D 0201	5.0(황산구리시험)
밀 착 성	KS D 0201	6.1(육안), 6.5(해머시험)

〈스틸 그레이팅 종별 기준〉

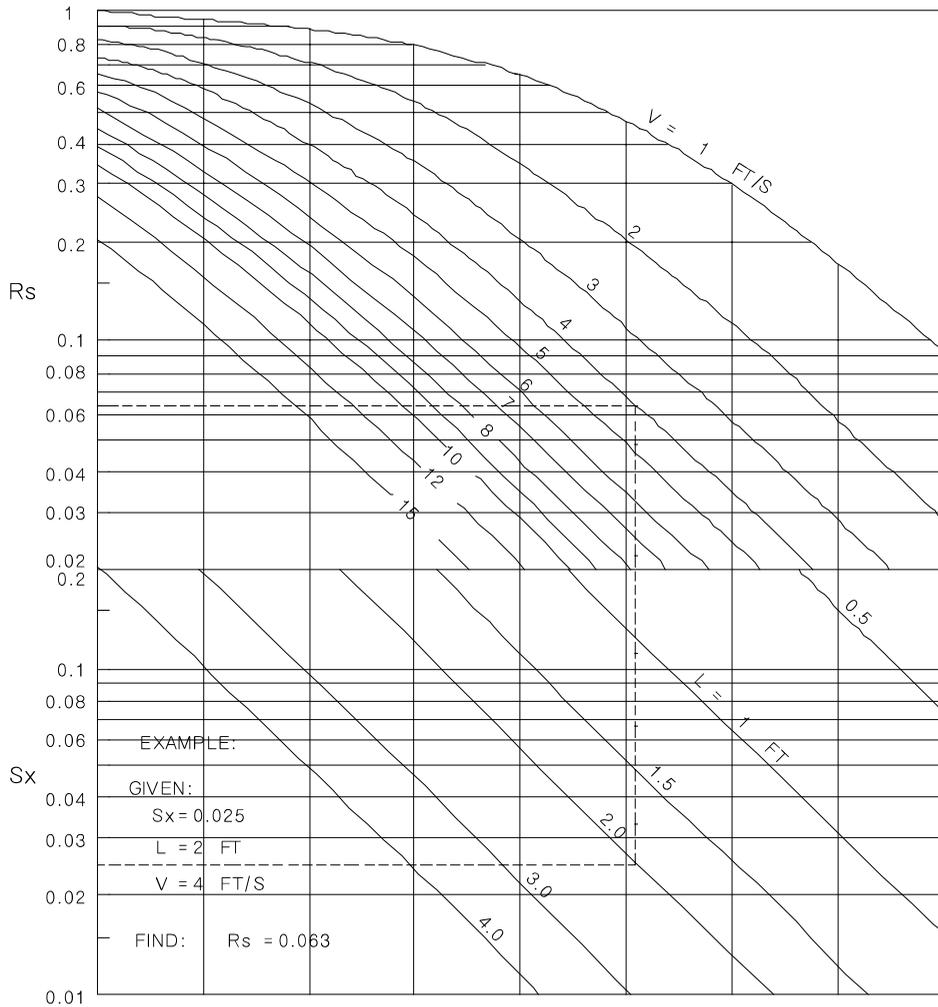
종 별	총중량 (ton)	후륜일축 하중 (kgf)	충격을 고려한 하중 (kgf)	차량접지면적 Amm × Bmm
T = 20	20	8,000	11,200	200×500
T = 14	14	5,600	7,840	200×500
T = 6	6	2,400	3,360	200×240
T = 2	2	800	1,120	200×160

(4) 배수관의 설치로서 땅깍기의 비탈 끝을 크게 굴착해야 할 때는 중앙분리대 내에서 배수 처리를 하여도 된다.

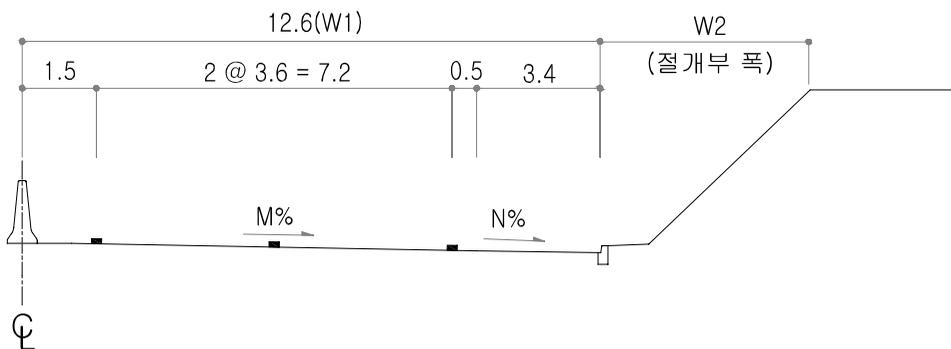
(5) 적용도표



〈그림 7.18〉 그레이트 집수정의 유출 효율



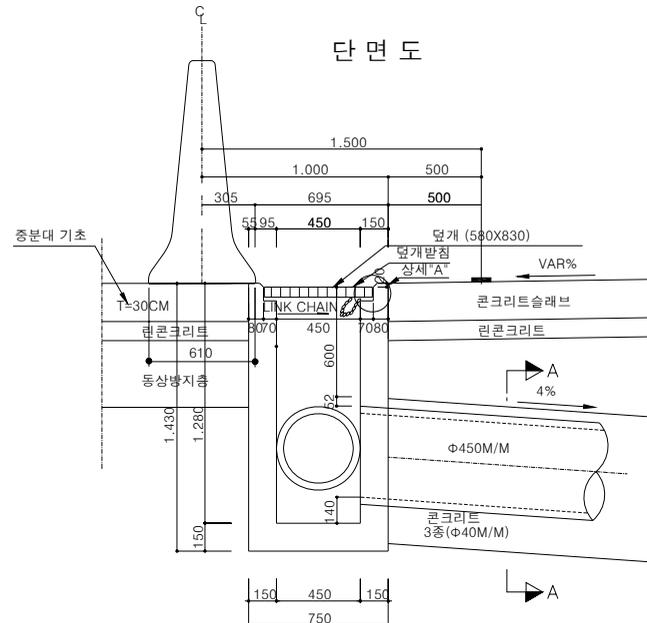
〈그림 7.19〉 그레이트 집수정의 측면 흐름 효율



〈그림 7.20〉 땅깍기 구간 집수폭의 개념도(L형 측구)

7.6 중앙분리대 배수시설

중앙분리대의 배수시설은 곡선 구간에서의 본선 노면의 빗물을 중앙분리대 측에서 처리할 경우에 설치한다. 중앙분리대의 구조가 방호벽(barrier)일 때의 배수시설은 원칙적으로 집수정에 의한 중배수시설을 사용한다. 중앙분리대의 구조가 방호벽(barrier)형일 때의 배수시설은 아래에 따른다.



〈그림 7.21〉 중앙분리대 배수시설의 예(시멘트 콘크리트 포장)

- 중앙분리대의 방호벽(barrier) 하단부 부터 중앙차로 측대까지를 통수 폭으로 한다.
- 중앙분리대 측에 흐르는 물은 집수정으로 모으고 분리대 내의 배수구로 유도하는 것으로 한다.
- 집수정의 간격은 가능한 한 등(等)간격으로 배치하고, 동일 구간에서 집수정의 간격을 달리할 경우는 너무 심한 변화가 되지 않게 한다. 또한, 집수정과 집수정의 최대 간격은 30m, 최소 간격은 5m로 한다. (단, 관의 길이를 감안하여 조정 가능)
- 측구에 흐르는 물을 배수하기 위하여 집수정을 만든다. 집수정은 유량이 측구의 허용 통수량과 같아지는 곳, 측구 종단의 최요부(最凹部), 흠쌓기부의 비탈면 도수로, 땅깍기 구간의 길어깨 집수정, 횡단 구조물의 위치 등을 고려하여 결정한다. 집수정에서 집수된 물은 본선 노면 밑을 횡단하는 배수관에 의하여 흠쌓기 도수로, 땅깍기의 집수정 등으로 배제된다. 횡단배수관의 안지름은 450mm 이상을 원칙으로 한다.

- (1) 배수관의 공종선정에 있어서는 유량, 부설장소의 상황, 외압, 연결방법, 강도, 형상, 기초공을 포함한 비용을 충분히 고려해서 선정하여야 한다. 또, 안지름 450mm 이상으로 한 것은 유지관리를 고려한 것이다.
- (2) 중앙분리대 종배수관의 최대연장은 청소 및 관 막힘을 고려하여 300~500m로 하고 횡배수 처리한다.
- (3) 집수구역을 직사각형으로 하면, 집수정 간격 S는 땅깍기 구간의 길어깨 배수와 같이 집수정의 최대 간격을 할 수 있다.

① 유량 구분

$$Q = Q_i + Q_b$$

여기서, Q : 측대에 집수되는 총유량

Q_i : 집수구로 유출되는 유량 (intercepted)

Q_b : 집수구로 유출되지 않고 종방향으로 흐르는 유량 (bypassed)

$$Q_i = E \times Q = Q \times [R_f E_0 + R_s (1 - E_0)]$$

여기서, Q : 측대에 집수되는 총유량 (m^3/sec)

R_f : 집수구 전면으로 흐르는 유량(Q_w)중 집수구로 유출되는 유량의 비율

$$= 1 - 0.09(V - V_0) \quad \rightarrow \langle \text{그림 7.18} \rangle \text{ 참조}$$

$$\therefore V_0 \quad \rightarrow \langle \text{그림 7.18} \rangle \text{ 참조}$$

E_0 : 전체 측대 유량에 대한 집수구 전면 흐름 유량의 비율

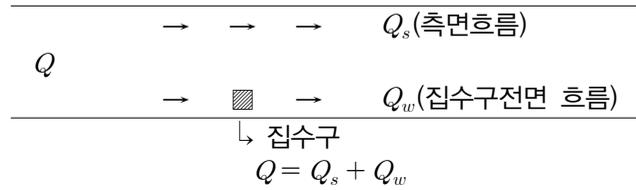
$$= 1 - (1 - W/T)^{2.67} = \frac{Q_w}{Q}$$

W : 배수구 폭(m)

T : 전체 수로폭(m)

R_s : 측면 흐름 유량(Q_s)중 집수구로 유출되는 유량의 비율

$$= 1 / \left(1 + \frac{0.15 V^{1.8}}{S \times L^{2.3}} \right) \quad \rightarrow \langle \text{그림 7.19} \rangle \text{ 참조}$$



② 최대 최대 통수량 중 실제로 집수구로 유출되는 유량(Q_i)에 의한 집수구 간격 결정

- \bullet 초기집수정 설치 위치 = $\frac{\text{최대최대통수량}(Q)}{\text{단위길이당유량}} = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q}{C \times Y \times W}$
- \bullet 집수정 간격 = $\frac{\text{집수구유출량}(Q_i)}{\text{단위길이당유량}} = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q_i}{C \times Y \times W}$

여기서, S : 집수정 간격 (m)

c : 유출계수 0.9

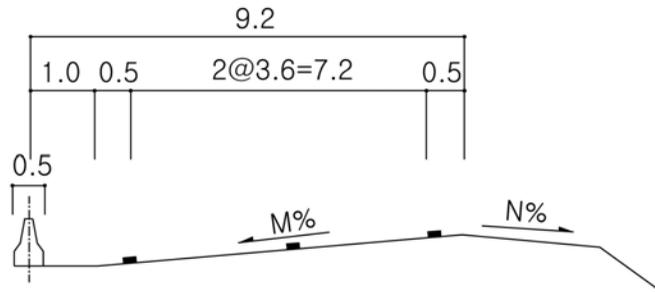
r : 설계강우강도(mm/h)

Q : 최대에 집수되는 총유량 (m^3/sec)

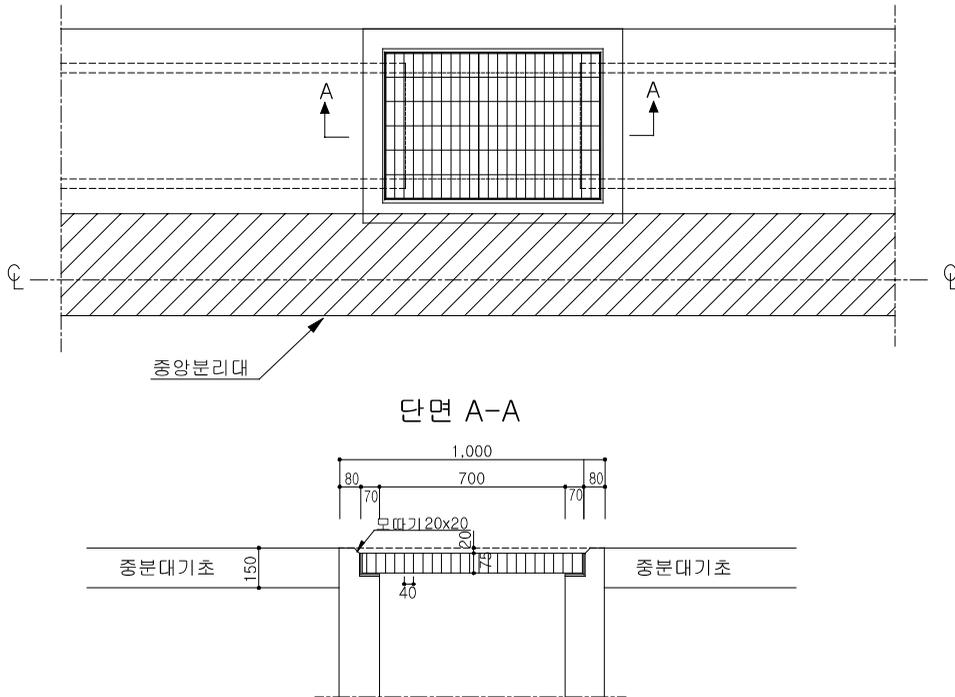
Q_i : 집수구로 유출되는 유량 (m^3/sec)

W : 집수폭 (m)

③ 초기집수정은 종·횡단경사에 따른 등고선을 그려 위치를 선정한다.



〈그림 7.22〉 중분대 집수정 간격 결정을 위한 집수폭 개념도(편도 2차로)

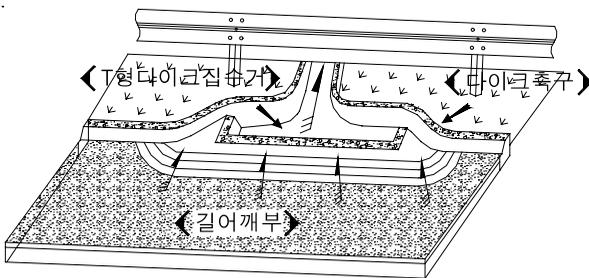


〈그림 7.23〉 중분대 집수정 노면배수 상세도

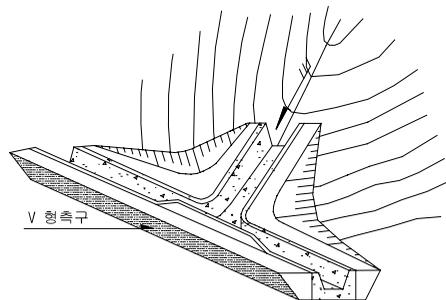
7.7 배수구조물 접합부 처리

배수구조물의 경우, 접합부의 시공여부에 따라 통수능의 차이가 많이 날 수 있다. 배수구조물 선형이 곡선으로 유로가 급하게 변환하는 경우에는 월류 방지를 위하여 외측 벽체부 등의 높이를 증가시켜 시공한다.

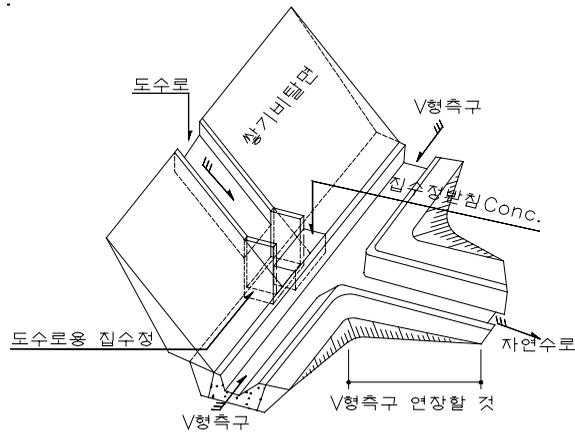
〈그림 7.24〉 ~ 〈그림 7.27〉는 배수구조물 간의 접합부 처리방법을 예시한 것이다.



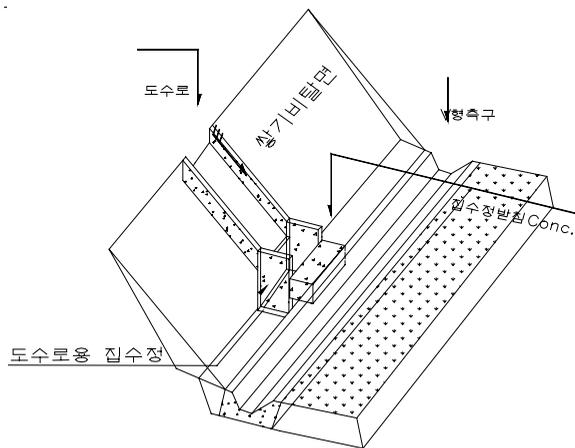
〈그림 7.24〉 T형 다이크 집수거



〈그림 7.25〉 계곡부 v형 측구 접합(예)



〈그림 7.26〉 쌓기부 도수로와 V형 측구 접합(예)(자연수로가 있는 경우)



〈그림 7.27〉 쌓기부 도수로와 V형 측구 접합(예)



8. 비탈면 배수시설

8.1 일반사항

비탈면의 배수시설은 표면수에 의한 표면 침식과 붕괴를 방지하도록 설계하여야 한다. 비탈면의 손상은 비탈면을 유하하는 표면수에 의하여 표면이 침식되며 세굴 및 침투수에 의하여 비탈면을 구성하는 흙의 전단강도 감소 또는 간극수압 증가에 의해서 발생한다. 비탈면 침투수의 작용은 토질조사로 정확하게 파악하기 어렵고, 시공 중에 지하수와 투수층 존재가 판명되는 경우도 있기 때문에 계획을 변경하여 유효한 배수시설을 설치하여 나가는 것이 중요하다.

비탈면 배수에는 강수 및 표면으로 흐르는 물이 비탈면에 들어오지 못하도록 산마루 측구와 도수로 비탈면을 흐르는 물과 비탈면 속의 지하수를 안전하게 비탈면 밖에 있는 배수시설로 유도하기 위한 소단배수, 종배수관이 대표적이다.

8.2 비탈면 배수의 계획

8.2.1 땅깍기 비탈면 배수의 계획

땅깍기 비탈면의 배수 시설을 계획할 때에는 땅깍기면과 접속하는 자연 비탈면에서도 표면수가 유입되지 않도록 배수로 또는 측구 등을 설치하여 물의 유하 방향을 바꾸거나, 물을 저장하여 비탈면 붕괴를 방지할 필요가 있다. 또한 장대 비탈면에서는 강우시에 비탈면을 유하하는 물이 하부에 상당히 많이 모이기 때문에, 표면수로 인한 침식을 막기 위하여 소단에 측구를 설치하여 유하수를 배제할 필요가 있다.

땅깍기면의 용수나 강우시에 용수가 발생할 우려가 있는 지점에는 미리 수평 배수 구멍이나 배수를 고려한 비탈면 보호공 등으로 안정을 확보한다. 이 경우, 수평 배수구멍은 소단 배수홈 등에 연결시켜 비탈면 안으로의 유입을 막는 것이 좋다.

특히, 땅깍기의 경우에는 사전 조사를 수행하여 지하수면의 높이나 용수의 유무를 정확하게 알기 어렵기 때문에, 시공 중에 땅깍기 면을 지속적으로 관찰하여 필요한 배수시설을 추가 시공하는 것이 중

요하다.

땅깍기 진행 과정에서 초기에는 지하수위가 높고, 다량의 용수가 있더라도 공사 진행과 더불어 급격하게 유량이 감소하는 경우가 있다. 반대로 굴착 시기가 종종 건조기일 때 침투수는 존재하지 않지만, 강우 시마다 심한 용수가 생기는 지층도 있다. 이와 같은 현상은 파쇄대, 단층 및 빗물로 인한 지하수 공급을 받기 쉬운 투수층 등을 포함한 지층에서 발생하는 경우가 많아 미리 배수 구멍을 설치하는 등, 용수로 인하여 지반이 침식되지 않도록 대비할 필요가 있다.

땅깍기의 경우 특히 주의하여야 하는 것은 시공 중의 배수이다. 자연 지형의 경우에는 표면수의 흐름이 땅깍기로 인하여 변화하기 때문에 충분한 용량의 배수로를 계획하여 두어야만 한다.

시공 중의 임시 배수로일지라도 시공이 불량하면 배수시설로 물이 유도되지 않거나, 수로의 뒤쪽으로 물이 흘러 비탈면의 붕괴 원인이 되므로 주의하여야 한다. 공사 중에 자연 지반을 굴착하여 만든 임시 배수로는 공사 완료 후에도 지하 배수구 등으로 활용하여야 한다.

8.2.2 흙쌓기 비탈면 배수의 계획

흙쌓기부의 붕괴는 일반적으로 호우 시 또는 장마철에 발생하는 경우가 많으며, 또한 흙쌓기부 내의 침투수 배수가 불량한 늪지부의 흙쌓기부 등은 지진 시에 붕괴하는 경우도 있다. 또한, 시공 중 또는 완성 직후의 흙쌓기 비탈면은 중간 정도의 강우에서도 붕괴하는 경우가 있다.

일반적으로, 모래질의 재료로 시공한 흙쌓기는 표층 붕괴를 일으키기 쉽다. 표층 붕괴가 일어날 우려가 있는 지점에는 필요에 따라 배수층 등을 두어 배수를 하거나, 비탈면 끝에 돌쌓기 또는 비탈면 끝단을 돌망태 등으로 바꾸어서 보강과 배수를 병용한 대책을 행하는 것이 바람직하다.

또한, 흙쌓기 비탈면 표면 부근의 재료에 점착성이 있는 자갈 혼입토를 사용하여 충분히 다지고 침투수가 집중되지 않도록 할 경우 비탈면 안정성을 높일 수가 있다.

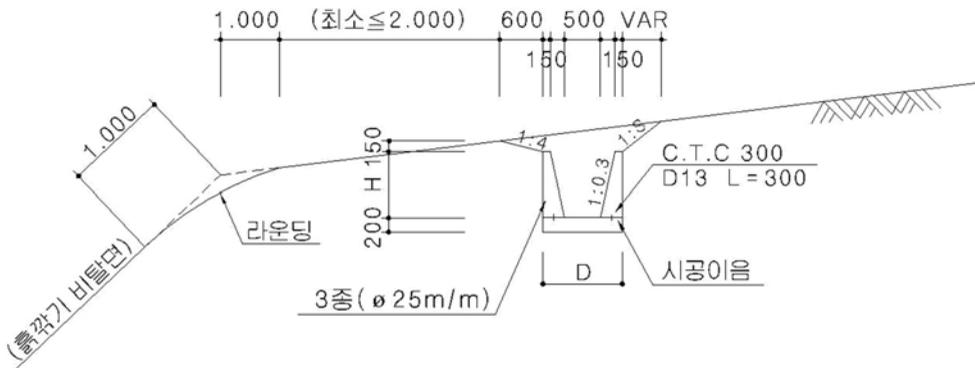
8.3 비탈면 배수시설의 설계

비탈 어깨 배수시설은 상부 비탈면에 내린 우수와 용출수를 비탈면에 유입시키지 않도록 하기 위하여 비탈 어깨에 설치하는 것이다. 비탈 어깨 배수구의 종류는 비탈면이 존재하는 지형, 유하량 및 토질 등을 검토하여 결정하여야 한다.

8.3.1 산마루 및 비탈면 끝 배수

(1) 산마루 배수

- ① 땅깍기부 산마루 인접지에서 자연 경사면의 표면수가 흘러 들어가 비탈면이 씻기거나 붕괴의 원인이 될 수 있으므로 비탈면 끝에서 2m 정도 떨어진 지점에 산마루 측구를 설치한다.
- ② 산마루 측구의 설치길이는 지형조건에 따라 결정한다. 만약, 자연 경사면이 도로 비탈면과 반대방향이거나 도로의 종단방향과 같은 경우에는 산마루 측구를 설치하지 않아도 된다.
- ③ 땅깍기부 산마루 배수는 배후 경사면 토사나 나뭇잎 등이 퇴적하기 쉽고, 배수구가 막혔을 때도 청소가 곤란한 장소에 있을 때가 많다. 또, 배수구가 막히면 월류(over flow)해서 비탈면의 붕괴로 이어지므로 통수단면의 결정에 있어서는 여유가 있는 단면으로 설계한다. 비탈면개 배수구로서는 주로 콘크리트 측구를 사용하나 집수면적이 좁고 유입하는 표면수의 양이 적을 때는 콘크리트로 보호한 도수로 측구를 사용한다.
- ④ 산마루에서 집수된 물은 도수로를 통하여 배수되거나 산마루 측구를 통하여 도로의 다른 배수계통으로 배수된다.



〈그림 8.1〉 산마루 측구 상세도

(2) 비탈 끝 배수

땅깍기부에서 비탈 끝 배수는 길어깨 배수시설로 겸하지만 비탈면 용수가 많은 장소 및 콘크리트 뿔어붙이기를 시공한 특수조건인 비탈면, 소단배수시설이 없는 장대비탈면은 비탈 끝 배수구 설치를 검토한다.

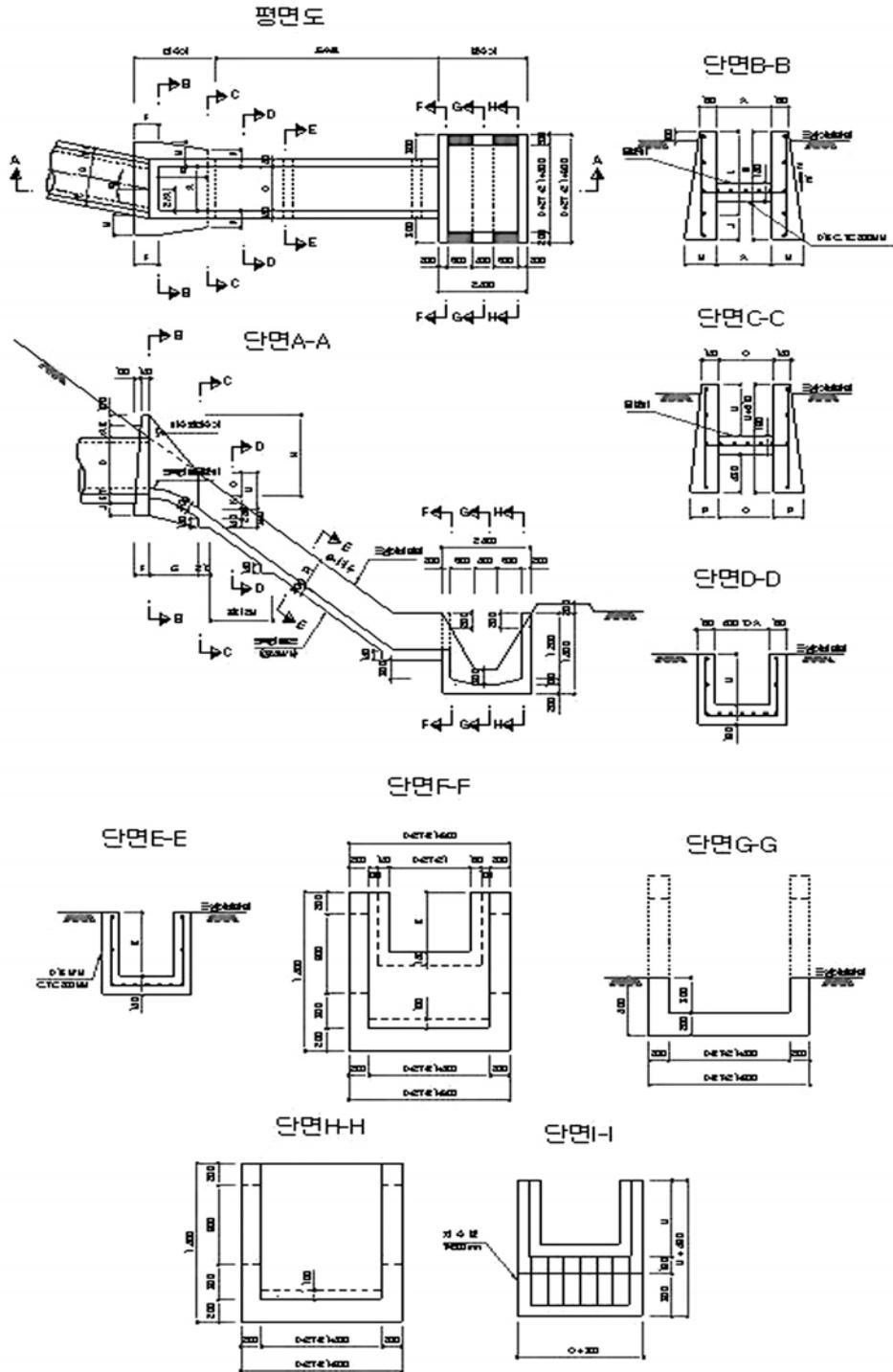
8.3.2 도수로

(1) 개요

도수로는 노면배수시설로 집수된 물을 수로 또는 도로 외부로 유출시키는 기능을 수행하며, 땅깍기부 또는 흠쌓기부 비탈면에 설치된다.

(2) 설치기준

- ① 도수로의 설치 장소는 흠쌓기 구간에서는 흠쌓기 구간의 길어깨 배수에 따른다. 땅깍기 구간에서 소단 연장이 100m 이하일 때는 산마루 측구를 이용한다. 소단 연장이 100m를 넘을 때는 유량 계산에 의하여 도수로의 위치를 결정하나 최대간격은 100m를 한도로 한다. 이때 도수로의 위치는 길어깨 배수용 집수정과 일치시키는 것이 효과적이다.
- ② 도수로는 원칙적으로 현장타설 콘크리트로 설치한다. 도수로의 주변은 콘크리트로 보호하고, 세굴이나 풀 등의 유입에 의한 통수 기능 저하를 방지한다. 또한, 한랭지에서 동결위험이 있을 때는 불임 콘크리트 밑에 기초재료 등으로 시공을 한다. 단, 도수로 연장이 짧을 때 세굴이나 통수 저해의 염려가 적을 때는 잔디불임, 조약돌불임 등의 보호를 하여도 된다.
- ③ 도수호가 다른 수로와 합류하는 곳, 흐름의 방향이나 경사가 갑자기 변하는 곳에는 흠통을 설치하고, 흠통 및 그 전후의 도수로에는 뚜껑을 설치하여 도수에 의한 세굴이 생기지 않도록 한다.



〈그림 8.2〉 흡상기부 도수로 단면

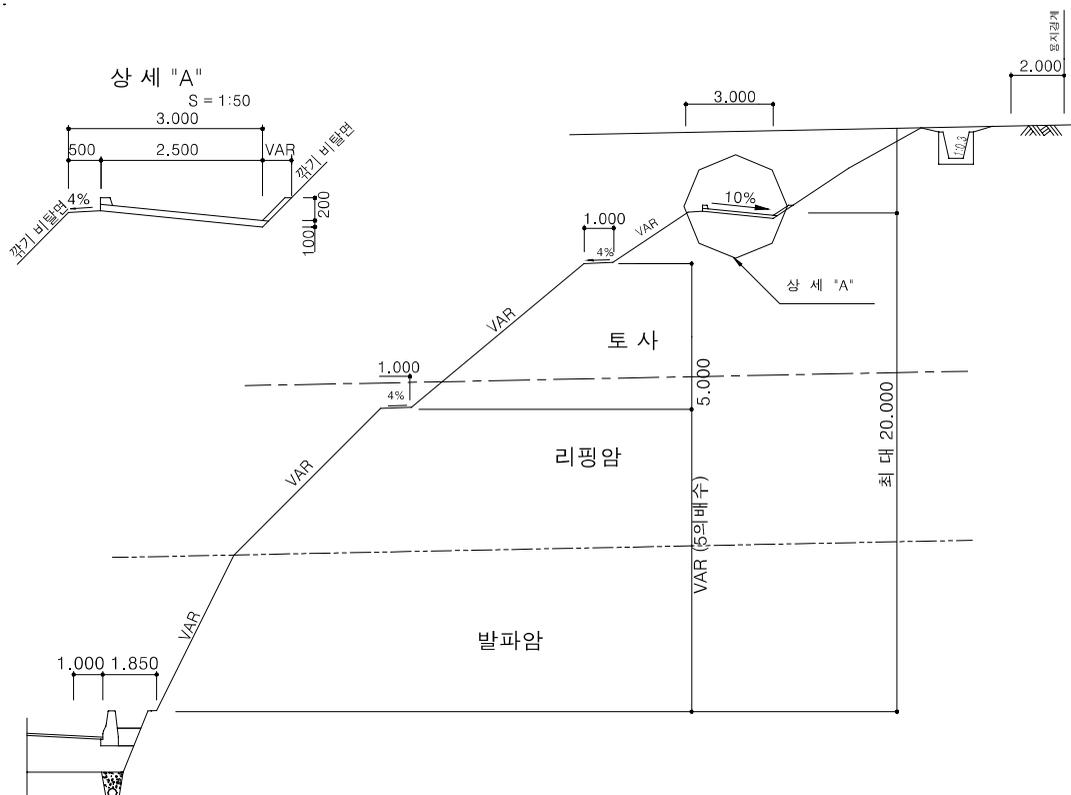
8.3.3 소단배수

(1) 개요

소단배수는 비탈면에 흐르는 빗물이나 용수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위하여 설치하며, 소단 배수구는 폭이 3m 이상인 넓은 소단에 설치한다. 단, 비탈면 침식의 위험성이 적다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

(2) 설치방법

20m 이상의 땅깍기 비탈면 소단 3m 지점에 설치하여 우수 등에 의하여 비탈면이 침식되거나 활동하는 것을 방지한다. 종단경사에 따라 배수처리를 실시하며, 20m 이상 땅깍기 구간이 끝나는 곳에서는 산마루측구와 연결 또는 방류하여 비탈면이 유실되지 않도록 설치한다.



〈그림 8.3〉 소단배수로

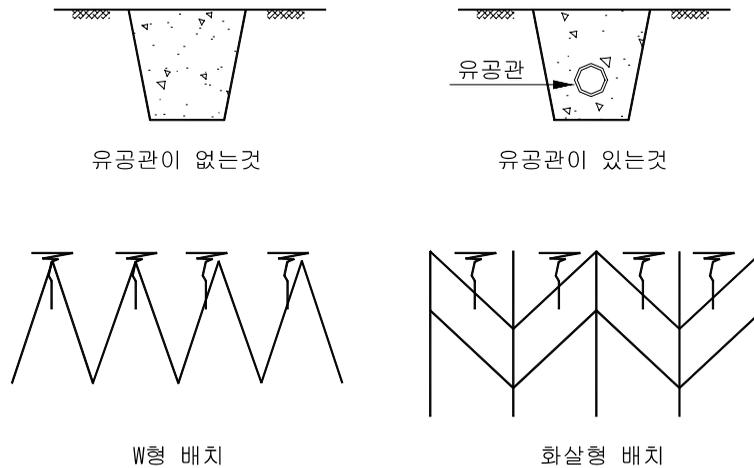
8.3.4 비탈면 용수 등의 처리

(1) 지하배수구

지표면 부근의 침투수를 모아 배수하기 위하여 지하배수구를 설치한다. 지하배수구의 역할은 조립재료의 투수성을 이용하여 지중의 물을 배제하는 것이기 때문에 재료는 투수성이 좋고, 잘 막히지 않는 것을 선정하여야 한다.

땅깎기 비탈면에서 용출수 상황에 따라 지하배수구를 <그림 8.4>에 나타난 것과 같이 화살형과 W형 등으로 배치하는 동시에, 용출수에 의한 비탈면 붕락에 대처하기 위하여 각종 필터 매트와 비탈거푸집 공 등을 병용하는 경우가 있다.

또, 용출수량이 많은 곳에서는 유공관을 넣은 지하배수구를 시공하는 편이 좋다.



<그림 8.4> 지하배수구의 배치

(2) 비탈면 망태공

망태공은 용출수가 많은 비탈면에서는 지하배수구 역할의 수행이 가능하며, 비탈 끝에 나란히 깔아 배수와 비탈면의 붕괴방지 목적으로 병용될 수 있다. 또, 소규모 비탈면에서는 지하배수구 대신으로 사용할 수 있다.

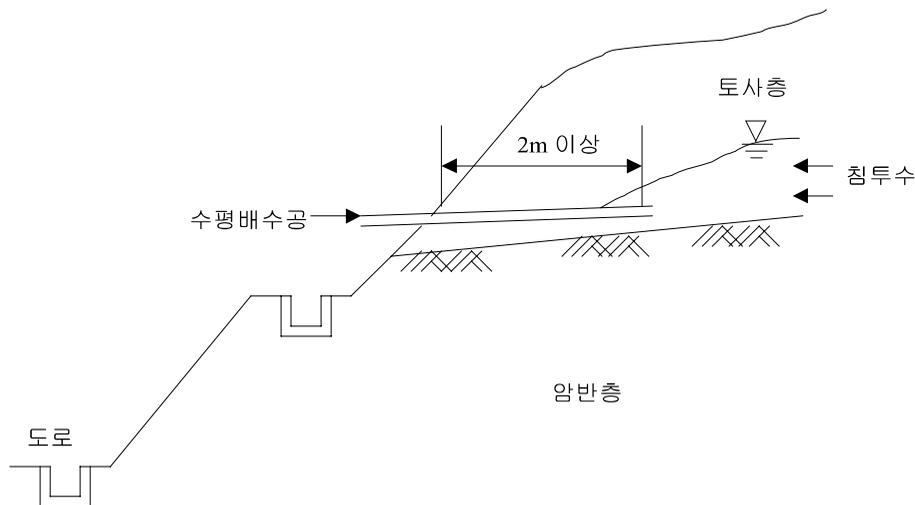
돌망태에는 원형·선형 및 요(凹)형 등 여러 가지 형상이 있으며, 두께·길이·눈금 간격 등에도 어느 정도 자유롭다. 돌망태가 사용되는 장소, 채취된 돌의 크기 등을 고려하여 그 형상을 결정하면 좋다.

(3) 수평배수공

흙쌓기 비탈면의 붕괴를 방지하기 위하여 흙쌓기의 일정 두께마다 모래 배수층을 사용하는 경우도 있다. 특히, 함수비가 높은 흙으로 높은 흙쌓기를 할 경우 흙쌓기 내부의 간극 수압이 상승하고, 비탈면의 돌출이나 붕괴가 발생하는 경우가 있으므로 모래 배수층을 사용하여 간극 수압을 저하시켜 흙쌓기의 안정성을 향상시킨다.

최근에는 배수 재료로서 높은 배수 기능을 가진 토목섬유를 사용할 수 있으며, 또한 자연 지반으로부터의 침투수가 흙쌓기 내로 침투하는 경우의 흙쌓기부 붕괴 방지에도 효과를 기대할 수 있다.

그 외에, 자연 지반에서 흙쌓기로 침투하는 것을 방지하기 위하여 자연 지반 표면에 모래층의 배수층을 설치하는 경우도 있다. 배수층의 두께는 침투 유량의 대소에 따라서 다르지만, 일반적으로는 200~300mm 정도로 한다. 특히 침투수가 많을 때에는 배수층 안에 유공관을 매설하는 것도 효과적이다.



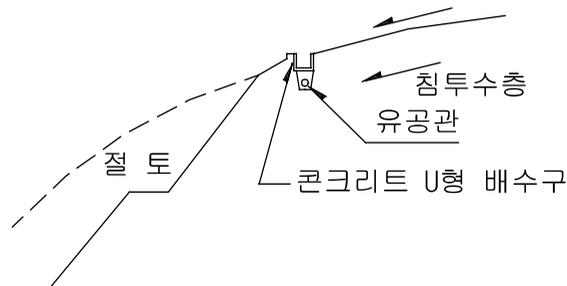
〈그림 8.5〉 수평배수공

(4) 기타 용출수 처리

용출수 발생이 예상되는 비탈면은 콘크리트 비탈격자, 돌붙임, 블럭붙임 등의 구조물에 의한 보호공을 시공한다. 이러한 구조물에는 수발공으로 조치하나 경우에 따라서 지하배수구 등과 겸하는 것도 고려하여야 한다. 수발공은 비탈 격자공의 격자 내에 돌붙임 등을 실시하여도 되며, 콘크리트 붙임으로 하는 경우에는 지름 50mm 정도의 수발공을 적어도 2m²마다 1개소 설치한다.

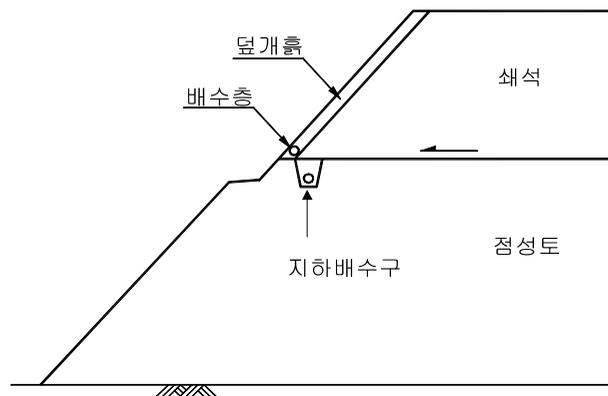
콘크리트 또는 모르타르 뿔어 붙임은 보통 용출수가 있는 비탈면에 사용하지 않는다. 뿔어 붙이는 면

일부에 용출수가 있을 때는 이 부분에 돌붙임을 실시하거나 지름 2~5cm 정도의 수발관을 삽입하고 그 위에 콘크리트 또는 모르타르를 뿜어 붙여야 한다. 수발관은 뿜어 붙이는 과정에서 추가로 설치하여야 하는 경우도 많으나 용출수가 비탈면 바깥에 튀기 쉬우므로 관의 경사에 유의하여야 한다. 비탈면의 용출수 발생을 억제하기 위하여 <그림 8.6>과 같이 비탈어깨로 침투수를 처리하는 경우도 있다. 이때는 표면수와 침투수를 따로 설치, 처리하는 것이 경제적이다. 우수가 침투하기 쉽고 우수에 의하여 강도저하가 큰 토질이나 높은 함수비의 점성토부에 높은 흠쌓기를 하여야 할 때는 흠쌓기 비탈면 내에 배수층을 만들어 비탈면의 안정을 도모한다.



<그림 8.6> 비탈어깨의 지하배수구

<그림 8.7>과 같이 불투수성 재료의 흠구조물 위에 투수성 재료를 쌓을 때는 쌓기표면에서 침투한 물이 하부의 불투수성 흠을 연약하게 하여 비탈면의 붕괴를 일으키는 수가 있으므로 불투수층 위에 미리 지하배수구를 설치한다.



<그림 8.7> 흠쌓기 재료가 서로 다른 경우의 배수시설



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.



9. 측도 및 도로 인접지 배수시설

9.1 일반사항

비탈면은 땅깍기부 비탈면, 흩쌓기부 비탈면 그리고 여기에 접속된 자연 흩쌓기면을 의미한다. 비탈면 배수는 강우에 의한 침투와 침식으로부터 비탈면을 보호하기 위한 배수시설을 말한다. 비탈면 배수시설은 산마루 측구·도수로·소단배수시설이 대표적이며, 이 절에서는 비탈면과 도로 인접지 배수시설을 포함한다.

9.2 측도 배수시설

공사용 도로, 부체도로, 접속도로 등의 노면 및 비탈면과 측도에 접하여 있는 배수구역의 배수를 위하여 설치하는 집수정, 배수구 및 배수관 등의 배수시설물이다.

9.3 도로 인접지 배수시설

- (1) 측도의 노면이나 비탈면 및 인접지역의 배수를 하기 위하여 배수구, 집수정, 관거 등을 설치한다. 설계에 있어서는 현지 상황을 충분히 조사하여, 효과적이고 경제적인 구조로 설계하여야 한다. 또한 될수록 이미 설치된 것을 이용한다.
- (2) 측구 및 도로 인접 지역의 배수처리를 하기 위하여 도로를 횡단하는 배수관은
 - 배수관 경사가 1% 이하인 경우,
 - 연장이 60m 이상인 경우(장래 확장계획 감안),
 - 연약지반에 위치한 경우,
 - 평야지에 위치하여 장기적으로 유입·유출부 접속 수로의 퇴적에 의한 배수불량 우려가 있는 지역 등에는 최소직경을 $\phi 1,000mm$ 이상의 것을 사용한다.

- (3) 도로 인접 지역의 배수설계에 있어서는 현지를 충분히 조사함과 동시에 배수로의 유출구가 경작지 등으로 연결되는 경우에는 배수로의 관리주체와 사전 협의를 하여 다른 시설에 지장이 없도록 구조를 결정한다. 또, 그 경위를 유지관리 측면에서 확실하게 인계하는 것이 중요하다.
- (4) 측도(frontage road) 및 도로 인접지의 배수시설은 설계에 있어서 지역성을 고려한다.
- (5) 인터체인지 주변 등에서 관의 길이가 길어질 경우나 토사가 퇴적하기 쉬운 장소에서는 최소관경 기준이나 계산된 관경에 관계없이 관의 지름이 큰 것을 사용할 수 있다. 본선을 횡단하는 계곡수를 처리하기 위하여 유출 관거를 설치하는 경우, 유입부에서는 비탈면 붕괴로 인한 매몰현상으로 유입부가 막혀 유수의 소통이 원활하지 못하게 되는 경우가 있다. 따라서 이에 대한 각별한 주의가 필요하다. 또한 유입부의 유속은 3 m/sec 이내가 되도록 적절한 처리를 한 후 관거에 유입하도록 한다.
- (6) 굴곡된 자연하천이나 여러 개의 지선하천이 본 노선과 수회에 걸쳐 교차함으로써 다수의 구조물을 설치하여야 하는 경우에는 비경제적인 설계가 되며, 하천에 체류현상이 생겨 역류·세굴 또는 침전이 발생하므로, 이러한 경우에는 수로의 이설을 고려한다. 수로의 이설은 구조물의 개소 및 연장을 가능한 한 줄일 수 있도록 적절한 경로로 선정하되, 침식 및 퇴적에 대한 검토와 장기간의 유로변화에 대한 검토가 이루어져야 한다.
- (7) 녹지대는 도로의 경관미를 이용자에게 제공할 수 있는 것이므로 때 측구를 사용하여 녹지의 연속성을 유지하되, 부득이 유량이 많은 곳은 U형 측구를 사용한다.
- (8) 산지 계곡부 및 땅깍기부 비탈면의 안정을 위하여 비탈면 인접지의 빗물이 비탈면에 유입되지 않도록 비탈어깨에 산마루 측구, 감쇄공(낙차공)등의 배수 시설물을 설치한다.
- (9) 노면 및 비탈면에서 집수된 물과 도로 인접지역의 유입수를 기존 배수로나 하천으로 배수하기 위하여 비탈면 끝에 배수구, 배수관, 맨홀 등의 배수시설물을 설치한다.

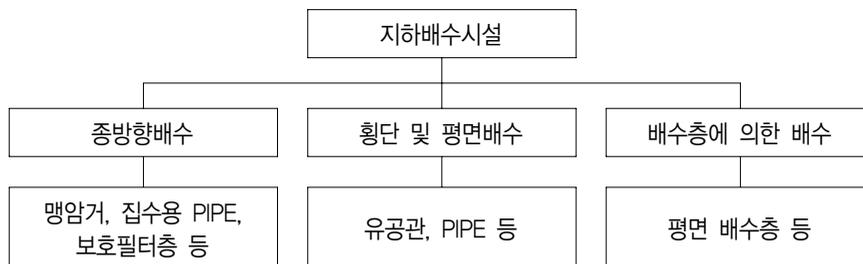


10. 지하배수의 설계

10.1 일반사항

지하배수시설은 노면수의 지하수위를 저하시켜 포장체의 지지력을 확보하고, 도로에 근접하는 비탈면·옹벽 등의 손상을 방지하기 위하여 설치하며, ① 처리 목적에 따른 지하수원, ② 처리기능, ③ 처리시설의 위치와 형식에 따라 분류한다.

지하배수시설은 ① 불투수층 상부에서 침투수의 차단, ② 지하수위 억제, ③ 다른 배수시설로부터 유입되는 우수 집수의 기능을 수행하는데 설치되는 배수시설들이 종합적으로 역할을 수행할 때 그 기능이 발휘될 수 있다.



〈그림 10.1〉 지하배수시설의 분류

10.2 지하배수의 수리계산

(1) 불투수층의 경사가 큰 경우

배수관의 단위길이 당 배수량은 식 (10.1)로 구한다. (〈그림 10.2〉참조)

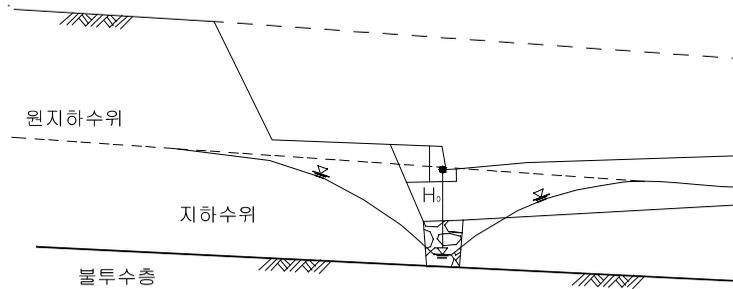
$$q = k \cdot i \cdot H_0 \quad (10.1)$$

여기서 q : 단위길이 당 배수량($cm^3/sec/m$)

i : 불투수층 경사

k : 투수계수(cm/sec)

H_0 : 배수관 매설위치부근의 지하수위 저하량(cm)



〈그림 10.2〉 불투수층의 경사가 큰 경우

(2) 불투수층의 경사가 완만한 경우

배수관의 단위길이당 배수량은 식 (10.2)에 의하여 구한다.(〈그림 10.3〉참조)

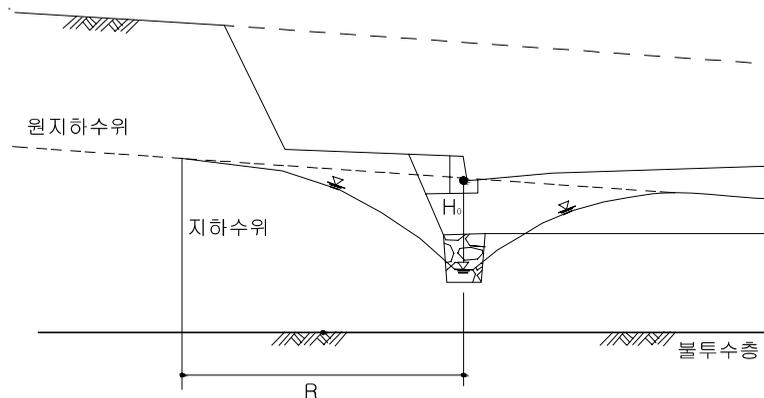
$$q = \frac{k(H_0 - h)^2}{2R} \quad (10.2)$$

여기서, H : 배수전 지하수위(cm)

h_0 : 배수관 매설위치 지하수(cm)

R : 배수에 의하여 지하수가 영향을 받는 수평거리(cm)

이때 R 은 일반적으로 투수계수 · 수위저하량 · 투수층의 두께와 넓이 등의 지역적인 조건의 영향을 받는다는 점에서 일정치가 되지 않지만, 근사적으로 〈표 10.1〉의 값을 이용하여 개략적인 계산을 할 수 있다.



〈그림 10.3〉 불투수층 경사가 완만한 경우

〈표 10.1〉 배수에 의하여 지하수가 영향을 받는 수평거리 R치

흙의 종류	영향수평거리
세립모래	25~500m
중간 정도의 입자를 가진 모래	100~500m
조립모래	500~1000m

(3) 불투수층이 깊은 경우

〈그림 10.4〉와 같이 불투수층이 깊은 경우는 배수관의 단위길이 당 배수량 산정식은 다음과 같다

$$q = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{2 \ln \left[\frac{2R}{r} \right]} = \frac{\pi \cdot k \cdot H_0}{4.6 \log \left[\frac{2R}{r} \right]} \quad (10.3)$$

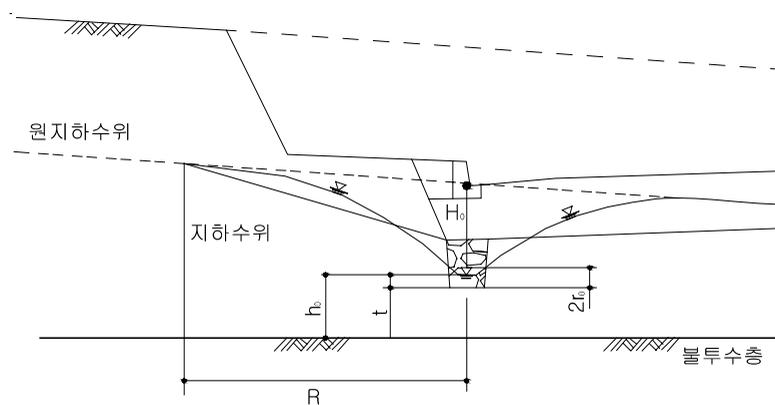
여기서, r : 배수구 폭의 반 (cm)

q : 단위길이 당 배수량($cm^3/sec/m$)

k : 투수계수(cm/sec)

H_0 : 배수관 매설위치부근의 지하수위 저하량(cm)

R : 배수에 의하여 지하수가 영향을 받는 수평거리(cm)



〈그림 10.4〉 불투수층이 깊은 경우

(4) 피압지하수에 의한 침투류가 있는 경우

〈그림 10.5〉에서와 같이 심부에서 침투류를 배수시킬 경우에는 지반을 포함한 도로의 단면도에 유선망을 그리고 다음 식에 의하여 배수량을 구한다.

$$Q = k \cdot H_0 \left[\frac{N_f}{N_p} \right] \quad (10.4)$$

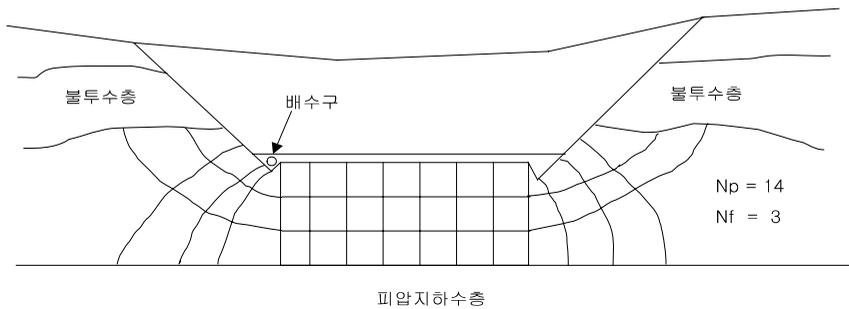
여기서, Q : 단위길이당 전배수량($\text{cm}^3/\text{sec}/\text{cm}$)

H_0 : 전수두(cm)

N_f : 유선에 둘러싸인 유로의 수

N_p : 등포텐셜선에 둘러싸인 대상부 수

또한, <그림 10.5>에 있듯이 도로의 양측에 2개의 배수구를 설치할 경우에는 배수관 1개의 단위길이 당 배수량은 식 (10.4)에서 구한 Q 를 $q = \frac{1}{2} \cdot Q$ 로 한다.



<그림 10.5> 유선망의 예

(5) 노반의 배수도 산정

노반에 대한 배수 능력 계산은 완전하게 물로 포화된 노반에서 물의 유출을 계산하게 된다.

우선, 배수과정의 초기 단계는 노반전체가 물로 포화되고 있고 배수가 진행됨에 따라 노반 내의 자유 수면이 저하하여야 한다. 이 때의 수면 형태를 항상 배수구 부근에서 수두를 0으로 한 직선으로 가정 한다.

한번 완전하게 포화된 노반의 배수도(U)는

$$U = \frac{\text{배수된 단면적}}{\text{노반의 단면적}} \times 100(\%)$$

로 가정하고, 보통의 경우에는 10일 이내에 배수도(U)가 50%가 되면 좋다.

50% 배수에 필요한 시간 t_{50} (일)은 식 (10.5)에 의하여 주어진다.

$$t_{50} = \frac{n_e \cdot L^2}{172,800 \times k(H + L \cdot \tan \alpha)} \quad (10.5)$$

여기서, n_e : 노반의 유효간극율

L : 노반의 양측에 설치된 배수구의 간격 $1/2(cm)$

H : 노반두께(cm)

k : 노반의 투수계수(cm/sec)

α : 노반의 경사각(도)

10.3 땅깍기부 지하배수의 설계

노상에 침투하는 지하수를 차단하고, 지하수위를 낮추기 위하여 땅깍기부의 길어깨에는 지하배수구를 설치함을 원칙으로 한다. 그러나, 확실히 지하수가 침투할 염려가 없는 경우에는 설치하지 않아도 된다.

지하배수시설의 설계에서는 사전에 어느 정도 세밀한 조사를 하여도 지하수위가 계절적으로 변동이 심하고, 조사만으로는 지반 내의 침투를 완전히 파악할 수 없을 때도 많아서 시공 중에 조사결과와 틀리게 되는 현상이 발생하기 쉬우므로, 공사 중에 지형 여건을 고려하여 시공한다.

10.4 지하배수구의 깊이

배수관의 최소 설치 깊이는 노상의 불량 부분에 대한 치환두께와 노상면에서 지하수위를 고려한 계산치 중에서 큰 값으로 하되, 이 깊이가 $600mm$ 이하일 경우는 $600mm$ 로 하며, 설치 깊이보다도 얇은 위치에 불투수층이 있을 때에는 현장조건을 고려하여 조정한다. 또한, 노면이 심하게 한 쪽으로 기울었거나 지하수면이 경사져 있을 때에도 현장 조건을 고려하여 깊이를 정한다.

10.5 지하배수구의 구조

- (1) 지하배수구는 유공배수관과 필터재로 구성된 구조를 원칙으로 하지만, 배수량이 적을 때에는 필터재만 사용 가능하다. 배수관 단면의 결정은 지하배수관의 소요 통수단면에 의한다. 지하배수관의 소요통수단면 A 의 산정식은 식 (10.6)과 같다.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{F_s \cdot q \cdot L}{V} \quad (10.6)$$

여기서, Q : 통수유량(m^3/sec)

q : 배수관 1m 당의 배수량(m^3/sec)

L : 유공배수관의 길이(m)

V : 유공관 내의 평균 유속(m/sec)

F_s : 안전율, 보통 3으로 한다.

(2) 맹암거의 설치위치

- 땅깍기부의 길어깨
- 한쪽깍기, 한쪽쌓기 및 땅깍기, 흙쌓기 경계부
- 용수다발지역
- 기타 필요한 곳

(3) 땅깍기부 비탈면에 설치하는 맹암거는 비탈면에 용수가 있을 때 설치하며 부직포를 사용하지 않는 맹암거로 한다.

(4) 도로 횡방향으로 설치하는 맹암거는 유공관을 두지 않는 것으로 하며, 도로 중심선과 60° 의 각도로 설치한다.

(5) 도로 종방향의 맹암거는 유공관을 두는 것을 원칙으로 하고, 암반구간(리핑암과 발파암)에는 부직포를 두지 않는다.

(6) 맹암거에 매설되는 유공관의 내경은 200mm를 표준으로 하며, 유공관 구멍의 직경은 12~20mm를 표준으로 한다.

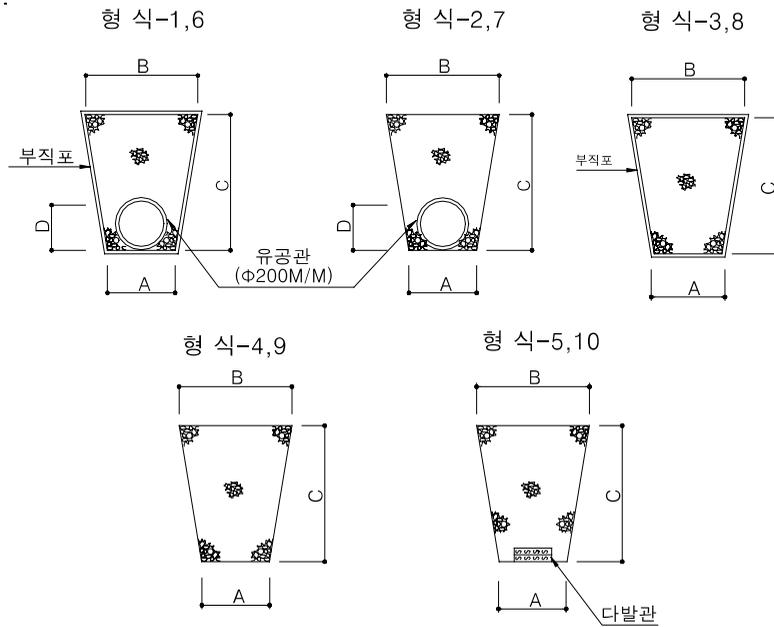
(7) 유공관의 경사는 0.5% 이상이 바람직하나 최소 0.2% 이상으로 한다.

(8) 맹암거의 형식 및 적용기준은 다음 <표 10.2>과 같고, 형식별 맹암거 상세도는 <그림 10.6>과 같다.

〈표 10.2〉 맹암거 형식 및 적용기준

구 분	적 용 기 준	유 공 관 사용여부	부 직 포 사용여부	비 고
형식-1	• 땅깍기부 L형 측구 아래에 설치(토사 구간)	○	○	
형식-2	• 땅깍기부 L형 측구 아래에 설치(리핑암, 발 파암 구간)	○	×	
형식-3	• 한쪽깍기·한쪽쌓기 구간 및 땅깍기·흙쌓기 경계부 구간에 설치(토사 구간) • 땅깍기부 비탈면 통수부에 설치(토사 구간)	×	○	- 중분대쪽 맹암거 유출 부는 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 영향 권 내의 지역	-	-	

※ 산지부도로에 설치되는 지하 배수시설은 유입되는 지하수와 침투수를 차단하여 땅깍기·흙쌓기부의 지반붕괴를 최소화 할 수 있도록 일반도로 용량보다 확대 적용하여야 한다(산악지 도로설계 매뉴얼, 국토해양부, 2007).

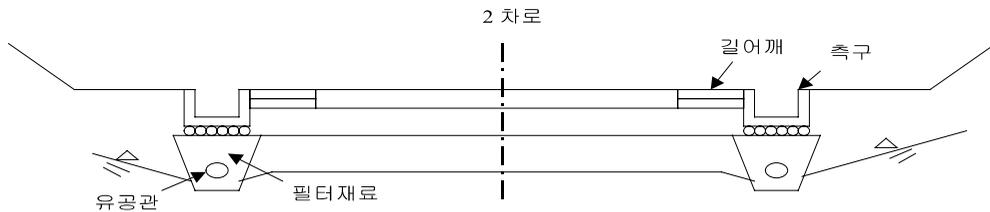


구 분	형 식	토 질	치 수 (M/M)				비 고
			A	B	C	D	
일반부	1	토 사	400	500	600	200	
	2	리 핑, 발파암	400	500	600	200	
	3	토 사	400	500	600		
	4	리 핑, 발파암	400	500	600		
	5		400	500	600		다발관
산지부	6	토 사	600	n	800	400	
	7	리 핑, 발파암	600	n	800	400	
	8	토 사	600	n	800		
	9	리 핑, 발파암	600	n	800		
	10		600	n	800		다발관

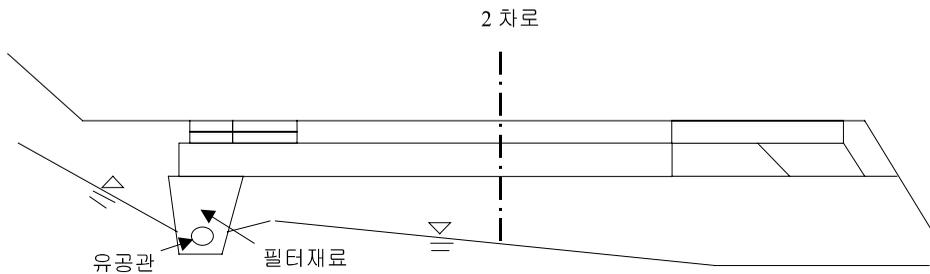
〈그림 10.6〉 형식별 맨암거 상세도

10.6 길어깨의 지하배수구

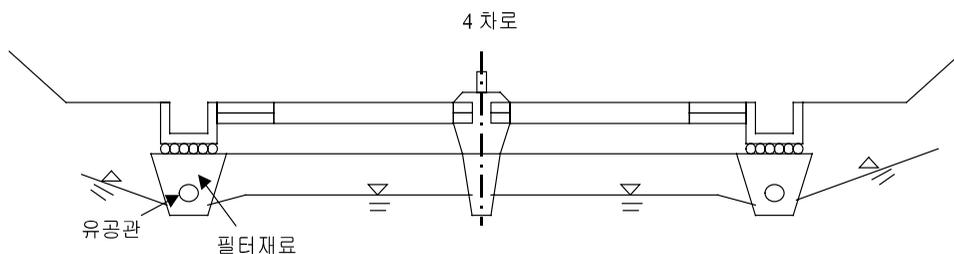
지하배수구에 의한 배수는 노상 및 노반을 대상으로 한다. 지하수가 높은 지역에 시공하며 지중 배수에 매우 유효하다.



〈그림 10.7〉 양측의 길어깨에 설치된 지하배수구



〈그림 10.8〉 편측에 설치된 지하배수구



〈그림 10.9〉 중앙분리대가 있는 경우의 지하배수구

지하수면이 거의 일정한 곳은 〈그림 10.7〉과 같이 길어깨의 지하배수구를 도로 양측에 설치한다. 그러나, 지하수가 한쪽에서만 유출되는 곳은 〈그림 10.8〉과 같이 비탈면측에만 설치하는 경우도 있다. 도로의 노폭이 큰 경우는 〈그림 10.9〉와 같이 중앙의 분리대에 지하배수구를 설치한다. 지하수가 많은 지역은 지하배수구만으로 배수능력이 부족할 수 있으므로 노상과 노반의 경계, 또는 노상과 노체내에 수평 차단배수층을 설치하여 침투류를 지하배수구로 유도한다. 지하배수구의 깊이는 1.0~2.0m 정도이지만 지형, 토질, 지하수위 등을 고려하여 지하배수구의 깊이를 조정한다.

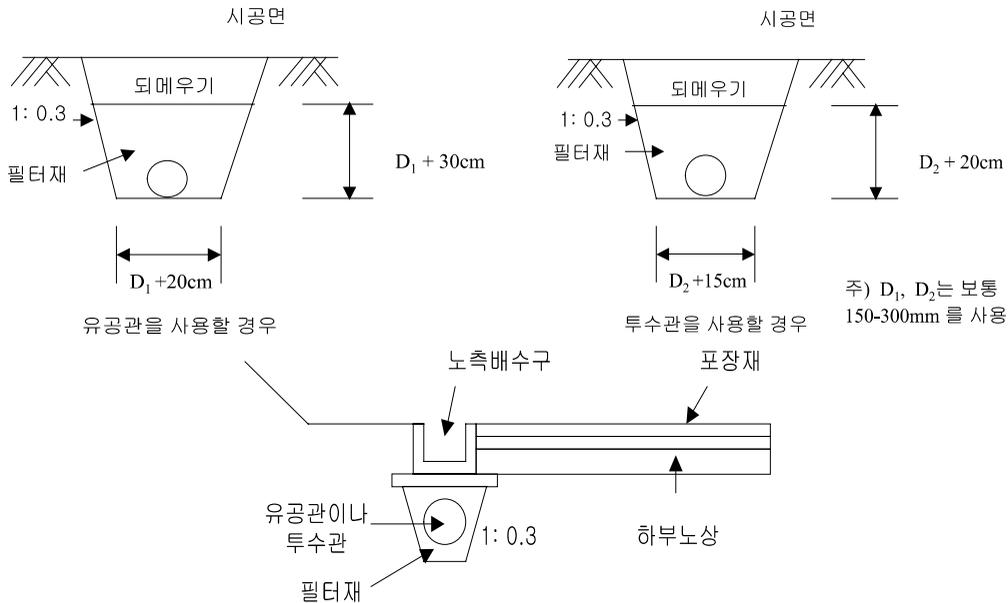
지하배수구의 저부에는 집수관을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 집수관 종류에는 유공콘크리트관이 이용되고 있는 경우가 많지만 콘크리트제 투수관 및 합성수지 등으로 만들어진 투수관, 유공관 등을 다양하게 이용할 수 있다.

지하배수구에 매설된 집수관은 내경 15~30cm를 표준으로 한다. 내경 10cm 이하의 관은 토사침전 등이 발생할 수 있으므로 사용하지 않는 편이 좋다. 또한, 유공관의 주위에 토목섬유를 사용하는 것도 관내에의 토사유입을 방지하는 데 효과적이다. 투수관(콘크리트제품 및 합성수지제품)은 양질의 필터재로 보호하여야 한다.

지하배수구 안에 집수관을 매설하는 대신에 조석 등을 설치하는 경우도 있지만 배수능력이 작으며, 세립토로 인하여 배수기능이 저하하기 쉬우므로 불가피한 경우외에는 사용을 피하여야 한다.

지하배수구의 되메우기 재료는 투수성이 좋고 양측 흙의 세립분 유입을 방지할 수 있는 필터재료를 이용한다.

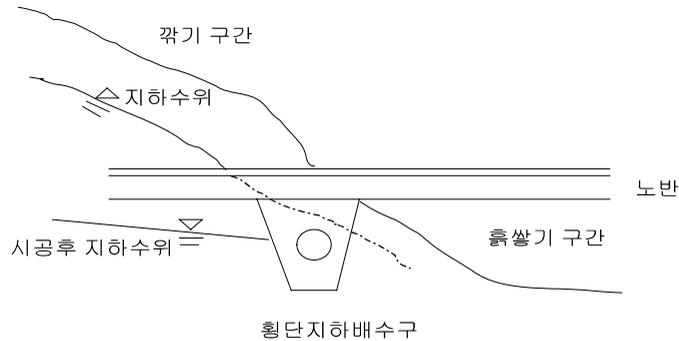
지하배수구를 시공한 위치에서 되메우기에 충분히 주의하지 않으면 장래에 침하와 변형을 일으키기 쉽다. 지하배수구의 위치가 측구 하부이거나 노면이 포장되어 있는 경우에는 표면을 일단 불투수성으로 볼 수 있지만, 길어깨 등에 닿을 때는 지표수가 직접 지하배수구의 필터부에 침투할 우려가 있으므로 표면의 30cm 정도를 투수성이 낮은 흙으로 덮고 다짐한다.



〈그림 10.10〉 지하배수구의 설치

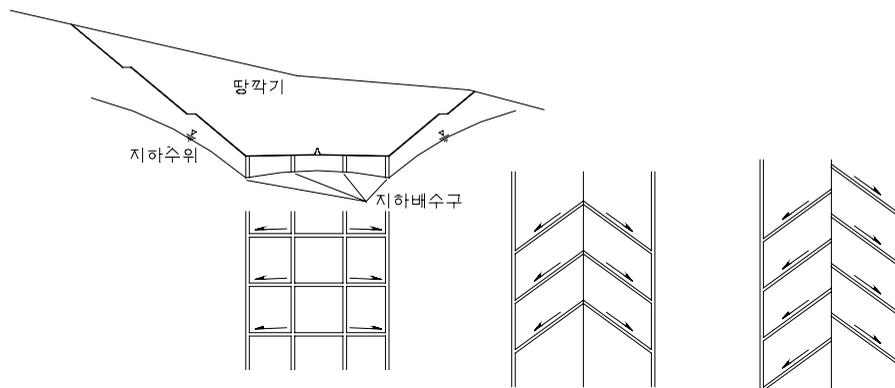
10.7 횡단지하배수구

지하수위가 높은 대지를 깎으면 땅깎기면에서 침투수가 유출되고 접하여 있는 흠쌓기부로 물이 유입하는 경우가 있으므로 이와 같은 경우에는 <그림 10.11>과 같이 횡단지하배수구를 설치한다. 또한, 노상부에서 침입하여 오는 물을 제거하기 위하여 차단배수층과 병용하면 효과가 클 수 있다.



<그림 10.11> 횡단지하배수구

횡단지하배수구는 도로에 직각인 방향으로 설치하는 경우도 있지만 도로에 종단경사가 있을 때에는 <그림 10.12> 사례와 같이 경사로 하는 편이 좋다. 횡단지하배수구는 집수관을 매설하는 것이 보통이지만 집수관을 이용하지 않고 직접 모래 등을 채우는 경우도 있다. 횡단지하배수구는 노면층의 지하배수구로 연결된다.



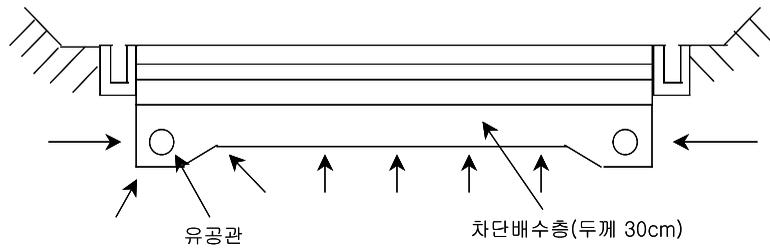
<그림 10.12> 횡단지하배수구의 설치방향과 단면 사례

10.8 차단배수층

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

일반적으로 노반은 투수성이 좋다고 생각하지만, 사용하는 재료에 따라서 투수계수가 낮고 배수가 나쁜 경우도 적지 않다. 이와 같은 경우, 노반 밑에 투수성이 높은 거친 자갈, 쇠석 등을 차단배수층으로서 설치하며, 그 두께는 300mm이상으로 한다.

그리고 차단배수층으로 배수시킬 때 유량이 많을 경우에는 <그림 10.13>과 같이 배수층 내에 집수관을 배치할 수 있다. 또 침투수가 있는 경우에는 배수층의 배수능력을 검토하고 차단배수층은 충분한 두께를 갖도록 하여야 한다.



<그림 10.13> 차단배수층 내에 매설된 집수관

10.9 토목섬유를 사용한 포장배수

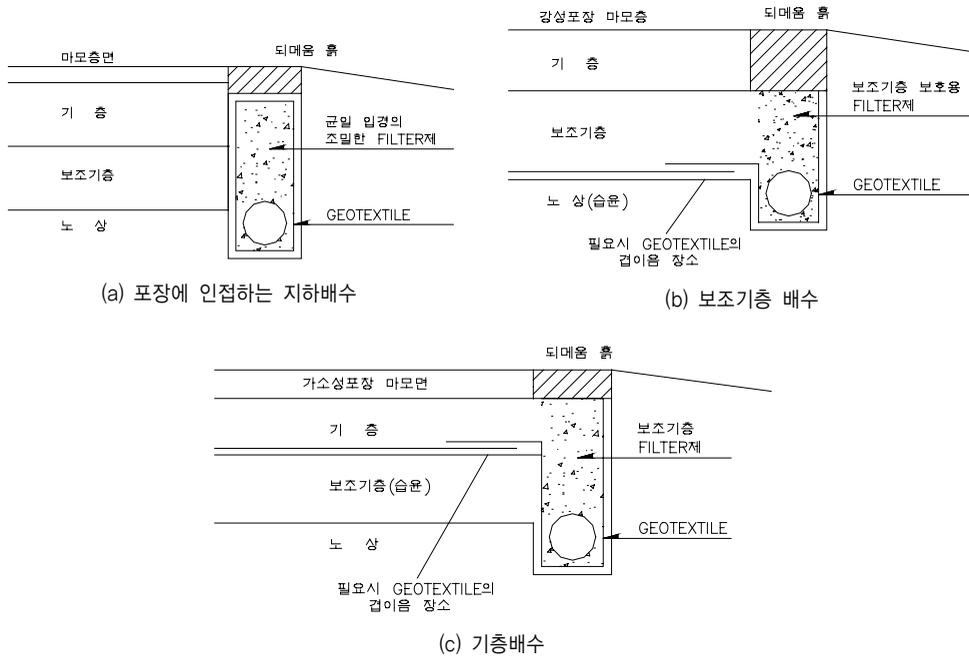
포장체는 균열, 소성변형, 줄눈 등의 요인으로 침투수를 함유하게 된다. 포장체의 배수에 효과적인 설계방법으로 가장 간단한 형식은 <그림 10.14>와 같다.

토목섬유를 이용한 포장배수는 주변 지역의 정상적인 지하수위를 낮추기 위해서 사용할 수도 있고, 보조기층과 노상층 가운데서 표면침투수를 배수할 목적으로 설치하는 것도 있다.

표면침투수를 배수 목적으로 설치한 것은 양호한 입도로 조정된 보조기층재와 노상골재가 사용되기 때문에, 암거배수로 통수량은 상당히 적다.

지하수위가 포장체 부근에 존재하지 않고 노상이 소성한계 이하의 자연함수비를 가진 평창성 점토일 때에는, 유입량이 적기 때문에 집수관 파이프를 생략하면 배수로 가운데로 물이 흘러서 고이게 된다. 큰 투수성을 가진 강성 콘크리트 포장구조에서 토목섬유는 투수성 구조물의 밑에 존재하는 노상 위에 설치한다. 이 토목섬유는 <그림 10.14>에서와 같이 토목섬유 위의 재료와 혼합되는 것을 방지하고 본질적으로는 분리재로서의 역할을 한다. 토목섬유는 포장 단면의 한쪽 또는 양쪽에 설치된 암거 배수로에 연결된다.

한 층 이상의 하부 포장구조를 가지는 가소성 포장 또는 다른 시스템이 사용될 때에 토목섬유는 기층과 보조기층 사이에 위치하는데, 이는 <그림 10.14>와 같이 미세한 입자의 보조기층재와 보조기층재보다 큰 투수성을 가진 기층재의 혼합을 방지하기 위함이다. 토목섬유는 인접한 지하 배수로에서 하천 라이닝(lining)용으로 사용하는 토목섬유에 연결한다.

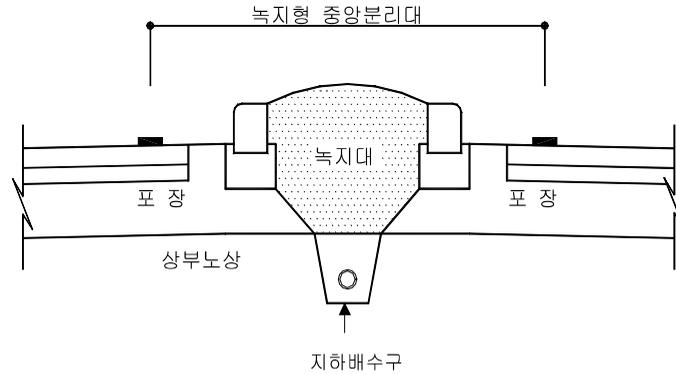


<그림 10.14> 포장 구조물에 보강용 토목섬유의 각종 사용방법

10.10 중앙분리대 지하배수시설의 설계

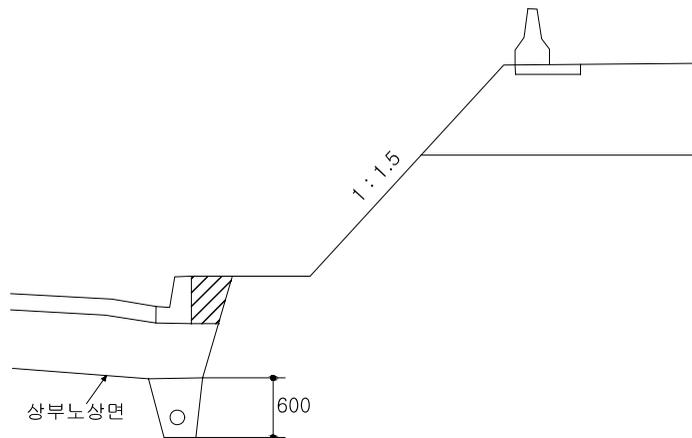
- (1) 중앙분리대의 표면이 콘크리트, 아스팔트 등의 불투수성의 재료로 피복되어 있어도 도로의 노후, 피복의 균열, 줄눈 등에 의하여 침투수가 발생하므로 지하배수구의 설치는 필요하다. 그러나 노상재료가 투수성이 양호한 재료(예를 들면 강모래, 터널에서 파낸 흙)로 구성되어 있어서 분리대의 빗물 침입을 허용하여도 지장이 없을 때에는 지하배수구를 설치하지 않을 수 있다.
- (2) 중앙분리대 지하배수구는 중앙분리대에 내린 빗물이 땅속으로 스며든 것을 배제할 목적으로 설치한다. 그러나, 땅깍기구간에서 지하수위가 높은 곳은 지하수의 배수를 겸하게 할 수도 있으므로 유공관을 사용한다.

- (3) 중앙분리대 지하배수구의 설치위치는 <그림 10.15>와 같으며, 지하배수구의 윗부분을 상부 노상면에 맞추어야 한다.



<그림 10.15> 중앙분리대의 지하배수구

- (4) 중앙분리대에는 전기통신시설 등의 관이 매설되어 있으므로 주의하여야 한다.
- (5) 중앙분리대의 양쪽 높이가 다를 경우에는 <그림 10.16>에 나타낸 것과 같이 낮은 쪽의 상부 노상면에 중앙분리대 지하배수구의 상부를 맞춘다.



<그림 10.16> 중앙분리대 양쪽 높이가 다를 경우

- (6) 횡단 지하배수관을 길어깨 집수정에 연결할 때에는 집수정에 들어간 물이 횡단 지하 배수관에 역류하지 않도록 한다. 대규모 땅깍기부에서 역류할 수 있으므로 유공관을 설치할 수 있다.

(7) 분리대 지하배수구의 구조

인터체인지, 휴게시설, 간이휴게소 및 버스 정류장의 배수구 등에서 흘러 들어온 빗물이 인접 포장체에 침입할 경우에는 중앙 분리대와 같이 지하 배수구를 설치한다. 이때 설치구조는 중앙분리대에 준하며, 구역의 크기·모양을 고려해서 효과적인 위치·구조를 선정한다.

(8) 중앙분리대 지하 배수구의 재료

중앙분리대 지하배수구에 사용하는 재료는 땅깃기부 지하배수구와 동일한 재료로 한다.



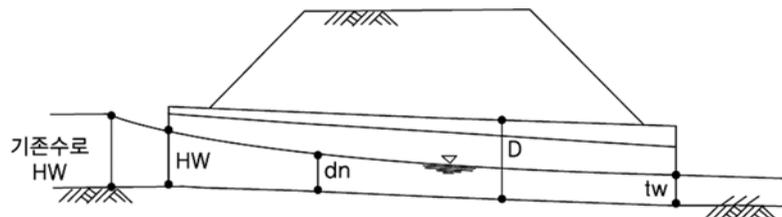
11. 횡단 배수시설

11.1 일반사항

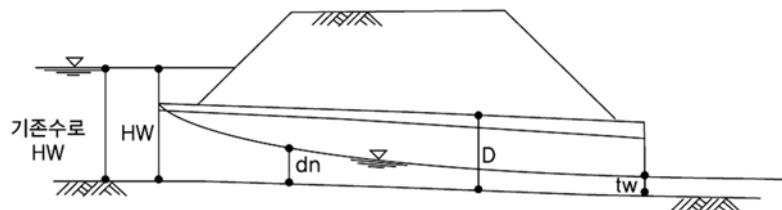
도로 암거는 수문분석에서 결정된 계획 홍수량으로부터 암거 상류부의 수위를 과다하게 상승시키지 않은 상태에서 하류로 배제할 수 있는 경제적인 단면과 경사를 갖도록 계획한다. 암거의 단면형상은 파이프와 박스가 일반적이며, 암거의 크기·경사·유·출입부의 수심 등 조건에 따라 유입부 조절 또는 유출부 조절을 받는 흐름의 특성을 나타낸다.

11.2 횡단 배수시설 내 흐름의 분류

일반적으로 도로의 배수시설로 설치되는 박스(BOX), 혹은 파이프(PIPE)의 흐름은 다음 그림과 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다.



(a) Class-I



(b) Class-II

〈그림 11.1〉 흐름 형식 개념도

도로 배수시설로 사용되는 암거의 흐름은 <표 11.1>과 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다. Class-I에서 나타난 HW (유입부 수두)와 TW (유출부 수두)가 잠수되지 않은 흐름과 Class-II의 ①처럼 HW 는 잠수되었지만 TW 가 잠수되지 않아 자유수면을 갖는 흐름을 개수로 흐름이라 하고, Class-II의 ②처럼 HW 와 TW 가 모두 설치될 관경보다 커서 잠수되어 자유수면을 갖지 않는 흐름을 관수로 흐름이라 한다.

따라서, 도로 암거의 수리 형상에 따라 개수로의 일반사항으로 암거를 해석하여야 할 때도 있고, 관수로의 흐름(오리피스)으로 도로 암거를 해석할 수도 있다.

이러한 특성을 고려한다면 일반적으로 산지부에서 유출되는 유량을 기준수로로 방류시킬 경우에는 Class-I, Class-II의 ①처럼 개수로의 흐름을 유지하는 것이 적합하고, 산지부 또는 유입부의 상황이 유량은 많으나 지형적인 요건으로 인하여 큰 규격의 관을 설치하지 못하고, 저수지 혹은 수위가 높은 상태로 방류시킨다면 Class-II의 ②처럼 관수로의 흐름까지 감안하여 설계할 수 있다. 그러나 도로 배수의 경우는 우수의 완전배제를 원칙으로 하고 있으므로, 가급적 관수로의 흐름은 피하는 것이 바람직하다.

<표 11.1> 암거흐름의 분류

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

11.3 횡단 배수시설 내 흐름의 수리특성

11.3.1 횡단 배수시설의 흐름 유형

도로 암거의 수리설계는 수문분석에 의하여 결정되는 계획홍수량을 도로나 철도의 범람 없이 즉 암거 상류부 수위(HW : Head Water Level)를 과다하게 상승시키지 않은 상태에서 안전하게 하류로 소통시킬 수 있는 가장 경제적인 암거의 단면과, 매설 경사를 결정하는 것이라 할 수 있다. 일반적으로 행하여지는 통수량의 개념과는 확연히 다른 것이다.

이러한 설계조건에서 도로암거에서 발생할 수 있는 흐름은 8가지의 흐름이 가능하며, 지형 및 현

장여건에 맞는 유형을 찾아 설계에 적용하는 것이 중요하다.

〈그림 11.2〉는 도로 암거 내 흐름의 유형을 나타낸다.

도로 암거에서 발생할 수 있는 흐름은 〈그림 11.2〉와 같이 8가지 흐름이 가능하다. 따라서 제시된 8가지 유형 중 현장여건에 맞는 유형을 찾아내어 해당 유형에서 발생된 유입부 수심(HW)을 구하여 해당 지점의 허용상류수심(AHW)과의 비교를 통하여 홍수위의 월류여부를 판단하여야 한다. 또한 이러한 도로암거의 수리계산에는 대부분의 흐름이 자유수면을 가지는 개수로의 흐름을 가지므로 유입부에서 모든 물의 흐름을 지배하는지, 유출부에서 모든 물의 흐름을 지배하는지에 대한 판단이 중요하다.

흐름의 종류에 따른 8가지 수리형상에 대하여 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 : 암거 내 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 : 암거 내 등류수심 TW : 유출부 수두 dc : 한계수심
3 형식		<사류의 흐름> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So \geq Sc$ $TW \leq dc < D$ dn : 암거 내 등류수심 dc : 한계수심
4 형식		<사류→상류 : 도수발생> $HW \leq 1.2D(\text{Class I})$ $So \geq Sc$ $TW > dc$ dn : 암거 내 등류수심 dc : 한계수심

〈그림 11.2〉 암거의 흐름유형(계속)

구 분	수 리 모 형	수 리 조 건
5 형식		<p>〈사류의 흐름〉 $HW \geq 1.2D(\text{Class II})$ $S_o > S_c, S_o < S_c$ $TW < d_c$ $d_n < d_c$ d_n : 암거 내 등류수심 d_c : 한계수심</p>
6 형식		<p>〈관수로의 흐름〉 $HW \geq 1.2D(\text{Class II})$ $S_o > S_c, S_o < S_c$ $TW < D$ $d_n > D$ d_n : 암거 내 등류수심 d_c : 한계수심</p>
7 형식		<p>〈관수로의 흐름〉 $HW \geq 1.2D(\text{Class II})$ $S_o > S_c, S_o < S_c$ $TW > D$ d_n : 암거 내 등류수심 d_c : 한계수심</p>
8 형식		<p>〈사류→상류 : 도수발생〉 $HW \geq 1.2D(\text{Class II})$ $S_o > S_c, S_o < S_c$ $TW > D$ d_n : 암거 내 등류수심 d_c : 한계수심</p>

〈그림 11.2〉 암거의 흐름유형

(1) 제 1 형식

제 1 형식은 암거의 경사(S_0)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 식 (11.2)를 얻을 수 있다.

식 (11.2)는 해석할 수 있는 모노그래프를 제시하지 못하므로, 1형식이 예상된다면 h_e (유입부 손실 수두), h_f (마찰 손실수두)등을 계산하여 적용하여야 하며, 1형식으로 수리형태가 결정되었을 경우의 유출부 유속 V_0 는 한계유속(V_c)일 때이다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + \left(d_c + \frac{V_c^2}{2g} \right) \quad (11.1)$$

$$HW = h_e + h_f + \left(d_c + \frac{V_c^2}{2g} \right) - S_o L \quad (11.2)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

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

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

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 : Manning의 조도계수

R : 암거의 동수반경(m)

(2) 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 좁으면서 수심이 깊은 수로에서 발생하나 흔하지 않은 경우이며, 유입부와 유출부의 에너지 방정식으로부터 식 (11.3)을 얻을 수 있다. 2형식을 해석할 수 있는 모노그래프를 제시할 수 없으므로 h_e , h_f , d_{tw} 등을 구하여 식 (11.3)의 방정식을 통하여 HW 를 구한다. 2형식으로 수리형태가 결정되었을 경우의 유출부 유속(V_o)는 유출부의 평균유속 즉, TW 가 이루는 유속(d_{tw})를 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = h_e + h_f + \left(d_{tw} + \frac{V_{tw}^2}{2g} \right) - S_o L \quad (11.3)$$

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

(3) 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 방정식으로부터 다음 식을 얻을 수 있다. 이때의 수리형상으로 결정되었을 경우에는 설치될 암거의 길이가 5m 미만일 경우에 한계 수심일 때의 유속(V_c)을 사용하고, 암거의 길이가 5m 이상일 경우에는 등류수심일 때의 유속(V_n)을 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = C_e \frac{V_e^2}{2g} + \left(d_c + \frac{V_c^2}{2g} \right) \quad (11.4)$$

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

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q}{S} \right)^2} = 0.467 \left(\frac{Q}{S} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (11.5)$$

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{bd_c} \right)^2 = 0.234 \left(\frac{Q}{S} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (11.6)$$

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

① 파이프의 경우 :

$$HW = 0.467 \left(\frac{Q}{D} \right)^{\frac{2}{3}} + 0.051(1+C_e) \cdot V_c^2 \quad (11.7)$$

② 박스의 경우 :

$$HW = 0.701 + 0.234 C_e \cdot \left(\frac{Q}{S} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (11.8)$$

(4) 제 4 형식

제 4 형식은 하류수심(TW)이 암거높이(D) 보다 높아 하류부가 잠수된 상태로 암거 내 유출부와 인접한 곳에서 도수가 발생하게 된다. 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_0)은 유출부에서 도수가 발생하고, 도수의 시작점이 암거 내부이므로 만관일 때의 유속(V_f)을 유출부 유속으로 사용한다.

① 파이프의 경우 :

$$HW = 0.467 + \left(\frac{Q}{D}\right)^{\frac{2}{3}} 0.051(1 + C_e) \cdot V_c^2 \quad (11.9)$$

② 박스의 경우 :

$$HW = 0.701 + 0.234 C_e \cdot \left(\frac{Q}{S}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (11.10)$$

여기서, HW : 유입부 상류수심(m)

Q : 유량(m^3/sec)

C_e : 유입부 손실계수

D : 파이프의 직경(m)

S : 박스암거의 직경, 암거의 대각선 길이(m)

V_c : 유입부에서 한계유속(m/sec)

(5) 제 5 형식

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

$$HW - \frac{D}{2} = C_e \frac{V_D^2}{2g} + \frac{V_D^2}{2g} \quad (11.11)$$

$$HW = \frac{D}{2} + \frac{V_D^2}{2g} (1 + C_e) \quad (11.12)$$

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($9.8m/sec^2$)

(6) 제 6 형식

제 6 형식은 암거 내 흐름이 만수상태로 관수로의 특징을 갖고 있으며, 압력차에 의하여 흐르게 되어 지배단면은 유출부가 된다. 암거상류 수면과 유출부사이의 에너지 방정식은 식 (11.13)과 같다.

이러한 수리형태의 흐름의 유출부 유속(V_0)은 만관일 때의 유속(V_f)을 사용한다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + h_v + h_o \quad (11.13)$$

식 (11.13)에서 유입손실 수두(h_e), 마찰손실 수두(h_f) 그리고, 속도수두(h_v)를 대입하면 다음과 같다.

① 파이프의 경우 :

$$HW = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + h_o - S_o L \quad (11.14)$$

② 박스의 경우 :

$$HW = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + h_o - S_o L \quad (11.15)$$

여기서, HW : 유입부 상류수심(m)

V_0 : 유입부 유속(m/sec)

C_e : 유입부손실 계수

n : 매닝의 조도 계수

L : 암거의 길이(m)

D : 암거의 직경 또는 높이(m)

R : 암거의 동수반경(m)

h_0 : 유출부 단면의 중립축까지의 높이로 이론상 $D/2$ 이나 설계시 흐름의 조건을 유지하기

위하여 파이프는 $0.75D$, 박스는 $0.8D$ 를 적용

S_0 : 암거의 경사(m/m)

(7) 제 7 형식

제 7 형식에서 암거 내 흐름은 상류와 하류의 수위차로 인하여 흐르는 관수로의 흐름이 되며 지배단면은 암거하류의 수면이 된다. 상류부와 하류부의 에너지 방정식으로부터 식 (11.16)을 유도할 수 있다. 이러한 수리형태의 유출부유속(V_0)은 만관일 때의 유속(V_f)을 사용한다.

$$HW + S_o L = h_e + h_f + h_v + TW \quad (11.16)$$

식 (11.16)을 제6형식과 같은 형태로 표현하면 다음과 같다.

① 파이프의 경우 :

$$HW = \frac{V^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + TW - S_o L \quad (11.17)$$

② 박스의 경우 :

$$HW = \frac{V^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) + TW - S_o L \quad (11.18)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

V : 암거의 평균 유속(m/sec)

TW : 암거의 하류의 수심(m)

(8) 제 8 형식

제 8 형식에서 흐름은 하류수심(TW)이 암거의 높이(D)보다 크지만 암거 내 유속이 빨라 유출부가 잠수되지 않는 형식으로 지배단면은 유입부가 된다. 이런 흐름은 암거 내에서 제 5 형식과 동일한 모형을 갖고 있으므로 제 5 형식과 같은 식으로 표현할 수 있다. 이러한 형태에서의 유출부 유속(V_0)은 하류부에서 도수가 발생하나, 도수가 발생하는 지점이 암거의 외측이므로 Class - 1 의 4형식과는 달리 등류 유속(V_n)을 유출부 유속으로 사용한다.

$$HW = \frac{D}{2} + \frac{V_D^2}{2g} (1 + C_e) \quad (11.19)$$

여기서, HW : 유입부 상류 수심(m)

D : 암거의 직경 또는 높이(m)

V_D : 깊이 D 인 암거 입구에서의 평균유속(m/sec)

C_e : 유입부 손실 계수

g : 중력가속도($9.8m/sec^2$)

11.3.2 횡단 배수시설 내 흐름의 수리특성

(1) 흐름상태에 따른 수로 경사분류 및 특성치 관계

개수로 내의 흐름은 수로 경사의 가장 큰 영향을 받는다. 그리고 개수로 및 자연하천인 경우 흐름을 등류로 가정하여야만 수리계산이 가능하다. 따라서 개수로의 수리계산을 위해서는 설치될 관경과 홍수량 (Q_d)에 따른 등류수심(D_n)을 구하여 암거 내의 수리형상을 파악하여야 한다.

개수로 내 등류수심(d_n)이 한계수심(d_c)과 동일하게 유지되었을 이때의 수로경사를 한계경사(S_c) (critical slope)라 하고, 이때의 흐름을 한계등류(critical uniform flow) 또는 한계류라고 한다. 따라서 임의 수로의 한계경사는 Manning 공식으로 부터 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$S_c = \frac{n^2 V_c^2}{R_c^{4/3}} = \frac{n^2 g D_c}{R_c^{4/3}} \quad (11.20)$$

여기서 R_c : 한계수심일 때의 동수반경

D_c : 한계수심일 때의 수리평균심

만약, 유량이 일정할 때 한계경사 S_c 보다 작은 수로경사 S_0 를 가지는 수로상에 등류가 흐르면, 흐름의 등류수심(d_n)은 한계수심(d_c)보다 커져 상류(subcritical flow)가 되고 지배단면은 유출부가 된다.

반대로 한계경사보다 큰 수로경사위에 등류가 흐르면 흐름의 등류수심(d_n)은 한계수심(d_c)보다 작아지며, 이때 흐름은 사류(subcritical flow)의 흐름을 가지고, 지배단면은 유입부가 된다.

여기서 지배단면이 유입부 또는 유출부가 된다는 것은 모든 물의 흐름을 유입부 또는 유출부에서 지배한다는 뜻이다. 따라서 유입부가 지배단면이 되면, 유출부의 모든 상황 즉, 손실수두(h_o), 위치수두(h), 수로경사(S_0), 수로연장(L) 등 HW산정에 영향을 미치지 않는다.

이러한 흐름의 상태를 요약하면 다음 <표 11.2>와 같다

<표 11.2> 흐름상태에 따른 수로경사의 분류 및 특성치 관계

흐름의 상태	수로경사	흐름의 형상	평균유속	지배단면
한계류	한계경사	————— $d_c = d_n$	$V_n = V_c$	—
사 류	급경사 ————— d_c d_n $d_c > d_n$	$V_n < V_c$	유 입 부
상 류	완경사	————— d_n d_c $d_c < d_n$	$V_n > V_c$	유 출 부

예제1) 수로 폭이 3m이고 조도계수 $n=0.017$ 인 구형수로 ($S_0=0.0009$)가 $10m^3/sec$ 의 물을 운반하고 있다. 흐름의 등류수심(d_n), 한계수심(d_c)을 구하고 흐름을 분류하라 또 흐름의 한계경사를 구하고, 8가지 단면 중 해당 단면을 표시하라.

풀이) 흐름의 단면적 $A = 3yn$, 윤변 $P=3+2yn$ 이므로 Manning 공식을 사용하면

Mannin 공식 $Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ 으로부터,

$$10 = \frac{1}{0.017}(3yn) \left(\frac{3yn}{3+2yn} \right)^{2/3} \cdot (0.0009)^{1/2}$$

이를 시행착오법으로 풀면 $yn = 2.074m$ 이다

이를 한계수심을 구하는 식 $yc = \sqrt[3]{\frac{g^2}{g}}$ 에 의하여 한계수심을 구하면,

$$yc = \sqrt[3]{\frac{(10/3)^2}{9.8}} = 1.043m$$

위 계산에서 $yn > yc$ 이므로 흐름은 상류임을 알 수 있다.

식 (11.20)을 이용하여 흐름의 한계경사를 계산하면

$$S_c = \frac{(0.017)^2 \times 9.8}{(1.048)^{1/3}} = 0.0028$$

이 수로의 경사 $S_0 = 0.0009$ 는 한계경사 $S_c = 0.0028$ 보다 작으므로 완경사이며 흐름의 상태는 상류임을 알 수 있다.

따라서 제시된 8가지 단면중 이에 해당하는 단면은 CLASS - I 의 1형식과 2형식이 이에 해당된다.

위 예제에서 설계홍수량 홍수량 Q_d 와 관경이 정하여지면 등류수심과 한계수심을 정의할 수 있다.

이러한 관계를 도로 암거 내에서 생기는 흐름과 비교하면 다음과 같다.

Class - I 의 1형식 2형식	상류로써 유출부 지배단면 즉 모든 물의 흐름은 유출부에서 지배되며, 유입부의 상황은 암거 용량 결정에 영향을 미치지 않는다.
Class - I 의 3형식 4형식 Class - II 의 5형식 8형식	사류로써 유입부 지배단면 즉 모든 물의 흐름은 유입부에서 지배되며, 유출부의 상황이 암거용량 결정에 영향을 미치지 않는다. 단 Class - I 의 4형식과 Class - II 8형식은 암거의 경사가 급하므로 유출부에서 도수 발생이 우려되므로 적절한 대책이 우려된다.

(2) 유입부 지배단면 (통제단면, 조절단면, control section)

유입부 지배단면이란 개수로 수리해석에서 적용되는 개념으로 설치될 도로 암거의 모든 물의 흐름을 유입부에서 지배 통제한다는 것이다.

이러한 상태에서는 유입부 수심(HW , head water)와 관경, 날개벽의 유무 등에 의하여 흐름이 결정된다. 즉 유입부 지배단면의 흐름에서는 위치수두(H), 관의 길이 등에 의하여 산출되는 마찰손실수두(h_f), 손실수두(h_0), SoL 등은 수두 및 흐름의 결정에 커다란 영향을 미치지 않으므로 구하지 않아도 무방하다.

등류수심과 한계수심의 위치에서 사류의 흐름을 나타낼 때이다.

(3) 유출부 지배단면 (통제단면, 조절단면, control section)

유출부 지배단면이란 설치될 도로 암거의 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배, 통제된다는 것이다. 다시 말해서 관의 유출부 까지의 상황 즉 CLASS-1 의 1형식처럼 경사가 완만하고 연장이 긴 횡배수관이 설치되었다면, 암거 내의 흐름의 특성은 상류의 특성을 가지며, 지배단면이 유출부이다. 이러한 수리특성은 유출부까지의 상황 즉 마찰손실수두 H_f , 유입손실수두 C_e , 경사와 길이 SoL 등이 유입부 수두(HW : head water level)의 높이를 좌우한다는 것이다.

따라서, 이 경우는 HW/D 등, 관경의 크기는 HW (유입부 수두)를 결정하는데는 큰 영향을 미치지 않으므로 무시하여도 좋다.

이러한 설계조건에서 도로 암거에서 발생할 수 있는 흐름은 8가지 흐름이 가능하며, 지형 및 현장여건에 맞는 유형을 찾아 설계에 적용하는 것이 중요하다.

11.4 횡단 배수시설의 수리설계

도로 암거의 수리계산방법은 <방법 1> 도표를 이용한 반복시산에 의한 방법, <방법 2> 방정식과 수리학적 공식에 의한 방법(도식에 의한 방법), <방법 3> 도로에 횡배수관을 설치할 경우, 토사퇴적과 유송잡물의 유입을 고려하여 수리계산을 할 수 있는 방법이 있다.

이 지침에서 제시한 <방법 1> 과 <방법 2>는 지형여건과 구조물의 설치형태에서 비교적 토사퇴적의 우려가 적은 지역에 적용하여 수리계산을 수행하며, <방법3>의 경우에는 토사의 퇴적 또는 유송잡물이 암거의 유입부를 막아 유수의 흐름을 방해할 우려가 있는 지역에 설치될 암거의 수리계산에 적용하는 것이 바람직하다.

도로 암거를 수리학적으로 해석하기 위해서는 설계홍수량(Q_d)이 일정한 기존수로 혹은 자연수로를 흘러 도로 암거 구조물을 만났을 때 암거 구조물에 의한 범람 또는 월류를 방지할 수 있는 HW (head water level) 즉 유입부 수위를 산출하여 월류 혹은 범람의 여부를 판단하여야 한다. 따라서 홍수위가 생성되는 기존 유입부수두 및 유출부수두(TW) 등의 사전조사가 필요하며, 이러한 조사

의 바탕에서 설치될 구조물에서의 흐름을 파악하여 기존수로에서 흘러내린 홍수위가 도로 암거를 만났을 때의 암거 유입부수심(HW)를 구하는 과정을 수리계산이라 한다.

이러한 수리계산을 위하여 3가지 방법을 제시한다.

11.4.1 용어의 정의

도로암거의 수리 설계 시 사용되는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

〈표 11.3〉 도로암거 수리 계산 시 사용되는 용어의 정의

항	용어/(단위)	기 호	내 용
1	유역면적 (km^2)	A	도로 암거(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 $4.0km^2$ 이하(소규모)일 때는 합리식 사용 $Q_d = 0.2778 CIA$ 2) 유역면적이 $4.0km^2 < A < 250km^2$ (중규모 유역)일 경우는 단위도 방법을 이용한다.(본문 7.3.3 참조) 3) 유역면적이 $A \geq 250km^2$ (대규모 유역) 일 때는 중규모 유역일 때의 유출계산과 하도 홍수 추적 및 합성 등으로 설계홍수량을 산정한다.(본문 7.3.3 참조)
3	설계빈도(년)		설계하고자 하는 배수구조물에 대한 유량의 회기빈도 (동일용어 : 발생주기 = 회기빈도 = 생기빈도)
4	유달거리(m)	L	설계 유역 내에서 배수구조물 설치지점으로부터 유로를 따라서 측량한 거리와 최상류점과 그 점에서 가장 먼 지점과의 직선거리를 합산한다.
5	표고차(m)	H_s	배수구조물 설치지점과 유달거리에서 정한 가장 먼 지점과의 표고차
6	지속시간(hr)	T_c	배수구역의 가장 먼 지점의 유량이 배수구조물 까지 도달 하는데 소요된 시간
7	강우강도 (mm/hr)	I	이 요령 부록 편에 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/D 가 1.2D 이상이면 설치될 암거가 잠수될 가능성이 있는 것으로 CLASS-II로 가정하고, 1.2D 이하이면 잠수되지 않는 것으로, 즉 CLASS-I로 가정한다.
10	유입부 수심 (m)	HW	기존수로에서 흘러온 계획홍수량이 설치될 암거를 만났을 때 발생하는 유입부의 수두.

항	용어/(단위)	기 호	내 용
11	유입손실율		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 의하여 상류부에서 하류부로 흐름의 조건이 완성된다. $H = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{124.5 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) : \text{PIPE}$ $H = \frac{V_o^2}{2g} \left(1 + C_e + \frac{19.6 n^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) : \text{BOX 에서 구한다.}$
13	한계수심 (m)	d_c	비에너지가 최소가 되는 이론상의 수심, 즉 프로이드수 $F^2 = 1$ 이 될 때의 수심을 한계수심이라고 하며, $\frac{Q^2 Tc}{gAc^3} = \frac{Vc^2}{gDc} = F^2 = 1$ 에서 구하거나, (부록 편 도표 5~도표 17, 도표 30~39)에서 구한다. 한계수심은 암거 내 흐름이 상류의 흐름인지 사류의 흐름인지를 판단하는 중요한 근거이다.
14	한계유속	V_c	암거 내에서 형성되는 한계수심일때의 평균유속으로 $V_c = \frac{Q}{A_c}$ 에서 구한다.
15	한계경사	S_c	개수로 내 등류수심이 한계수심과 동일하게 유지되도록 했을 때의 수로 경사를 한계경사라고 한다. $S_c = \frac{n^2 Vc^2}{Rc^{4/3}} = \frac{n^2 gDc}{Rc^{4/3}}$ 에서 구할 수 있다. 여기서, R_c 는 한계수심에 대응하는 동수반경 D_c 는 한계 수리평균심이다.
16	유출수두 (m)	TW	하류수면으로부터 출구단면의 하단까지의 수심, 일반적으로 배수구조물을 통과한 설계유량이 하류부 기준수로로 만났을 때의 수심을 말하며, 하류수로(유출부의 기준수로) 단면과 설계유량과의 관계에서 추정한다. 예) 하류수로 단면이 사다리꼴 일 때(시산법) Q_d : 설계유량 l : 수로의 바닥경사도 S_1, S_2 : 측면경사도 b : 저변폭 n : Manning 계수 S : $(S_1 S_2)/2$: 평균측면경사도 $Qd = AV = A \times 1/n \times R^{2/3} \times 1^{1/2}$ $A = (b + TW \cdot S) \times TW$ $R = A/P$ $P = b + 2TW \times \sqrt{(1 + S^2)}$

항	용어/(단위)	기 호	내 용
			$Qd = \frac{\{(do + TW \cdot S) \cdot TW\}^{5/3}}{n \{bo/2 \cdot TW \cdot \sqrt{(1+S)^{2/3}}\}} \cdot I^{1/2}$ $\left(\frac{nQ}{I^{1/2}}\right)^3 = \frac{(do + TW \cdot S) \cdot TW^5}{\{bo/2 \cdot TW \cdot \sqrt{(1+S)^2}\}}$ $= \frac{TW^5 \left(\frac{bo}{TW} + S\right)^5}{bo/TW + 2 \cdot \sqrt{(1+S)^2}}$ <p>또는 가능하면 (부록 편 도표 18~도표 29)를 이용해서 구한다.</p>
17	유출부단면의 증립층까지의 높이	h_0	유출부 단면의 증립층까지의 높이로 이론상으로는 D/2이나, 설계시 흐름의 조건을 유지하기 위하여 파이프는 0.75D 박스는 0.80D를 적용한다.
18	조정HW	HW	암거의 수리특성이 사류일 경우는 모든 물의 흐름이 유입부에서 지배가 되고, 상류일 경우는 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배가 된다. 따라서 조정 HW는 이러한 단면의 특성에 따른 유입부의 수두를 에너지 방정식으로 풀 것이다.
19	유출부 유속	V_o	유출부의 유속 V_o 는 황배수관의 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.
20	허용상류수심	AWH	도로의 계획고에서 여유고를 고려한 허용상류수심. 1) 도로의 낮은 노면 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

11.4.2 도표를 이용한 반복시간에 의한 방법

사전조사에 의하여 암거 하류부 수심(TW) 또는 상류부 수심(HW)가 사전조사 되어 암거의 수리형태를 8가지 수리모형 중 하나로 예측이 가능한 경우에 적용하는 것이 적절하며, 이러한 수리형태를 예측하기 위하여 여러 수리 모형과의 관계를 이용하여 반복시간에 의하여 HW(암거 유입부수심)만을 산출한다.

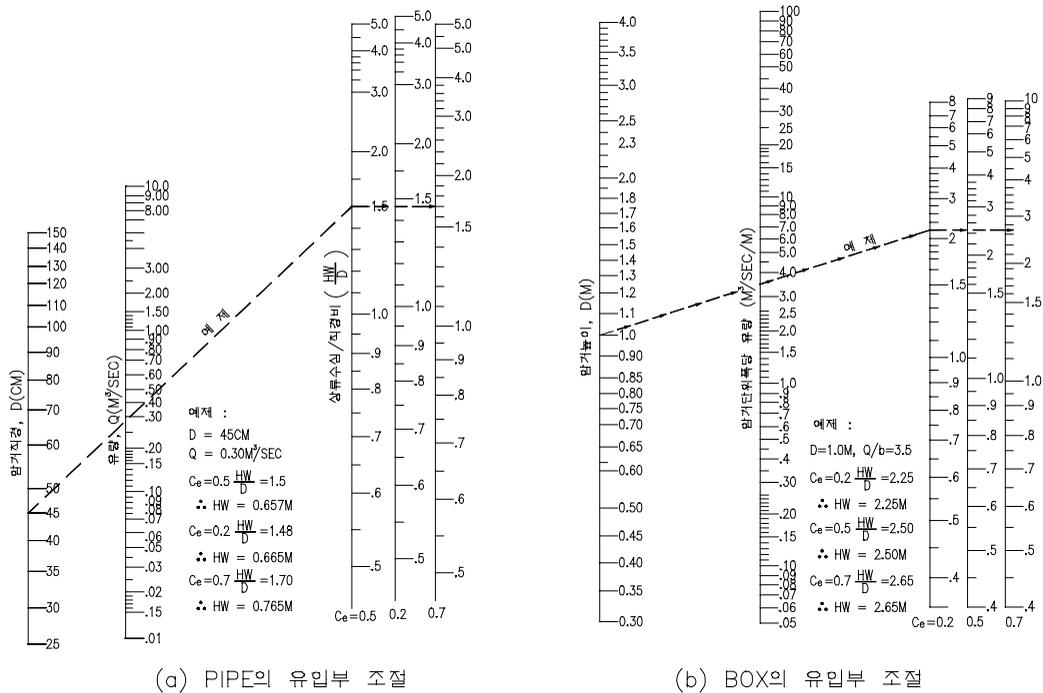
[STEP - 1] 설계 조건에 관련되는 모든 자료를 획득한다.

- 1) 설계배수량(Q_d)를 결정한다.

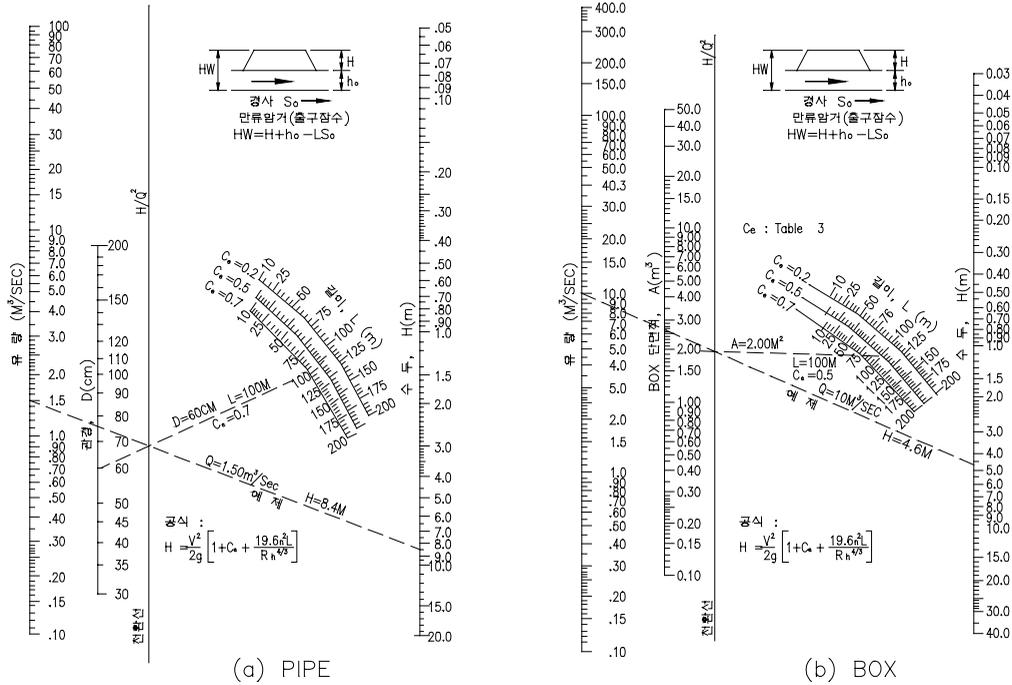
- 2) 설치될 암거의 유입부 및 유출부 기준수위에 대한 제원, 평균경사도 등 제반사항을 획득한다.
- 3) 계획된 설계홍수량이 암거 유입부까지 도달할 때의 수두를 구한다.
- 4) 암거의 단면형, 입구부의 모양 및 암거의 종류를 선택한다.
- 5) 다음의 상황을 고려하여 암거초기 치수를 가정한다.
 - ① 배수량의 크기를 고려하여 경험적으로 임의 선정
 - ② 암거의 단면적 $A = Q/10$ 을 기준으로 하여 선정
 - ③ <그림 11.3> 또는 <그림 11.4>에서 주어진 계획홍수량 Q_d 와 $HW/D = 1.5$ 를 연결하여 얻어지는 D 값을 선정

[STEP - 2] 위의 자료를 바탕으로 주어진 암거 하류부 수심과의 관계에서 반복 시산법으로 적절한 단면을 찾아간다. 이때는 설치될 암거의 유입부수심(HW)만을 구할 수 있다.

[STEP - 3] 구하여진 유입부 수심과 허용상류수심(AWH)와의 관계에서 해당 암거의 설치여부를 판단한다.



<그림 11.3> 유입부지배단면의 수리조건



〈그림 11.4〉 유출부 지배단면의 수리조건(관수로일 경우)

11.4.3 도식에 의한 방법

본문에서 밝힌 8가지 수리형태에서 해당 지점의 수리상황을 가정하여 하나의 수리형태를 만들어 가는 과정으로 기존유입부 및 유출부의 수두 및 수리형태를 알 수 없거나 Q_d (설계홍수량)의 상황을 추적하는 방법으로 HW (유입부수심)을 구하는 방법이다. 이러한 방법을 수행하기 위해서는 다음 절차에 의거하여 수리계산을 수행한다.

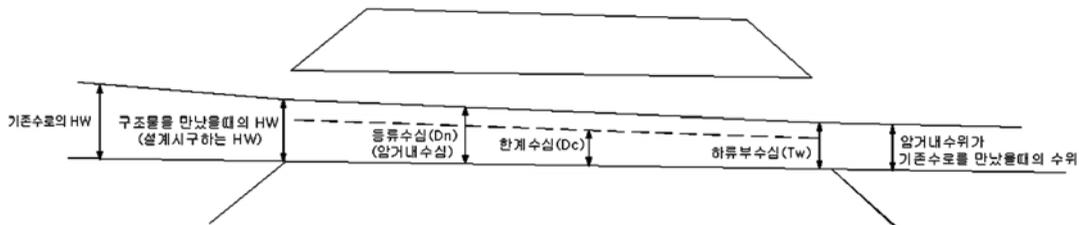
[STEP-1] 설계 조건에 관련되는 모든 자료를 획득한다.

- 1) 계획배수량(Q_d)를 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 11.3> 또는 <그림 11.4>에서 주어진 계획홍수량 Q_d 와 $HW/D = 1.5$ 를 연결하여 얻어지는 D 값을 선정

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

- 1) 위 방법에서 선정된 암거의 규격에 위하여 형성될 암거의 흐름 형태를 다음과 같이 선정한다.(지배단면의 결정)
 - ① 암거의 흐름은 등류로 가정되므로 Q_d 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 수심(TW)를 구한다.
 - ⑤ 계획홍수량이 유입부 기존 수로를 흐를 때의 수두(기존 수로의 HW)를 구하여 유입부의 잠수여부를 판단한다.
- 2) 다음의 그림과 같이 ①~⑤까지 구한 한계수심(d_c), 등류수심(d_n), 하류부수심(TW), 유입부 기존수로의 수심(기존 수로 HW)을 위치별로 도식하여, 위에서 제시한 8가지 단면 중 하나를 찾아내고, 해당단면의 방정식을 적용하여, 유입부수두(HW)를 구한다.



<그림 11.5> 횡배수 흐름의 도식

[STEP-3] 이러한 도식으로 하나의 수리형상이 정하여지면, 정하여진 균형의 유입부수두(HW)를 허용 상류부수심(AWH)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. 위에서 살펴본 바와 같이 한 개의 도로암거를 설계하기 위해서는 각종 계산과 모노그램을 이용하는 등 복잡한 시행착오의 과정을 거치고, 하나의 암거의 여러 형태의 수리모형이 나올 수도 있다. 따라서 이러한 과정을 일정한 수리계산 양식을 만들어 쓰고 있다. 이러한 수리계산 양식에 대하여 설명하면, 다음 <그림 11.6>과 같다.

BOX, PIPE 수리계산표

도로명 및 STA.: 4 + 925.00
 하천명:
 구조물번호: 12

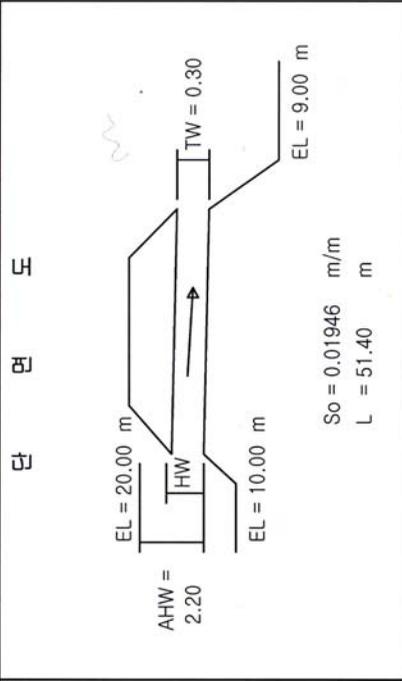
설계기관:
 설계자:
 일자:

수리 및 구조물에 대한 요약

유역면적(A) = 0.015 km² 설계발생기빈도 25 년
 $Q_d = 0.452 \text{ m}^3/\text{sec}$ 표고차: 60.00 m - 10.00 m
 유달거리(L) = 525.00 m = 50.00 m

합리식 $Q_d = 0.278 C I A$	표준유출식 $Q_d = RF \times LF \times FF \times Q$	강우구역
$T_c = 0.167 \text{ hr}$	$RF =$	수문지역: IV구역
$I = 154.8 \text{ mm/hr}$	$LF =$	강우지역: 수원
$C = 0.7$	$FF =$	
$A = 0.015 \text{ km}^2$	$Q =$	
$Q_d = 0.452 \text{ m}^3/\text{sec}$	$Q_d =$	

암거내수위: 0.267



형단구조물 개요 (시상형태)	Qd (m ³ /sec)	규격	유입부조절		수두계산				조경 HW	유출속 Vo	채널 단면	조건			
			HW/D	HW	H	dc	(dc+D)/2	TW					ho	SoL	HW
PIPE	0.452	φ 1000	0.50	0.50	0.05	0.378	0.689	0.30	0.75	1.00	-0.20	0.50	2.68	유입부	O.K

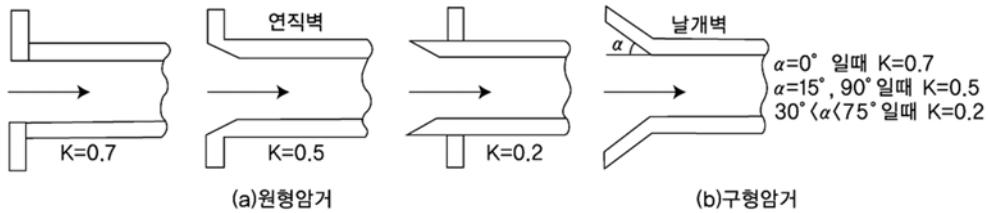
요약 및 설계자 의견

1. 유출부 유속이 2.5 m/sec 이하이므로 침식 방지 시설은 필요없음

<그림 11.6> 암거 수리계산표(예)

〈표 11.4〉 BOX, PIPE 수리계산표의 설명

① HW/D	유입부에서 연결되는 기존수로에서 흐르는 수두와 설치될 암거와의 비율을 표시한다. HW/D 가 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 h_0 ⑨ SoL ⑩ HW 등은 표기하지 않아도 무방하다.
③ C_c (유입손실수두)	기존수로를 흐른 물이 설치될 암거의 입구부의 형상을 만났을 때 형상에 의하여 손실되는 수두 값으로 〈그림 11.7〉 참고하여 적용한다.
④ H : (위치수두)	도로 암거(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 d_c (한계수심)	이 요령 〈표 11.3〉의 13항 참고
⑥ TW (유출부수두)	이 요령 〈표 11.3〉의 16항 참고
⑦ h_0 (중립축의 높이)	유출부 단면의 중립축 까지의 높이로써 이론상 $D/2$ 이나 설계 시 흐름의 조건을 유지하기 위하여 파이프는 $0.75D$, BOX는 $0.8D$ 를 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 유출부 까지의 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 구하여지는 유입부 수두(head water level, HW)이다. 즉, 모든 물의 흐름이 유출부에서 지배가 되면, ② HW (유입부 지배단면일 때의 유입부 수두)를 최종 HW 로 산정 하는 것이 아니고, ⑨번 란의 HW (유출부 지배단면 일 때의 유입부 수두)를 유입부 수두로 사용하는 것이다.
⑩ 조정 HW (통제단면의 HW)	8가지 수리형상 중 해당되는 흐름의 형상이 결정되면 해당 통제단면(지배단면)의 HW 를 구하는 방정식에 의하여 또는 모노그래프에 의하여 구하여진 HW (유입부 수두)를 표기한다.
⑪ 암거 내 수위(dn)	횡배수관 수리계산은 암거 내의 물의 흐름을 등류로 가정하는 것이므로 등류수심(dn)을 구하여 암거 내 수위로 적용한다.



〈그림 11.7〉 유입부 손실 수두의 적용

위에서 일반적으로 사용되는 BOX, PIPE 수리계산표의 작성방법을 살펴보았다.

이러한 도로 암거의 수리계산을 요약하자면, 도로 암거의 수리계산과정은 일차적으로 개수로 흐름으로 설계하느냐 또는 관수로 흐름으로 설계하느냐를 결정하 다음 개수로의 흐름으로 설계한다면 개수로의 이론에 따라 등류수심(d_n)과 한계수심(d_c) 그리고 도수의 여부 등에 따른 지배단면별 HW (유입부 수두)를 구하는 과정이고, 관수로의 흐름으로 설계를 한다면 관수로 흐름의 중요 요인인 H (위치수두)와 연장, 경사의 관계에 따라 HW (유입부 수두)를 구하는 과정이라 하겠다.

11.4.4 유송잡물 및 토사퇴적을 고려한 수리계산

유송잡물 및 토사퇴적을 고려한 수리계산은 기존의 암거 수리계산방법과는 다르다. 그 이유는 암거 전후에 흐름 상황이 급격하게 변화하는 경우에는 등류조건을 전제로 한 Manning식에 근거한 설계계산법이 적용되기 어렵다. 따라서 미국 지질조사소(USGS)의 매뉴얼을 참고로 한 계산법을 수정·보완하여 적용하면, 이때 발주처와 협의 하에 이를 시행한다.

1. 설계계산 순서

암거 단면의 설계계산법은 다음 2가지 경우로 대별하여 나타낼 수 있다.

- (a) 수로의 단면 및 경사가 유입부 및 유출부를 따라 일률적이고 수로와 동일 폭의 암거를 설치하는 경우(유입부 및 유출부의 수로의 폭과 암거의 경사를 기존 수로와 비슷하게 설치하는 경우)
- (b) (a) 이외의 경우로 특히, 산지부의 수로·계곡 등 부정형인 수로를 횡단하는 경우(유입부 기존 수로의 제원과 유출부 기존 수로의 제원이 다르거나, 설치될 암거의 경사가 기존 수로의 경사와 많이 다른 경우)

각각의 경우에 대한 설계계산법은 다음과 같다.

1-1. (a)의 경우

이 경우는 암거의 경사 S_0 및 B 는 수로와 같게 한다. 암거의 조도계수는 수로에 비하여 일반적으로 작지만 암거의 흐름은 유입부 및 유출부 수로조건에 강하게 지배 된다. 또한 암거 내에 상시 토사퇴적이 예상된다는 점에서 암거단면 설계에는 수로의 조도계수를 이용하는 것이 좋다.

우선, 수심 h 를 다음 식에 의하여 구한다.

$$Q = A \cdot v = \frac{A}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad (11.21)$$

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.

(1) 구형 단면의 경우

$$A = B \cdot h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \cdot h}{B + 2h} \quad (11.22)$$

여기서, B : 암거폭(m)

P : 윤변(m)

h : 수심(m)

식 (11.22)를 식 (11.21)에 대입하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot (B \cdot h) \cdot \left(\frac{B \cdot h}{B + 2h} \right)^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad (11.23)$$

위 식에 h 의 값을 시행오차법으로 반복 계산함으로써 h 의 값을 얻을 수 있다.

암거의 높이 D 를 다음 식 (11.24)에 의하여 결정한다.

$$D = (1 + \alpha_1 + \alpha_2) \cdot h \quad (11.24)$$

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

α_2 : 호우 시에 대량의 토사·유목 등이 유입할 우려가 있는 경우에 예상하는 것이 바람직하다.

(설계자가 판단하여 적용하며, 현장조건을 고려하여 계산법 또는 할증율을 고려한다.)

(2) 원형 단면의 경우

이 경우에는 <그림 11.8>을 이용하여 다음과 같이 계산한다.

우선 유량에 대해서 식 (11.24)의 α_1, α_2 를 적용한 여유를 예상하고,

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{1 + \alpha + \alpha_2} \quad (11.25)$$

로 한다. 여기서 Q_0 는 만관일 때의 유량을 나타낸다.

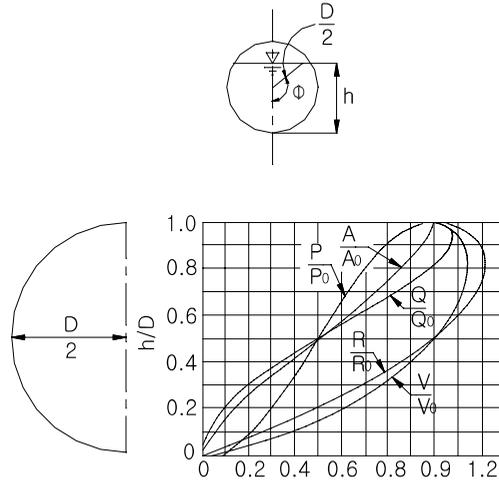
이 유량비에 대한 h/D 를 <그림 11.8>에 의하여 읽고,

$$h = \frac{D}{2}(1 - \cos \phi)$$

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 (11.24)에 대응하는 여유가 식 (11.25)에서 적용된다.



<그림 11.8> 원형수로의 수리특성곡선

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

P : 윤변(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), $v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2}$

Q : 유량(m^3/sec), $Q = A \cdot v$

단, 첨자₀은 만관일 때를 표시함.(이때 $\phi = \pi$ 가 된다.)

(3) 횡단 배수시설 α_2 의 산정

① 최대유량

- 산악지 도로에서 교량의 높이나 횡단 배수 암거의 단면 결정은 토석류에 의한 최대 유량 산정이 필요하다. 일반적으로 수로에서 퇴적되거나 수로바닥 또는 주변 여건에 의하여 유입되는 유송잡물 및 토석류의 경우의 최대 유량은 다음 식으로 추정할 수 있다.

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - Cd} Qd \quad (11.26)$$

여기서, Q_{sp} : 토석류의 피크 유량 (m^3/sec)

Qd : 설계유량 (m^3/sec)

C_* : 계곡 바닥 퇴적토사의 용적토사 농도 (=1-n, n: 간극율)

Cd : 유입되는 토석류의 농도

② 토석류의 토사 농도

- 토석류의 토사 농도는 식 (6.12)에서 구할 수 있으며, 여기서 토석류의 단위 체적 중량을 구할 수 있다. 구조물의 설계상 토석류의 단위 체적 중량의 계략치가 필요한 경우에는 $18kN/m^3(1.8tf/m^3)$ 을 사용한다.

$$Cd = \frac{\gamma_w \tan \theta}{(\gamma_s - \gamma_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (11.27)$$

여기서, γ_s : 사력의 단위 체적 중량 (kN/m^3)

γ_w : 물의 단위 체적 중량 (kN/m^3)

ϕ : 계곡 바닥 퇴적 토사의 전단 저항각 (도)

θ : 기존 수로의 경사(기존 수로의 평균경사)

γ_s 는 토석류의 단위 체적 중량으로서, <표 11.5>를 참조하여 사용한다.

〈표 11.5〉 지하수위 이상에 있는 사력의 단위 중량(γ_s)(단위 : kN/m^2)

종 류	상 태	단위중량
자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것	20
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	18
자갈 섞인 모래	조밀한 것	21
	조밀하지 않은 것	19
모 래	조밀한 것	20
	조밀하지 않은 것	18
사 질 토	조밀한 것	19
	조밀하지 않은 것	17
점 성 토	단단한 것 (손가락으로 눌러 약간 들어감)	18
	약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	17
	연한 것 (손가락이 쉽게 들어감)	16
점토 및 실트	단단한 것 (손가락으로 눌러 약간 들어감)	17
	약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	16
	연한 것 (손가락이 쉽게 들어감)	14

- 계곡바닥 퇴적토사의 전단 저항각 (ϕ)는 〈표 11.6〉에서 토질상태에 따른 전단 저항각을 선택하여 사용한다.
- 위에서 구하여진 Q_{sp} 와 Q_d 의 수로 단면적과 유역면적은 같으므로, $D_{sp} = a \times D_d$ 라고 정의한다. 따라서, 토석류에 의해서 증가된 유량(수두) 만큼의 수두가 높아진다고 볼 수 있다. 그러므로 식 (6.12)에서처럼 상시 퇴적된 토사의 퇴적을 20%(α_1) 외에 α_2 의 백분율을 상시 토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산의 유송잡물 및 토석류의 유입을 고려한 여유고(α_2)로 사용할 수 있다.

$$\alpha_2 = \left(\frac{Q_{sp}}{Q_d} - 1 \right) \times 100 \quad (11. 28)$$

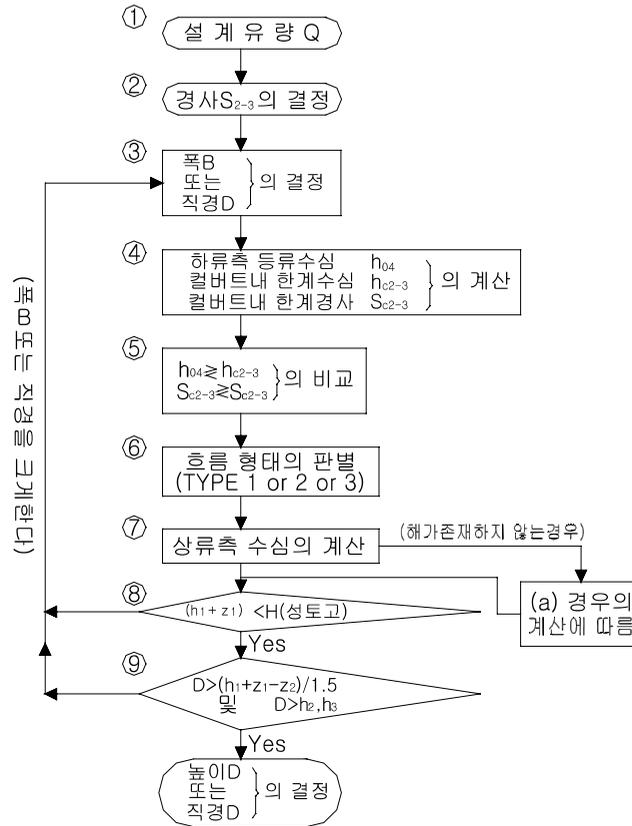
〈표 11.6〉 토질 상태별 전단 저항각

종 류	상 태	ϕ (도)
자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것	40
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	35
자갈 섞인 모래	조밀한 것	40
	조밀하지 않은 것	35
모 래	조밀한 것	35
	조밀하지 않은 것	30
사 질 토	조밀한 것	30
	조밀하지 않은 것	25
점 성 토	단단한 것 (손가락으로 눌러 약간 들어감)	25
	약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	10
	연한 것 (손가락이 쉽게 들어감)	15
점토 및 실트	단단한 것 (손가락으로 눌러 약간 들어감)	20
	약간 연한 것 (손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감)	15
	연한 것 (손가락이 쉽게 들어감)	10

1-2 (b)의 경우

이 경우에는 수로와 암거의 단면 형상 등이 다르고 흐름이 복잡해진다.

암거 단면의 설계계산은 〈그림 11.9〉에 있는 순서로 실시한다.



〈그림 11.9〉 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 위하여 가능한 한 기존 수로와 일치시키는 것이 원칙이다. 단, 계곡과 같은 하상경사가 매우 급한 지점에 암거를 설치하는 경우에 시공상 문제·미끄럼 문제·토사에 의한 마찰 문제 등이 발생할 우려가 있는 경우에는 암거 경사를 10% 정도 이내로 하는 것이 바람직하다.

또, 암거의 폭이 상류측 수로의 폭에 비하여 적어지는 때에는 수로 폭의 급격한 축소에 의하여 암거 상류의 수위를 막아서 역류시키기 때문에 암거 전체 혹은 유입구의 폭을 가능한 한 넓게 하여 상류측 수로로 원활하게 빠져나가도록 하는 것이 좋다. 그 외 소구경 암거의 경우에는 그 계산상의 유량이 적어도 청소 그 외의 보수를 고려하여 직경 ϕ 1000 이상으로 하는 것이 바람직하며, 또 유지관리상 특별한 경우에는 충분한 크기를 확보하는 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.

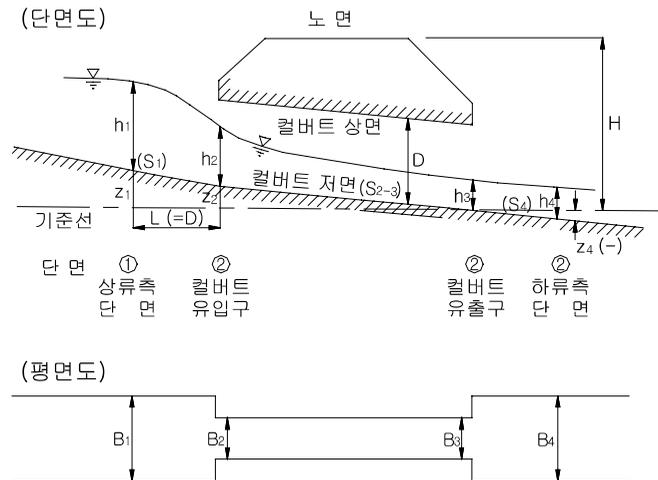
- (1) 수면이 암거 상면에 접하지 않는다.
- (2) 암거 상류측의 수심이 암거 높이의 1.5배를 넘지 않는다.

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

(4) 암거 상류측의 수위가 쌓기부 높이를 넘지 않는다.

$$h_1 < (\text{쌓기부 높이})$$

단, 위의 기호는 <그림 11.10> 컬버트부의 흐름 제원을 참조한다.



<그림 11.10> 암거부의 흐름 제원

여기서, h : 수심

z : 기준선에서 측정한 하상의 높이

$h + z$: 수위

B : 수로(또는 암거)의 폭

D : 암거의 높이(또는 직경)

H : 노면의 높이

S : 수로(또는 암거)의 종단경사

④ (a) 하류측 등류수심 h_{04} 의 계산

이것은 하류측 수로를 구형단면 혹은 제형단면으로 치환하여 <그림 11.11>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.

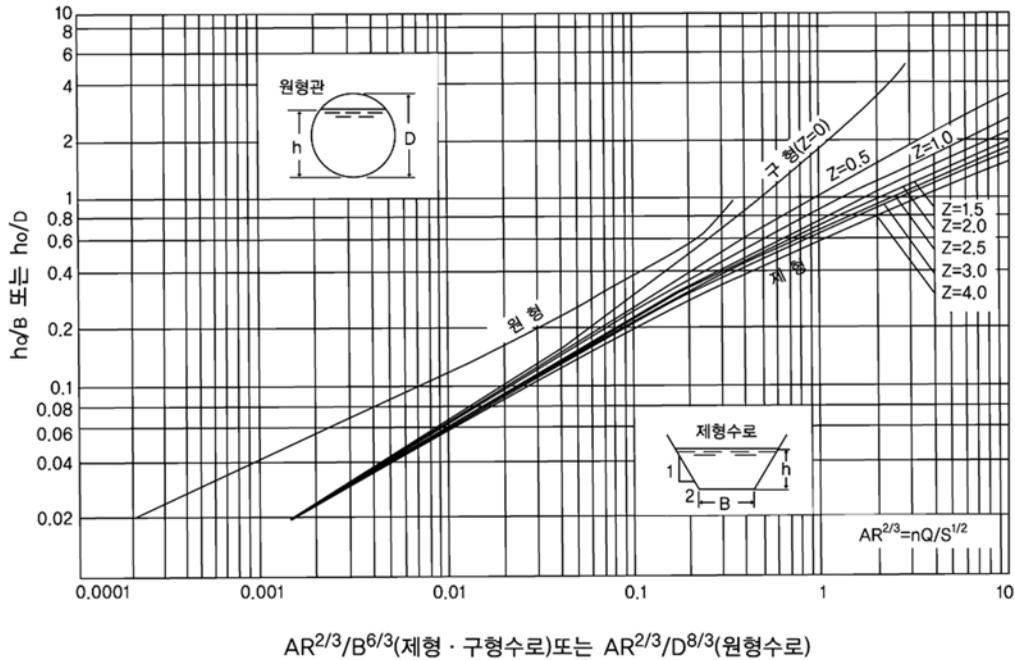
(2) 수로측벽의 경사 z 에 대응하는 h_0/B (종축 값)를 읽어낸다.

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

그리고, 구형 단면의 경우에는 다음 식에서 반복계산에 의하여 h_{04} 를 구할 수도 있다.

$$h_{04} = \left(\frac{n_4 \cdot Q}{B_4 \cdot S_4^{1/2}} \right)^{3/5} \cdot \left(1 + \frac{2h_{04}}{B_4} \right)^{2/5} \quad (11.29)$$

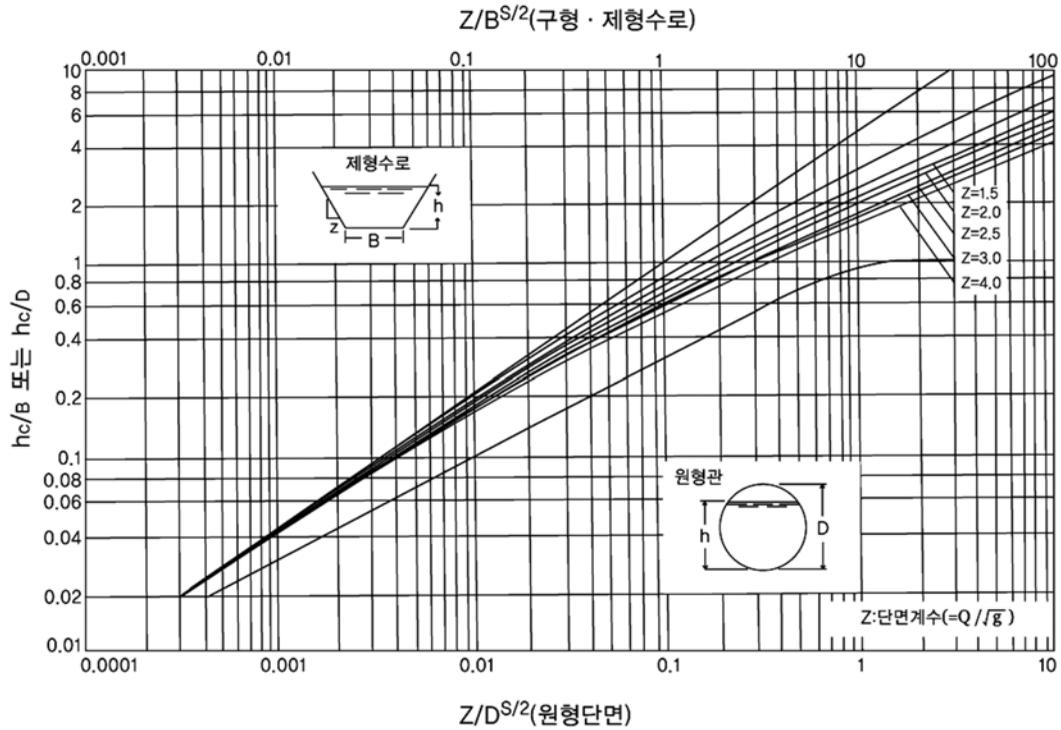
수로가 암거 하류에 굴곡하고 있는 경우에는 하류측 등류수심 h_{04} 로서 식 (11.4.6)에서 얻어지는 값에 적절하게 할증한 값을 이용한다. 그리고 하류에서 합류하는 하천의 수위에 지배받는 일이 예상되는 경우에는 그 수위를 이용한다.



<그림 11.11> 등류수심 산출도

(b) 암거 내 한계수심 h_{c2-3} 의 계산

이것은 <그림 11.12>를 이용하여 다음 순서에 따라서 구할 수 있다.



<그림 11.12> 한계수심산출도

(1) $Z/B^{5/2} = Q/(\sqrt{g} \cdot B^{5/2})$ (구형단면의 경우) 혹은 $Z/D^{5/2} = Q/(\sqrt{g} \cdot D^{5/2})$ (원형단면의 경우)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)

$$h_{c2-3} = \left(\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot B_{2-3}^2} \right)^{1/3} \tag{11.30}$$

단, α : 에너지 보정계수(= 1.0)

g : 중력의 가속도(= 9.8m/sce²)

(원형단면의 경우)

$$\frac{Q}{\sqrt{g}(D_{2-3}/2)^{5/2}} = \sqrt{\frac{\left(\phi - \frac{1}{2}2\sin\phi_c\right)^5 \sin\phi_c}{1 - \cos 2\phi_c}} \quad (11.31)$$

$$h_{2-3} = \frac{D_{2-3}}{2}(1 - \cos\phi_c)$$

(c) 암거 내 한계경사 $S_{c_{2-3}}$ 의 계산위에서 구한 한계수심 $h_{c_{2-3}}$ 등을 이용하여 다음 식으로 계산된다.

(구형단면의 경우)

$$S_{c_{2-3}} = \frac{g \cdot n_{2-3}^2 \cdot h_{c_{2-3}}}{\left(\frac{h_{c_{2-3}}}{1 + 2h_{c_{2-3}}/B_{2-3}}\right)^{4/3}} \quad (11.32)$$

(원형단면의 경우)

$$S_{c_{2-3}} = \left(\frac{n_{2-3} \cdot Q}{A \cdot R^{2/3}}\right)^2$$

$$= \left(\frac{n_{2-3} \cdot Q}{\frac{D_{2-3}^2}{4} \left(\phi_c - \frac{1}{2}\sin 2\phi_c\right) \cdot \left\{\frac{D_{2-3}}{4} \left(1 - \frac{1}{2\phi_c}\sin 2\phi_c\right)\right\}^{2/3}}\right)^2 \quad (11.33)$$

단, 암거의 조도계수 n 은 본문의 <표 6.6>에 있는 값을 이용한다.

⑤, ⑥ 수리조건과 흐름 형태는 다음과 같이 적용한다.

구분	$S_{2-3} > S_{c_{2-3}}$	$S_{2-3} < S_{c_{2-3}}$
$h_{04} < h_{c_{2-3}}$	type - 1	type - 2
$h_{04} > h_{c_{2-3}}$	type - 1	type - 2

* 주1) 이 분류는 엄밀하게는 정확하지 않은 점도 있지만 실용성을 배려하여 다소 간략화하고 있다.(11.4.2절과 11.4.3절에서 제시한 수리형태와는 다른 것이므로, 유송잡물 및 퇴적 토사를 고려하는 경우는 <그림 11.4.11>에 제시한 수리형태만을 고려한다.)

* 주2) $S_{2-3} > S_{c_{2-3}}$, $h_{04} > h_{c_{2-3}}$ 의 조건에서는 정확히는 1타입이기는 하지만 타입 1의 설계법에 따라 안전 측이라 생각하여 이와 같이 분류하고 있다.

⑦ 상류측 수심 h_1 의 계산

상류측 수심 h_1 의 계산은 이 설계계산 중에서도 특히 중요하다. 그 계산법은 기본적으로는 위에 적은 Type 마다 다른 것이지만 여기에서는 다소 근사를 이용하여 Type 1~3을 통하여 같은 계산식에

의하여 산정하도록 되어 있다. 즉, Type 1의 흐름에서는 암거 유입구에서 한계수심 h_c 가 발생한다. Type 2의 흐름에서는 암거 유출부에서 한계수심 h_c 가 발생한다. Type 3은 전체를 통하여 상류이다. 일반적으로 흐름의 수리 계산은 지배단면(한계수심을 낳는 단면)을 시점으로 이루어진다. 이에 따라서 Type 1에서는 암거 유입부, Type 2에서는 암거 유출부, Type 3에서는 하류측에서 각각 부등류 계산을 하고, 상류측 수심 h_1 을 구하게 된다. 그런데 이 계산을 충실히 실행하는 것은 번거롭기 때문에 여기에서는 <그림 11.13>의 단면 ①-②간에 에너지 식을 세워 수심 h_1 을 구하기로 한다. 이때 Type 2, 3에 대해서 단면 ②에서의 수심을 근사적으로 등류수심 h_{02} 와 같다고 되어 있다.

<그림 11.13>의 단면 ①-②간에 다음 에너지 식이 성립한다.

$$h_1 = (1 + \epsilon) \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 + h_2 - \frac{\alpha_1}{2g} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 + h_{f1-2} - (z_1 - z_2) \quad (11.34)$$

여기서, h_1 : 상류측(단면 ①에서의) 수심

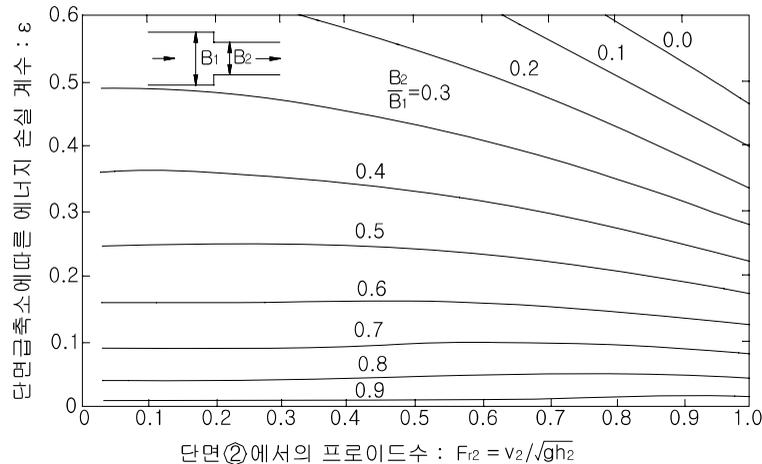
h_2 : 단면 ②에서의 수심

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 의하여 계산하고, <그림 11.13>으로부터 찾는다.



<그림 11.13> 단면 급축소에 의한 에너지 손실계수

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{Q}{A_2 \sqrt{gh_2}} \quad (11.35)$$

(단, A_2 : 단면②에서의 유수단면적)

Type 1에서는 $Fr_2 = 1$, Type 2, 3에서는 $Fr_2 < 1$ 이다.

A_1, A_2 : 단면 ①, ②에서의 유수단면적

(「구형단면」의 경우)

$$A = B \cdot h \quad (11.36)$$

(「원형단면」의 경우)

$$A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \left(\phi - \frac{1}{2} \sin 2\phi\right) \quad (11.37)$$

그리고 원형단면의 경우에는 다음과 같이 하여도 좋다. 즉, 만관으로 흐르는 경우의 유량 Q_0 을 다음 식에 의하여 계산한다.

$$Q_0 = \frac{1}{n} \cdot \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot S_{2-3}^2 \quad (11.38)$$

다음으로 <그림 11.7>을 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.

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

$$A_2 = A_0 \cdot (A/A_0) = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (A/A_0) \quad (11.39)$$

여기서, α_1 : 에너지 보정계수(통상 $\alpha_1=1.0$ 으로 한다.)

$h_{f 1-2}$: 단면 ①-②간에 마찰손실수두(무시하여도 좋다.)

z_1, z_2 : 단면 ①, ②에서 기준선에서 측정한 하상높이

식 (11.31)에서 경우에 따라서는 답을 얻을 수 없는 경우가 있다. 그 때에는 (a)의 경우의 설계계산법을 근사적으로 적용할 수 있다.

이것은 본래 구형단면 수로에 대하여 구하여지는 것이다. 원형단면의 암거에 대해서는 <그림 11.13>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 Type 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 위와 똑같이 ③으로 되돌아간다. 설계상의 D 는 식 (11.23) 혹은 식 (11.24)에 의하여 결정한다.

〈표 11.7〉 암거의 수리형태(유송잡물 및 퇴적토사를 고려한 경우)

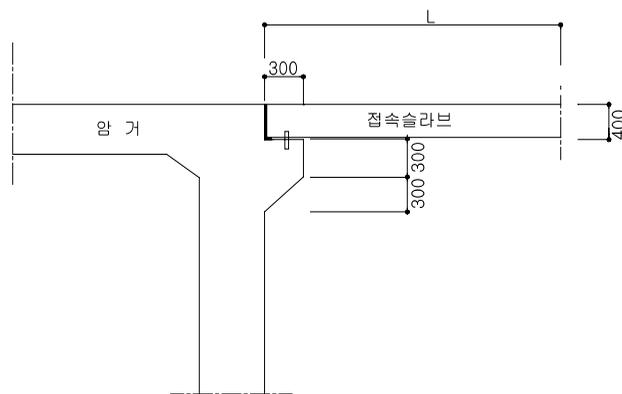
형식	수리조건	흐름의 형태	비고
1	유입부에서 한계수심 발생 $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_4 < h_c$ $S_0 > S_c$		
2	유출부에서 한계수심 발생 $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_4 < h_c$ $S_0 < S_c$		
3	전체를 통하여 완만한 흐름 (상류의 흐름) $D > (h_1 + z_1 - z_2) / 1.5$ $h_c < h_4 \leq D$		
4	관수로의 흐름 $D < h_4$		
5	유입부가 잠기고, 사류의 형상 $h_4 \leq D \leq (h_1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

11.5 횡단 배수시설의 수리설계 시 고려사항

주어진 여건 (유입부 형상, 기존수로의 폭, 지배단면 위치 등)에 대하여 설계조건을 만족하는 암거 내 흐름 조건이 여러 유형이 될 수 있으므로 가능한 설계흐름의 조건 중 경제성을 고려하여 설계하여야 한다. 도로 암거의 설계 고려사항은 다음과 같다.

- (1) 암거 및 배수관은 일반적으로 토사 등의 퇴적에 의한 단면의 축소 등을 고려하여 20%의 여유를 두어야 한다.
- (2) 암거의 최고수위는 포장층보다 낮아야 한다.
- (3) 암거의 경사는 자연경사로 하되, 0.5%보다 완만하게 하지 않는 것이 좋다(최소경사 0.2%)
- (4) 배수관의 최소규격은 종배수관은 450mm이상을 적용하고, 횡배수관은 1000mm이상을 적용하되 지형 및 지역여건 그리고 도로의 중요도를 고려하여 800mm이상으로 할 수 있다.
- (5) VR관 및 원심력철근콘크리트관의 피토고가 6m이상 되면 보강(서라운딩)을 설치한다. 단, 연약지반 및 포장층 내에 위치할 경우는 배수관을 보강(서라운딩)을 하여야 한다.
- (6) 횡배수관, 종배수관 및 가배수관은 재료의 특성과 시공성 및 공사비 등을 비교 검토 (VR관, 흙관 및 파형강관) 후 적용하여야 한다.
- (7) 사각 15° 이상인 암거는 보강철근을 추가하며, 기준은 수량산출기준에 명시한대로 적용한다.
- (8) 암거 구조물의 경사 $S=25\%(\theta =14^\circ)$ 이상인 경우에는 미끄럼방지 전단키를 설치하여야 한다.
 - 전단키 단면 제원 : 높이=0.6m, 폭=0.4m, 길이=암거 폭과 동일
 - 설치위치 : 암거 경사가 높은측 및 신축이음부에 각각 설치
- (9) 암거 및 배수관이 포장층 내에 있을 경우 포장층 보강을 하여야 한다.

- (10) 암거는 국토해양부 「도로암거표준도(2008)」를 준용하여 최적단면 검토 후 적용한다.
- (11) 시가지 및 기존 도로 확장구간의 암거는 precast를 검토 후 적용 할 수 있다.
- (12) 배수암거 및 배수관 설치 시 다음과 같은 인접부의 현황을 고려하여 계획한다.
- ① 현재 매설되어 있거나 장차 매설 예정인 지하매설물
 - ② 기존 구조물과의 근접시공 여부
 - ③ 도심지의 경우 암거 시공 시 교통처리 등
- (13) 연약지반 위에 설치되는 암거는 침하가 발생할 경우 도로의 시설한계 부족, 수로의 통수단면 부족 등 기능상 각종 지장을 받게 되므로 침하방지 및 관리대책을 수립한다.
- (14) 콘크리트의 건조 수축에 의한 균열을 줄이기 위한 신축이음 간격은 15~30m 정도로 하며, 토피두께가 얇을 때는 중앙분리대 또는 차선표시선과 나란하게 설치하고, 토피두께가 두꺼울 때는 측벽과 직각으로 한다.
- (15) 암거의 접합부 모서리는 응력집중이 생기기 쉬우며, 또한 접합부 구조해석 시 가정한 강절점으로서의 역할에 충실하도록 헌치를 두는 것을 원칙으로 한다.
- (16) 암거의 경우 암거상단이 포장층 내에 위치할 경우 다음과 같이 보강(접속슬라브)을 하여야 한다.(부등침하 방지 및 시공성을 고려)

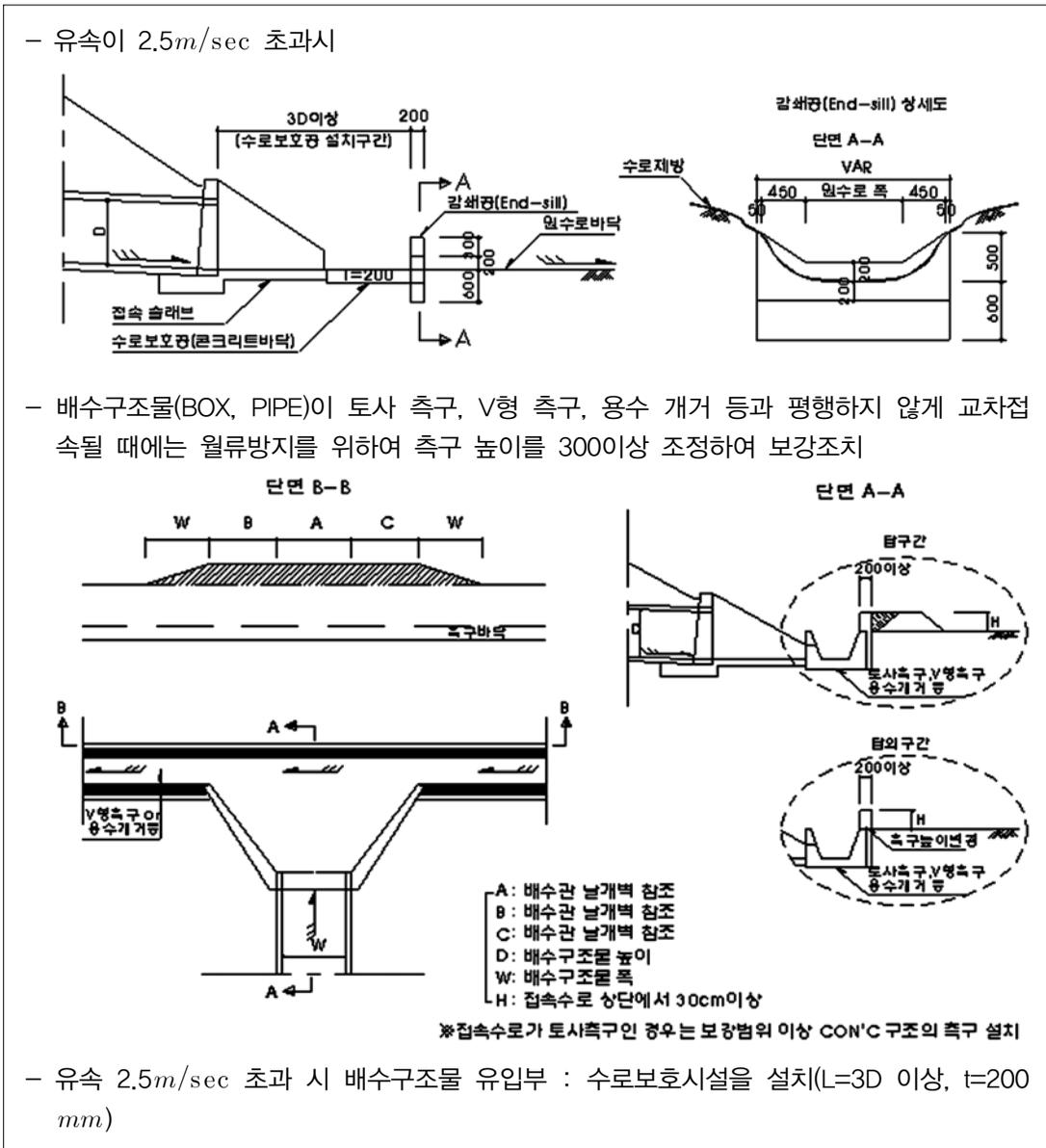


* 접속슬라브 길이(L) = 암거 뒤채움 상단폭 + 0.5m
 설치폭(B) = 차로폭 + 내외측 양측대

- (17) 암거의 유입구와 유출구의 부가시설은 흐름의 모든 단계에서 물, 소류표사, 부유물을 알맞게 처리하여야 한다.
- (18) 암거는 어떤 불필요한 특성을 갖거나 암거가 가져야 할 특성이 지나치게 손상되어서는 안 된다.
- (19) 장래의 수로와 도로 개량에 대하여 원활하게 대처할 수 있도록 설계한다.
- (20) 흙이 다져진 후에 적절하게 기능을 발휘할 수 있도록 설계되어야 한다.
- (21) 모기들이 번식할 수 있는 정체된 웅덩이가 없어야 한다.
- (22) 토지개발에 의하여 야기되는 증가된 유출수를 잘 처리하도록 미래에 대한 사용성을 고려하여 설계한다.
- (23) 암거는 수리학적으로는 설계유출량을 적절하게 다룰 수 있어야 하고, 구조적으로는 영구성과 유지관리가 편리하도록 축조되어 경제성을 보장할 수 있어야 한다.
- (24) 암거는 재료 손상, 암거 막힘, 흙의 포화 혹은 부유물이 상류에서 정체되는 것 등을 일으킬 수도 있는 유입구의 정체를 피하여 설계한다.
- (25) 유출구는 세굴과 유실에 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (26) 우리나라의 경우 대부분 산지부로서 횡단배수 암거의 경우 유속이 불가피하게 커지므로 유속에 따른 유속조절방안 및 세굴대책을 세워야 한다.
- (27) 배수구조물(BOX, PIPE)의 침식을 방지하기 위하여 유속이 $0.6\sim 2.5m/sec$ 범위가 되도록 하고, 부득이한 경우 유속이 $2.5m/sec$ 이상일 때 유입·출부에 수로 보호공 및 감쇄공 등을 설치하도록 한다.
- ① 유입부
- 유속이 $2.5m/sec$ 초과시 침식방지용 수로 보호공 설치
(바닥은 콘크리트로 $T=200mm$ 이상, $L=3D$ 이상)
- ② 유출부
- 유속이 $2.5m/sec$ 초과시 (바닥은 콘크리트 원칙, $T=200mm$ 이상)
 - $2.5m/sec < V < 4.0m/sec$: 콘크리트 바닥을 포함하여 배수구조물 높이 3배 이상 설치

- $4.0m/sec < V < 6.0m/sec$: 배수구조물 높이의 3배 이상 되도록 하고, 감쇄공 설치
- $6.0m/sec < V$: 침전조 설치(유지관리를 고려하여 가급적 지양하고, 부득이한 경우에만 설치)

(28) 주변 지형이 계곡부이거나 유송잡물에 의하여 피해가 예상되는 지역에는 암거 설치 이전에 충분한 현지조사와 피해 가능성 등을 조사하여 유송잡물에 의한 피해가 발생하지 않도록 한다.



<그림 11.14> 수로보호공 상세



12. 기타 배수시설

12.1 일반사항

- (1) 하천의 기능향상과 유지를 위하여 설치되는 각종 시설 및 환경친화적으로 하천을 가꾸기 위한 제방시설의 설계기준에 관련되는 내용을 기술한다.
- (2) 설계는 원칙적으로 하천이 치수·이수·환경기능을 겸비하고, 하천 생태계를 고려하는 환경 친화적 하천이 되도록 설계한다.

12.2 사방시설

- (1) 사방시설 설계는 주변 지형 및 하도와 안전하게 조화를 이루며, 발생 토사량을 효과적으로 저감할 수 있도록 설계한다.
- (2) 하상유지공은 종단침식 방지를 통하여 하상 안정, 하상 퇴적물 유출 방지, 그리고 공작물 기초 보호가 이루어지도록 설계한다.
- (3) 유로공은 하상유지공과 호안을 동시에 설치한다.
- (4) 침사지는 필요에 따라 토석류 발생을 방지하는 공사와 병행하여야 한다.
- (5) 사방 시설은 주변 환경과 조화를 이루고, 자연 환경을 보호할 수 있도록 최대한 고려하여야 한다.

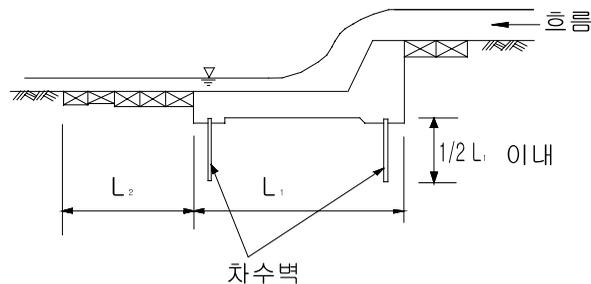
사방시설에는 사방댐·호안·하상유지공·유로공·침사지·산복공(山腹工) 등이 있으며, 각각의 기능에 따라 구분된다.

사방시설의 기능은 다음과 같다.

- ① 수원산지(水源山地)의 토사발생 억제 : 산복공, 사방댐 등
- ② 계안(溪岸)으로부터 토사발생 억제 : 사방댐, 하상유지공, 호안 등
- ③ 하도의 토사생산 억제 : 사방댐, 하상유지공, 유로공 등
- ④ 수원 가까운 곳의 유출토사 조절 : 사방댐, 침사지 등
- ⑤ 하도의 유출토사 조절 : 사방댐, 하상유지공 등

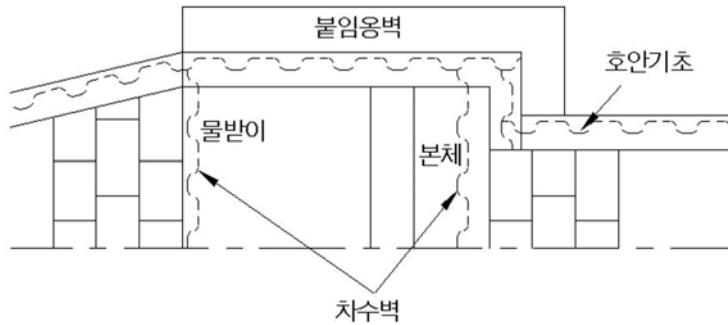
12.3 차수시설

- (1) 차수벽은 일반적으로 하상유지시설 본체 하부의 파이핑을 방지하기 위하여 설치한다.
- (2) 차수벽의 깊이는 차수벽 간격의 $1/2$ 이내로 하며, $1/2$ 이상의 길이가 되는 경우에는 물받이 길이를 길게 한다. 강널말뚝을 사용하는 경우에는 최저 $2m$ 로 한다(〈그림 12.1〉 참조).



〈그림 12.1〉 차수벽의 깊이

- (3) 차수벽은 상·하류 수위차에 의하여 발생하는 양압력과 파이핑(piping) 작용을 감소시키기 위하여 설치하는 것으로서, 기초지반이 견고하여 파이핑 작용을 무시할 수 있을 때에는 설치할 필요가 없다.
- (4) 둔치의 지질상황에 따라서 하상유지시설의 하안부에도 물이 침투하는 경우가 있다. 따라서 하상유지시설 주변 둔치의 지질상태를 조사하여 파이핑의 가능성이 있을 때에는 이것을 방지하기 위하여 하안부에도 차수벽을 설치할 필요가 있다(〈그림 12.2〉 참조).

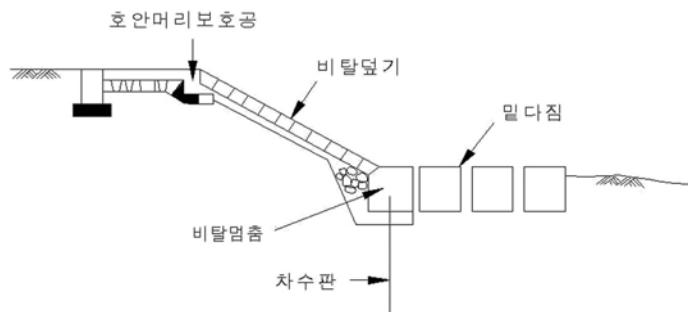


〈그림 12.2〉 차수벽의 배치

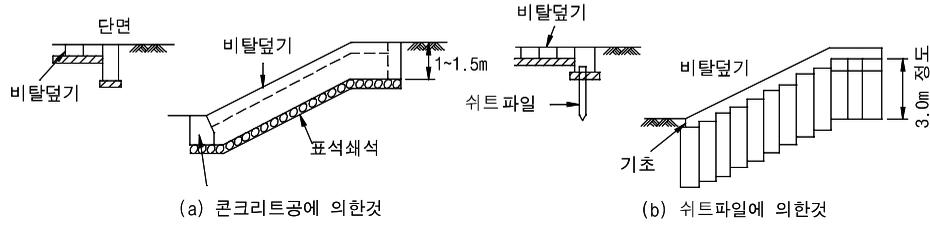
12.4 호안시설

- (1) 호안은 최소 경비로 최대 목적을 달성할 수 있도록 비탈덮기, 기초, 비탈멈춤, 밑 다짐의 네 부분 중 일부 또는 전부를 조합하여 설치한다.
- (2) 호안의 설계 시에는 사용재료의 확보 용이성 · 공사비의 절감 · 시공상의 용이성 · 공사기간의 단축 · 조도(roughness) · 세굴에 대한 굴요성(掘撓性, flexibility) · 내마모성 · 내구성 등을 고려하여 호안의 형태, 시공방법 등을 결정한다.
- (3) 이론적 계산에 의해서만 호안을 직접 설계하는 것은 현재의 기술수준으로는 어려우며, 이론의 한계를 감안하여 경험과 이론의 양면에서 고려하여 설계한다.
- (4) 각 부분의 역할은 다음과 같다.
 - ① 비탈덮기 : 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위하여 설치하는 것으로서 하상의 수리조건 · 설치장소 · 비탈면 경사 등에 의하여 공법을 선정한다.
 - ② 기초 : 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위하여 설치한다.
 - ③ 비탈멈춤 : 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사 유출을 방지하기 위하여 설치하며, 기초와 겸하는 경우도 있다.
 - ④ 밑 다짐 : 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈덮기를 보호한다.
 - ⑤ 호안머리 보호공 : 저수 호안의 상단부와 둔치의 접합을 확실하게 하고, 저수호안이 유수에 의하여 이면에서 파괴하지 않도록 보호하는 것이다. 하안의 토질 · 높이 · 유형 등에 따라 다르지만 일반적으로 망태공 · 연결 콘크리트 블록 · 콘크리트 깔기 · 잡석 등을 1.5~2.0m 정도의 폭으로 설치한다.

- (5) 경사가 급한 호안에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴가 많이 발생한다. 특히 수면 하강 속도가 빠르거나 간만의 차가 큰 감조부에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴의 위험이 높으므로 이에 대하여 충분히 고려하여야 한다.
- (6) 연속된 호안의 중간에서 비탈경사를 급격히 변화시키게 되면, 그 변화점 부근이 위험하게 되므로 이를 피하여야 한다. 부둣이 연속된 호안의 도중에서 구조를 변화시킬 때에는 급격한 변화를 피해 완만하게 변화시켜야 한다.
- (7) 호안이 교량이나 암거 등의 구조물과 연결되는 구간에서는 구조물의 되메우기 구간이 느슨하여 파괴되면서 호안이 붕괴되는 경우가 발생한다. 따라서 구조물 배면의 되메우기 구간과 구조물 전후(특히 직상류) 구간에서는 호안과 구조물이 안정될 수 있도록 구조물이 제외지로 돌출(암거 및 교대 등)되지 않도록 하고, 구조물에 접한 호안 배면에 부착포 등을 설치하여 토사 등의 유출을 방지할 수 있도록 하여야 한다.
- (8) 호안은 설치 위치에 따라 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 구분된다.
- (9) 자연형 호안은 치수뿐만 아니라 환경적 측면도 고려하여 설계한 호안을 말하며, 친수·하천이용 호안, 생태계 보전 호안, 경관 보전 호안 등이 있다.
- (10) 자연형 호안공법에는 윗가지덮기 호안, 섯단 호안, 나무말뚝·녹색마대 호안, 돌바구니 호안, 나무말뚝·사석쌓기 호안, 사석·야자섬유두루마리 호안, 녹색마대·돌망태 호안, 돌망태·거석쌓기 호안 등이 있다.



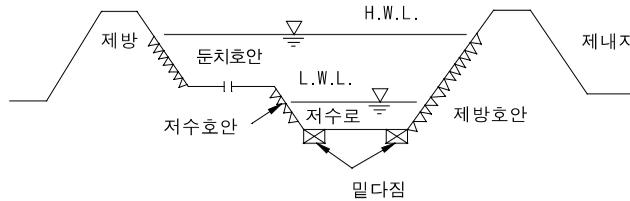
〈그림 12.3〉 호안의 구조



〈그림 12.4〉 비탈멈춤공

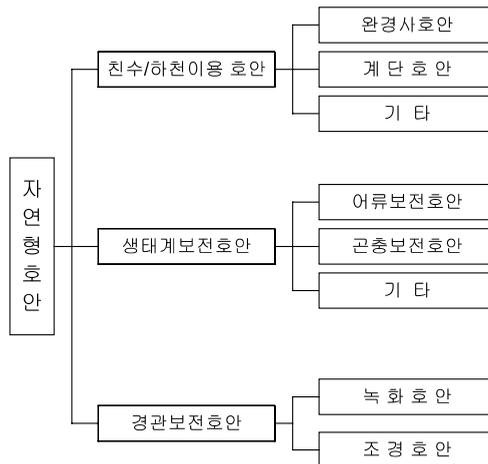
(11) 호안은 설치 위치에 따라 다음과 같이 구분된다.

- ① 둔치호안 : 하천이 복단면일 경우 둔치 위의 앞비탈을 보호하기 위하여 설치한다.
- ② 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 둔치의 세굴을 방지하기 위하여 저수로의 하안에 설치하며, 일반적으로 홍수 시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다.
- ③ 제방호안 : 단단면 하도 혹은 복단면 하도에서 둔치부 폭이 좁고, 제방과 저수로 하안을 일체로 해서 보호해야 하는 경우에 설치하는 것으로서, 둔치호안과 저수호안이 일체화된 것을 말한다.



〈그림 12.5〉 호안의 설치위치별 종류

(12) 자연형 호안은 다음과 같이 분류될 수 있다.



〈그림 12.6〉 자연형호안의 종류

- ① 친수성을 고려한 자연형 호안 : 물가에 쉽게 접근할 수 있도록 하고 둔치 등의 하천공간을 편리하게 이용할 수 있도록 만들어진 호안을 말하며, 다음과 같은 종류가 있다.
- (가) 완경사 호안 : 저수호안의 경사를 완만하게 하여 둔치에서 저수로로 접근을 용이하게 함으로써 친수성을 향상시키기 위하여 조성한다. 완경사 호안의 비탈면 경사는 설치장소와 사용재료에 따라 결정하며, 일본에서는 1:3~1:5 정도로 한 경우도 있다.
 - (나) 계단호안 : 복단면 또는 복복단면 하도의 저수부를 계단형상으로 설치한 것으로서, 물가나 수중에서의 레크리에이션을 위하여 물가로 쉽게 접근할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한 친수호안이다.
 - (다) 기타 : 둔치를 운동장이나 구기장 등의 체육시설로 이용하고 있는 하천의 둔치호안을 관람석으로 사용하거나 둔치로 쉽게 접근할 수 있도록 하기 위하여 계단형상으로 만든 관람석 호안과 호박돌·바위·콘크리트 등의 조합으로 주위 경관의 보전과 계단의 기능을 겸하기 위하여 설치하는 호안 등이 있다.
- ② 생태계보전을 고려한 자연형 호안 : 어류 및 곤충 등 수중생물의 산란과 생육·홍수 시 대피장소 제공 등을 고려하여 자연소재 등을 이용하여 설치한 호안을 말하며, 다음과 같은 종류가 있다.
- (가) 윗가지덮기 호안 : 시공위치는 사주부, 하상경사는 완류나 종류가 적당하며, 평균유속 0.15 m/sec 내외, 수심 0.1 m 내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 나무말뚝·버드나무가지 엮기, 사면부는 윗가지덮기, 식재는 물억새, 갈대, 갈대망태 등이 사용된다. 유속이 느려 유사의 퇴적이 예상되는 구간에 적용하는 것이 좋다.
 - (나) 썩단 호안 : 시공위치는 비수총부와 사주부, 하상경사는 완류나 종류가 적당하며, 평균유속 0.2 m/sec , 수심 0.15 m 내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 썩단 2단 누이기, 사면부는 녹색마대 쌓기, 식재는 갈대, 갈대근경부가 사용된다.
 - (다) 나무말뚝·녹색마대 호안 : 시공위치는 비수총부와 사주부, 하상경사는 완류가 적당하며, 평균유속 0.3 m/sec , 수심 0.3 m 내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 나무말뚝 연이어 박기, 사면부는 녹색마대, 식재는 갯버들 꺾꽂이와 갈대가 사용된다. 완만한 하안사면, 지형의 변화가 적은 곳에 적용하는 것이 좋다.
 - (라) 돌바구니 호안 : 시공위치는 수총부, 하상경사는 급류에 적당하며, 주요재료는 사석·사각 돌바구니·부직포 식재는 갯버들 가지 묶음이 사용된다.
 - (마) 나무말뚝·사석쌓기 호안 : 시공위치는 비수총부, 하상경사는 종류, 주요재료로 기단부는 나무말뚝, 사석, 사면부는 사석·달뿌리풀 포기심기가 사용된다.
 - (바) 사석·야자섬유두루마리 호안 : 시공위치는 비수총부와 사주부, 하상경사는 완류가 적당하며, 주요재료는 기단부는 방부목, 사면부는 사석·갯버들, 키버들, 식재는 갯버들, 키버들(4:1 혼합식재)이 사용된다.

(사) 녹색마대·돌망태 호안 : 시공위치는 비수충부, 하상경사는 급류에 적당하며, 주요재료로 기단부는 돌망태·나무말뚝, 사면부는 녹색마대, 식재는 달뿌리풀 포기심기가 사용된다.

(아) 돌망태·거석놓기 호안 : 시공위치는 수충부, 하상경사는 급류, 주요재료로 기단부는 거석·사석·나무말뚝, 사면부는 사석·자갈류, 식재는 갯버들가지 꺾꽂이가 사용된다.

③ 경관보전 호안 : 주변 환경과의 조화·외견상의 아름다움 등을 고려한 호안으로서, 녹화호안과 조경호안이 이에 해당된다.

(가) 녹화호안은 콘크리트 호안이 지닌 무미건조함을 해소하려는 목적으로 설치되며, 주로 이용되는 식물은 잔디·버드나무·억새풀·갈대 등이다.

(나) 조경호안은 식물을 심지는 않지만 조경을 목적으로 디자인, 소재 등을 고려하여 설치한 호안이다.

12.5 유송잡물 처리시설

유송잡물 처리시설의 계획은 계획지역의 지형적·수리적·사회적 특성에 기초로 하여, 시설물이 설치될 장소의 특성, 유송잡물의 특성, 시공 및 유지관리 용이성 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

(1) 유송잡물 및 토석류 처리시설의 계획

토석류 처리시설물을 도로에 설치하기 전에 다음과 같은 절차를 통하여 설치 유무를 결정한다.

- ① 도면과 항공사진을 이용하여 토석류 발생 판정을 실시한다. 이때 평면도, 도로의 종·횡단면도, 지질자료 등을 이용한다.
- ② 또한, 토석류 위험지역에 대한 판정은 산림청의 산사태 위험지 관리시스템을 이용할 수 있다.
- ③ 토석류 발생에 대하여 안정 시에는 문제없는 것으로 판정하며, 불안정한 경우 현장조사 등을 통하여 2차 판정을 실시한다.
- ④ 토석류 발생에 대한 2차 판정 시 토석류가 도로에 도달 가능성과 구조물에 미치는 영향을 파악한다.

도로에 미치는 영향 정도에 따라 토석류 처리시설의 설치, 도로 주변의 관리 등을 고려한다.

(2) 규모와 배치

- ① 토석류 처리시설의 규모와 배치는 기본계획단계에서 설치 계획을 수립하며, 현장의 지형·지질 등의 조건을 고려하여 결정한다.
- ② 토석류 처리시설의 설계단계에서 현장조건을 고려하여 규모와 배치를 수정·보완 할 경우, 기본계획단계의 토석류 처리시설 배치 계획을 재검토한다.

- ③ 토석류 처리시설의 위치는 지형·지질 등을 고려하여 적절한 곳을 선정하고 부득이 만곡부를 선정할 경우, 토석류 처리시설의 상·하류의 흐름을 고려하여 검토한다.

(3) 토석류 처리시설 설계

토석류 처리시설물의 설계는 기본계획단계, 수리설계단계, 구조안정설계(본체, 기초, 폭)단계 등 크게 3단계로 한다.

① 기본계획단계

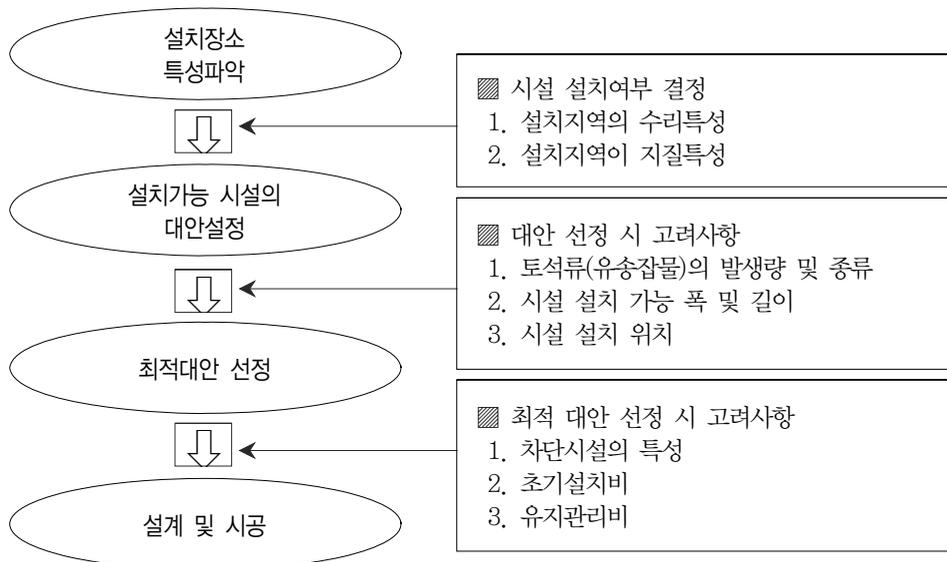
토석류에 의한 피해규모 및 지형·지질 등을 고려하여 토석류 대책 기본계획과 토석류 처리시설물 설치계획을 수립한다. 토석류 처리시설은 기본 계획단계를 근간으로 필요한 기능과 안정성을 가지도록 설계한다.

② 수리설계단계

토석류 처리시설의 형식을 결정하고, 토석류 예측량을 고려하여 설계유출량을 결정한다. 설계유출량을 결정할 때 토석류의 유체 흐름에 의한 월류부를 고려한다.

③ 구조안정설계

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



〈그림 12.7〉 유송잡물 처리시설의 선정과정

〈표 12.1〉 유송잡물 처리시설의 종류

구 분	메카니즘	유송잡물 종류	크 기	재 료
우회시설 	우회	나뭇가지, 통나무, 큰암석	암거크기의 1.1배 이상	철재(레일)
거치대 	차단	점토, 실트, 모래	3~6m	목재, 콘크리트, 철재 등
격자틀 	"	굵은자갈, 암석	암거크기	목재
분리대 	"	소규모 나무, 목재	다양	콘크리트
슬릿트덤 	"	암석, 목재	다양	콘크리트
네트 	"	큰 암석	하천수로폭	철재



13. 친환경 배수시설

13.1 비점오염원 처리시설

비점오염원이란 비특정(非特定)오염원, 면(面)오염원, 이동오염원 또는 기타 수질오염원이라고도 한다. 점오염원이 특정한 배출경로를 가진 것과는 달리 노면배수나 농경지배수와 같이 불특정한 배출 경로를 통하여 비점오염물질을 발생시키는 장소 또는 지역을 가리킨다.

비점오염물질은 주로 비가 올 때 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로서, 농지에 살포된 비료나 농약·토양침식물·축사유출물·교통오염물질·도시지역의 먼지와 쓰레기·자연동식물의 잔여물·지표면에 떨어진 대기오염물질 등을 말한다.

따라서 모든 오염물질을 포함한 채 배출되는 빗물이 실제로 주된 비점오염원이 된다. 비점오염물질은 대개 많은 비가 내릴 때 유출되기 때문에 일간·계절 간 배출량의 차이가 크고 예측과 정량화가 어려우며, 인위적 조절이 어려운 기상조건·지질·지형 등에 영향을 많이 받는 특성을 지니고 있다. 최근에는 이러한 비점오염원을 처리하기 위한 대책으로 지역환경의 자산적·효용적 가치를 증가시킬 수 있으며, 인근 주민들의 생활쉼터로서 활용할 수 있는 식생저류시설과 같은 친환경 처리시설이 적용되고 있다.

〈표 13.1〉 비점오염원 처리시설 예시

구 분	식생 저류조	장 치 형	
개 요	<ul style="list-style-type: none"> 저류 공간에 의한 부유물질의 침전과 식생에 의한 영양 염류 제거 	<ul style="list-style-type: none"> 침전부와 필터 카트리지 여과부를 이용 	<ul style="list-style-type: none"> 저류부와 고효율 필터 카트리지를 이용
주용도	<ul style="list-style-type: none"> 도로상의 초기강우 유출수 처리 작은 면적의 소교량 및 주차장 등에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 도로상의 초기강우 유출수 처리 교량 및 주차장 등에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 도로상의 초기강우 유출수 처리 교량 및 주차장 등에 적용
처 리 계 통 도			

13.2 친환경 하천이설

13.2.1 친환경 하천이설 개요

도로 건설과 관련하여 하천 유로변경 및 개수 시 콘크리트 호안, U형 개거 등 기존의 하천정비 공법은 콘크리트 재료로 하천 및 제방을 보강하므로 하천 생태계의 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 자연형 하천 이설공법을 적용하여 하천 수변 식생의 회복을 기반으로 어류·조류·수생곤충·양서류·파충류 등의 서식환경을 조성하고, 하천환경의 효율적 이용 및 관리를 통하여 인간과 자연이 유기적으로 공생할 수 있는 장을 제공한다.

해당 하천관리기관에서 자연형 하천으로 지정된 구역에서는 가능한 한 자연형 하천공법을 적용하며, 자연형 하천 공법 적용에서 제외 대상은 다음과 같다.

- 하천 이설 폭이 협소하거나 주변 여건상 자연형 하천 적용이 곤란한 경우
- 이설할 기존 하천이 자연하천이 아닐 경우
- 하천의 평균 하천 저수로 폭이 5m 이하인 경우
- 보존 가치가 있다고 판단되는 지역은 하천 저수로 폭이 2.5m 이하인 경우

(1) 기존 하천 이설공사의 문제점

하도계획은 전적으로 계획홍수량의 유하 및 안전하상 유지만을 고려하고 있으며, 대부분 홍수 소통이라는 치수상의 단일목적만을 위하여 저수로 및 둔치정비·제방축조·하상정비 등 획일적인 하천계획에 의하여 이루어지고 있다.

현행 관련법 및 도로 설계요령 등에 제시된 하천횡단교량 설계지침 등에는 교대부분 위치·교량형식·세굴방호공·홍수 시 안정성에 대한 설계항목이 체계적으로 설정되어 있으나, 하천생태현황 및 생물의 서식특성 등에 대한 친환경적 하천정비 방안에 대한 설계항목이 대부분 누락되어 있다. 따라서 도로 건설사업과 관련하여 하천 유로변경 및 개수 시 가능한 한 자연형 하천이설 공법을 적용하여 하천 주변 내에 다양한 생물서식 공간을 확보한다.



〈그림 13.1〉 콘크리트 호안에 의한 하천정비

(2) 자연형 하천 개요

자연형 하천 공법이란 살아있는 나무·풀·돌·흙 등 자연재료와 인공재료를 이용하여 하천을 자연에 가깝게 가꾸는 방법과 기술이다.

자연형 하천 공법은 하천 수변 식생의 회복을 기반으로 어류·조류·수생곤충·양서류·파충류 등의 서식환경을 조성할 수 있고, 하천 환경의 효율적 이용 및 관리를 통하여 인간과 자연이 유기적으로 공생할 수 있는 공간을 제공한다.



〈그림 13.2〉 하천단면도@

- ① 저수로 : 물과 직접적으로 맞닿는 구간으로 유수에 지속적으로 영향을 받으며, 가뭄 때에도 물이 흐르는 부분
- ② 둔치호안 : 홍수 시 앞비탈을 보호하기 위하여 설치하는 호안
- ③ 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류 및 세굴을 방지하기 위하여 저수로의 비탈면에 설치하며, 일반적으로 홍수 시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다.
- ④ 둔치 : 홍수 시 수위상승으로 침수되지만 평수·갈수 시 유수의 영향을 받지 않는 제방과 저수로 사이의 평탄지
- ⑤ 제방호안 : 제방을 직접 보호하기 위하여 설치하는 것
- ⑥ 어도 : 하천에 댐, 보 등 수리구조물이 설치되어 어류이동이 어렵거나 불가능 할 때 어류이동을 원활하게 하기 위하여 만들어진 수로 또는 장치
- ⑦ 여울 : 하천에서 수심이 낮고 유속이 빠른 곳

13.2.2 자연형 하천공사 방안

(1) 공통사항

- ① 자연상태의 하천을 이설할 경우 기존 하천의 주변 여건을 고려하여 적정 공법을 검토한다.
- ② 하천 바닥 폭은 해당 하천이 원래 갖고 있던 정도의 폭을 유지하며, 바닥은 가급적 토사를 유지한다.
- ③ 하천의 원래 형태를 최대한 보존하여 자유롭게 사행하도록 유지한다.

- ④ 원래 하천이 갖고 있는 다양한 완급 경사 및 형상을 유지한다.
- ⑤ 자연형 호안 공법은 계획홍수위까지 하고, 계획홍수위에서 둔치까지는 줄때 및 수목식재 등을 검토한다.
- ⑥ 어소블럭 · 어도 · 여울 등의 계획할 때에는 홍수 시에 유실되지 않고, 갈수시에도 기능을 발휘할 수 있도록 계획을 검토한다.
- ⑦ 자연형 하천을 조성하는 경우 홍수량 및 갈수량 산정을 검토한다.

(2) 소하천

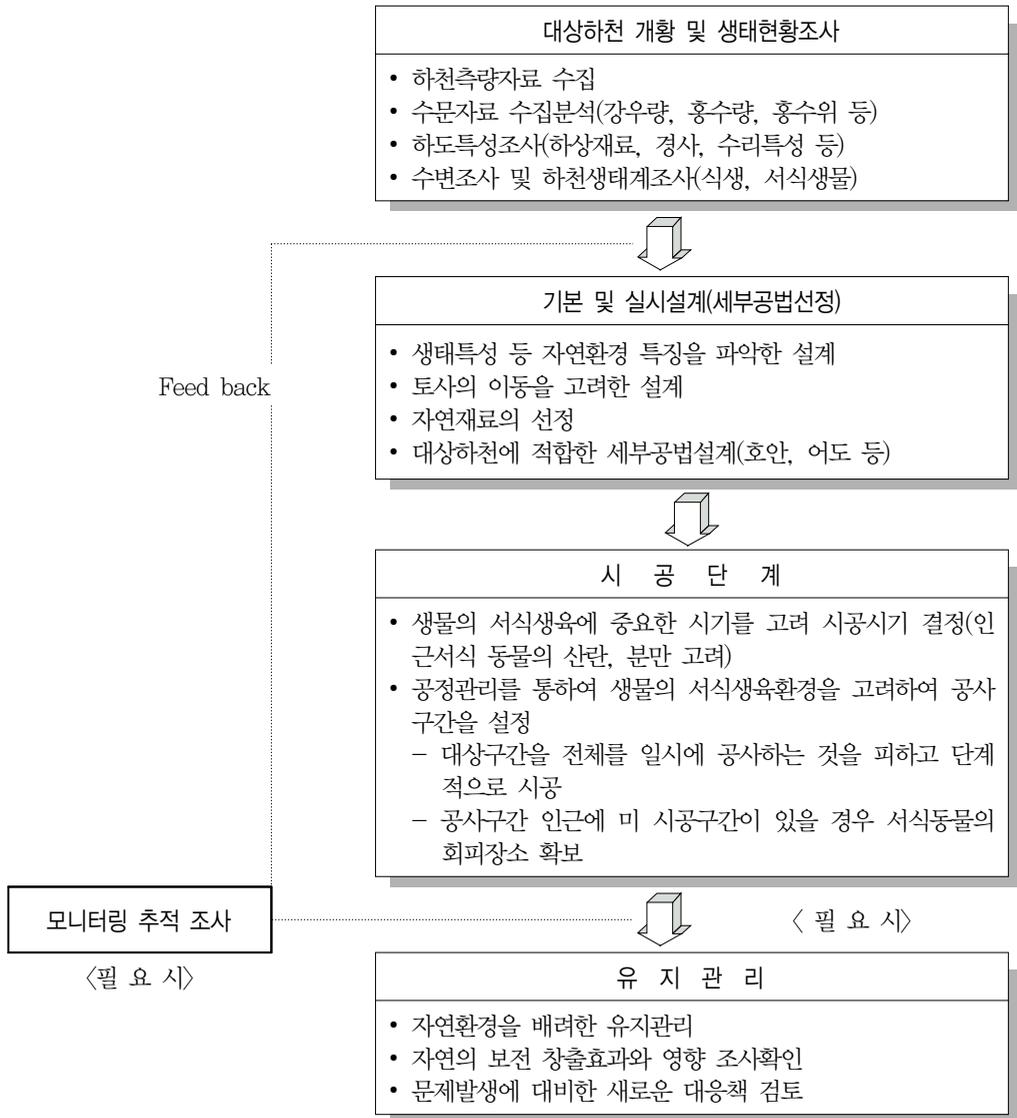
- ① 소하천은 대부분 산지부 및 농경지를 유하하는 지역이 많고 하폭이 협소하며, 급경사를 이루고 있으므로 소하천이 갖는 이수 및 치수 · 하천 생태환경측면을 고려한 이설방안을 강구하여 자연상태와 조화를 이룰 수 있는 소하천 본래의 기능을 유지한다.
- ② 치수가 가능한 범위 내에서 유수에 의하여 하천 비탈면을 보호할 수 있는 급경사 호안 공법을 적용한다.
- ③ 적용 가능한 공법 : GABION, 자연석 계단호안, 반딧불이 블럭, 자연석 쌓기, 앵커스톤, U형 개거 등

(3) 저수호안

- ① 저수호안은 유수에 의한 국부세굴 작용으로부터 하안 및 제방을 보호하기 위한 수로유지공으로서, 치수 기능뿐만 아니라 하천 생태계나 자연경관의 보전이 가능한 저수호안이 되도록 치수상 안전하고 자연생태계에 유리한 다양한 구조 및 재질을 적용한 기법을 강구한다.
- ② 적용 가능한 공법 : 돌망태호안, 자연석 쌓기, GABION, 돌붙임, 식생호안블럭, 식생매트+돌붙임 등

(4) 제방호안 및 둔치호안

- ① 치수상의 기능을 유지하면서 다양한 경관을 창출하고, 하천 생태계의 다양한 서식 환경이 조성될 수 있도록 한다.
- ② 제내지 비탈면 혹은 제방어깨 부분에는 수목의 식재를 검토한다.
- ③ 적용 가능한 공법 : 환경블럭 A · H, 환경블럭 조경형, 환경블럭 D형, 환경블럭 자연석 등



<그림 13.3> 자연형 하천 이설공사 단계별 시행절차



참 고 자 료

1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설, 지침, 국토해양부, 2009
2. 수해예방을 위한 산악지 도로설계 매뉴얼, 건설교통부, 2007
3. 도로설계기준, 건설교통부, 2005
4. 도로설계편람, 건설교통부, 2000
5. 하천설계기준, 건설교통부, 2005
6. 설계요령, 일본 도로공단, 1987
7. 도로토공 배수공 지침, 일본도로협회, 1991
8. Drainage of Highway Pavements, FHWA, 1984
9. Highway Drainage Guidelines, AASHTO, 1992
10. 개수로 수리학, 지정문화사, 최영박 외 1인
11. 하수도시설기준, 환경부, 1998
12. 도로부대시설, 건설교통부, 1998
13. 한국 확률강우량도 작성, 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서 제 1권, 건설교통부, 2000
14. 고속도로 건설공사 표준도, 한국도로공사, 2001
15. 고속도로 공사 전문시방서(토목편), 한국도로공사, 2009
16. Design Guidelines, Vol.2, 건설교통부, 1974
17. 도로배수계획, 기술교재 제81호, 한국도로공사, 1991
18. 도로지하 배수 설계법, 기술교재 제76호, 한국도로공사, 1988
19. 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침, 건설교통부, 2003

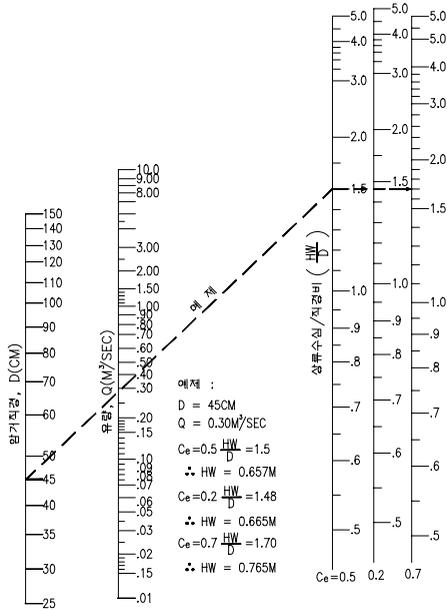
20. Debris Control Structures Evaluation and Countermeasures, Third Edition, Hydraulic Engineering Circular, No. 9, FHWA, 2005
21. 国土交通省 東北地方整備局, 設計施工マニュアル
22. 土石流·流木對策設計技術指針解説, 国土技術政策總合研究所, 2007
23. 이상기후에 대비한 시설기준 강화-이상홍수 대비 수공 구조물 설계 기준 개선-토석류 대비 도로 시설물 설계기준 개선 연구, 4차년도 연구보고서, 국토해양부, 2009



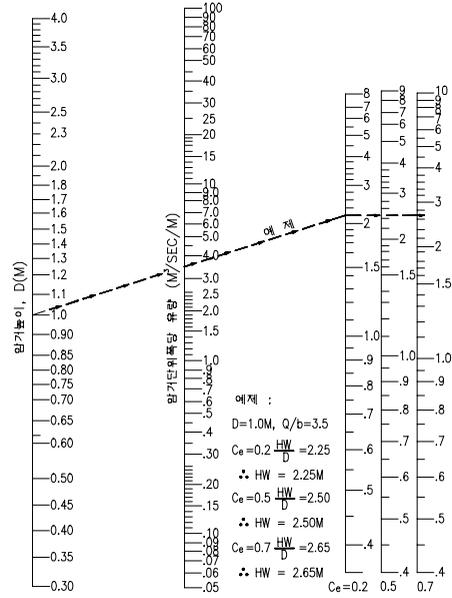
부 록

1. Box, Pipe 수리도표
2. 노면배수 계산실례
3. L형 측구 집수정 설치 간격 계산
4. 중앙분리대 집수정 설치 간격 계산
5. I.D.F(Intensity Duration Frequency) 그래프

1. Box, Pipe 수리도표

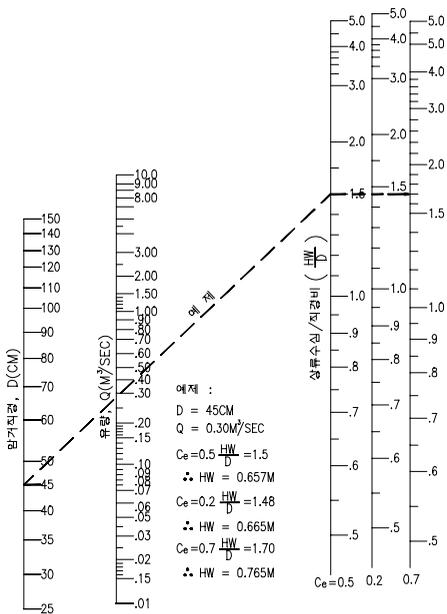


(a) PIPE의 유입부 조절

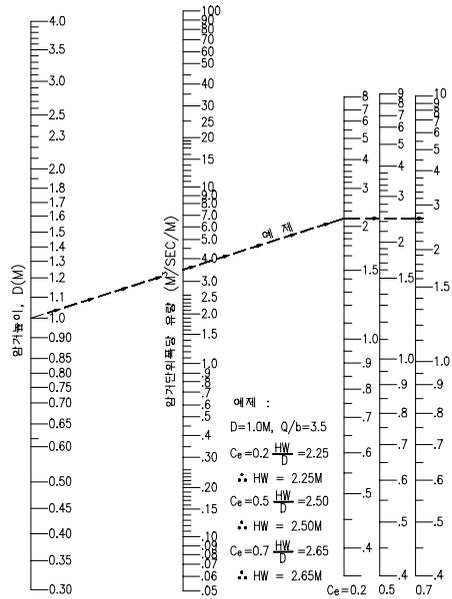


(b) BOX의 유입부 조절

<도표 1> 수도도표 (파이프)

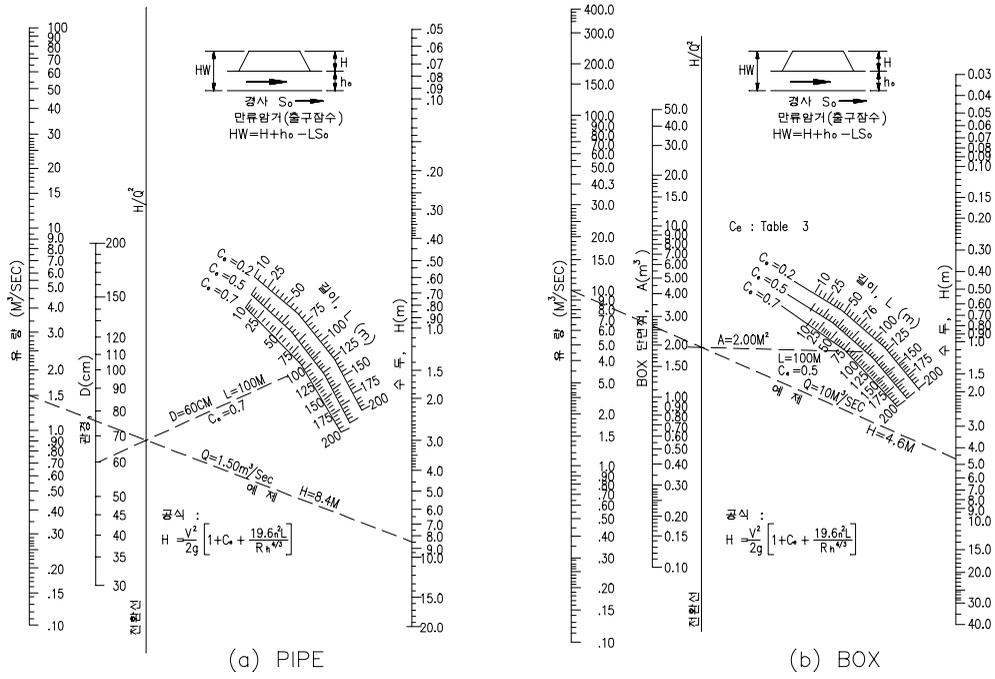


(a) PIPE의 유입부 조절

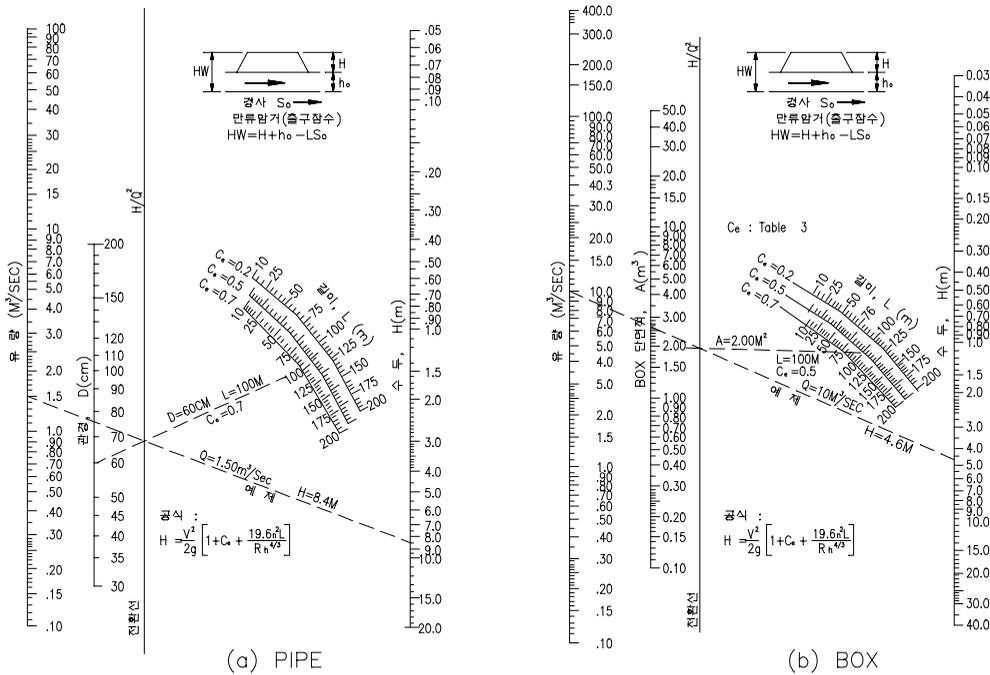


(b) BOX의 유입부 조절

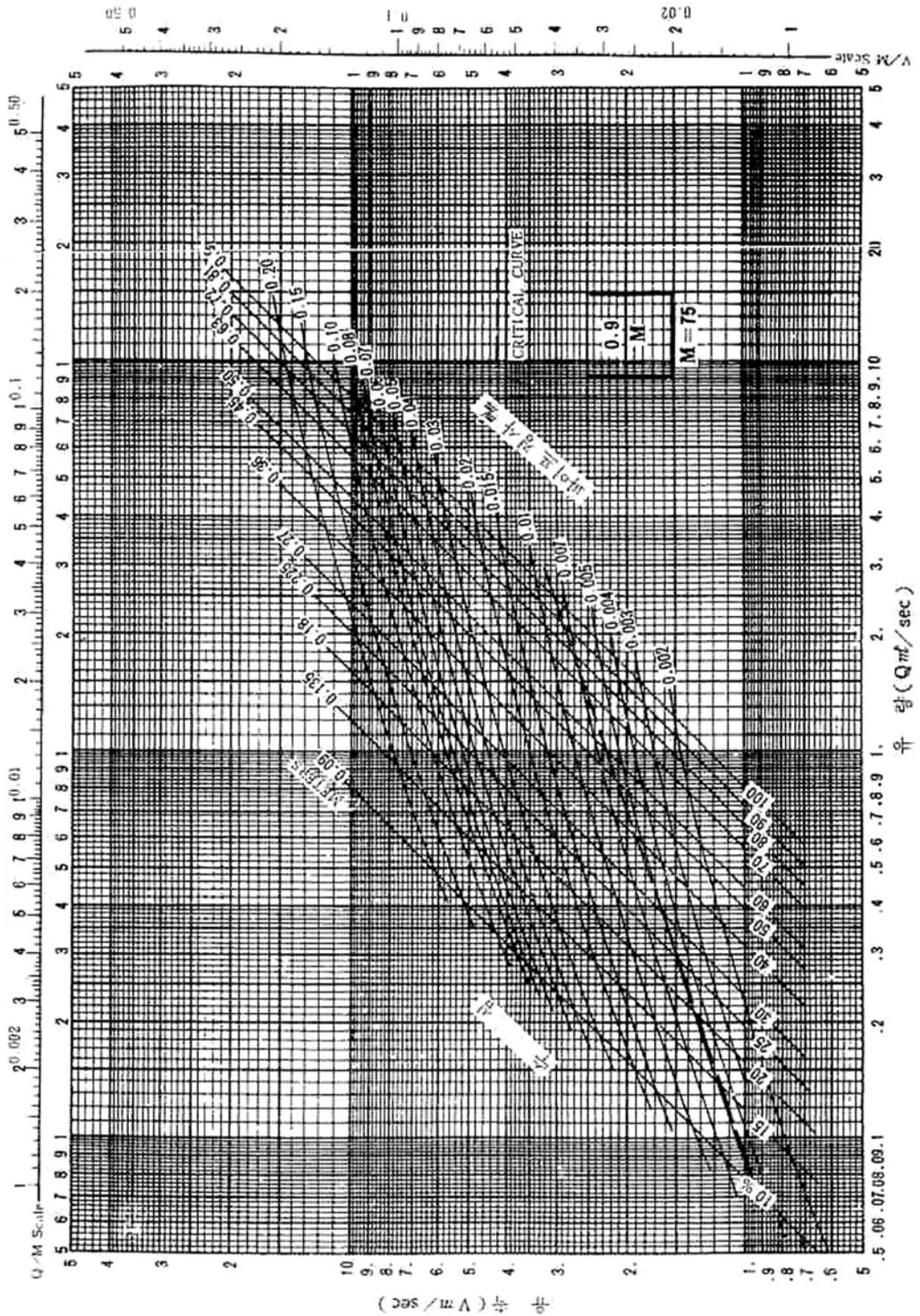
<도표 2> 수도도표 (BOX) - 유입부 조절



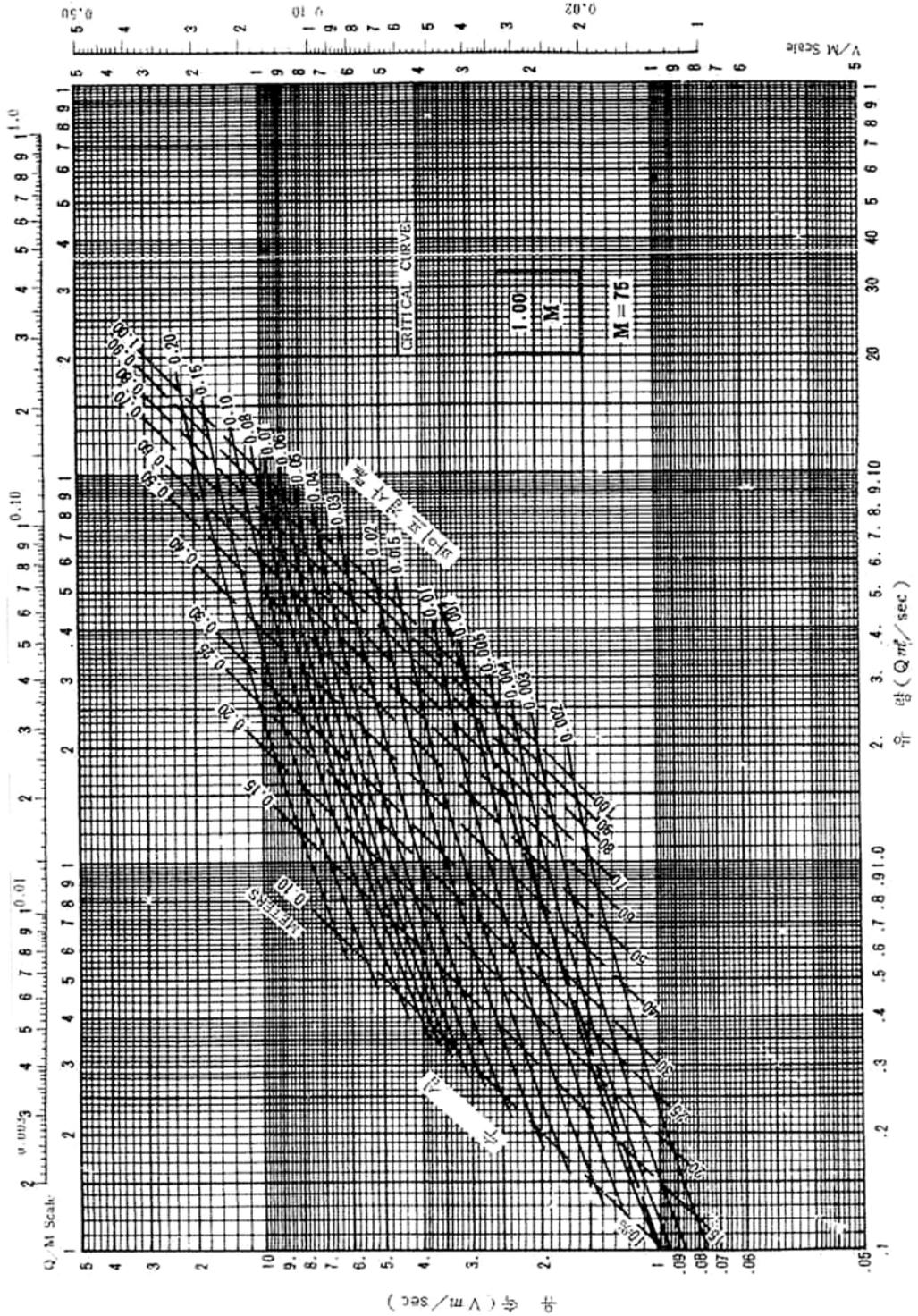
〈도표 3〉 수도도표-콘크리트 파이프 M=75



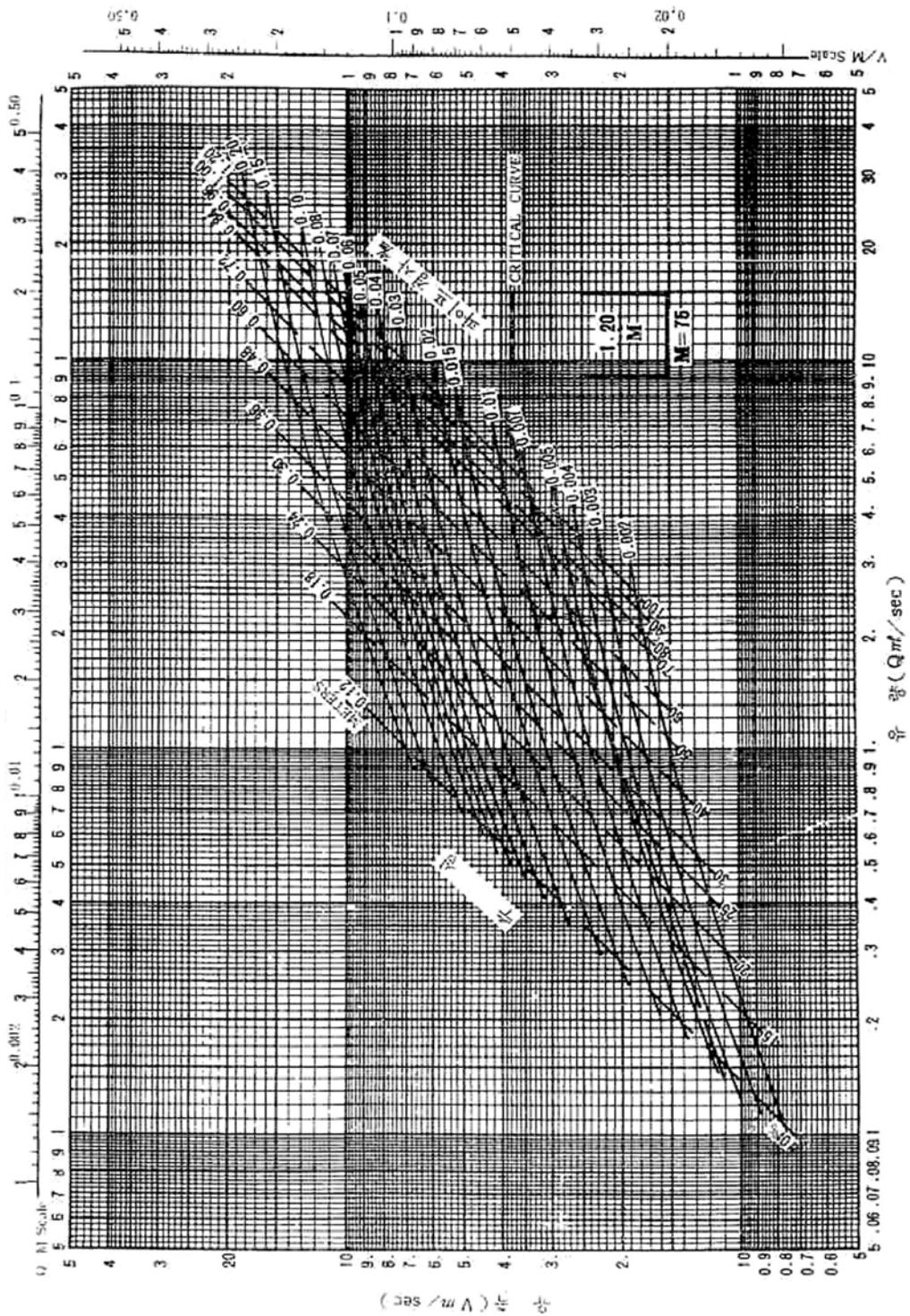
〈도표 4〉 수도도표-콘크리트BOX M=75



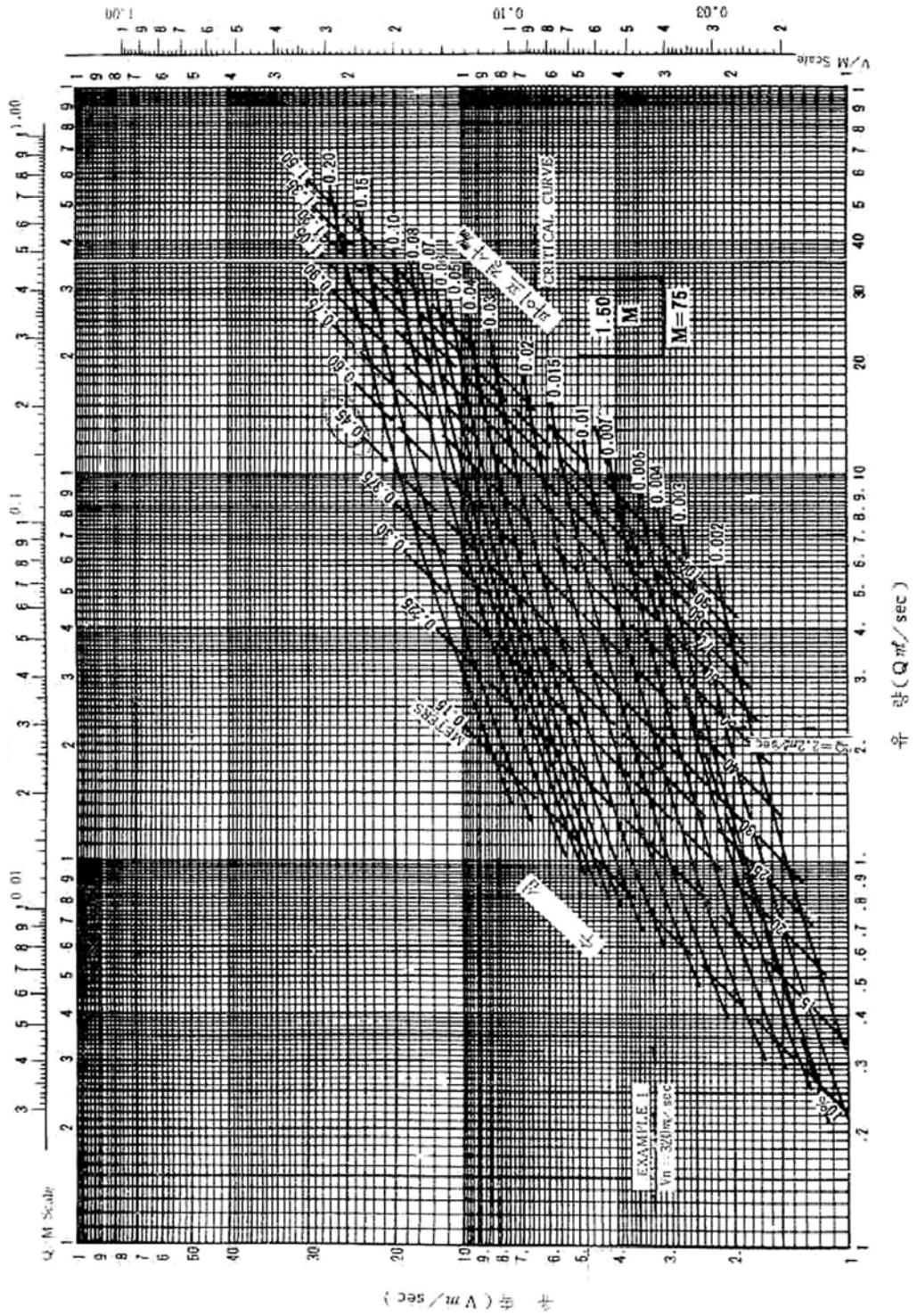
〈도표 5〉 U형측구 수리도표(B=0.9)



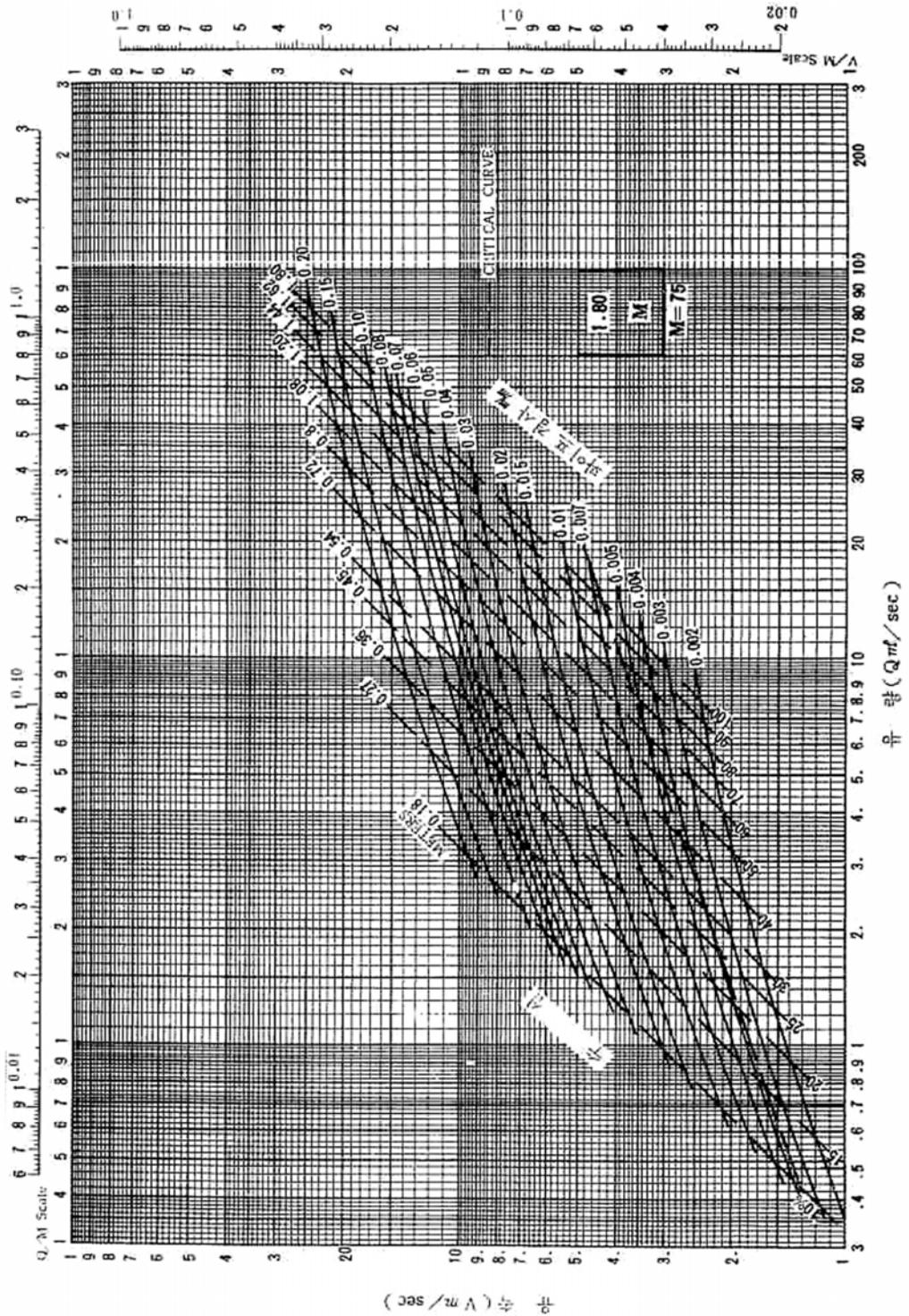
〈도표 6〉 U형측구 수리도표(B=1.0)



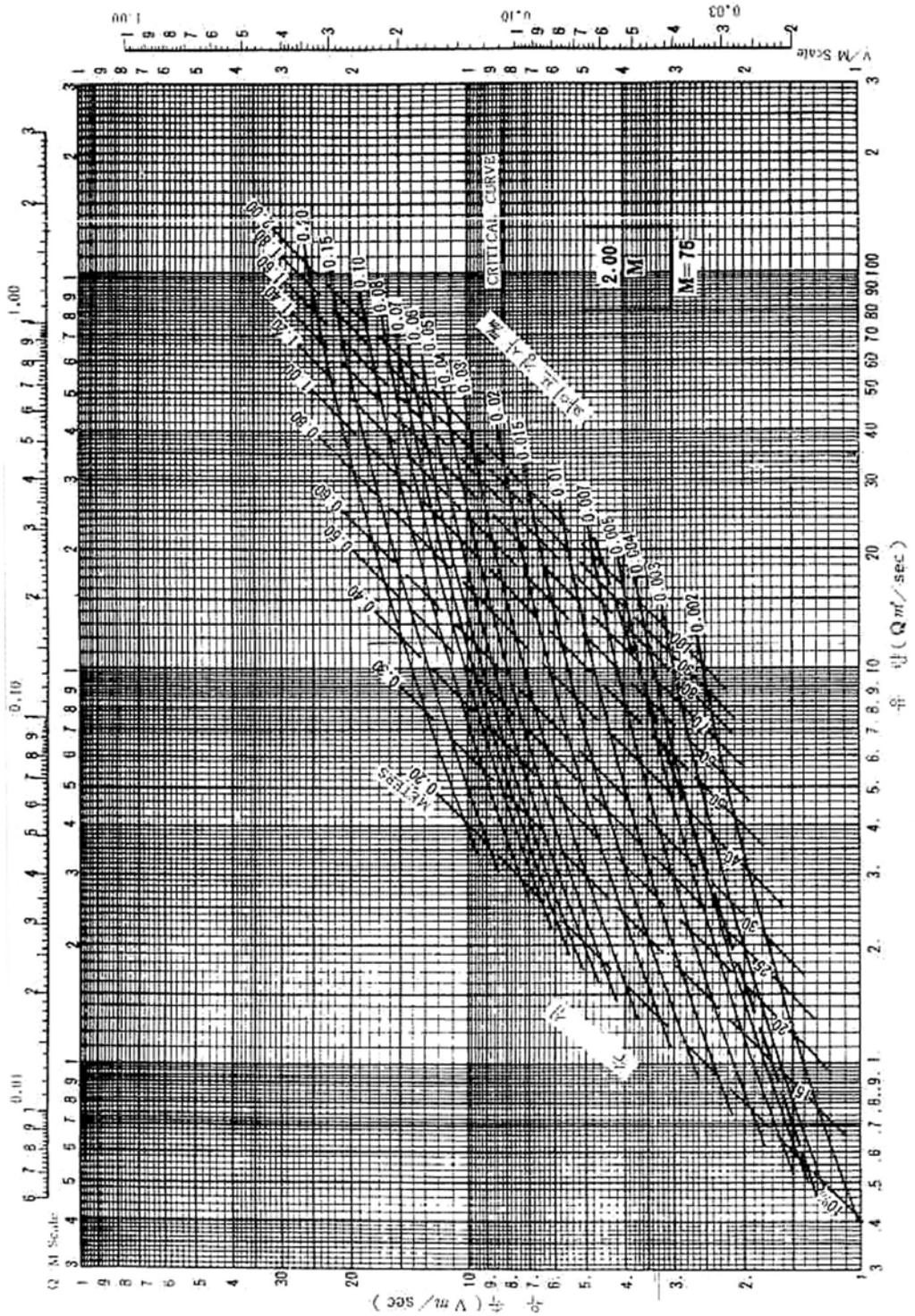
<도표 7> U형측구 수리도표(B=1.2)



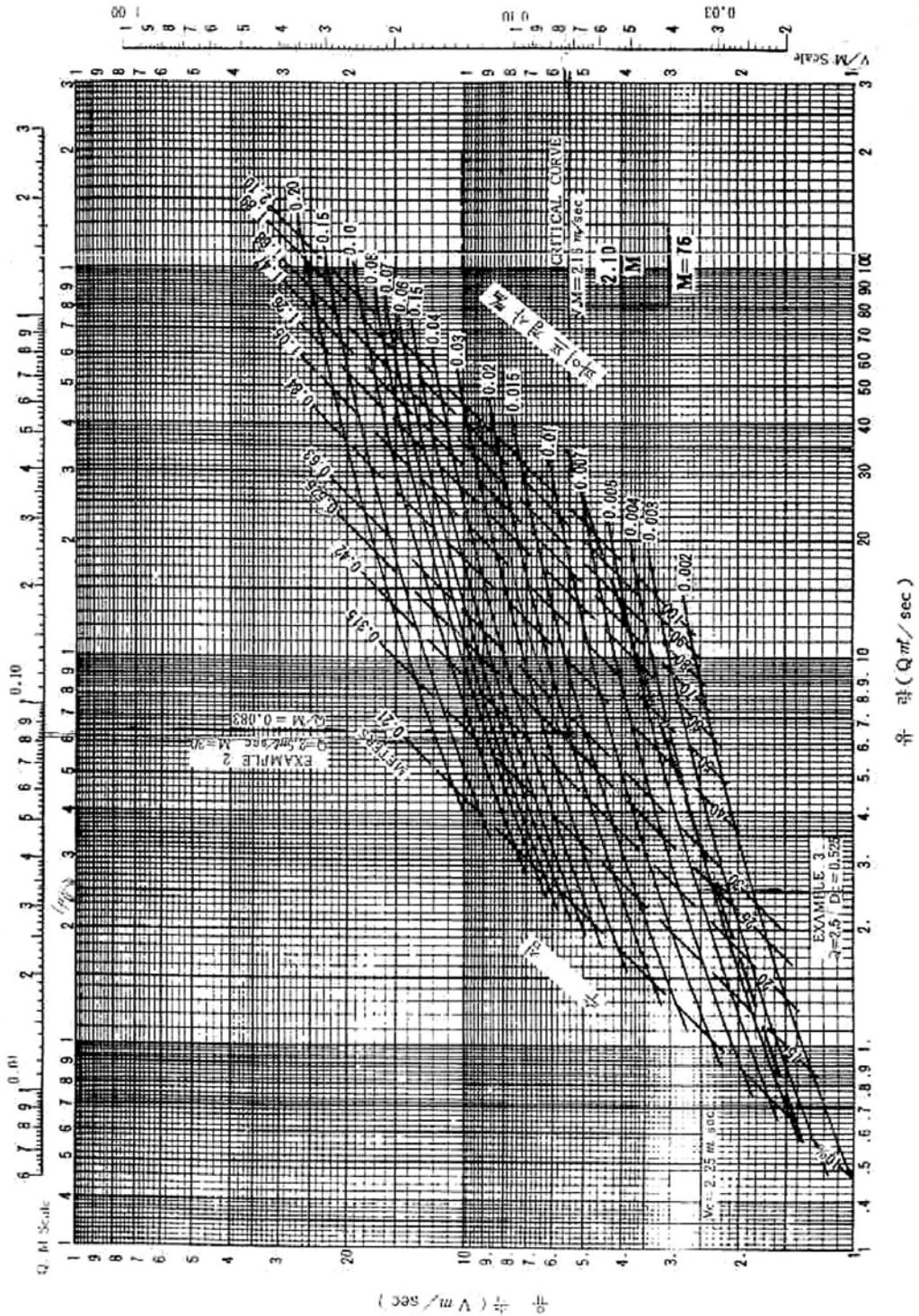
〈도표 8〉 U형측구 수리도표(B=1.5)



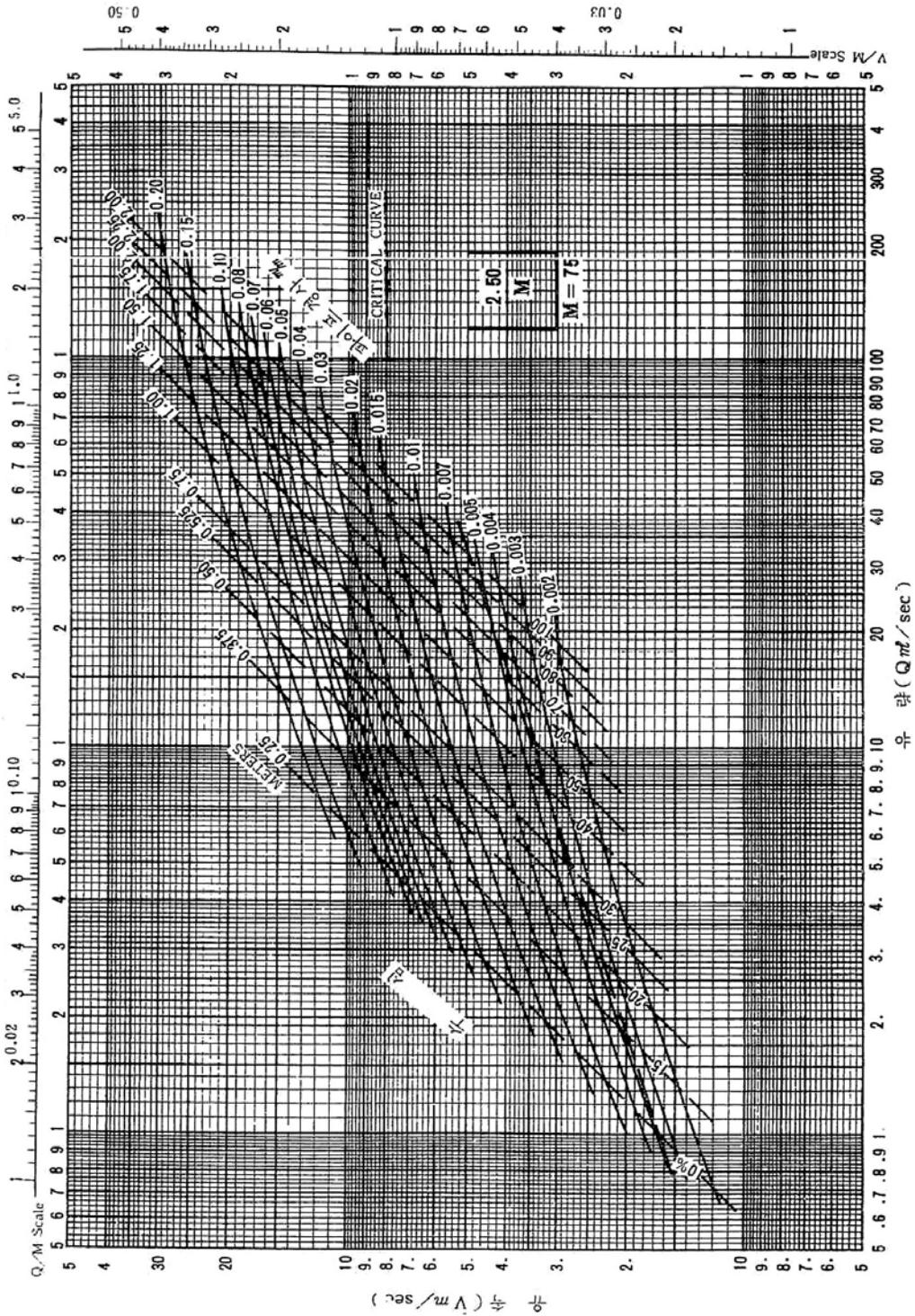
〈도표 9〉 U형측구 수리도표(B=1.8)



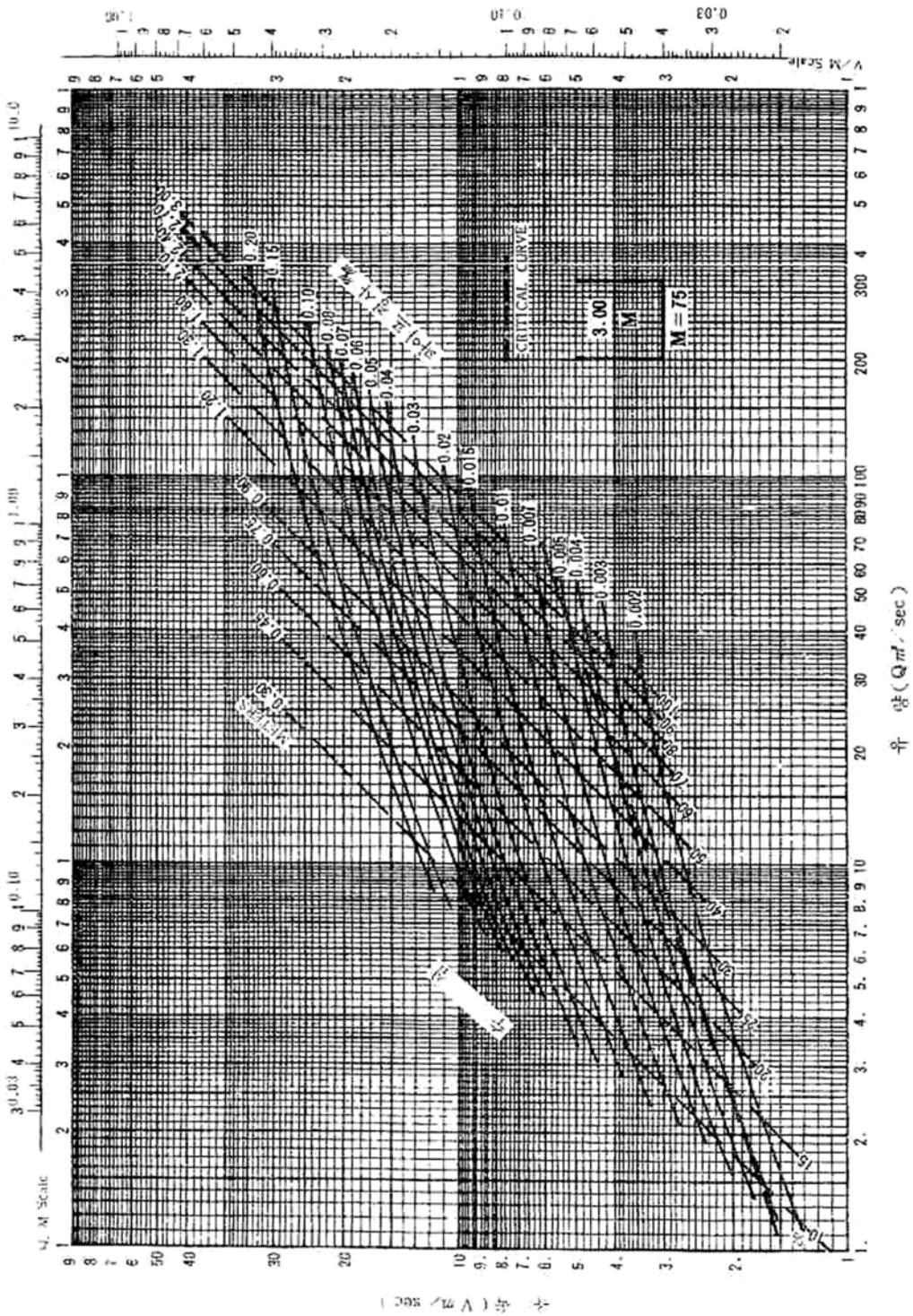
<도표 10> U형측구 수리도표(B=2.0)



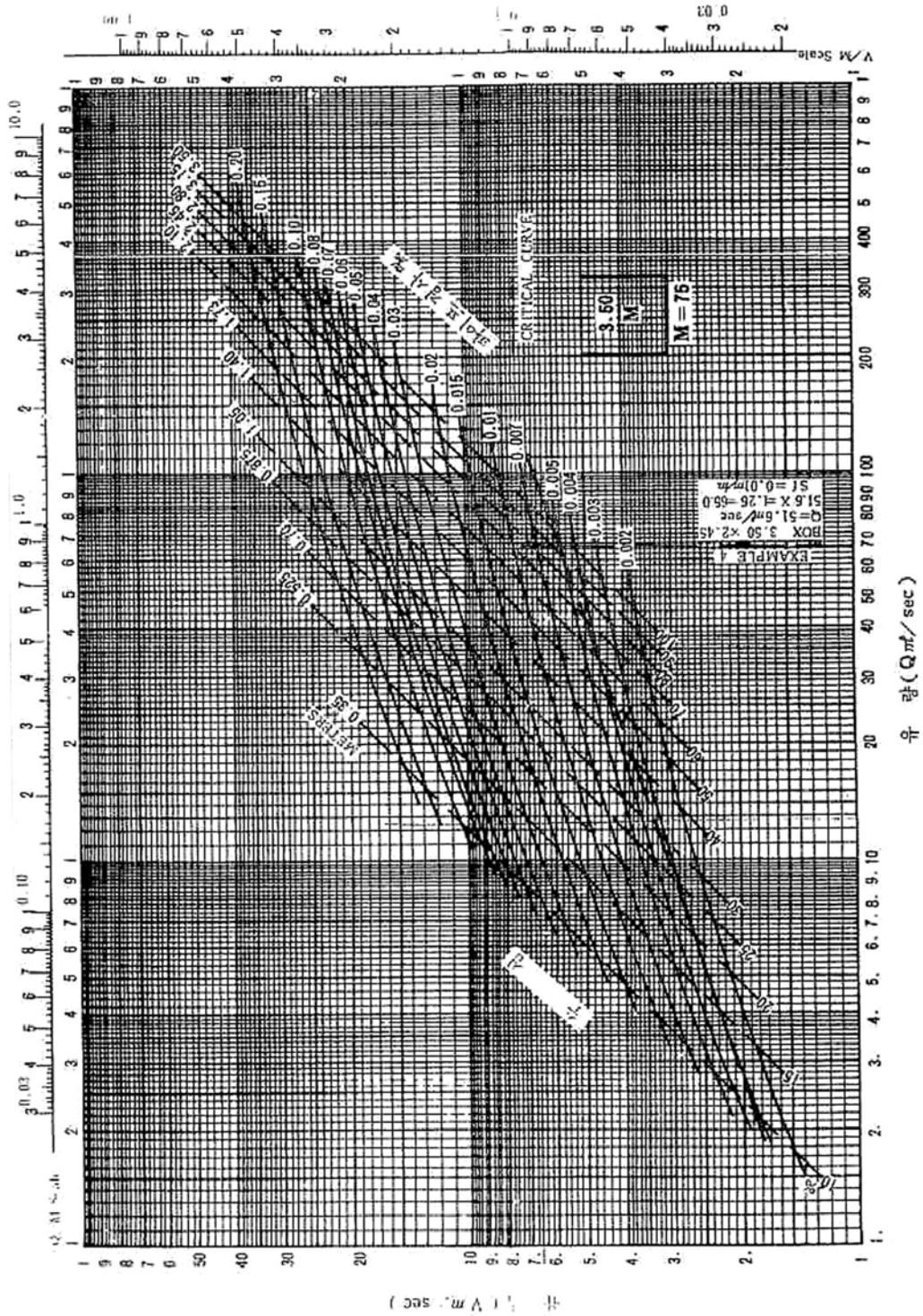
〈도표 11〉 U형측구 수리도표(B=2.1)



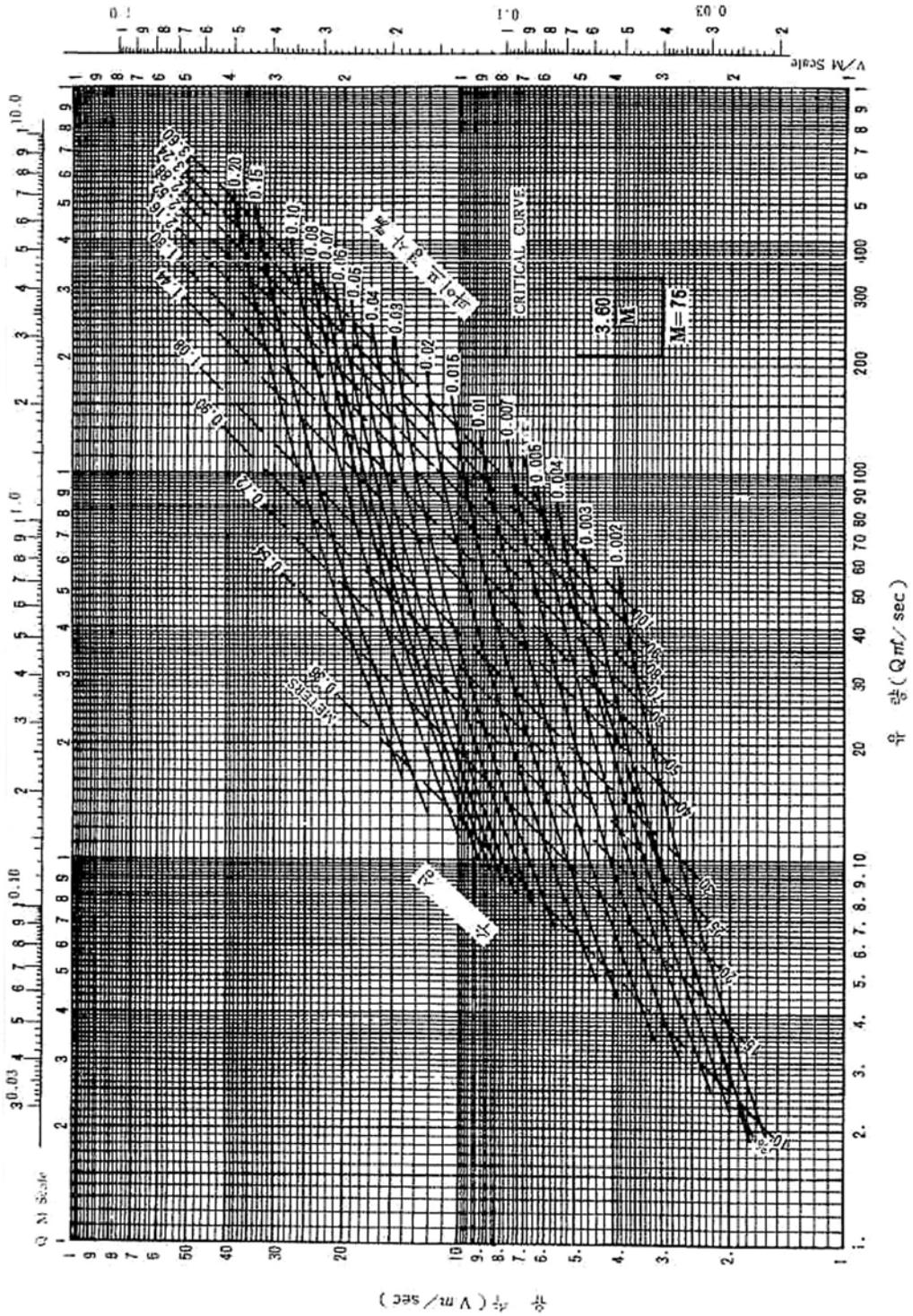
〈도표 13〉 U형측구 수리도표($B=2.5$)



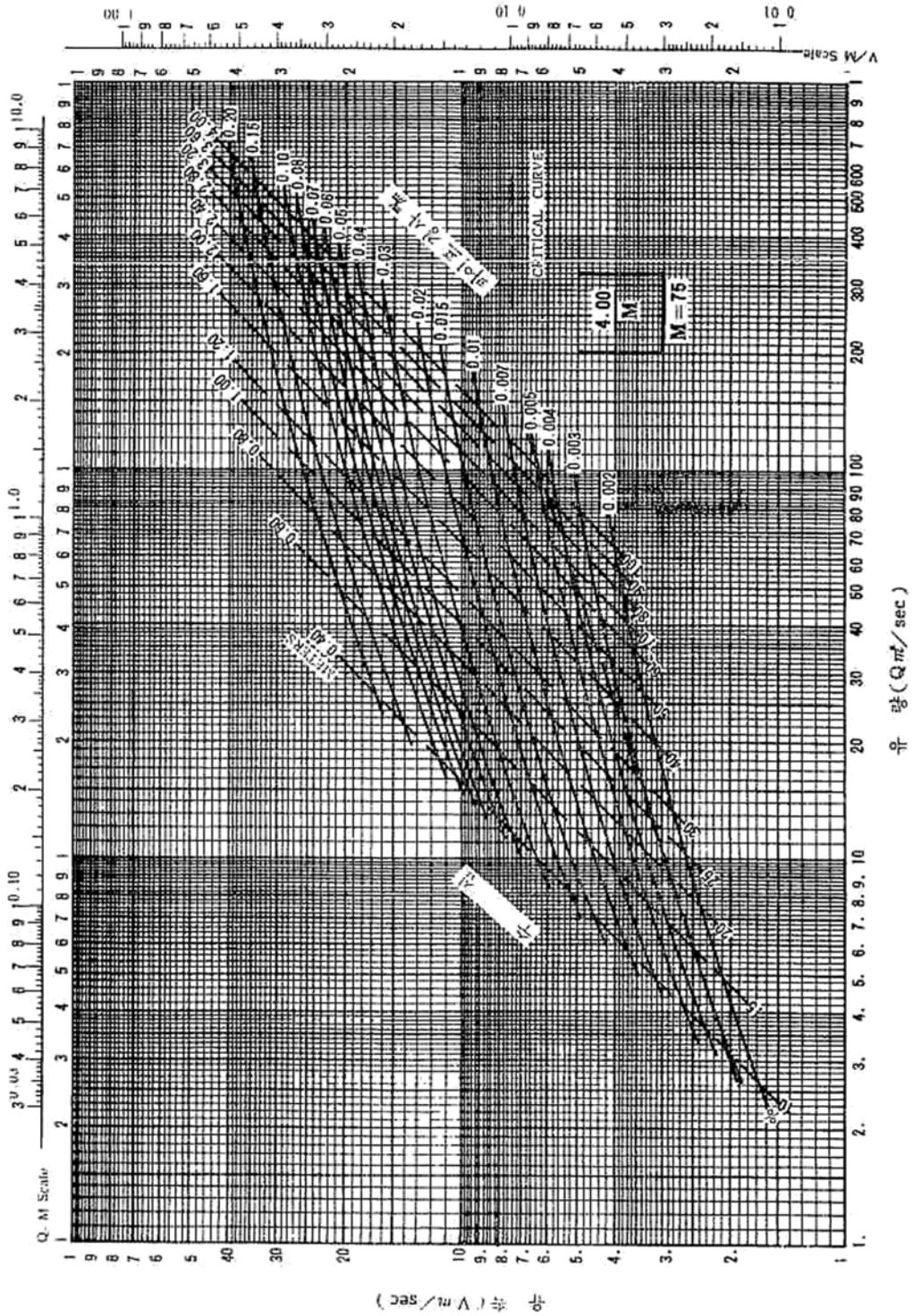
〈도표 14〉 U형측구 수리도표($B=3.0$)



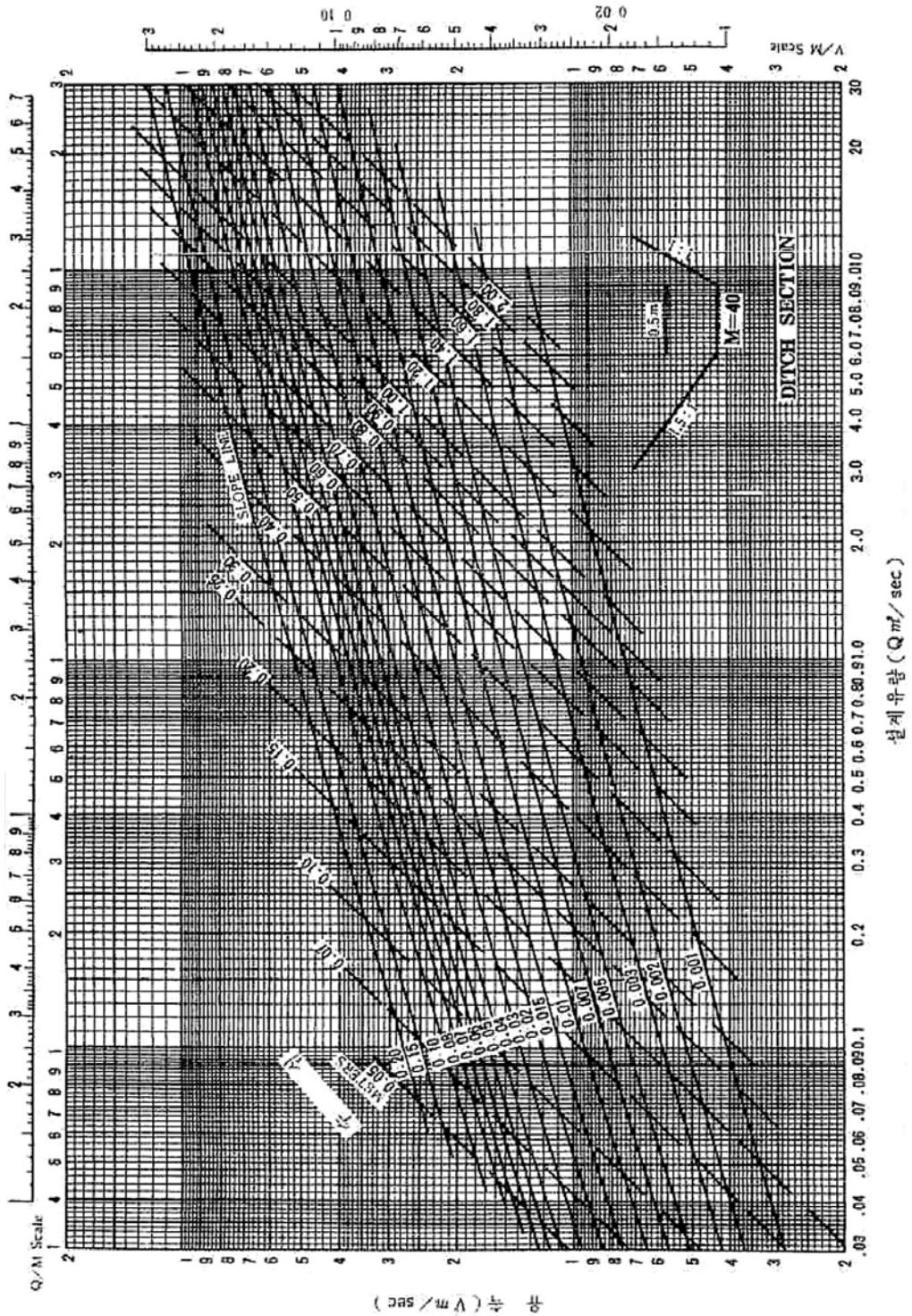
〈도표 15〉 U형측구 수리도표(B=3.5)



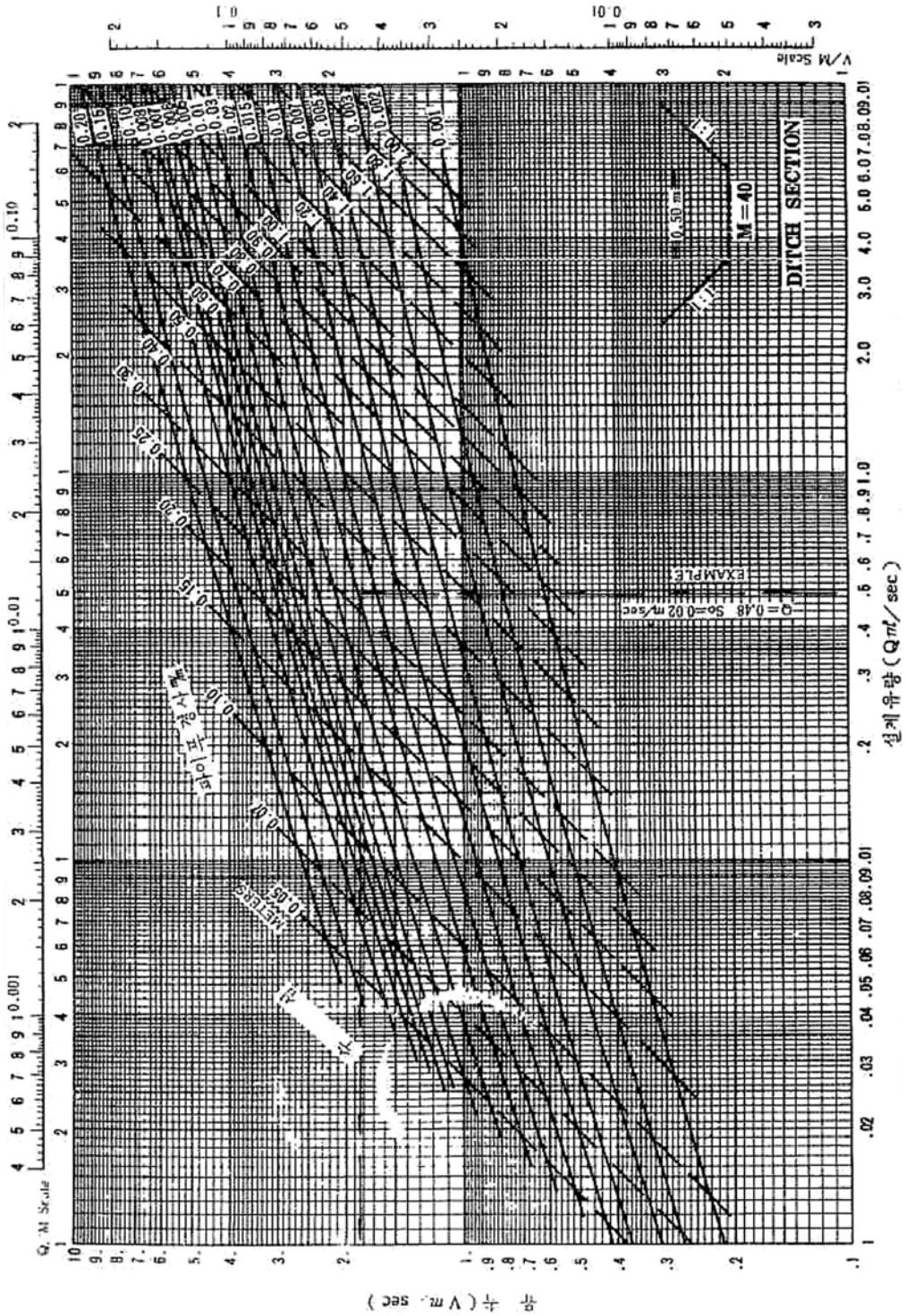
〈도표 16〉 U형측구 수리도표($B=3.6$)



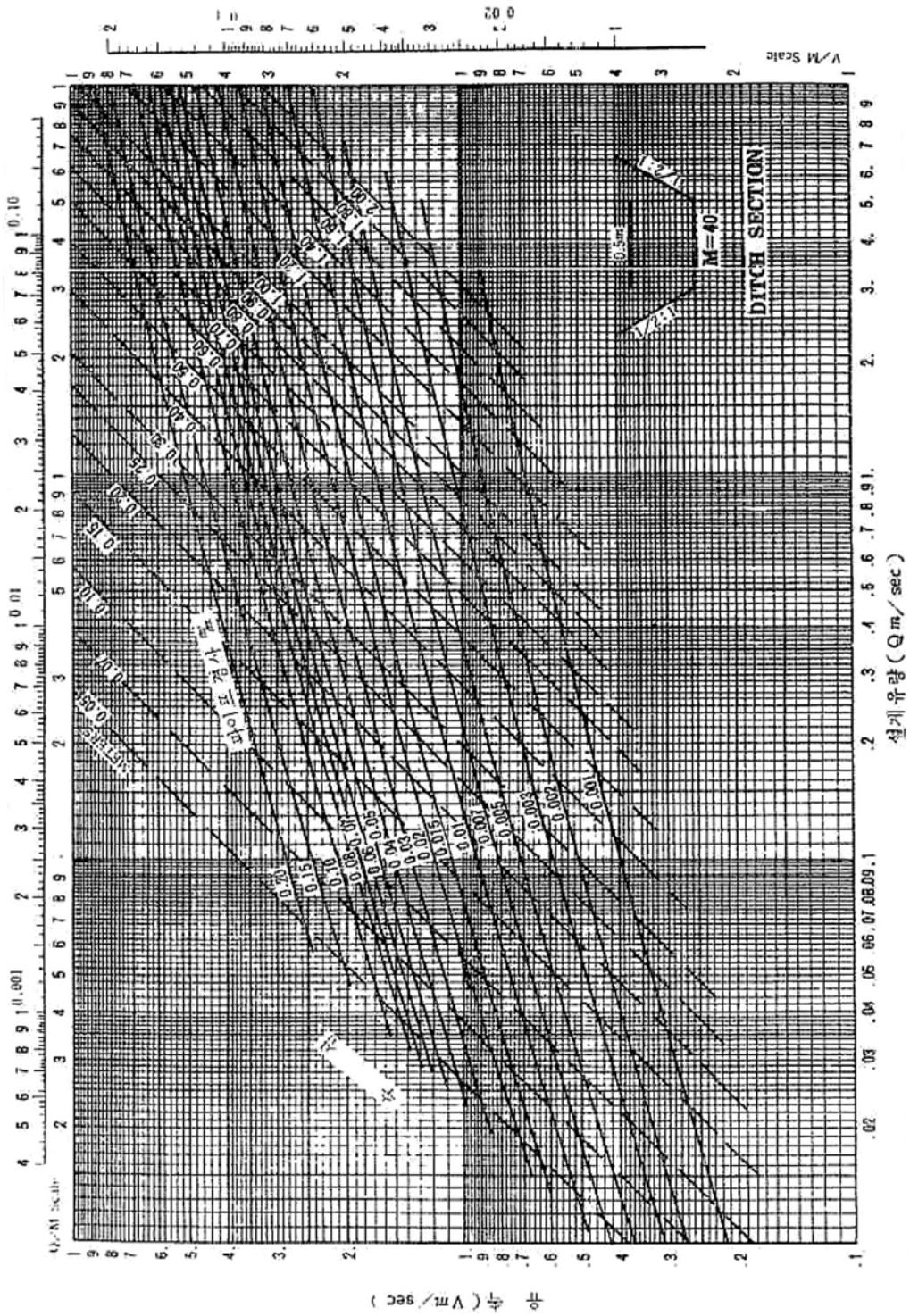
〈도표 17〉 U형측구 수리도표(B=4.0)



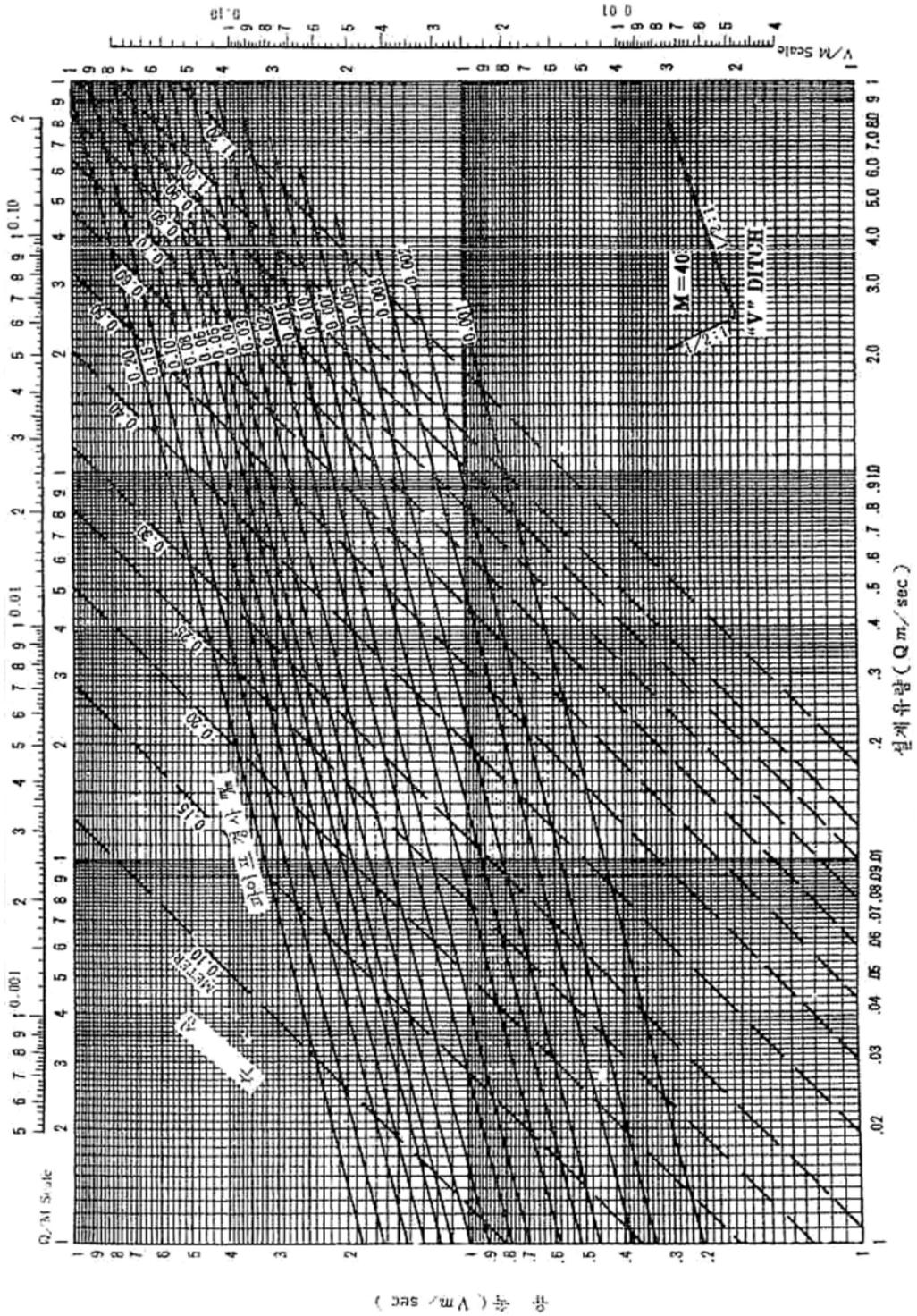
〈도표 18〉 측구 수리도표



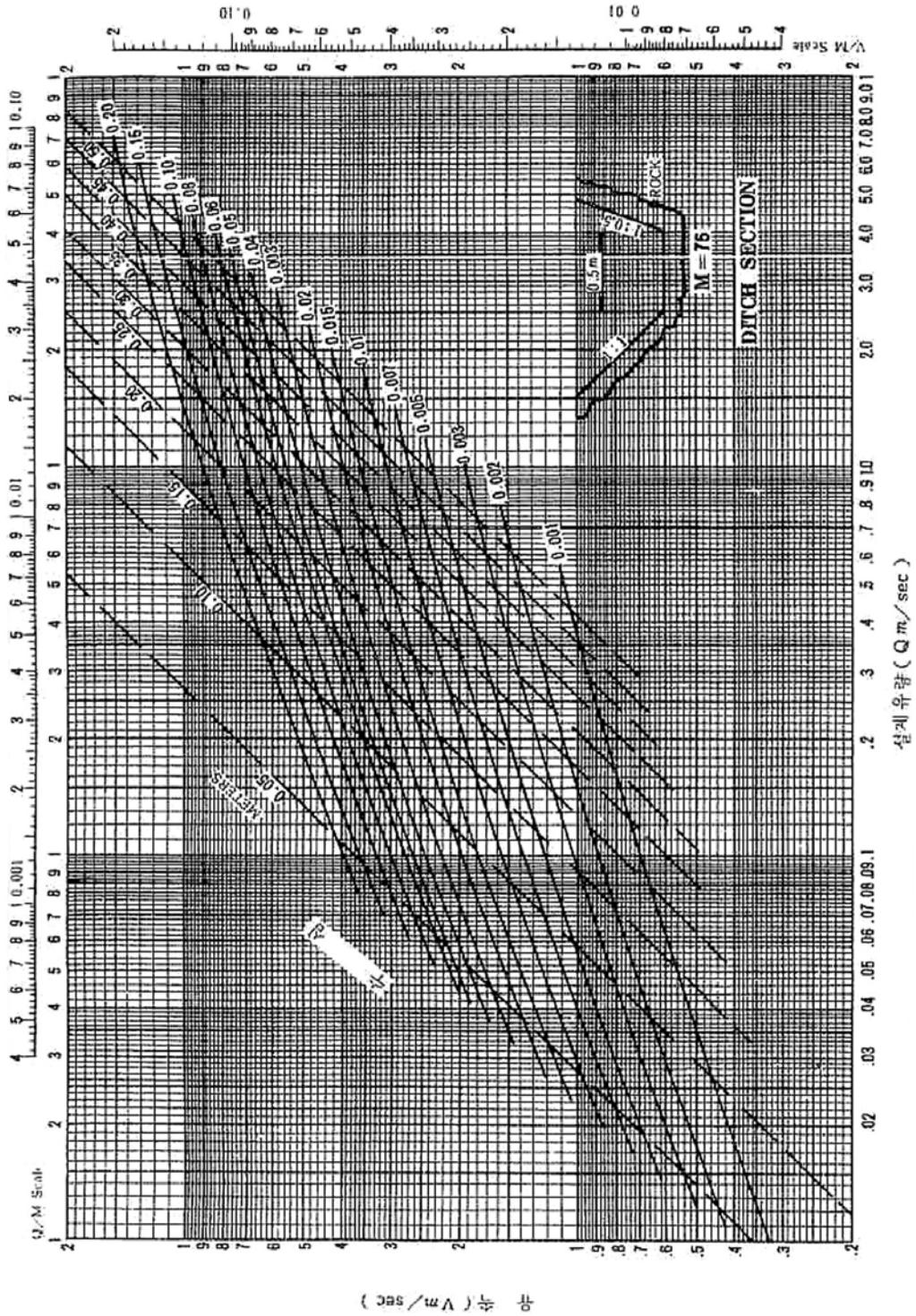
〈도표 19〉 측구 수리도표



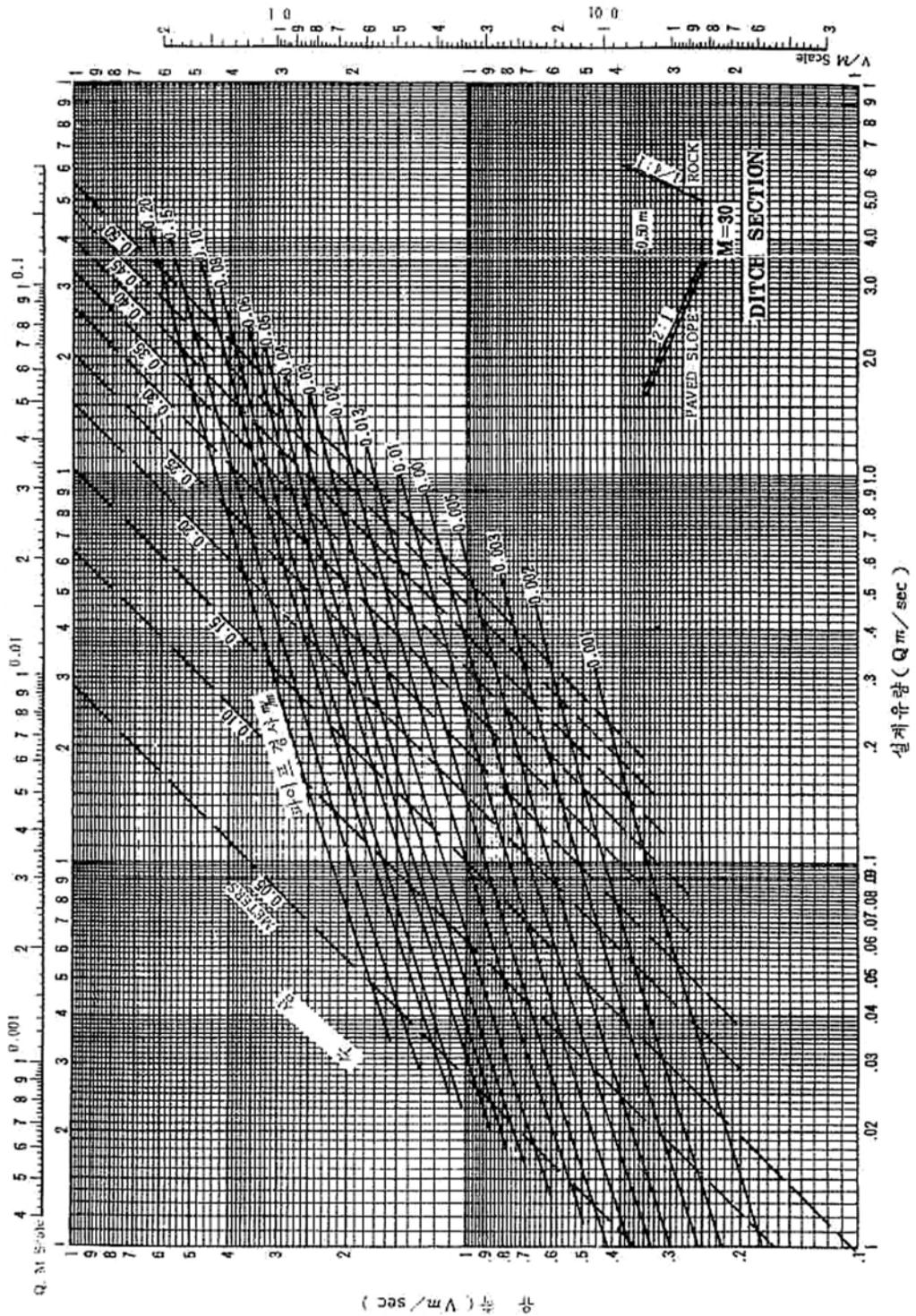
〈도표 20〉 측구 수리도표



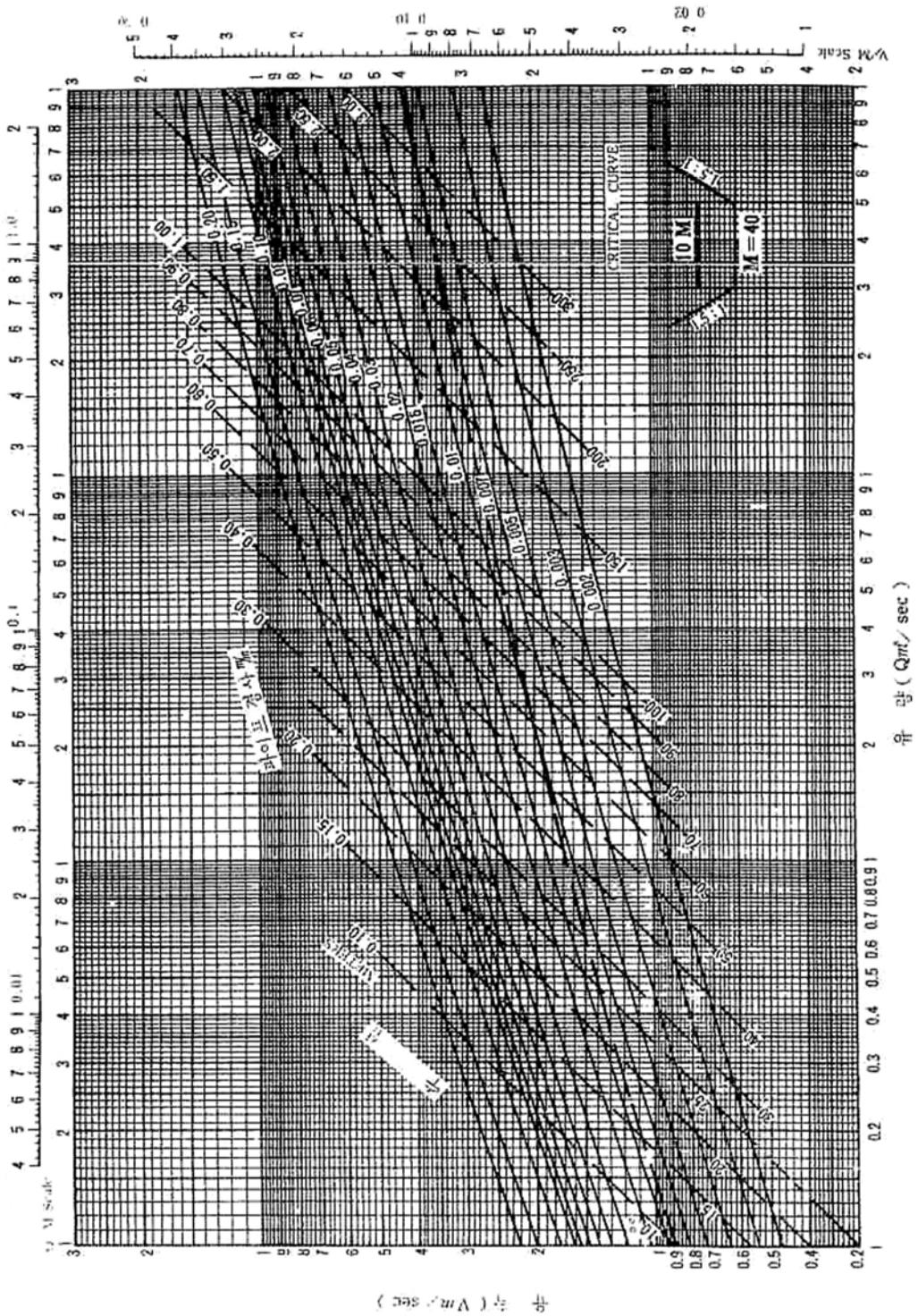
〈도표 21〉 측구 수리도표



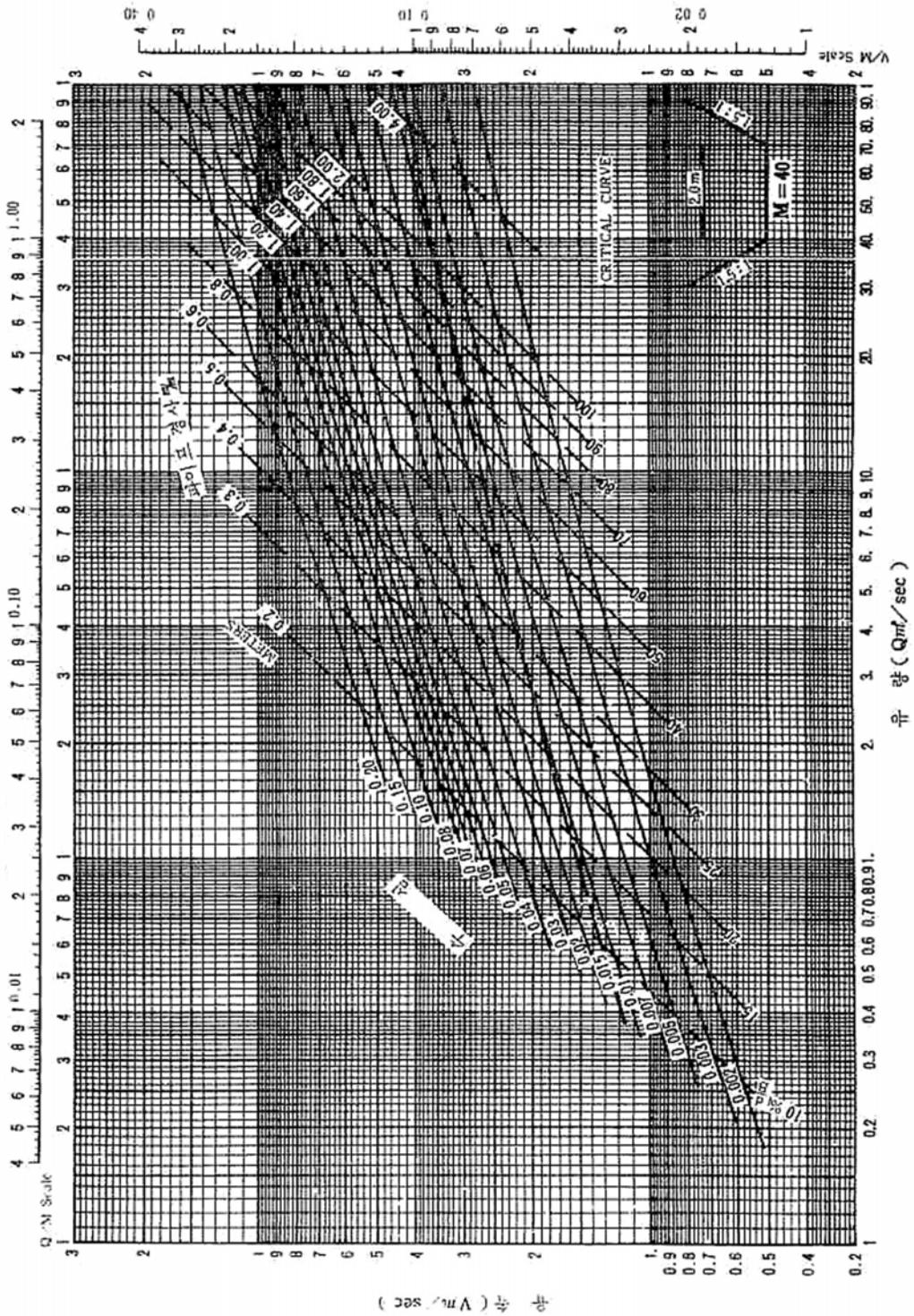
속 (V_m / sec)
 <도표 22> 측구 수리도표



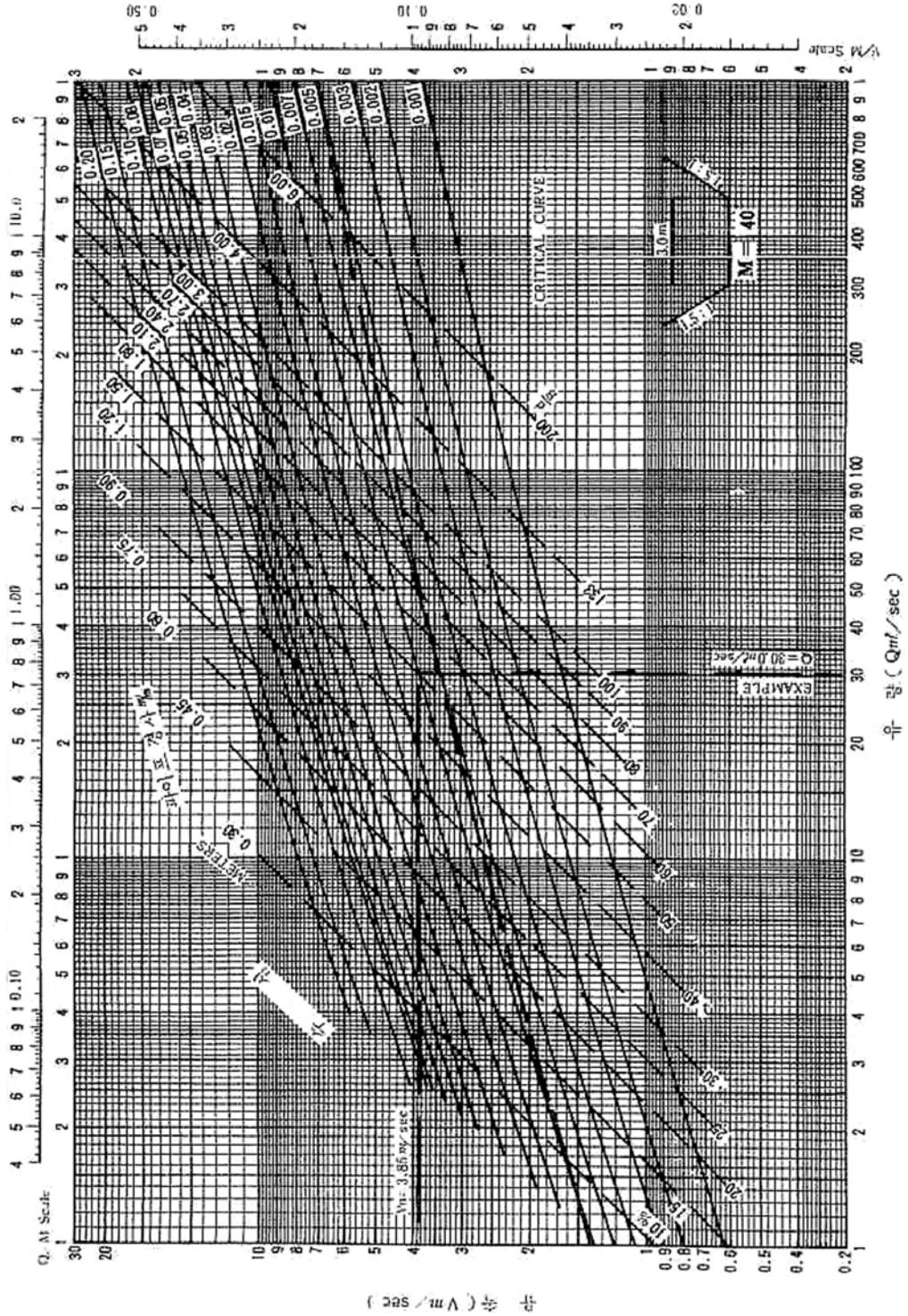
〈도표 23〉 측구 수리도표



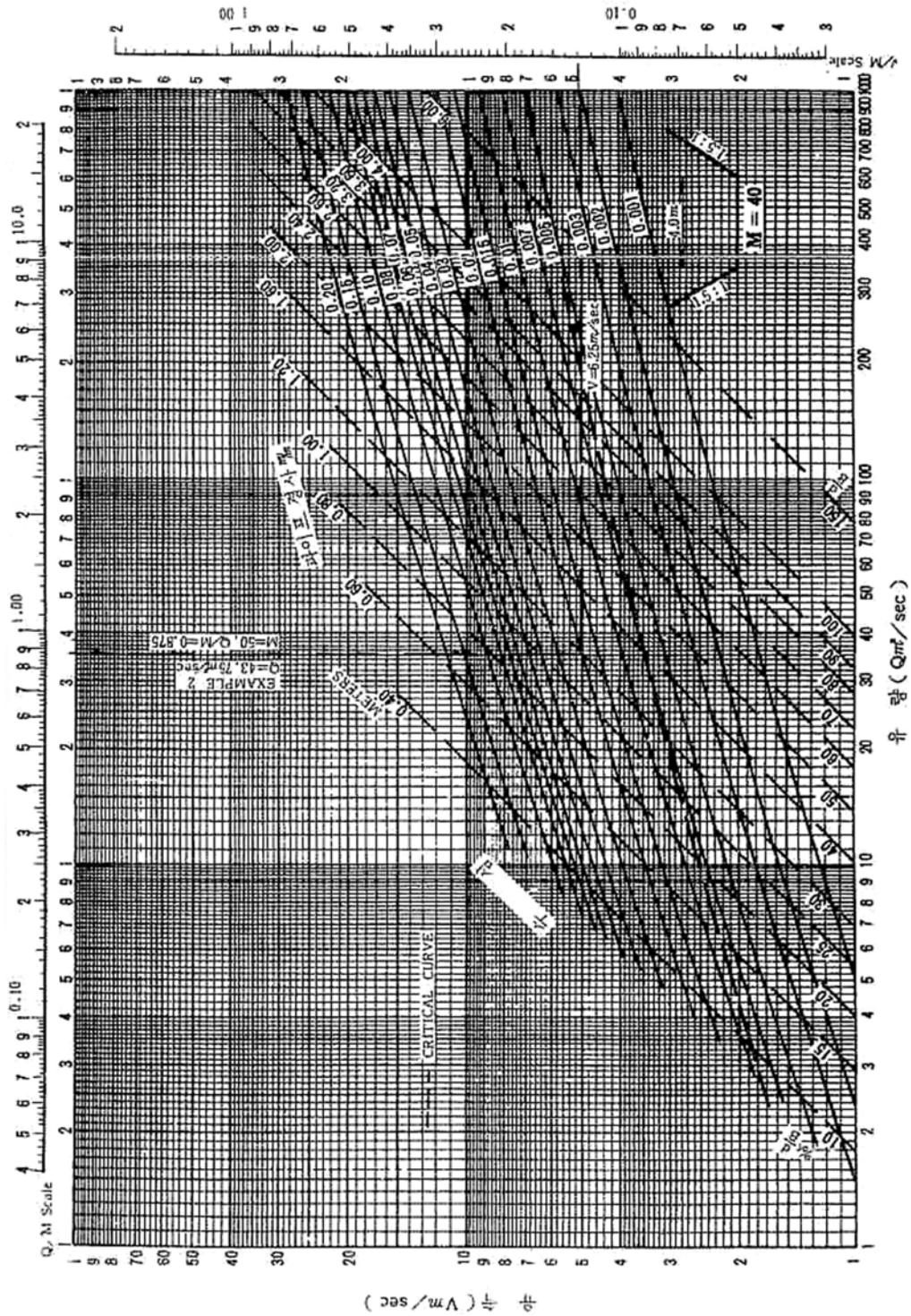
〈도표 24〉 등변사다리꼴 수리도표(B=1.0)



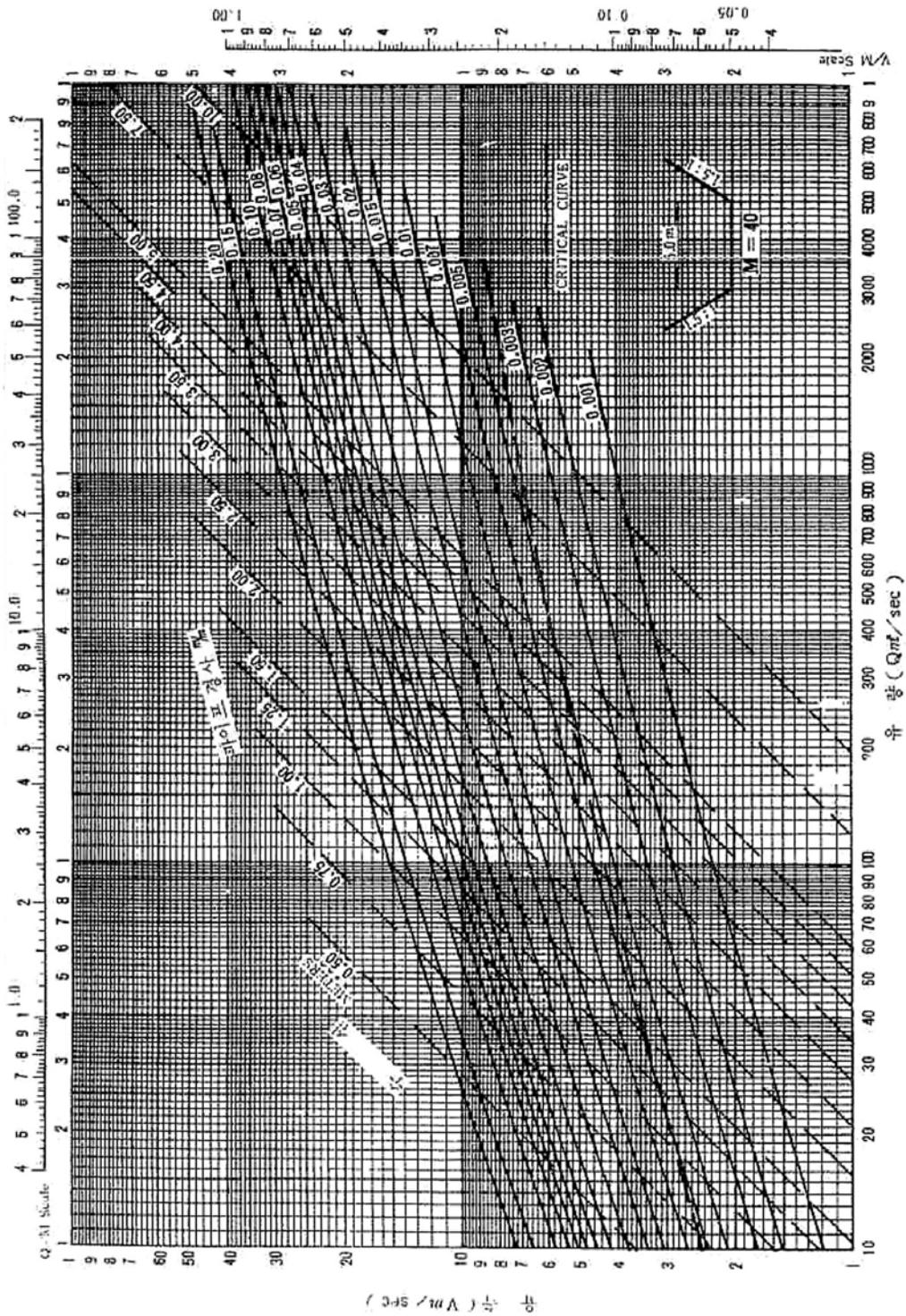
<도표 25> 등변사다리꼴 수리도표(B=2.0)



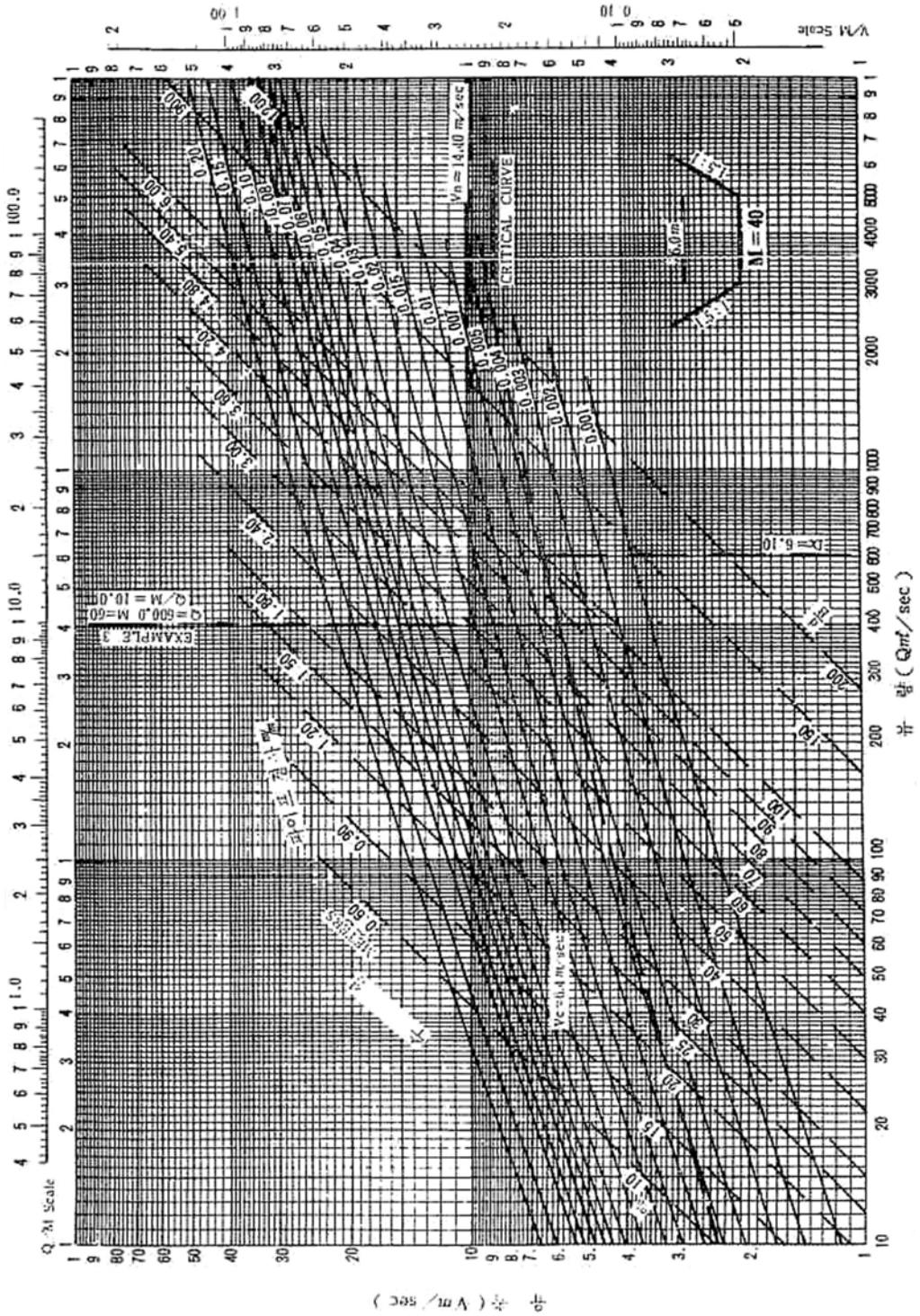
〈도표 26〉 등변사다리꼴 수리도표(B=3.0)



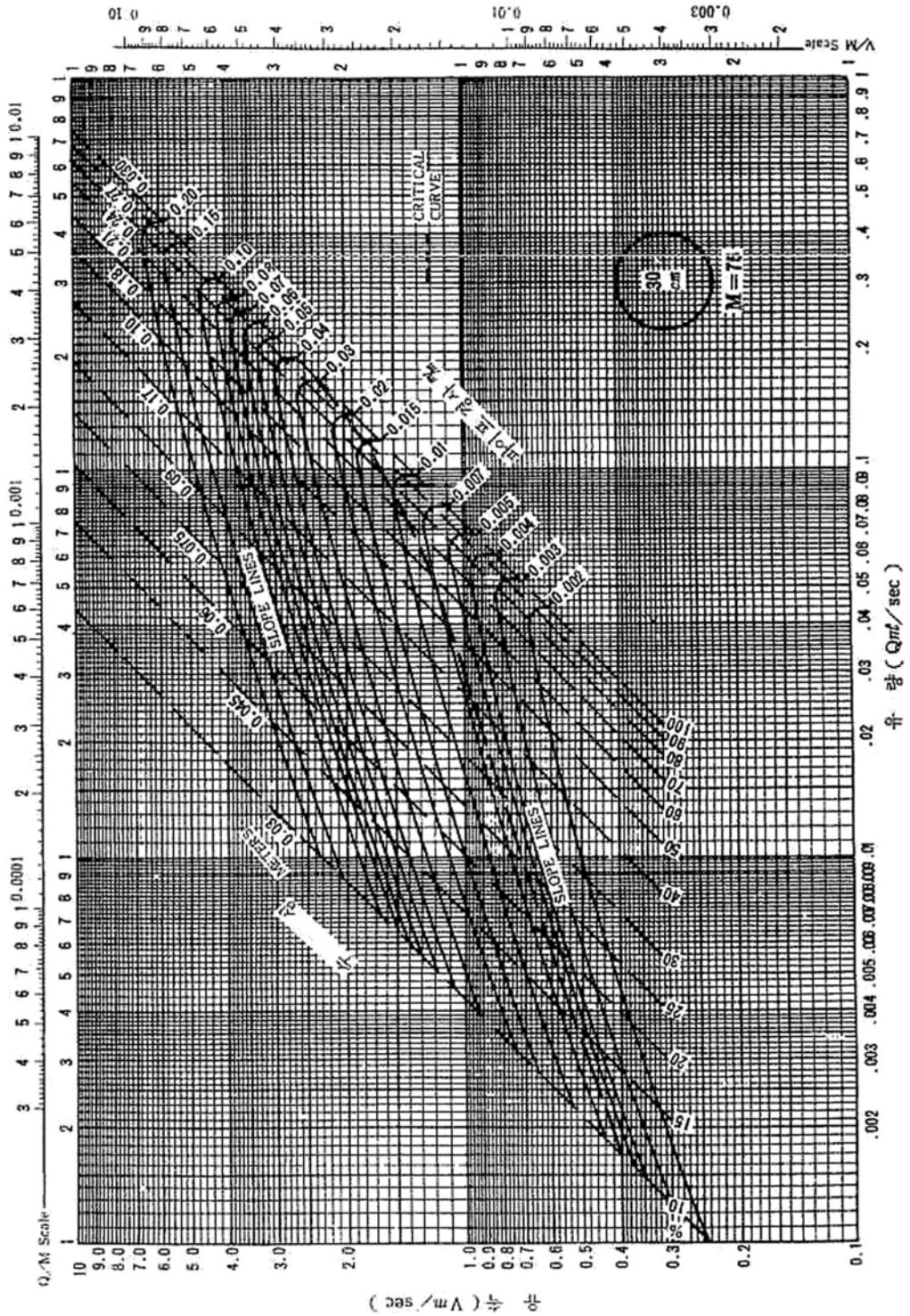
<도표 27> 등변사다리꼴 수리도표(B=4.0)



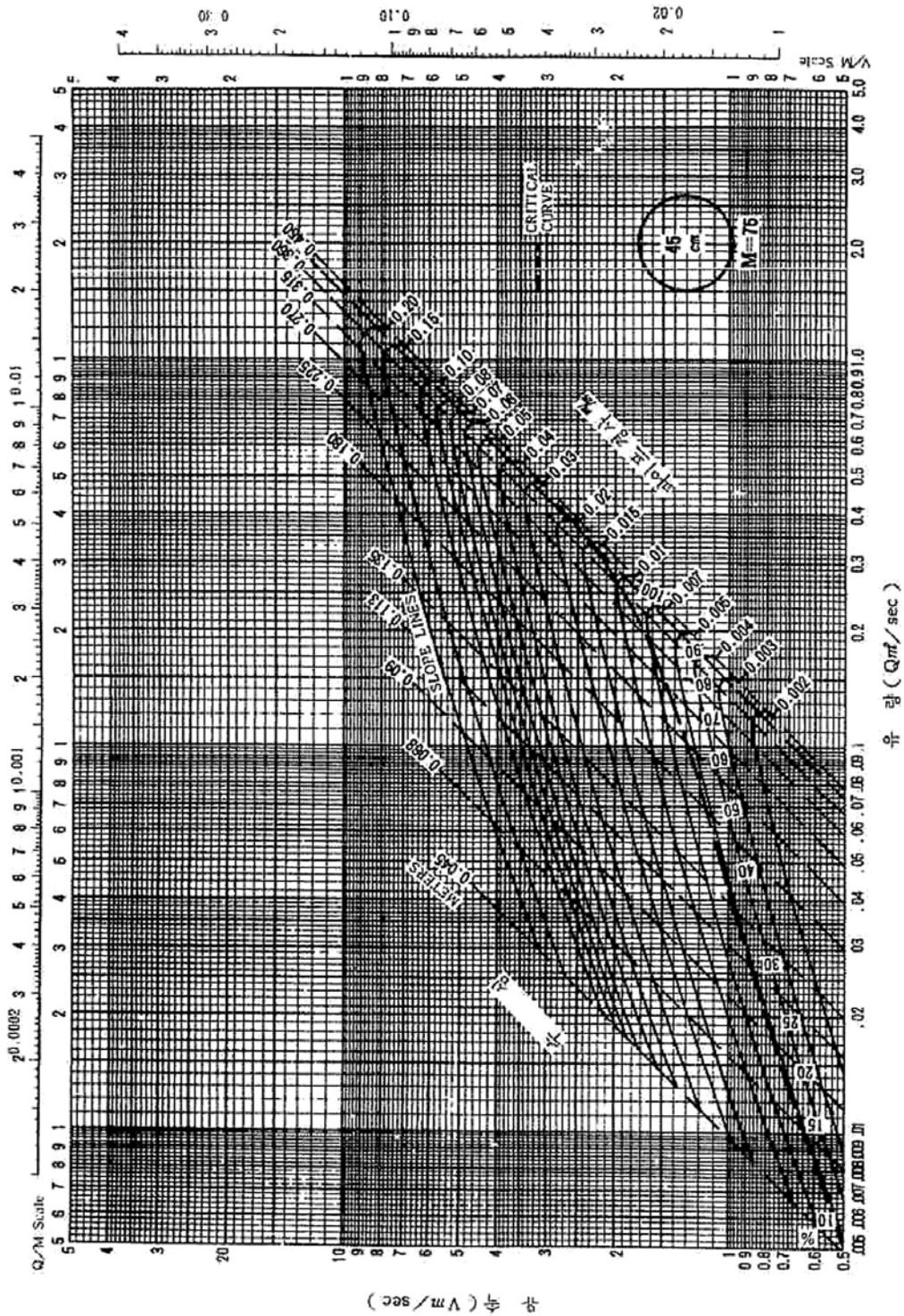
〈도표 28〉 등변사다리꼴 수리도표(B=5.0)



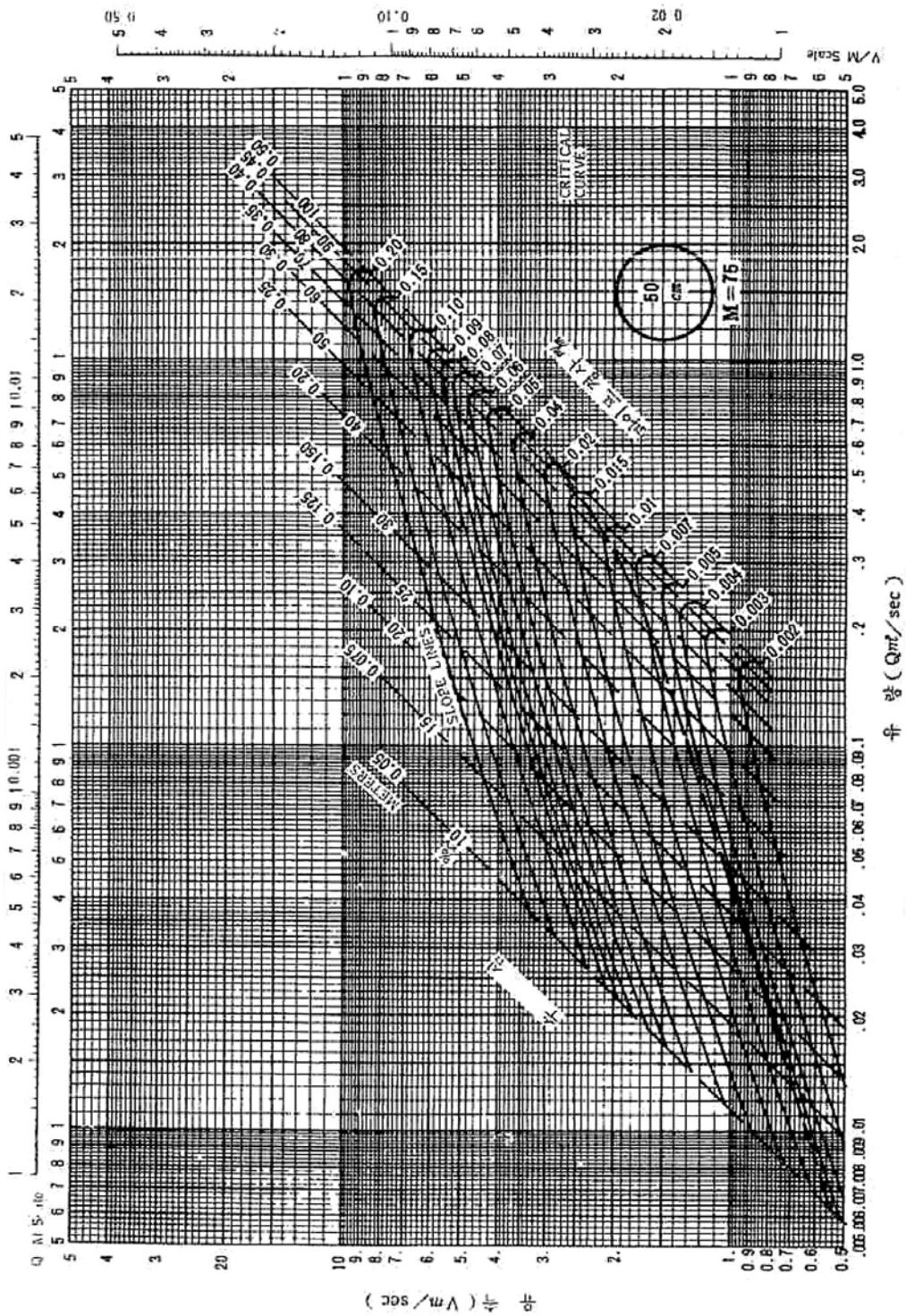
〈도표 29〉 등변사다리꼴 수리도표(B=6.0)



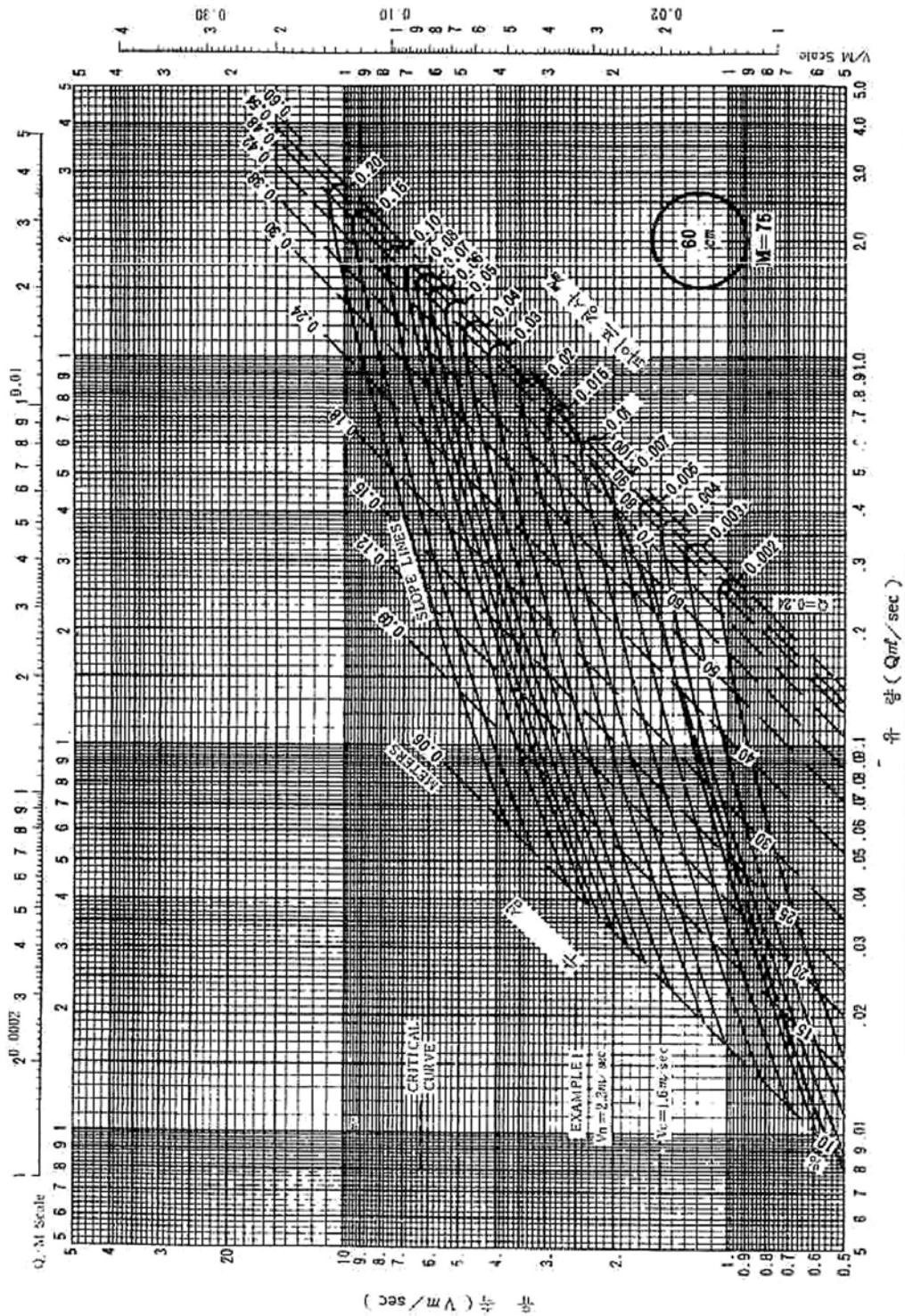
〈도표 30〉 파이프 수리도표($\phi=30\text{cm}$)



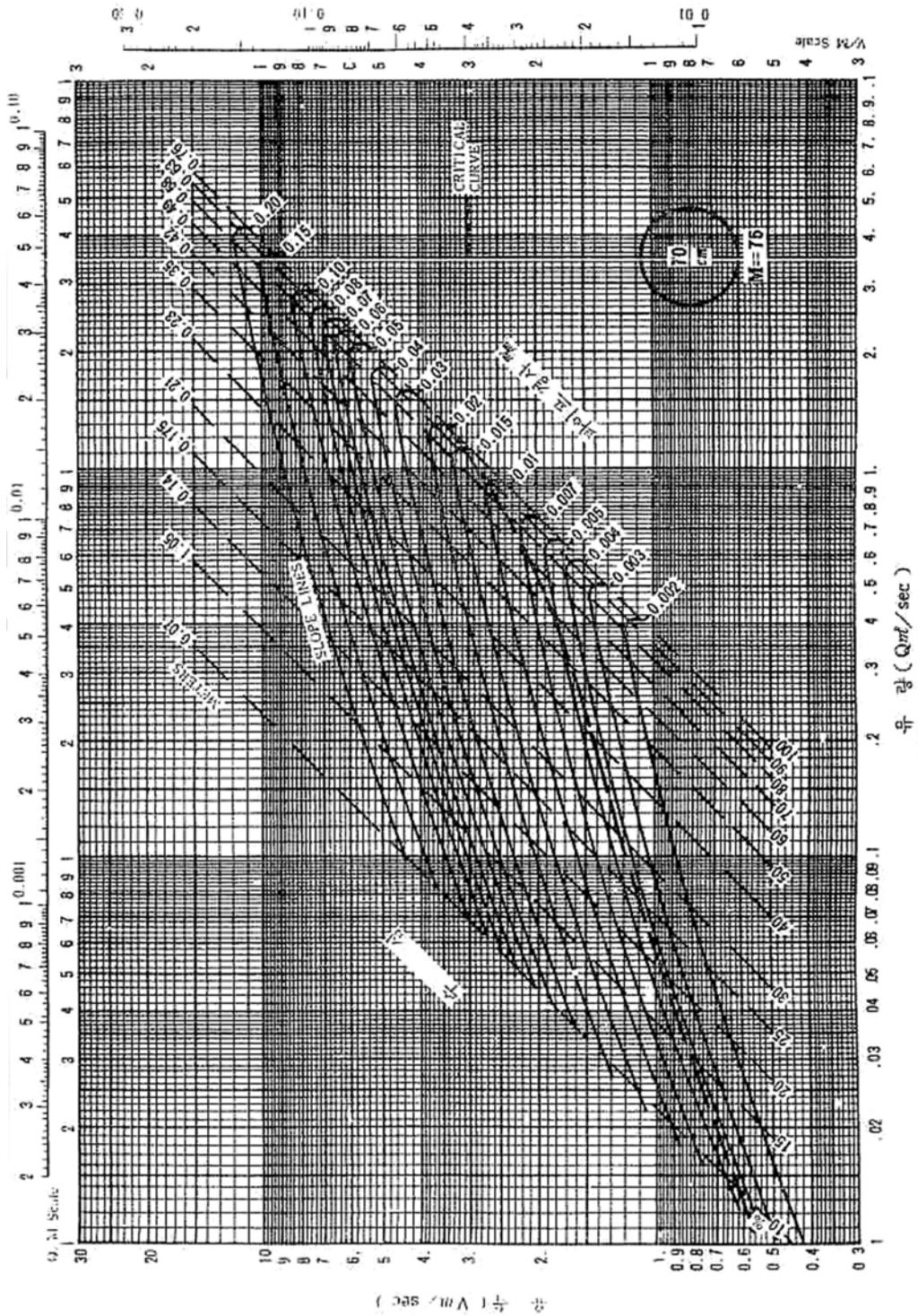
〈도표 31〉 파이프 수리도표($\phi=45cm$)



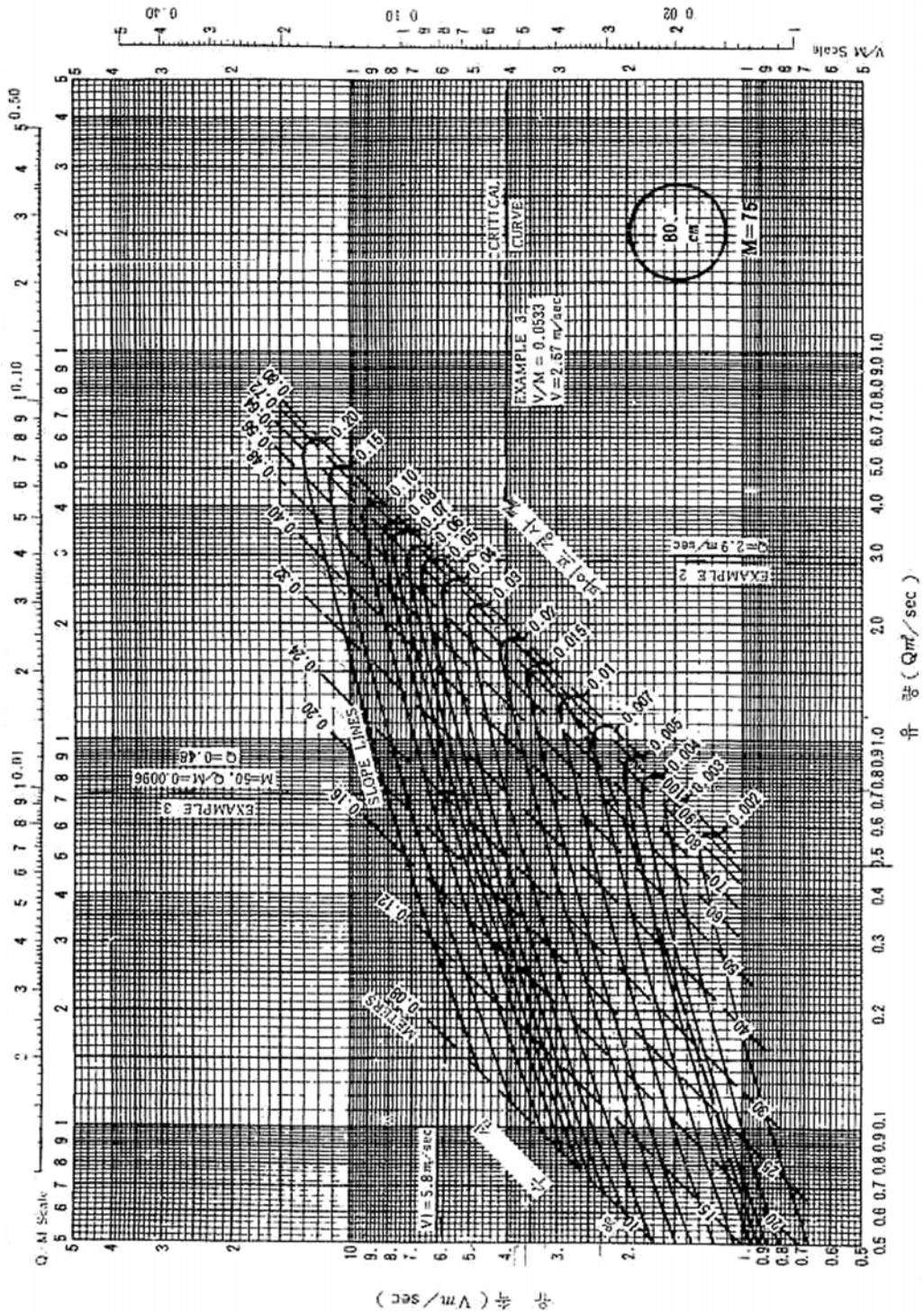
〈도표 32〉 파이프 수리도표($\phi=50cm$)



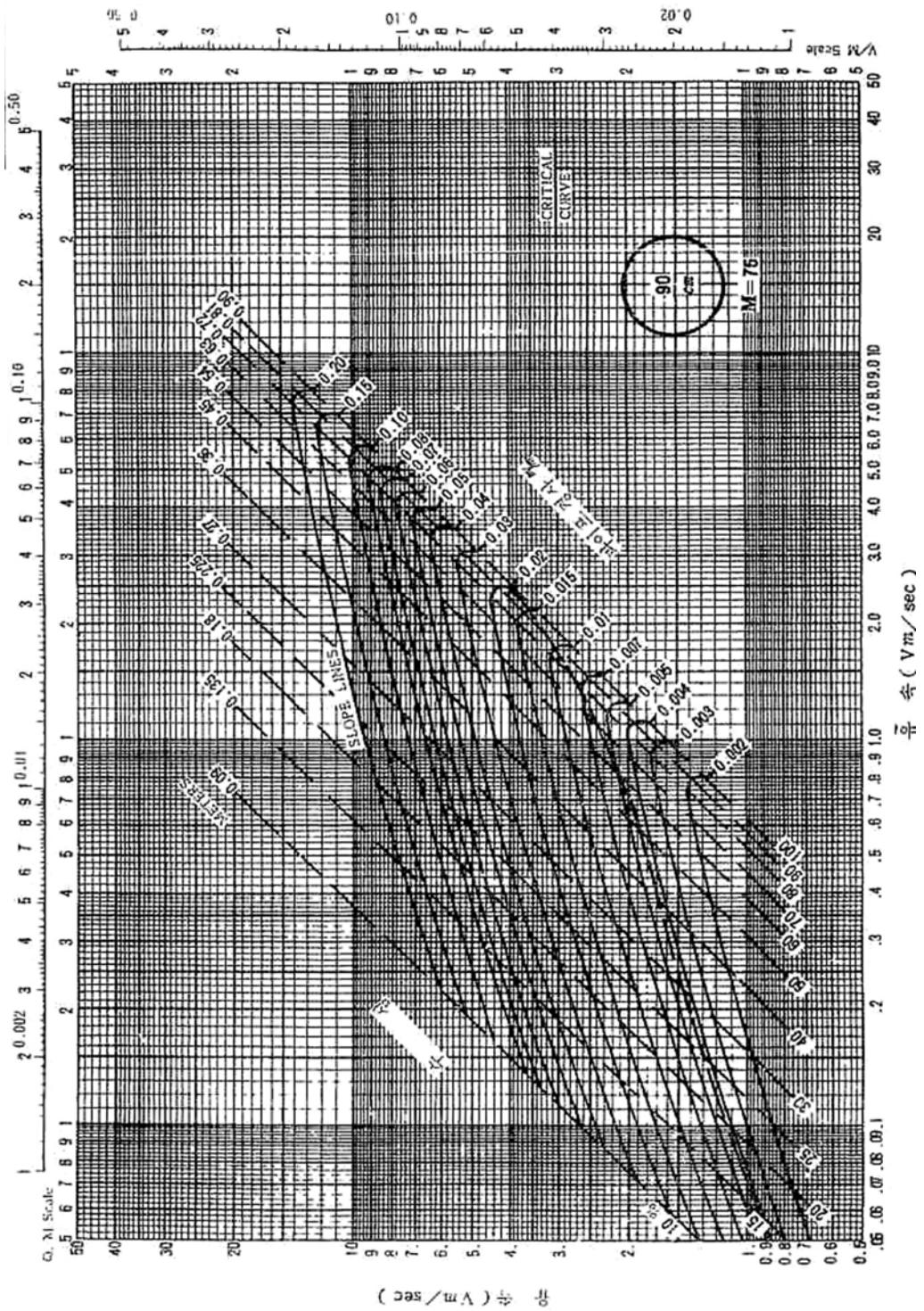
〈도표 33〉 파이프 수리도표($\phi=60cm$)



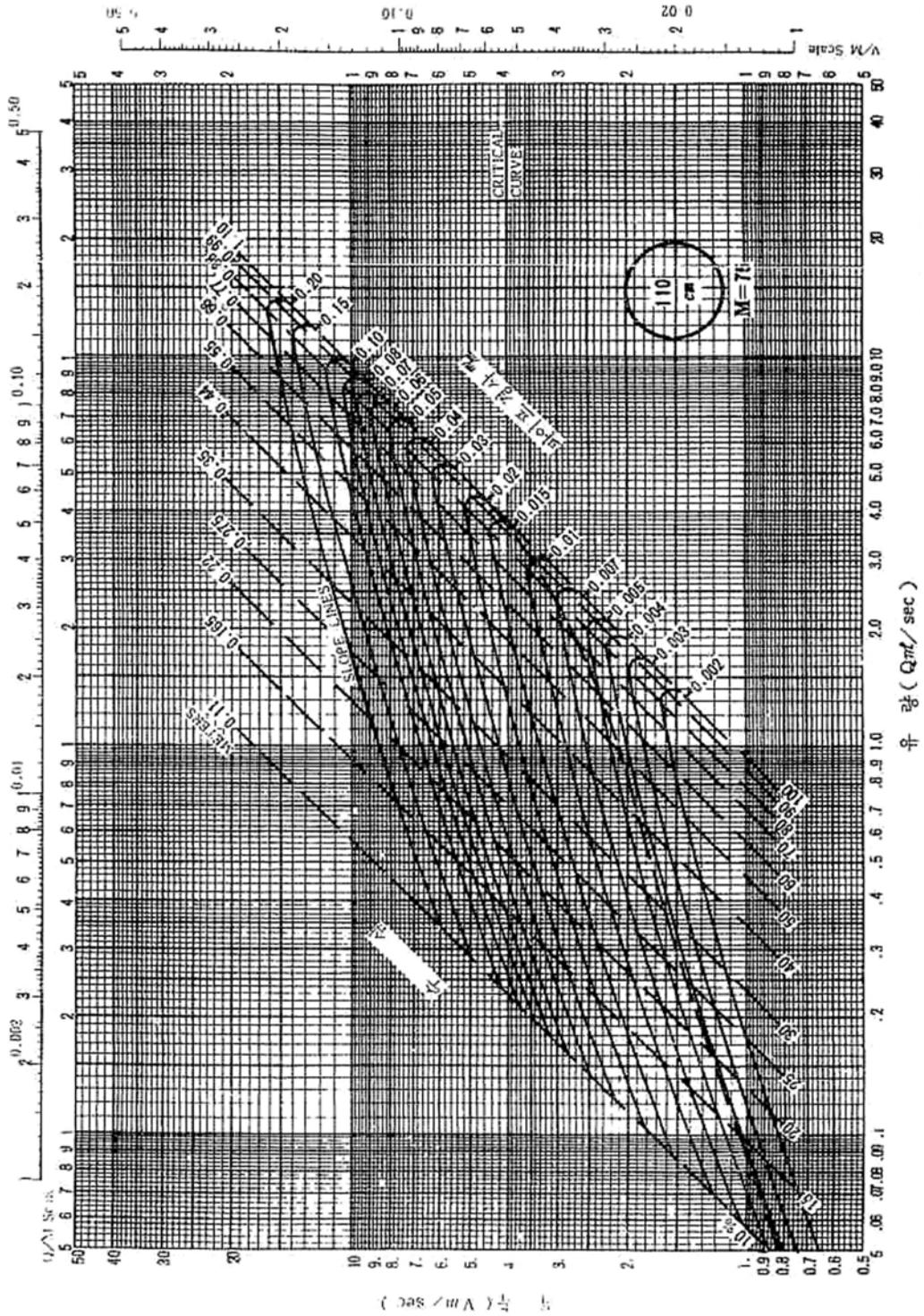
〈도표 34〉 파이프 수리도표($\phi=70\text{cm}$)



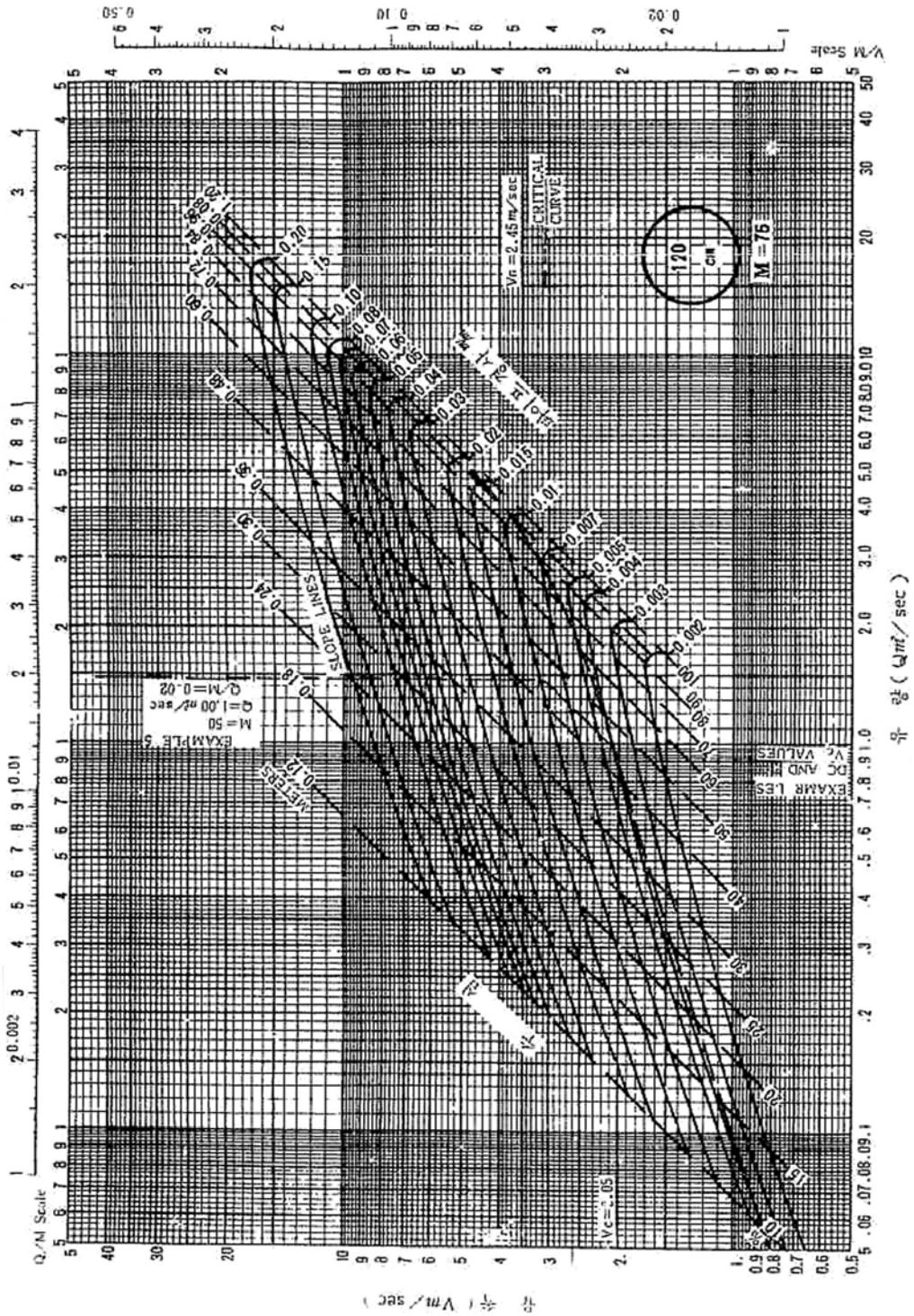
〈도표 35〉 파이프 수리도표($\phi=80\text{cm}$)



〈도표 36〉 파이프 수리도표($\phi=90\text{cm}$)



<도표 38> 파이프 수리도표($\phi=110cm$)



〈도표 39〉 파이프 수리도표($\phi=120\text{cm}$)

2. 노면배수 계산실례

2.1 쌓기부 도수로 설치간격 계산

(1) 길어깨 횡단경사에 따른 다이크의 통수량(통수단면의 100%)

$$Q = A \times (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

($n=0.0150$)

길어깨 횡단경사 (%)	수위 (ft)	통수면적 (ft ²)	윤변 (ft)	경심 (ft)	$R^{2/3}$	Q (ft ³ /sec)
1.0	0.082	0.338	8.288	0.041	0.118	Q = 2.664 × I ^{1/2}
2.0	0.164	0.677	8.375	0.081	0.187	Q = 8.439 × I ^{1/2}
3.0	0.246	1.018	8.463	0.120	0.244	Q = 16.552 × I ^{1/2}
4.0	0.328	1.362	8.551	0.159	0.294	Q = 26.678 × I ^{1/2}
5.0	0.410	1.707	8.640	0.198	0.339	Q = 38.611 × I ^{1/2}
6.0	0.492	2.067	8.731	0.237	0.383	Q = 52.721 × I ^{1/2}

(2) 길어깨 횡단경사 및 종단 합성경사에 따른 다이크의 통수량 Q(ft³/sec)

($n=0.0150$)

길어깨 횡단경사	종단경사						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0%	0.146	0.188	0.266	0.326	0.377	0.421	0.461
2.0%	0.462	0.597	0.844	1.304	1.193	1.334	1.462
3.0%	0.907	1.170	1.655	2.027	2.341	2.617	2.867
4.0%	1.461	1.886	2.668	3.267	3.773	4.218	4.621
5.0%	2.115	2.730	3.861	4.729	5.460	6.105	6.688
6.0%	2.888	3.728	5.272	6.457	7.456	8.336	9.132

(3) 효율을 고려한 길어깨 횡단경사 및 종단 합성경사에 따른 다이크의 통수량 $Q_i(ft^3/sec)$

① 유량의 100%를 통수할 수 있는 집수거 길이

$$L_T = K \times Q^{0.42} \times S^{0.3} \times (1/nS_e)^{0.6}$$

여기서, L_T : 유량의 100%를 통수할 수 있는 집수거 길이(ft) Q : 길어깨에 집수되는 총 유량(통수단면의 100%)(ft^3/sec) K : 0.6 S : 종단경사 S_e : 복합 횡단경사 n : Manning 계수 = 0.015

$$L_T = K \times Q^{0.42} \times S^{0.3} \times (1/nS_e)^{0.6} \quad \langle \text{그림 7.10 참조} \rangle$$

경사(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	비고
L_T	종단경사에 따른 집수거 길이						
0.3	3,314	4,638	5,395	5,924	6,327	6,651	
0.5	4,300	6,018	7,001	7,687	8,210	8,630	
1.0	6,123	8,570	9,969	10,946	11,691	12,290	
1.5	7,530	10,539	12,260	13,461	14,377	15,113	
2.0	8,720	12,205	14,197	15,588	16,649	17,501	
2.5	9,771	13,676	15,908	17,467	18,656	19,611	
3.0	10,723	15,008	17,458	19,169	20,474	21,522	
K	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
$Q^{0.42}$	종단경사에 따른 유량						
0.3	0,446	0,723	0,960	1,173	1,370	1,561	
0.5	0,496	0,805	1,068	1,305	1,525	1,738	
1.0	0,574	0,931	1,236	1,510	1,764	2,010	
1.5	0,625	1,014	1,346	1,644	1,920	2,189	
2.0	0,664	1,077	1,429	1,747	2,040	2,325	
2.5	0,695	1,129	1,498	1,830	2,138	2,437	
3.0	0,723	1,173	1,556	1,902	2,221	2,532	
$(1/nS_e)^{0.6}$	70,815	61,066	53,531	48,098	43,984	40,566	

② 복합 횡단경사 산출

$$S_e = S_X + S_W' E_0$$

여기서, S_e : 복합 횡단경사

S_X : 길어깨 횡단경사

S_W' : 측구 횡단경사(= $a/12 W$)

a : 측구 깊이(inch)

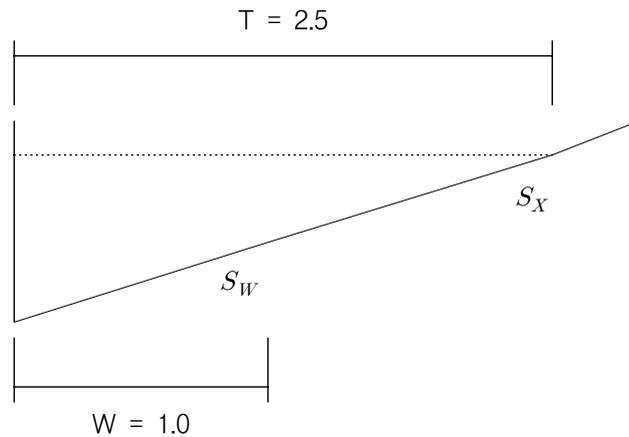
W : 집수구 유입되는 횡단경사 길이(ft)

E_0 : 유효통수량 / 총통수량

$$S_w' = a/12 W$$

경사(a) 길이(W)	1	2	3	4	5	6	(S_x)
	4	4	4	4	4	4	비고
	5	6	7	8	9	10	(S_w)
3.3	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100	(S_w')

E_0 (측구 총 유효통수단면에 대한 유효통수단면의 비율) - 도표에 의하여 산정



$$S_W = S_X$$

경사	1%	2%	3%	4%	5%	6%	(S_w)
	4%	4%	4%	4%	4%	4%	비고
	5%	6%	7%	8%	9%	10%	(S_x)
S_w/S_x	5.0	3.0	2.3	2.0	1.8	1.7	

E_0 <그림 7.12 참조>

S_W/S_X	5.0	3.0	2.3	2.0	1.8	1.7	비고
W/T(=0.4)	0.900	0.840	0.824	0.810	0.796	0.792	

S_e

경사(%)	1	2	3	4	5	6	비고
S_e	0.055	0.070	0.088	0.105	0.122	0.139	

③ 측구 길이에 대한 효율

$$E = 1 - (1 - L/L_T)^{1.8} \quad \text{〈그림 7.13 참조〉}$$

여기서, E : 효율(유효통수량 / 총통수량)

L : 측구 길이(ft)

a) L형 집수거 길이 = 2.40 m = 7.874 ft

b) T형 집수거 길이 = 5.00 m = 16.404 ft

경사(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	비고
E	중단경사에 따른 집수거 길이의 효율(L형)						
0.3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	0.988	
1.0	1.000	0.989	0.940	0.898	0.867	0.842	
1.5	1.000	0.916	0.843	0.795	0.760	0.734	
2.0	0.985	0.845	0.767	0.718	0.684	0.659	
2.5	0.948	0.786	0.708	0.660	0.627	0.603	
3.0	0.908	0.738	0.660	0.614	0.583	0.560	
E	중단경사에 따른 집수거 길이의 효율(T형)						
0.3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
1.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
2.0	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	
2.5	1.000	1.000	1.000	0.994	0.978	0.962	
3.0	1.000	1.000	0.994	0.969	0.945	0.925	

④ 유량

$$Q_i = Q \times E$$

여기서, Q_i : 효율을 고려한 길어깨에 흡수되는 유량(ft^3/sec)

Q : 길어깨에 흡수되는 총유량(통수단면의 100%)(ft^3/sec)

E : 효율

길어깨 횡단경사 및 종단 합성경사에 따른 다이크의 통수량 Q_i (ft^3/sec)

($n=0.0150$)

길어깨 횡단경사 \ 종단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
	Q_i	L형 흡수거					
1.0	0.146	0.188	0.266	0.326	0.377	0.421	0.461
2.0	0.462	0.597	0.835	0.947	1.009	1.049	1.078
3.0	0.907	1.170	1.555	1.709	1.795	1.852	1.893
4.0	1.461	1.886	2.397	2.596	2.709	2.784	2.837
5.0	2.115	2.722	3.346	3.595	3.736	3.829	3.897
6.0	2.888	3.681	4.437	4.741	4.913	5.027	5.109
Q_i	T형 흡수거						
1.0	0.146	0.188	0.266	0.326	0.377	0.421	0.461
2.0	0.462	0.597	0.844	1.034	1.193	1.334	1.462
3.0	0.907	1.170	1.655	2.027	2.341	2.617	2.848
4.0	1.461	1.886	2.668	3.267	3.773	4.191	4.479
5.0	2.115	2.730	3.861	4.729	5.458	5.969	6.323
6.0	2.888	3.728	5.272	6.457	7.405	8.016	8.443

(4) 성토부 도수로 설치간격 계산

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Q_i}{C \times Y \times W}$$

여기서, S : 비탈면 도수로의 간격 (m)

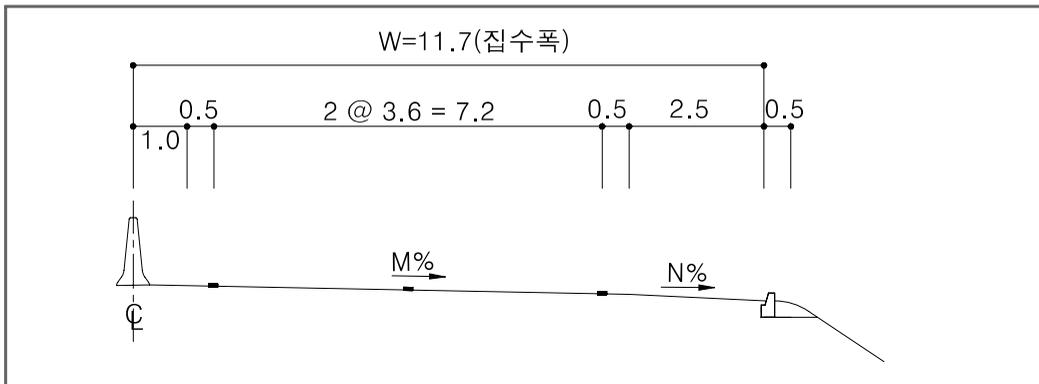
Q_i : 효율을 고려한 길어깨(또는 측구)의 허용통수량 (ft^3/sec)

C : 유출계수 (= 0.9 로 함)
 Y : 설계강우강도 (mm/hr)
 W : 집수폭 (m)

① 표준구간 및 곡선부 내측구간

본선 및 분리구간 (2차로, 우측)

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Qi}{C \times Y \times W}$$



$$W = 11.7m = 38.39 \text{ ft}$$

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Qi}{0.9 \times 125.0 \times 38.39} = 253.52 Qi$$

가. L형 집수구인 경우

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 길어깨 횡단경사	설치계산/설치결정 (단위 : m)						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
4.0%	112.91	145.77	185.21	200.62	209.35	215.11	219.26
	110.0	140.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
5.0%	163.42	210.30	258.57	277.79	288.71	295.91	301.10
	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
6.0%	223.14	284.47	342.84	366.31	379.66	388.47	394.80
	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0

※ 표준구간의 흙쌓기부 도수로 설치 최대간격은 150m로 하며, 부득이한 경우 조정할 수 있다.

나. T형 집수구인 경우

1설치계산/설치결정 (단위 : m)

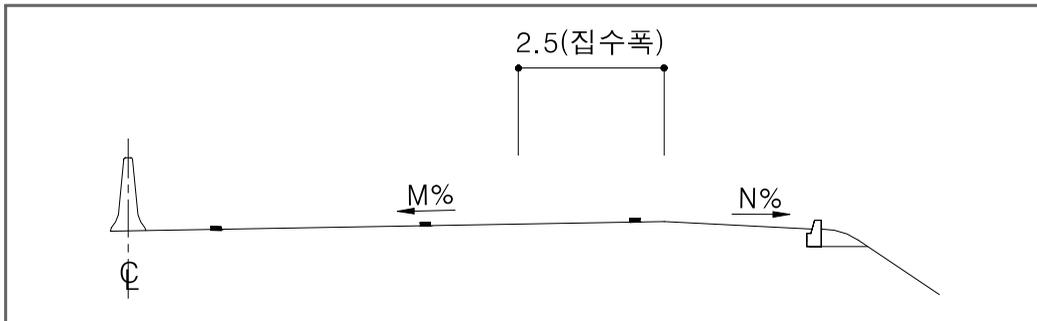
종단경사 길어깨 횡단경사	종단경사						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
4.0%	112.91	145.77	206.15	252.48	291.53	323.83	346.12
	110.0	140.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
5.0%	163.42	210.97	298.36	365.41	421.73	461.26	488.56
	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
6.0%	223.14	288.07	407.39	498.95	572.19	619.40	652.44
	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0 <td 150.0	150.0	

※ 표준구간의 흙쌓기부 도수로 설치 최대간격은 150m로 하며, 부득이한 경우 조정할 수 있다.

② 곡선부 외측구간

본선 및 분리구간 (2차로, 우측)

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Qi}{C \times Y \times W}$$



$$W = 2.5m = 8.20ft$$

$$S = \frac{3.6 \times 10^6 \times Qi}{0.9 \times 125.0 \times 8.20} = 1186.45 Qi$$

가. L형 집수구인 경우

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 길어깨 횡단경사	종단경사						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0%	52.77	68.12	96.34	117.99	136.24	152.32	166.86
	50.0	60.0	90.0	110.0	130.0	150.0	160.0
2.0%	167.16	215.80	301.86	342.31	364.75	379.46	390.00
	160.0	210.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
3.0%	327.85	423.25	562.44	617.86	649.10	669.68	684.47
	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
4.0%	528.42	682.19	866.78	938.91	979.78	1006.73	1026.12
	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0

※ 길어깨의 물만을 배제할 경우 흙쌓기부 도수로 설치 최대간격은 300m로 하며, 부득이한 경우 조정할 수 있다.

나. T형 집수구인 경우

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 길어깨 횡단경사	종단경사						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0%	52.77	68.12	96.34	117.99	136.24	152.32	166.86
	50.0	60.0	90.0	110.0	130.0	150.0	160.0
2.0%	167.16	215.80	305.19	373.78	431.61	482.55	528.61
	160.0	210.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
3.0%	327.85	423.25	598.56	733.09	846.50	946.41	1030.12
	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
4.0%	528.42	682.19	964.76	1181.59	1364.38	1515.54	1619.82
	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0

※ 길어깨의 물만을 배제할 경우 흙쌓기부 도수로 설치 최대간격은 300m로 하며, 부득이한 경우 조정할 수 있다.

2.2 L형 측구 집수정 설치간격 계산

(1) 횡단경사에 따른 L형 측구의 통수량

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

횡단 경사	길어깨 횡단경사	길어깨폭 (B)m	수 위 (H ₁)m	통수면적 (A)m ²	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	$R^{\frac{2}{3}}$	Q (m ³ /sec)
1%	2%	2.5	0.05	0.0625	2.552701	0.02448	0.08431	$Q = 0.351292 \times I^{1/2}$
2%	3%	2.5	0.075	0.09375	2.579427	0.03635	0.10973	$Q = 0.685813 \times I^{1/2}$
3%	4%	2.5	0.1	0.125	2.606402	0.04796	0.132	$Q = 1.1 \times I^{1/2}$
4%	5%	2.5	0.125	0.15625	2.633627	0.05933	0.15212	$Q = 1.584583 \times I^{1/2}$
5%	6%	2.5	0.15	0.1875	2.661101	0.07046	0.17059	$Q = 2.132375 \times I^{1/2}$
6%	7%	2.5	0.175	0.21875	2.688823	0.08136	0.18776	$Q = 2.738167 \times I^{1/2}$

(2) 횡단 및 종단의 합성경사에 따른 L형 측구 통수량

(m³/sec)

종단경사 \ / 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	0.02484	0.02940	0.03513	0.04303	0.04967	0.05554	0.06084
3%	0.04849	0.05740	0.06858	0.08401	0.09697	0.10843	0.11878
4%	0.07777	0.09207	0.11000	0.13475	0.15554	0.17391	0.19052
5%	0.11203	0.13263	0.15846	0.19411	0.22406	0.25052	0.27445
6%	0.15076	0.17848	0.21324	0.26122	0.30152	0.33713	0.36933
7%	0.19359	0.22918	0.27382	0.33543	0.38718	0.43290	0.47425

(3) R_f 결정

$$\text{집수구 길이}(L) = 1.20m \times 1ft / 0.3048 = 3.94ft$$

길어깨 유속(V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

(ft/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	1,30374	1,54347	1,84405	2,25896	2,60749	2,91544	3,19390
3%	1,69683	2,00884	2,40004	2,94005	3,39366	3,79447	4,15688
4%	2,04121	2,41654	2,88714	3,53675	4,08241	4,56457	5,00052
5%	2,35234	2,78487	3,32721	4,07583	4,70467	5,26032	5,76273
6%	2,63795	3,12301	3,73119	4,57071	5,27590	5,89901	6,46242
7%	2,90346	3,43734	4,10674	5,03075	5,80693	6,49275	7,11287

$V < 7.1$ 이면 $R_f = 1.0$ R_f <그림 7.18> 참조 {그레이팅(p-1-7/8-4)일 경우}

$$R_f = 1 - 0.09(V - V_o)$$

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
6%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
7%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

(4) E_o 결정

$$E_o = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

여기서, W : 집수정 폭 - 0.70 m

T : 수로 폭 - 2.50 m

$$E_o = 1 - (1 - 0.7/2.5)^{2.67} = 0.584$$

(5) R_s 결정

$$R_s = 1 / (1 + (0.15 V^{1.8} / S_x L^{2.3})) \text{ 혹은 } \langle \text{그림 7.19} \rangle \text{를 이용하여 산출}$$

여기서, V : 길어깨 유속 (ft/sec)

S_x : 수로 횡경사

$$\text{집수구 길이}(L) = 1.20m \times 1ft/0.3048 = 3.94ft$$

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	0.65957	0.58845	0.50932	0.41872	0.35749	0.31276	0.27860
3%	0.64394	0.57167	0.49210	0.40206	0.34183	0.29815	0.26497
4%	0.63358	0.56064	0.48088	0.39131	0.33179	0.28884	0.25631
5%	0.62606	0.55269	0.47284	0.38366	0.32469	0.28227	0.25022
6%	0.62044	0.54676	0.46688	0.37802	0.31946	0.27744	0.24575
7%	0.61608	0.54218	0.46228	0.37368	0.31546	0.27375	0.24235

(6) 유출량(Q_i) 결정

$$Q_i = Q \times [R_f E_o + R_s (1 - E_o)]$$

(m^3/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	0.02132	0.02437	0.02796	0.03263	0.03640	0.03966	0.04258
3%	0.04131	0.04717	0.05409	0.06311	0.07042	0.07677	0.08246
4%	0.06592	0.07524	0.08625	0.10063	0.11230	0.12246	0.13158
5%	0.09460	0.10795	0.12371	0.14434	0.16112	0.17572	0.18885
6%	0.12695	0.14483	0.16595	0.19363	0.21616	0.23579	0.25345
7%	0.16267	0.18554	0.21257	0.24803	0.27692	0.30212	0.32477

(7) 초기 집수정 설치 위치

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (Y \times (C_1 \times W_1 + C_2 \times W_2))$$

S : 도수로 간격(m)

Q : 집수정의 배수용량(m³/sec)

C₁ : 유출계수 (0.9) 포장부

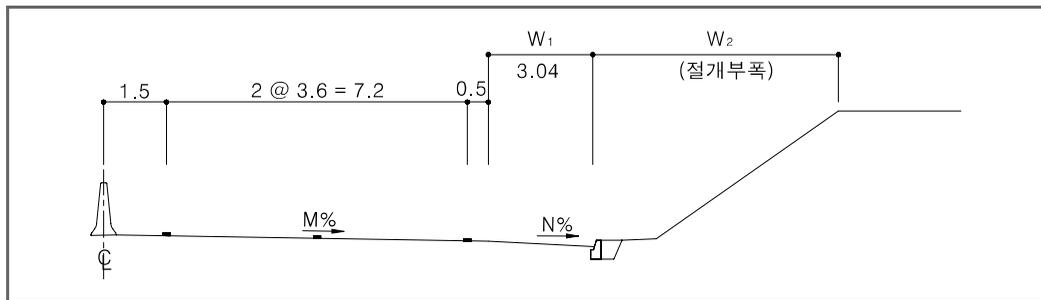
C₂ : 유출계수 (0.8) 깎기부

Y : 강우강도(5년빈도) : 125 mm/hr(서울측후소 적용)

W₁ : 집수폭 (12.24)

① 절개부 폭원이 15.0m인 경우

가. 표준구간 및 곡선부 내측구간



W₂ : 집수폭 (15.00)

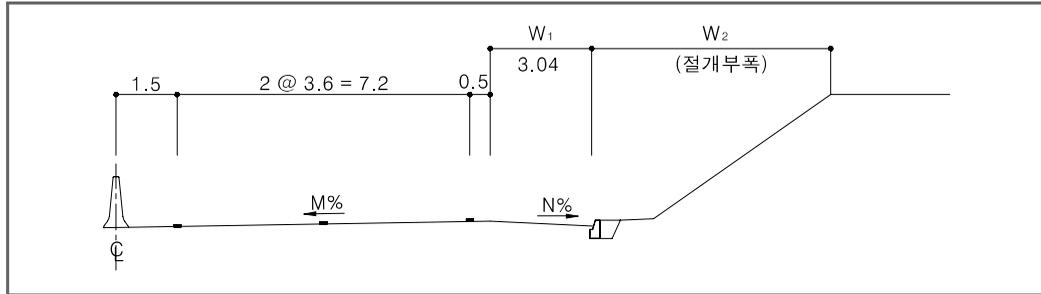
$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (125 \times (0.9 \times 12.24 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1251.30 Q$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

중단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
5%	140.18	165.96	198.28	242.89	280.37	313.48	343.42
	140	160	190	240	280	310	340
6%	188.64	223.33	266.82	326.86	377.29	421.85	462.14
	180	220	260	320	370	420	460
7%	242.24	286.78	342.63	419.72	484.47	541.69	593.43
	240	280	340	410	480	540	590

나. 곡선부 외측구간



W_1 : 집수폭 (3.04)

W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (125 \times (0.9 \times 3.04 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1954.40 Q$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

중단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	48.54	57.47	68.66	84.10	97.08	108.55	118.91
	40	50	60	80	90	100	110
3%	94.76	112.19	134.04	164.19	189.53	211.91	232.15
	90	110	130	160	180	210	230
4%	151.99	179.94	214.98	263.36	303.99	339.89	372.35
	150	170	210	260	300	330	370
5%	218.95	259.21	309.69	379.37	437.90	489.62	536.38
	210	250	300	370	430	480	530

(8) 집수정 간격

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q_i / (Y \times (C_1 \times W_1 + C_2 \times W_2))$$

S : 도수로 간격(m)

Q_i : 집수정의 배수용량(m^3/sec)

C_1 : 유출계수 (0.9) 포장부

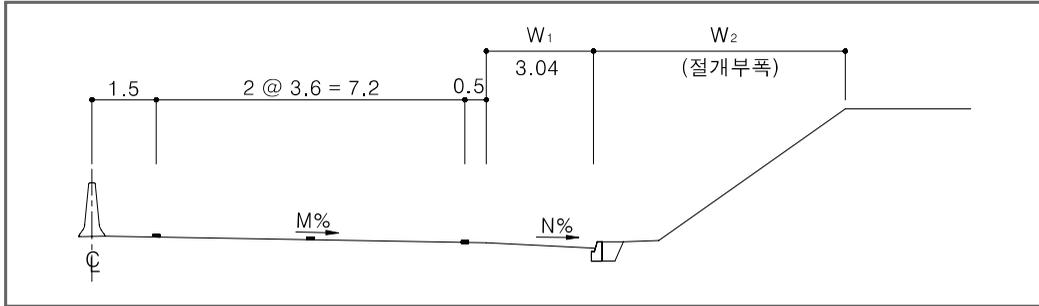
C_2 : 유출계수 (0.8) 깎기부

Y : 강우강도(5년빈도) : 125mm/hr (서울측후소 적용)

W_1 : 집수폭(12.24)

① 절개부 폭원이 15.0m인 경우

가. 표준구간 및 곡선부 내측구간



W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (125 \times (0.9 \times 12.24 + 0.8 \times 15.0))$$

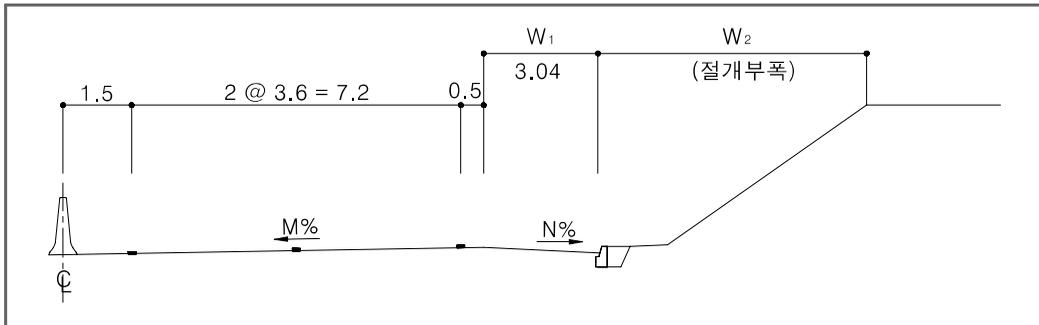
$$= 1251.30 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

중단경사 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
5%	118.38	135.08	154.80	180.62	201.60	219.88	236.30
	50	50	50	50	50	50	50
6%	158.86	181.22	207.65	242.29	270.48	295.05	317.14
	50	50	50	50	50	50	50
7%	203.55	232.16	265.98	310.36	346.51	378.04	406.39
	50	50	50	50	50	50	50

- ※ - L형 측구의 길이가 설치결정 이하인 경우는 집수정을 설치하지 않는다.
 - 설치결정 위치에 집수정을 설치하여 횡배수관으로 우수를 배제한다.
 - 횡배수관을 설치 할 수 없는 경우 첫 번째 집수정을 설치하고, 그 이후에는 보수 및 유지 관리를 위하여 50m 간격으로 집수정을 설치하여 종방향 배수관을 통하여 우수를 배제한다.

나. 곡선부 외측구간



W_1 : 집수폭 (3.04)

W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (125 \times (0.9 \times 3.04 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1954.40 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
2%	41.67	47.63	54.64	63.77	71.13	77.51	83.23
	40	40	50	50	50	50	50
3%	80.73	92.20	105.72	123.35	137.63	150.04	161.16
	50	50	50	50	50	50	50
4%	128.82	147.05	168.56	196.67	219.49	239.34	257.16
	50	50	50	50	50	50	50
5%	184.89	210.98	241.78	282.10	314.88	343.43	369.08
	50	50	50	50	50	50	50

- ※ - L형 측구의 길이가 설치결정 이하인 경우는 집수정을 설치하지 않는다.
- 설치결정 위치에 집수정을 설치하여 횡배수관으로 우수를 배제한다.
- 횡배수관을 설치 할 수 없는 경우 첫 번째 집수정을 설치하고, 그 이후에는 보수 및 유지관리를 위하여 50m간격으로 집수정을 설치하여 종방향 배수관을 통하여 우수를 배제한다.

2.3 중앙분리대 집수정 설치간격 계산

(1) 중분대 횡단경사에 따른 통수량

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

횡단 경사	중분대 횡단 경사	중분대 폭원 (B)m	수 위 (H)m	통수면적 (A)	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	R ^{2/3}	Q (m ³ /sec)
1	6	0.695	0.0467	0.019216	1.242975	0.01546	0.06206	Q = 0.079502 × I ^{1/2}
2	6	0.695	0.0517	0.023941	1.24805	0.01918	0.07165	Q = 0.114357 × I ^{1/2}
3	6	0.695	0.0567	0.028666	1.253175	0.02287	0.08057	Q = 0.153973 × I ^{1/2}
4	6	0.695	0.0617	0.033391	1.25835	0.02654	0.08897	Q = 0.198052 × I ^{1/2}
5	6	0.695	0.0667	0.038116	1.263574	0.03017	0.09691	Q = 0.246253 × I ^{1/2}
6	6	0.695	0.0717	0.042841	1.268849	0.0337m ² 6	0.10446	Q = 0.298343 × I ^{1/2}

(2) 횡단경사 및 종단 합성경사에 따른 중분대 통수량 (m³/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.00562	0.00665	0.00795	0.00974	0.01124	0.01257	0.01377
2%	0.00809	0.00957	0.01144	0.01401	0.01617	0.01808	0.01981
3%	0.01089	0.01289	0.01540	0.01886	0.02177	0.02434	0.02667
4%	0.01400	0.01658	0.01981	0.02426	0.02800	0.03131	0.03430
5%	0.01741	0.02061	0.02463	0.03017	0.03482	0.03893	0.04265
6%	0.02109	0.02497	0.02983	0.03655	0.04219	0.04717	0.05167

(3) R_f 결정

$$\text{집수구 길이}(L) = 0.70m \times 1ft / 0.3048 = 2.30ft$$

길어깨 유속(V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

(ft/sec)

횡단경사 \ 종단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.95968	1.13614	1.35739	1.66281	1.91935	2.14604	2.35100
2%	1.10797	1.31170	1.56715	1.91976	2.21595	2.47766	2.71430
3%	1.24591	1.47500	1.76225	2.15875	2.49182	2.78611	3.05221
4%	1.37580	1.62878	1.94598	2.38382	2.75161	3.07659	3.37043
5%	1.49859	1.77414	2.11964	2.59656	2.99717	3.35115	3.67122
6%	1.61534	1.91236	2.28478	2.79885	3.23067	3.61223	3.95723

$V < 5.3$ 이면 $R_f = 1.0$ R_f <그림 7.18> 참조 (그레이팅(p-1-7/8-4)일 경우)

$$R_f = 1 - 0.09(V - V_0)$$

횡단경사 \ 종단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(4) E_0 결정

$$E_0 = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

여기서, W : 집수정폭 - 0.450m

T : 수로 폭 - 1.195m

$$\begin{aligned} E_0 &= 1 - (1 - 0.45/1.195)^{2.67} \\ &= 0.717 \end{aligned}$$

(5) R_s 결정

$$R_s = 1 / \{ 1 + (0.15 V^{1.8} / S_x L^{2.3}) \}$$

혹은 <그림 7.19>를 이용하여 산출

여기서, V : 길어깨 유속 (ft/sec^2)

S : 수로 횡경사

$$\text{집수구 길이(L)} = 0.70m \times 1ft/0.3048 = 2.30ft$$

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.32777	0.26462	0.20712	0.15347	0.12283	0.10276	0.08858
2%	0.42953	0.35719	0.28743	0.21872	0.17778	0.15028	0.13050
3%	0.47764	0.40292	0.32880	0.25371	0.20798	0.17681	0.15416
4%	0.50492	0.42943	0.35333	0.27493	0.22653	0.19326	0.16894
5%	0.52222	0.44648	0.36931	0.28896	0.23890	0.20429	0.17889
6%	0.53400	0.45820	0.38039	0.29877	0.24760	0.21209	0.18594

(6) 유출량(Q_i) 결정

$$Q_i = Q \times [R_f E_0 + R_s (1 - E_0)]$$

(m^3/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.00455	0.00527	0.00617	0.00741	0.00845	0.00938	0.01022
2%	0.00678	0.00783	0.00913	0.01091	0.01241	0.01373	0.01493
3%	0.00928	0.01071	0.01247	0.01488	0.01689	0.01867	0.02028
4%	0.01204	0.01390	0.01618	0.01928	0.02187	0.02416	0.02623
5%	0.01506	0.01738	0.02023	0.02410	0.02732	0.03017	0.03274
6%	0.01831	0.02114	0.02460	0.02929	0.03320	0.03665	0.03977

(7) 초기 집수정 설치 위치

$$S = 3.6 \times 106 \times Q / (C \times Y \times W)$$

S : 집수정 간격(m)

Q : 최대의 배수용량(m^3/sec)

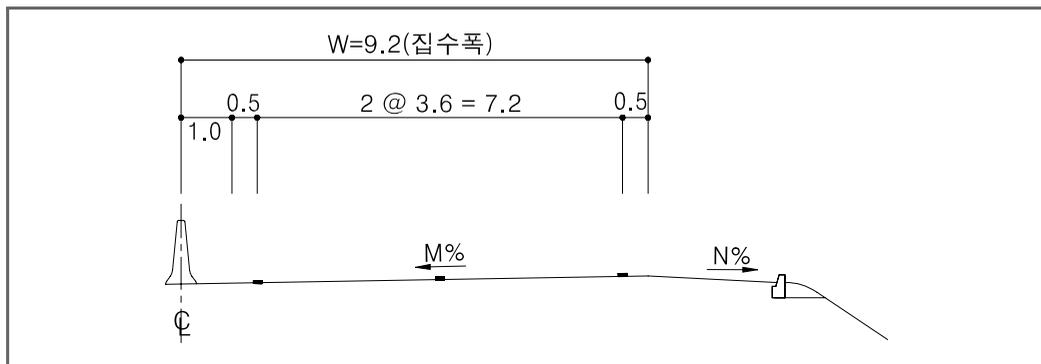
C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : 125mm/hr(서울 측후소 적용)

W : 집수폭 (9.20)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q / (0.9 \times 125 \times 9.2)$$

$$= 3478.26 Q$$



설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0 %	19.55	23.15	27.65	33.87	39.10	43.72	47.89
	10	20	20	30	30	40	40
2.0 %	28.12	33.29	39.78	48.73	56.24	62.89	68.89
	20	30	30	40	50	60	60
3.0 %	37.86	44.83	53.56	65.61	75.73	84.67	92.76
	30	40	50	60	70	80	90
4.0 %	48.70	57.66	68.89	84.39	97.41	108.91	119.31
	40	50	60	80	90	100	110
5.0 %	60.56	71.69	85.65	104.93	121.11	135.42	148.35
	60	70	80	100	120	130	140
6.0 %	73.37	86.86	103.77	127.12	146.73	164.06	179.73
	70	80	100	120	140	160	170

(8) 집수정 설치간격

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (C \times Y \times W)$$

S : 집수정 간격(m)

Q_i : 최대의 배수용량(m³/sec)

C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : 125 mm/hr(서울축후소 적용)

W : 집수폭 (9.20)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (0.9 \times 125 \times 9.2)$$

$$= 3478.26 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

총단경사 \ / 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0 %	15.83	18.33	21.45	25.76	29.39	32.62	35.54
	10	10	20	20	20	30	30
2.0 %	23.58	27.24	31.76	37.95	43.16	47.76	51.94
	20	20	30	30	30	30	30
3.0 %	32.27	37.25	43.38	51.75	58.75	64.95	70.56
	30	30	30	30	30	30	30
4.0 %	41.88	48.35	56.28	67.07	76.09	84.05	91.25
	30	30	30	30	30	30	30
5.0 %	52.37	60.46	70.37	83.81	95.03	104.92	113.88
	30	30	30	30	30	30	30
6.0 %	63.69	73.54	85.58	101.89	115.49	127.48	138.33
	30	30	30	30	30	30	30

※ 집수정과 집수정의 최대 간격은 30m, 최소 간격은 5m로 한다(단, 관의 길이를 감안 하여 조정 가능).

(9) 중분대 종배수관 연결 최대연장 계산

① 유량

$$Q_d = 1 / 360 \times C \times Y \times W \times L \times 10^{-4}$$

Q_d : 설계유량 (m³/sec)

C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : 125mm/hr(서울측후소 적용)

L : 종배수관 연결연장 (m)

W : 집수폭 (9.20)

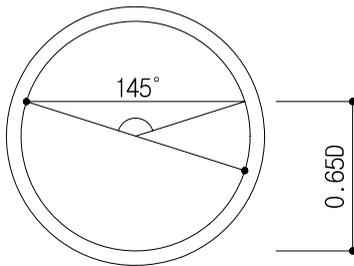
$$Q_d = 1 / 360 \times 0.9 \times 125 \times 9.2 \times L \times 10^{-4}$$

② 통수량

$$Q = A \times V = A \times 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$A = \pi D^2/4 \times 215/360 + D/2 \times$$

$$\text{SIN } 72.5 \times D/2 \times \text{COS } 72.5$$



$$= 0.5407 D^2$$

$$P = \pi D \times 215/360 = 1.87623 D$$

$$R = A / P = 0.2882 D$$

$$n = 0.013$$

수심 0.65 D

(n=0.013)

직 경 (mm)	수 심 (0.65)m	통수면적 (m ²)	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	R ^{2/3}	Q (m ³ /sec)
300	0.210	0.05280	0.56287	0.09380	0.206440	Q = 0.83846 × I ^{1/2}
450	0.315	0.11880	0.84430	0.14071	0.270530	Q = 2.47223 × I ^{1/2}
600	0.420	0.21120	1.12574	0.18761	0.327720	Q = 5.32419 × I ^{1/2}
800	0.560	0.37546	1.50098	0.25014	0.397000	Q = 11.46597 × I ^{1/2}

③ 종단경사에 따른 통수량 (m³/sec)

(m³/sec)

종단경사 직경(mm)	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
D300	0.04592	0.05929	0.08385	0.10269	0.11858	0.13257	0.14523
D450	0.13541	0.17481	0.24722	0.30279	0.34963	0.39089	0.42820
D600	0.29162	0.37648	0.53242	0.65208	0.75295	0.84183	0.92218
D800	0.62802	0.81077	1.14660	1.40429	1.62153	1.81293	1.98596

④ 최대 연결 연장계산

$$Q_d = 1 / 360 \times 0.9 \times 125 \times 9.2 \times L \times 10^{-4} = 2.875 \times L \times 10^{-4}$$

$$L = \frac{Q}{2.875 \times L \times 10^{-4}}$$

설치계산/설치결정(단위: m)

중단경사 직경(mm)	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
D300	159.72	206.20	291.61	357.15	412.41	461.08	505.09
	150	200	290	350	410	460	500
D450	470.95	608.00	859.84	1053.08	1215.99	1359.52	1489.28
	470	600	850	1050	1210	1350	1480
D600	1014.24	1309.38	1851.74	2267.91	2618.76	2927.86	3207.31
	1010	1300	1850	2260	2610	2920	3200
D800	2184.23	2819.83	3987.84	4884.09	5639.66	6305.34	6907.15
	2180	2810	3980	4880	5630	6300	6900

※ 중분대 중·황배수관 최소규격은 450mm로 한다.

3. L형 측구 집수정 설치간격 계산

(1) 길어깨 폭 내에 L형 측구 저판 포함(R=1,500m 이상)

▣ 본선, 분리구간 : 2차로

(1) 횡단경사에 따른 L형 측구의 통수량

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

횡단경사	수 위 (H_1)m	수 위 (H_2)m	통수면적 (A) m^2	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	$\frac{2}{3}$ $R^{\frac{2}{3}}$	Q (m^3/sec)
1%	0.015	0.115	0.07625	2.62006	0.02910	0.094613	$Q = 0.48095 \times I^{1/2}$
2%	0.030	0.130	0.10250	2.63529	0.03890	0.114797	$Q = 0.78445 \times I^{1/2}$
3%	0.045	0.145	0.12875	2.65066	0.04857	0.133126	$Q = 1.14266 \times I^{1/2}$
4%	0.060	0.160	0.15500	2.66619	0.05814	0.150070	$Q = 1.55072 \times I^{1/2}$
5%	0.075	0.175	0.18125	2.68186	0.06758	0.165918	$Q = 2.00485 \times I^{1/2}$
6%	0.090	0.190	0.20750	2.69769	0.07692	0.180863	$Q = 2.50194 \times I^{1/2}$

(2) 횡단 및 종단의 합성경사에 따른 L형 측구 통수량

(m^3/sec)

종단경사 \ / 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.0340	0.0402	0.0481	0.0589	0.0680	0.0760	0.0833
2%	0.0555	0.0656	0.0784	0.0961	0.1109	0.1240	0.1359
3%	0.0808	0.0956	0.1143	0.1399	0.1616	0.1807	0.1979
4%	0.1097	0.1297	0.1551	0.1899	0.2193	0.2452	0.2686
5%	0.1418	0.1677	0.2005	0.2455	0.2835	0.3170	0.3472
6%	0.1769	0.2093	0.2502	0.3064	0.3538	0.3956	0.4333

(3) R_f 결정

$$\text{집수구 길이}(L) = 1.20m \times 1ft / 0.3048 = 3.94ft$$

길어깨 유속(V).

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

(ft/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	1.4633	1.7314	2.0694	2.5345	2.9266	3.2720	3.5843
2%	1.7755	2.1007	2.5109	3.0752	3.5509	3.9700	4.3490
3%	2.0589	2.4362	2.9118	3.5662	4.1179	4.6039	5.0433
4%	2.3210	2.7462	3.2824	4.0201	4.6420	5.1899	5.6852
5%	2.5661	3.0362	3.6290	4.4446	5.1322	5.7380	6.2856
6%	2.7972	3.3097	3.9559	4.8450	5.5945	6.2548	6.8518

$V < 7.1$ 이면 $R_f = 1.0$

R_f < 그림 7.17 참조 {그레이팅(p-1-7/8-4)일 경우}

$$R_f = 1 - 0.09(V - V_o)$$

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(4) E_o 결정

$$E_o = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

여기서, W : 집수정 폭 - 0.70m

T : 수로 폭 - 2.50m

$$E_o = 1 - (1 - 0.7/2.5)^{2.67}$$

$$= 0.584$$

(5) R_s 결정

$R_s = 1 / (1 + (0.15 V^{1.8} / S_x L^{2.3}))$ 혹은 <그림 7.18>을 이용하여 산출

여기서, V : 길어깨 유속 (ft/sec)

S_x : 수로 횡경사

집수구 길이(L) = $1.20m \times 1ft / 0.3048 = 3.94ft$

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.4400	0.3672	0.2963	0.2262	0.1841	0.1558	0.1354
2%	0.5259	0.4504	0.3728	0.2921	0.2416	0.2067	0.1811
3%	0.5604	0.4849	0.4058	0.3217	0.2679	0.2304	0.2026
4%	0.5780	0.5030	0.4233	0.3376	0.2823	0.2434	0.2145
5%	0.5883	0.5136	0.4337	0.3471	0.2910	0.2513	0.2217
6%	0.5949	0.5203	0.4404	0.3533	0.2966	0.2565	0.2265

(6) 유출량(Q_i) 결정

$$Q_i = Q \times [R_f E_0 + R_s (1 - E_o)]$$

(m^3/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.0261	0.0296	0.0340	0.0399	0.0449	0.0493	0.0533
2%	0.0445	0.0506	0.0580	0.0678	0.0759	0.0831	0.0896
3%	0.0660	0.0751	0.0860	0.1005	0.1124	0.1228	0.1323
4%	0.0904	0.1029	0.1179	0.1376	0.1538	0.1680	0.1808
5%	0.1175	0.1338	0.1533	0.1789	0.1999	0.2183	0.2348
6%	0.1471	0.1676	0.1920	0.2240	0.2503	0.2732	0.2939

(7) 초기 집수정 설치 위치(도로폭 B = 11.70m)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (Y \times (C_1 \times W_1 + C_2 \times W_2))$$

여기서, S : 도수로 간격(m)

Q : 집수정의 배수용량(m³/sec)

C₁ : 유출계수 (0.9) 포장부

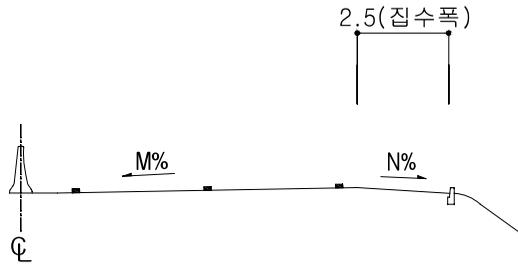
C₂ : 유출계수 (0.8) 땅깍기부

Y : 강우강도(5년빈도) : 125mm/hr(서울측후소 적용)

W₁ : 집수폭 (12.24)

가. 절개부 폭원이 15.0m 인 경우

① 표준구간 및 곡선부 내측구간



W₂ : 집수폭 (15.00)

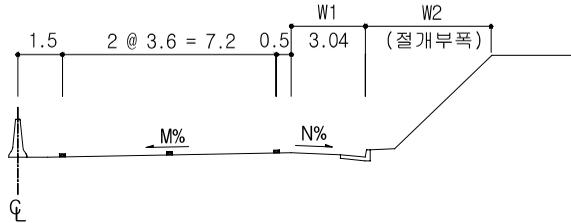
$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (125 \times (0.9 \times 12.24 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1251.30 Q$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
4%	137	162	194	238	274	307	336
	130	160	190	230	270	300	330
5%	177	210	251	307	355	397	435
	170	210	250	300	350	390	430
6%	221	262	313	383	443	495	542
	220	260	310	380	440	490	540

② 곡선부 외측구간



여기서, W_1 : 집수폭 (3.04)

W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (125 \times (0.9 \times 3.04 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1954.40 Q$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	66	79	94	115	133	149	163
	60	70	90	110	130	140	160
2%	108	128	153	188	217	242	266
	100	120	150	180	210	240	260
3%	158	187	223	274	316	353	387
	150	180	220	270	310	350	380
4%	214	254	303	371	429	479	525
	210	250	300	370	420	470	520

(8) 집수정 간격 (도로폭 B = 11.70m)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q_i / (Y \times (C_1 \times W_1 + C_2 \times W_2))$$

여기서 S : 도수로 간격(m)

Q_i : 집수정의 배수용량(m^3/sec)

C_1 : 유출계수 (0.9) 포장부

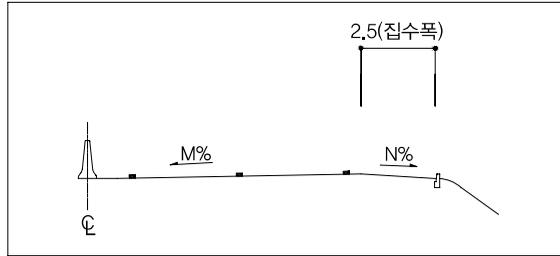
C_2 : 유출계수 (0.8) 땅깍기부

Y : 강우강도(5년빈도) : 125mm/hr(서울축후소 적용)

W_1 : 집수폭 (12.24)

가. 절개부 폭원이 15.0m 인 경우

① 표준구간 및 곡선부 내측구간



W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (125 \times (0.9 \times 12.24 + 0.8 \times 15.0))$$

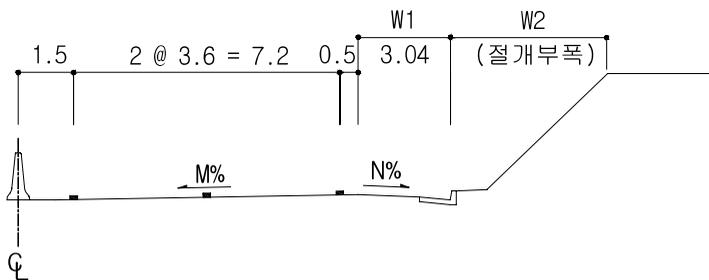
$$= 1251.30 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

중단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
4%	113	129	148	172	192	210	226
	50	50	50	50	50	50	50
5%	147	167	192	224	250	273	294
	50	50	50	50	50	50	50
6%	184	210	240	280	313	342	368
	50	50	50	50	50	50	50

- ※ - L형 측구의 길이가 설치결정 이하인 경우는 집수정을 설치하지 않는다.
- 설치결정 위치에 집수정을 설치하여 횡배수관으로 우수를 배제한다.
- 횡배수관을 설치 할 수 없는 경우 첫 번째 집수정을 설치하고, 그 이후에는 보수 및 유지 관리를 위하여 50m 간격으로 집수정을 설치하여 종방향 배수관을 통하여 우수를 배제한다.

② 곡선부 외측구간



W_1 : 집수폭 (3.04)

W_2 : 집수폭 (15.00)

$$S = 3.6 \times 106 \times Q_i / (125 \times (0.9 \times 3.04 + 0.8 \times 15.0))$$

$$= 1954.40 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

중단경사 \ 횡단경사	0.5 (%)	0.7 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	51	58	66	78	88	96	104
	50	50	50	50	50	50	50
2%	87	99	113	133	148	162	175
	50	50	50	50	50	50	50
3%	129	147	168	196	220	240	259
	50	50	50	50	50	50	50
4%	177	201	230	269	301	328	353
	50	50	50	50	50	50	50

- ※ - L형 측구의 길이가 설치결정 이하인 경우는 집수정을 설치하지 않는다.
 - 설치결정 위치에 집수정을 설치하여 횡배수관으로 우수를 배제한다.
 - 횡배수관을 설치 할 수 없는 경우 첫 번째 집수정을 설치하고, 그 이후에는 보수 및 유지관리를 위하여 50m 간격으로 집수정을 설치하여 종방향 배수관을 통하여 우수를 배제한다.

4. 중앙분리대 집수정 설치간격 계산

(1) 중분대 횡단경사에 따른 통수량 (중앙분리대 규격변경 적용)

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

횡단경사	수 위 (H)m	통수면적 (A)m ²	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	R ^{2/3}	Q (m ³ /sec)
1%	0.005	0.00473	1.20002	0.00394	0.024952	Q = 0.00787 × I ^{1/2}
2%	0.010	0.00945	1.20510	0.00784	0.039470	Q = 0.02487 × I ^{1/2}
3%	0.015	0.01418	1.21022	0.01172	0.051587	Q = 0.04877 × I ^{1/2}
4%	0.020	0.01890	1.21540	0.01555	0.062301	Q = 0.07850 × I ^{1/2}
5%	0.025	0.02363	1.22062	0.01936	0.072098	Q = 0.11358 × I ^{1/2}
6%	0.030	0.02835	1.22590	0.02313	0.081171	Q = 0.15341 × I ^{1/2}

(2) 횡단경사 및 종단 합성경사에 따른 중분대 통수량 (m³/sec)

횡단경사 \ 종단경사	(m ³ /sec)						
	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.00043	0.00056	0.00079	0.00096	0.00111	0.00124	0.00136
2%	0.00136	0.00176	0.00249	0.00305	0.00352	0.00393	0.00431
3%	0.00267	0.00345	0.00488	0.00597	0.00690	0.00771	0.00845
4%	0.00430	0.00555	0.00785	0.00961	0.01110	0.01241	0.01360
5%	0.00622	0.00803	0.01136	0.01391	0.01606	0.01796	0.01967
6%	0.00840	0.01085	0.01534	0.01879	0.02170	0.02426	0.02657

(3) R_f 결정

$$\text{집수구 길이}(L) = 0.70m \times 1ft / 0.3048 = 2.30ft$$

길어깨 유속(V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

(ft/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.29893	0.38592	0.54577	0.66843	0.77183	0.86293	0.94530
2%	0.47285	0.61045	0.86331	1.05733	1.22090	1.36501	1.49530
3%	0.61801	0.79785	1.12832	1.38191	1.59569	1.78404	1.95431
4%	0.74636	0.96355	1.36266	1.66892	1.92710	2.15456	2.36020
5%	0.86372	1.11506	1.57694	1.93135	2.23013	2.49336	2.73134
6%	0.97242	1.25539	1.77539	2.17439	2.51077	2.80713	3.07506

$V < 5.3$ 이면 $R_f = 1.0$ R_f <그림 7.18> 참조 (그레이팅(p-1-7/8-4)일 경우)

$$R_f = 1 - 0.09(V - V_0)$$

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6%	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(4) E_0 결정

$$E_0 = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

여기서, W : 집수정폭 - 0.450 m

T : 수로 폭 - 1.195 m

$$E_0 = 1 - (1 - 0.45/1.195)^{2.67}$$

$$= 0.717$$

(5) R_s 결정

$$R_s = 1 / \{ 1 + (0.15 V^{1.8} / S_x L^{2.3}) \}$$

혹은 <그림 7.19>를 이용하여 산출

여기서, V : 길어깨 유속 (ft/sec^2)

S : 수로 횡경사

$$\text{집수구 길이}(L) = 0.70m \times 1ft/0.3048 = 2.30ft$$

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.79864	0.71464	0.57303	0.48233	0.41834	0.37042	0.33303
2%	0.77653	0.68692	0.54040	0.44943	0.38654	0.34013	0.30432
3%	0.76298	0.67026	0.52137	0.43060	0.36858	0.32319	0.28839
4%	0.75345	0.65867	0.50838	0.41790	0.35656	0.31192	0.27784
5%	0.74600	0.64968	0.49845	0.40827	0.34750	0.30346	0.26993
6%	0.74007	0.64258	0.49069	0.40079	0.34050	0.29694	0.26386

(6) 유출량(Q_i) 결정

$$Q_i = Q \times [R_f E_0 + R_s (1 - E_0)]$$

(m^3/sec)

종단경사 \ 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1%	0.00041	0.00051	0.00069	0.00082	0.00093	0.00102	0.00111
2%	0.00128	0.00160	0.00216	0.00257	0.00291	0.00320	0.00346
3%	0.00249	0.00313	0.00422	0.00501	0.00566	0.00623	0.00675
4%	0.00400	0.00501	0.00676	0.00803	0.00908	0.00999	0.01082
5%	0.00577	0.00723	0.00975	0.01158	0.01310	0.01442	0.01561
6%	0.00778	0.00975	0.01313	0.01560	0.01765	0.01943	0.02104

(7) 초기 집수정 설치 위치

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (C \times Y \times W)$$

여기서 S : 집수정 간격(m)

Q : 최대의 배수용량(m^3/sec)

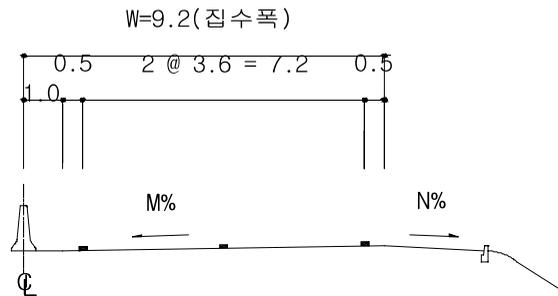
C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : 125 mm/hr(서울 축후소 적용)

W : 집수폭 (9.20)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q / (0.9 \times 125 \times 9.2)$$

$$= 3478.26 Q$$



설치계산/설치결정 (단위 : m)

종단경사 횡단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0 %	1.50	1.94	2.74	3.35	3.87	4.33	4.74
	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2.0 %	4.74	6.12	8.65	10.59	12.23	13.68	14.98
	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
3.0 %	9.29	11.99	16.96	20.77	23.99	26.82	29.38
	10.0	10.0	10.0	20.0	20.0	20.0	20.0
4.0 %	14.96	19.31	27.30	33.44	38.61	43.17	47.29
	10.0	10.0	20.0	30.0	30.0	40.0	40.0
5.0 %	21.64	27.93	39.51	48.38	55.87	62.46	68.43
	20.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	60.0
6.0 %	29.23	37.73	53.36	65.35	75.46	84.37	92.42
	20.0	30.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0

(8) 집수정 설치간격

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q_i / (C \times Y \times W)$$

여기서, S : 집수정 간격(m)

Q_i : 최대의 배수용량(m^3/sec)

C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : $125mm/hr$ (서울측후소 적용)

W : 집수폭 (9.20)

$$S = 3.6 \times 10^6 \times Q_i / (0.9 \times 125 \times 9.2)$$

$$= 3478.26 Q_i$$

설치계산/설치결정 (단위 : m)

횡단경사 \ 종단경사	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
1.0 %	1.43	1.77	2.40	2.85	3.23	3.55	3.86
	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2.0 %	4.45	5.57	7.51	8.94	10.12	11.13	12.03
	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0
3.0 %	8.66	10.89	14.68	17.43	19.69	21.67	23.48
	5.0	10.0	10.0	20.0	10.0	20.0	20.0
4.0 %	13.91	17.43	23.51	27.93	31.58	34.75	37.63
	10.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0	30.0
5.0 %	20.07	25.15	33.91	40.28	45.57	50.16	54.30
	20.0	20.0	30.0	40.0	40.0	50.0	50.0
6.0 %	27.06	33.91	45.67	54.26	61.39	67.58	73.18
	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	60.0	70.0

(9) 중분대 종배수관 연결 최대연장 계산

① 유량

$$Q_d = 1 / 360 \times C \times Y \times W \times L \times 10^{-4}$$

여기서, Q_d : 설계유량 (m^3/sec)

C : 유출계수 (0.9)

Y : 강우강도(5년 빈도) : 125 mm/hr(서울측후소 적용)

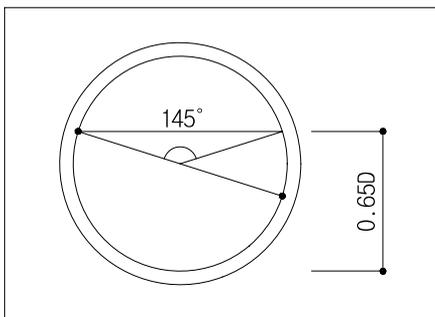
L : 종배수관 연결연장 (m)

W : 집수폭 (9.20)

$$Q_d = 1 / 360 \times 0.9 \times 125 \times 9.2 \times L \times 10^{-4}$$

② 통수량

$$Q = A \times V = A \times 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$



$$A = \pi D^2/4 \times 215/360 + D/2 \times$$

$$\text{SIN } 72.5 \times D/2 \times \text{COS } 72.5 = 0.5407 D^2$$

$$P = \pi D \times 215/360 = 1.87623 D$$

$$R = A / P = 0.2882 D$$

$$n = 0.013$$

$$\text{수심 } 0.65 D$$

(n=0.013)

직 경 (mm)	수 심 (0.65)m	통수면적 (m ²)	윤 변 (P)m	경 심 (R)m	R ^{2/3}	Q (m ³ /sec)
300	0.210	0.05280	0.56287	0.09380	0.206440	Q = 0.83846 × Π ^{1/2}
450	0.315	0.11880	0.84430	0.14071	0.270530	Q = 2.47223 × Π ^{1/2}
600	0.420	0.21120	1.12574	0.18761	0.327720	Q = 5.32419 × Π ^{1/2}
800	0.560	0.37546	1.50098	0.25014	0.397000	Q = 11.46597 × Π ^{1/2}

③ 종단경사에 따른 통수량 (m³/sec)

(m³/sec)

종단경사 직경(mm)	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
D300	0.04592	0.05929	0.08385	0.10269	0.11858	0.13257	0.14523
D450	0.13541	0.17481	0.24722	0.30279	0.34963	0.39089	0.42820
D600	0.29162	0.37648	0.53242	0.65208	0.75295	0.84183	0.92218
D800	0.62802	0.81077	1.14660	1.40429	1.62153	1.81293	1.98596

④ 최대 연결 연장계산

$$Q_d = 1 / 360 \times 0.9 \times 125 \times 9.2 \times L \times 10^{-4} = 2.875 \times L \times 10^{-4}$$

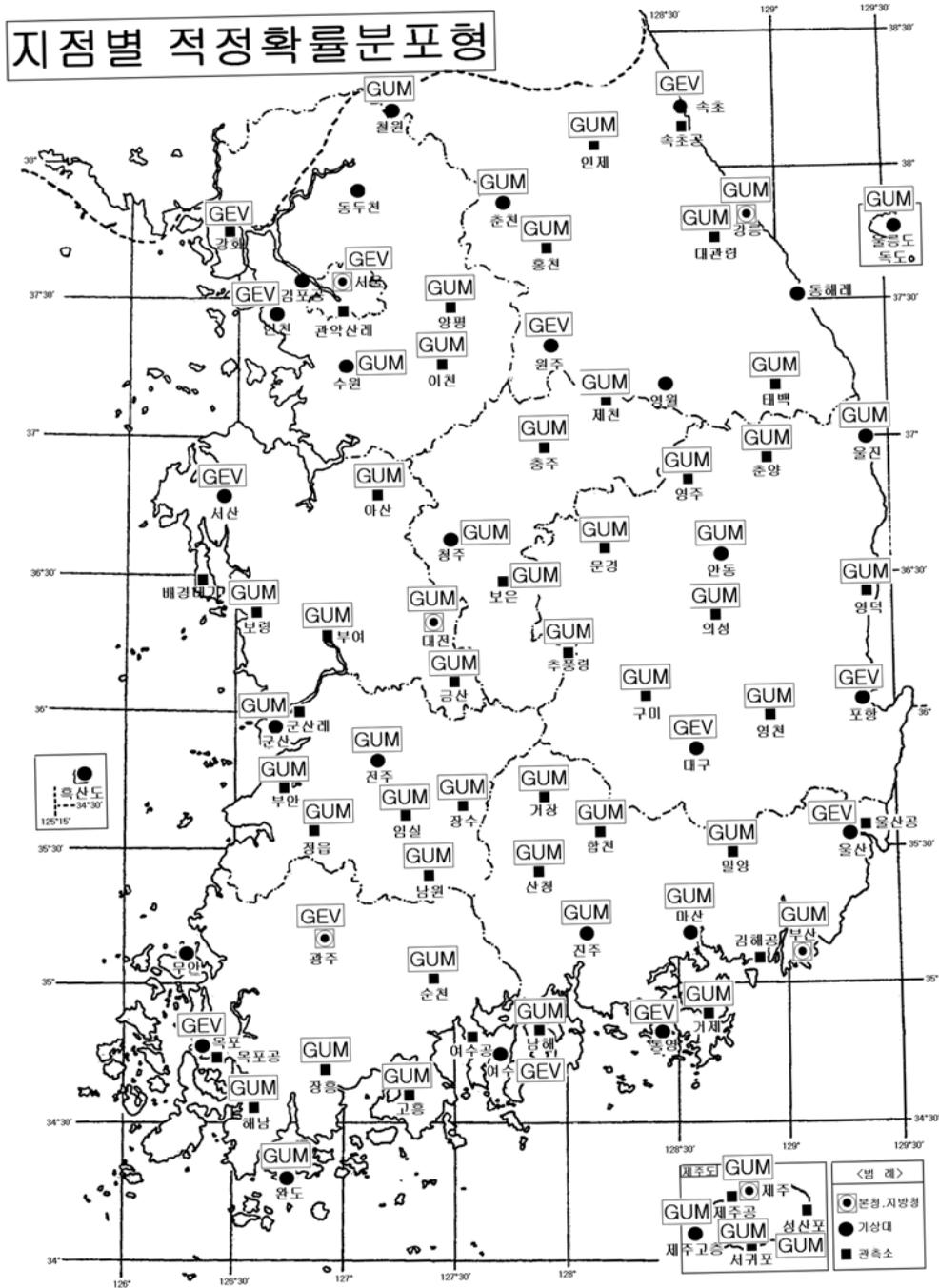
$$L = \frac{Q}{2.875 \times L \times 10^{-4}}$$

설치계산/설치결정(단위 : m)

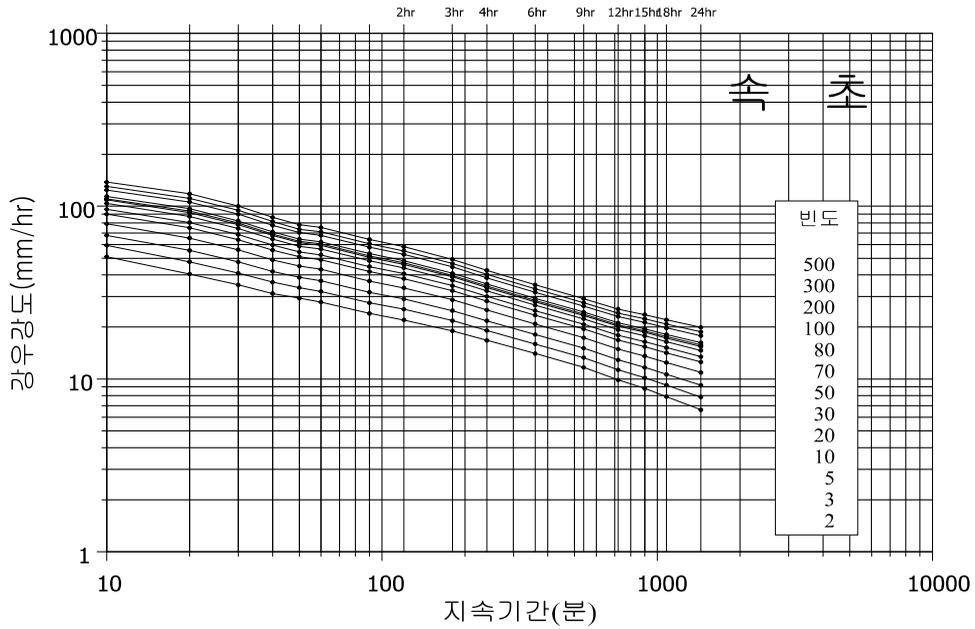
중단경사 직경(mm)	0.3 (%)	0.5 (%)	1.0 (%)	1.5 (%)	2.0 (%)	2.5 (%)	3.0 (%)
D300	159.72	206.20	291.61	357.15	412.41	461.08	505.09
	150	200	290	350	410	460	500
D450	470.95	608.00	859.84	1053.08	1215.99	1359.52	1489.28
	470	600	850	1050	1210	1350	1480
D600	1014.24	1309.38	1851.74	2267.91	2618.76	2927.86	3207.31
	1010	1300	1850	2260	2610	2920	3200
D800	2184.23	2819.83	3987.84	4884.09	5639.66	6305.34	6907.15
	2180	2810	3980	4880	5630	6300	6900

※ - 중분대 중 · 황배수관 최소규격은 450mm로 한다.

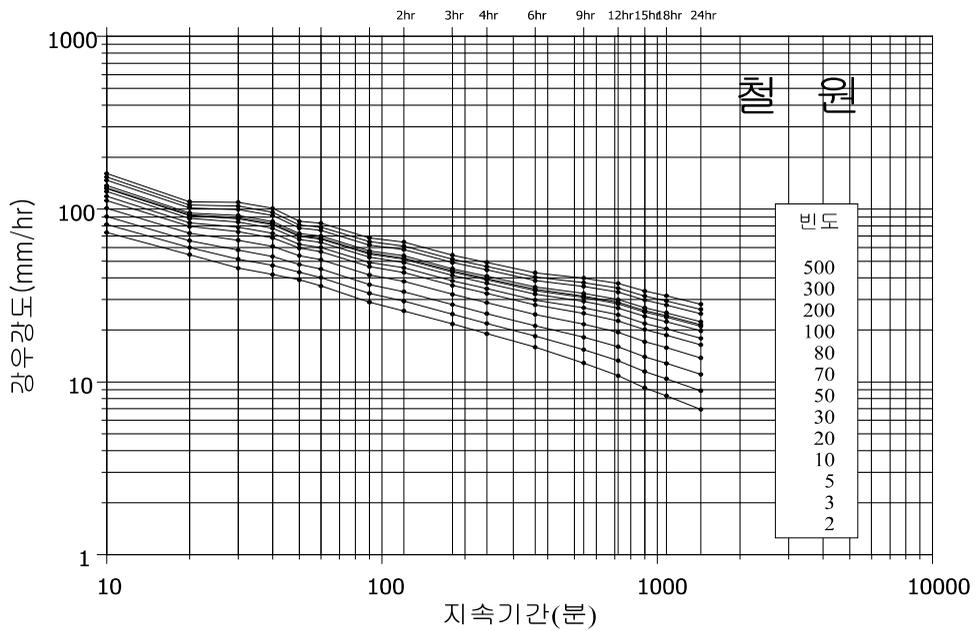
5. I.D.F(Intensity Duration frequency) 그래프



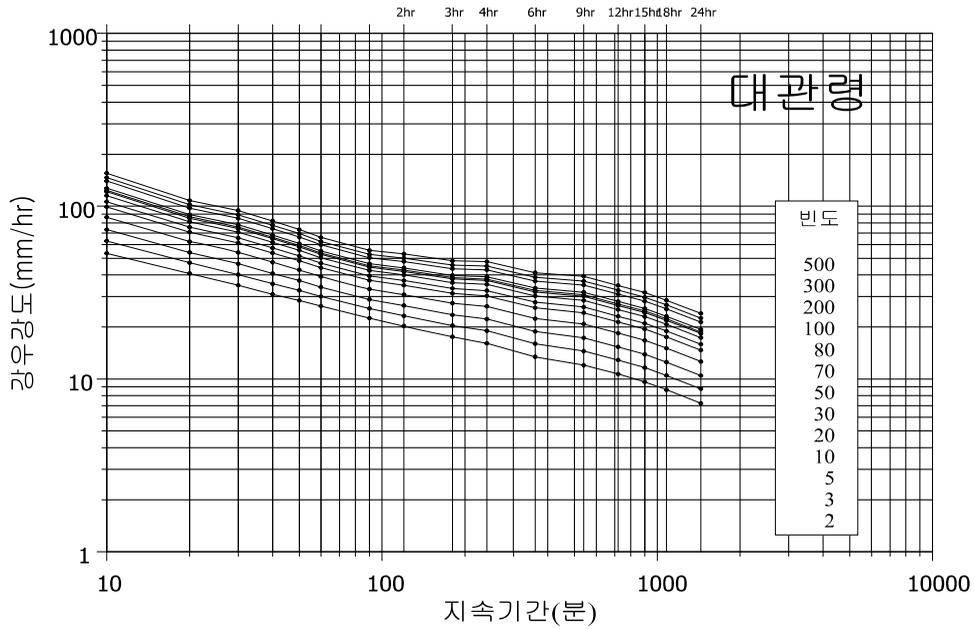
〈그림 5.1〉 관측지점 및 지점별 적정 확률 분포형



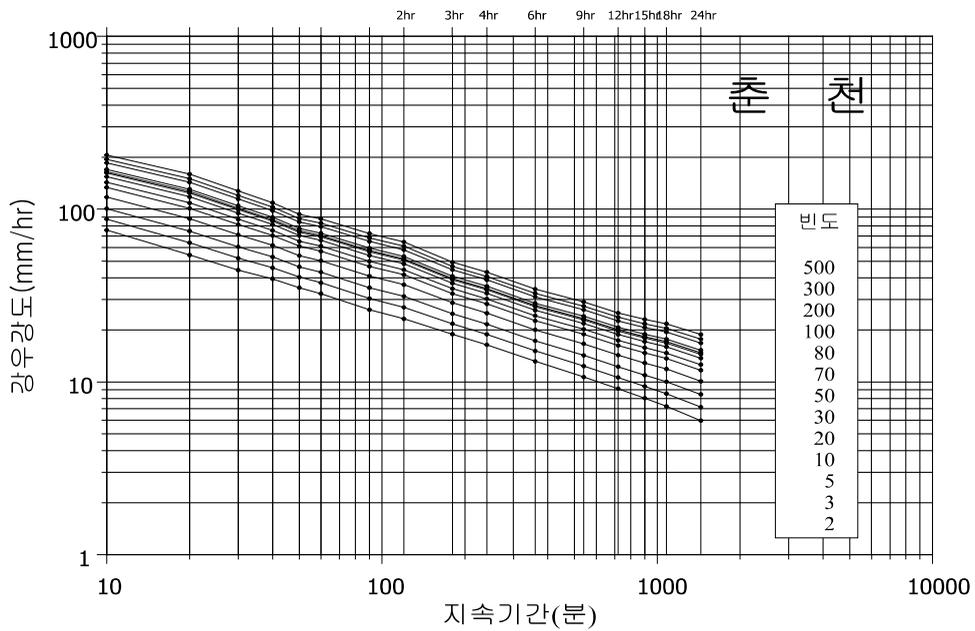
〈그림 5.2〉 속초 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



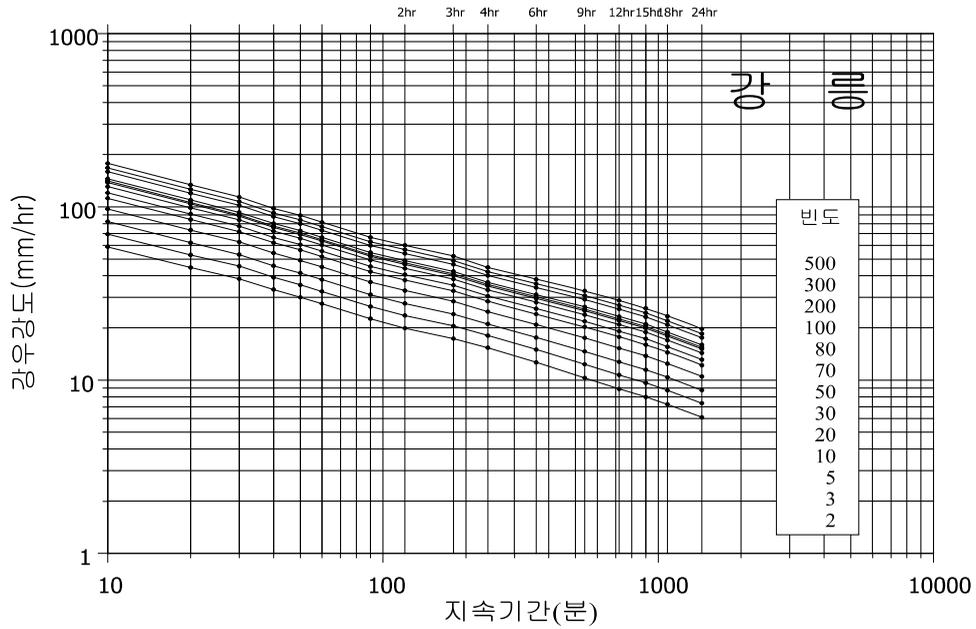
〈그림 5.3〉 철원(095) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



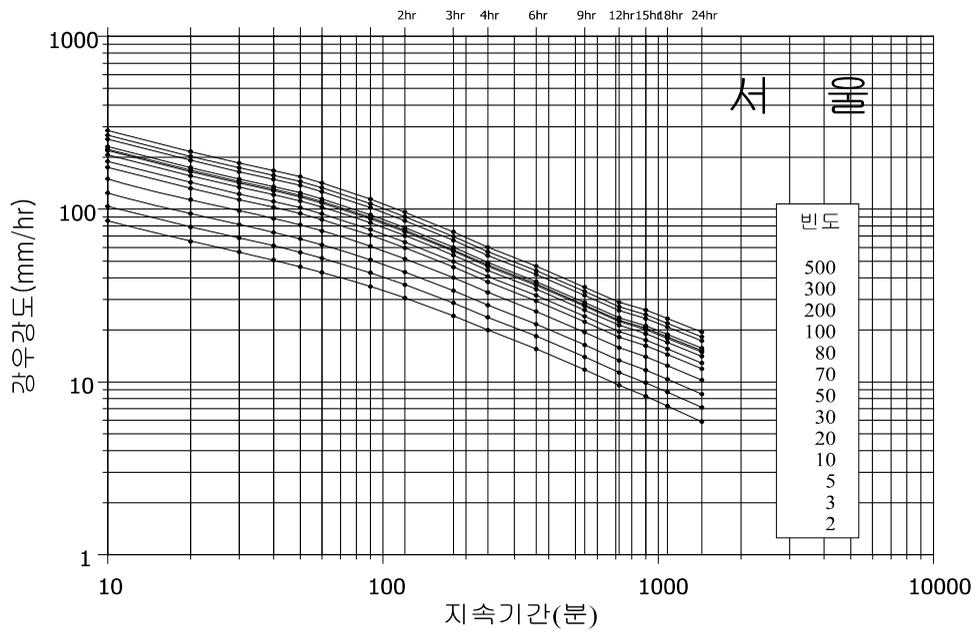
〈그림 5.4〉 대관령(100) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



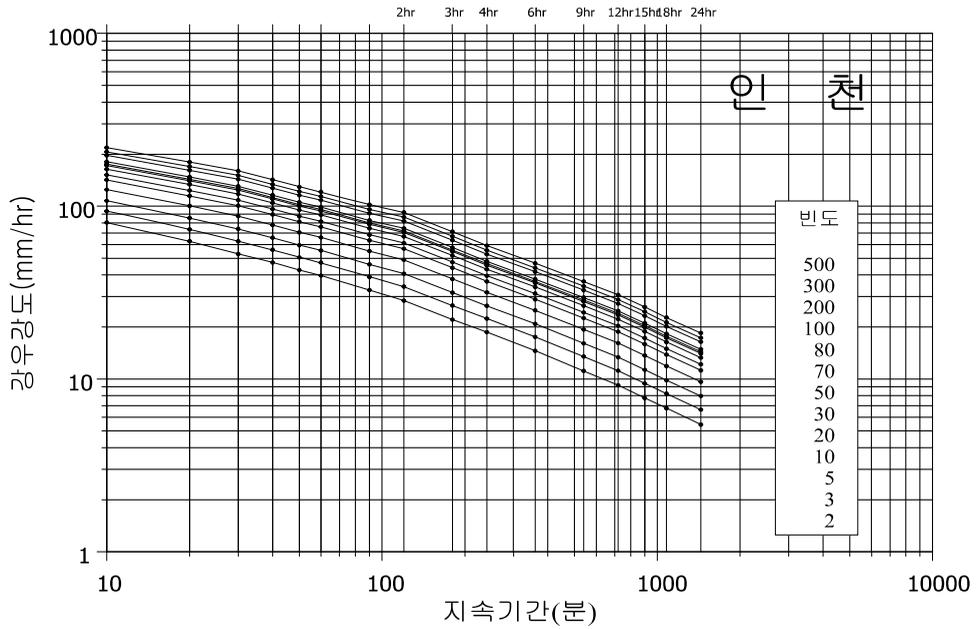
〈그림 5.5〉 춘천(101) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



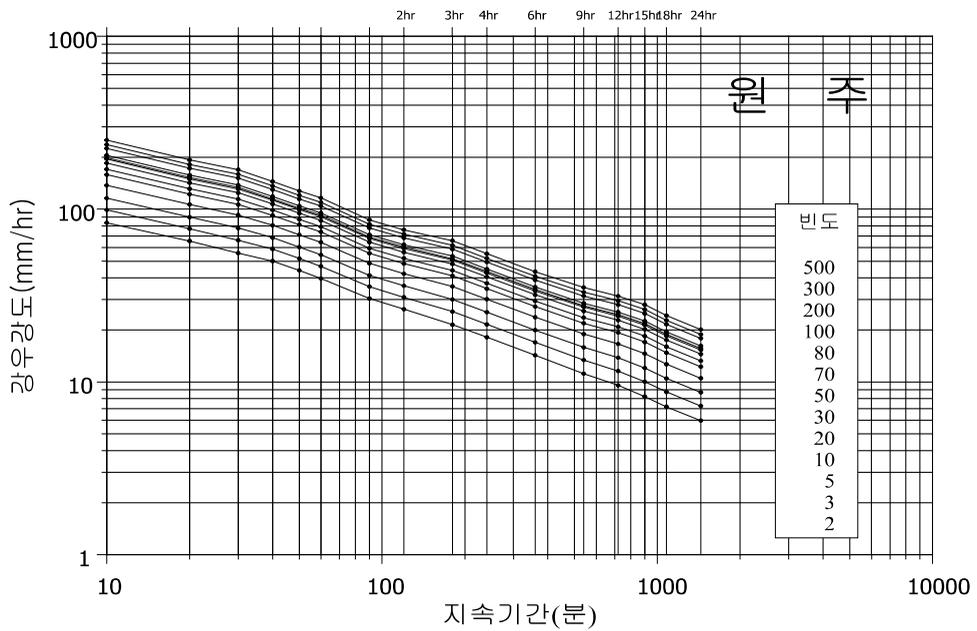
〈그림 5.6〉 강릉(105) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



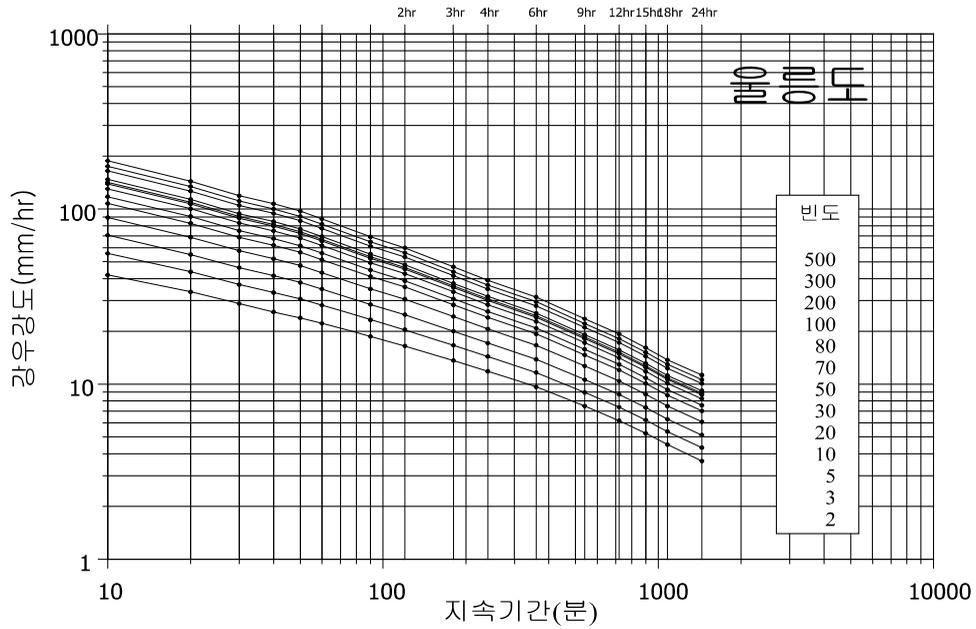
〈그림 5.7〉 서울(108) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



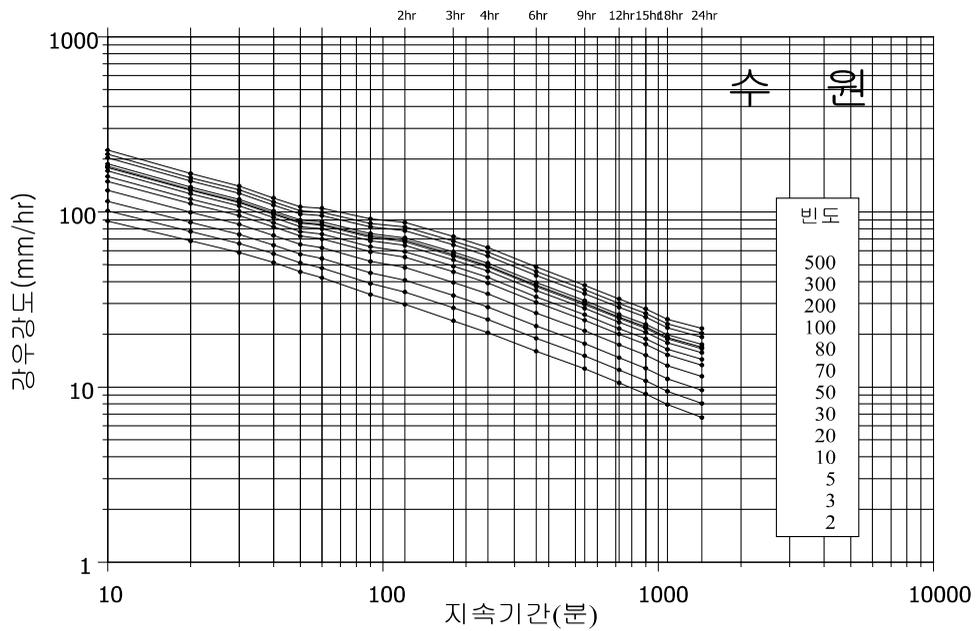
〈그림 5.8〉 인천(112) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



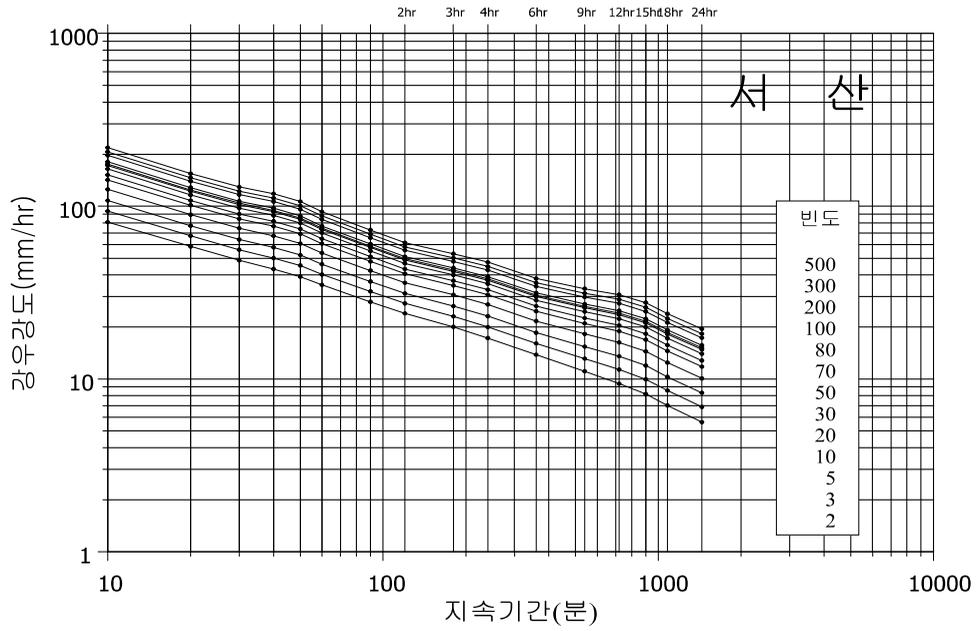
〈그림 5.9〉 원주(114) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



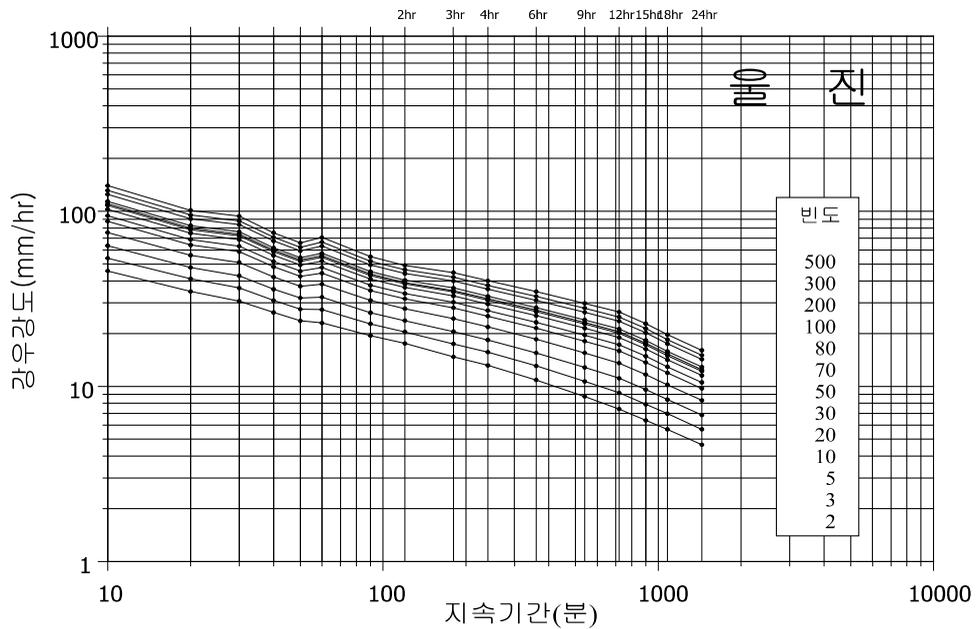
〈그림 5.10〉 울릉도(115) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



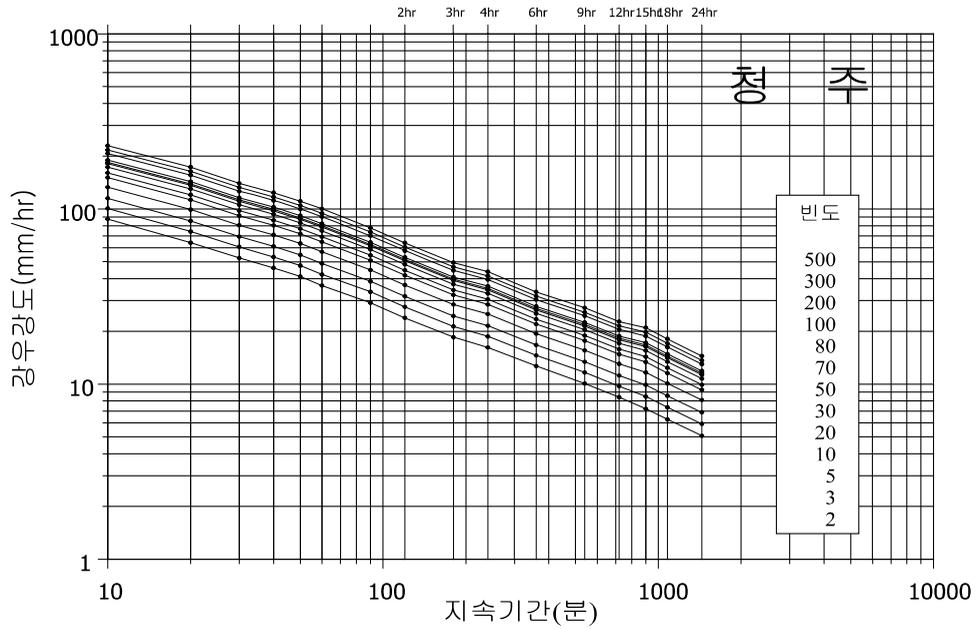
〈그림 5.11〉 수원(119) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



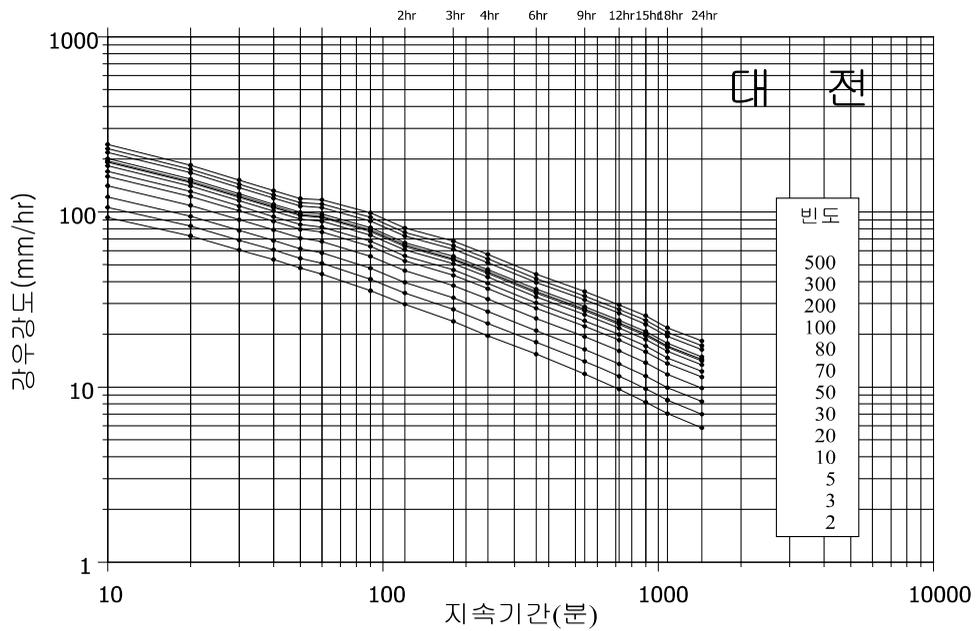
〈그림 5.12〉 서산(129) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



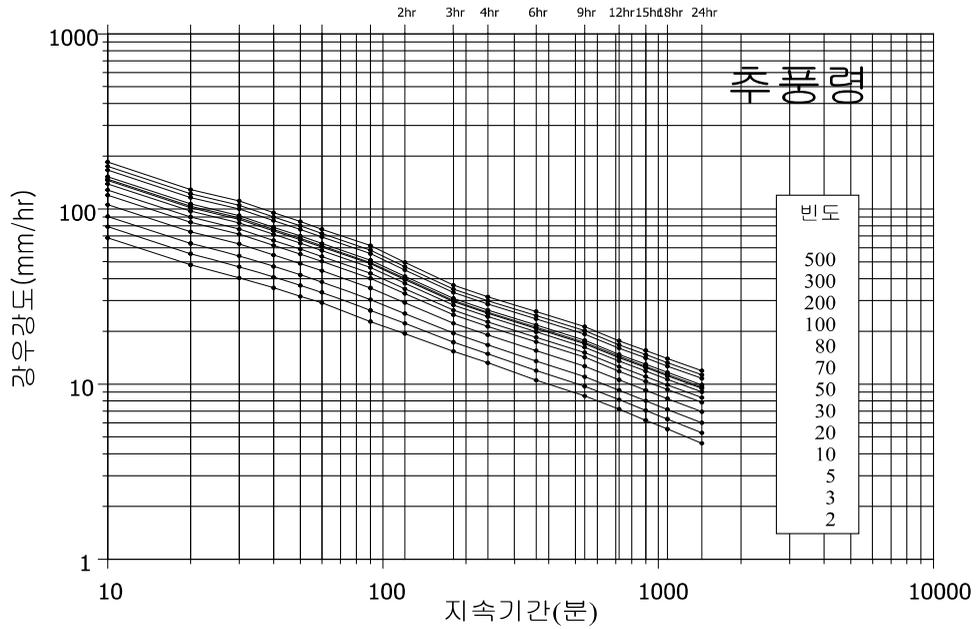
〈그림 5.13〉 울진(130) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



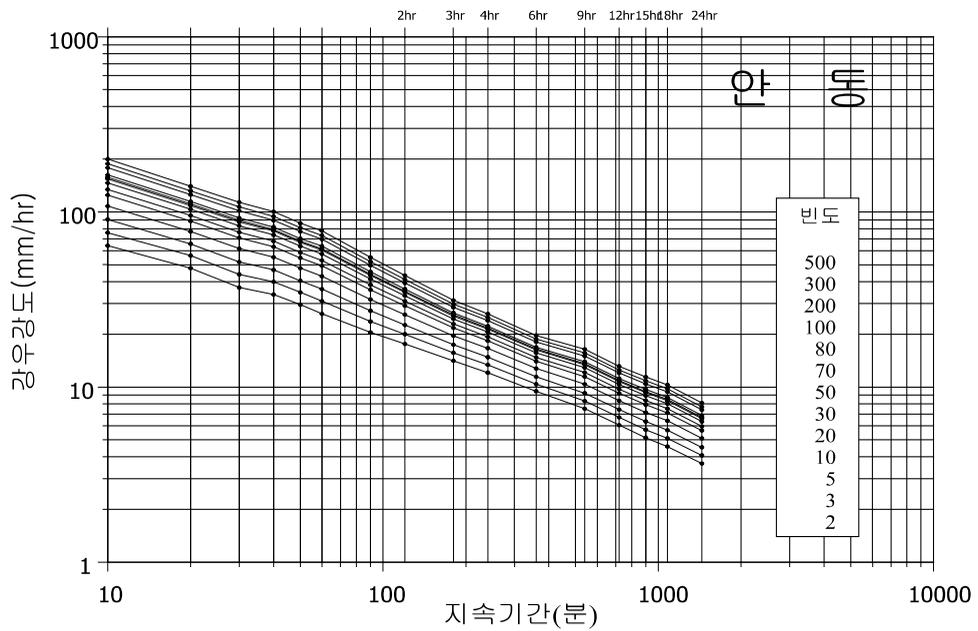
〈그림 5.14〉 청주(131) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



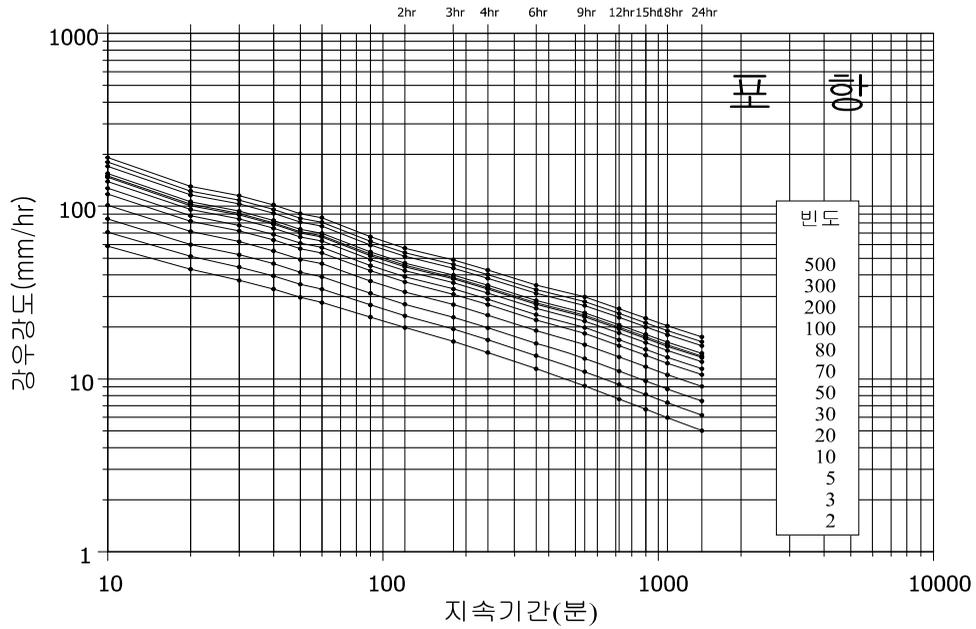
〈그림 5.15〉 대전(133) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



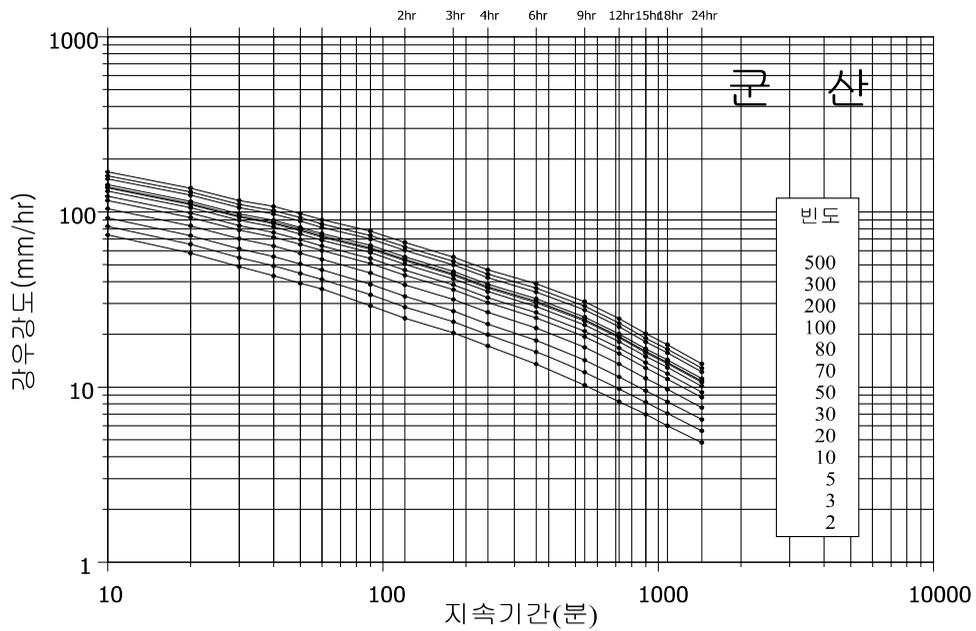
〈그림 5.16〉 추풍령(135) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



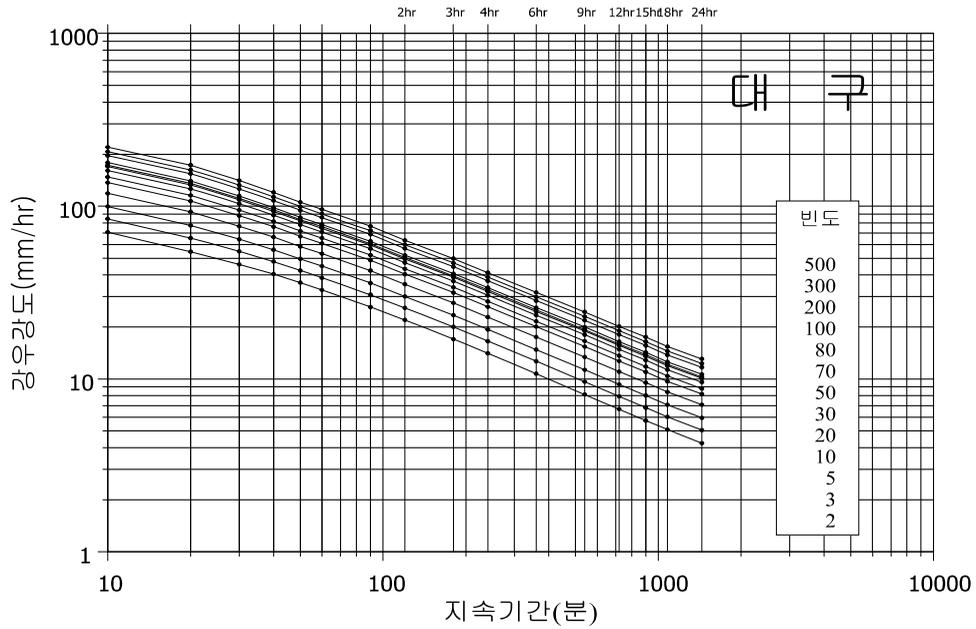
〈그림 5.17〉 안동(136) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



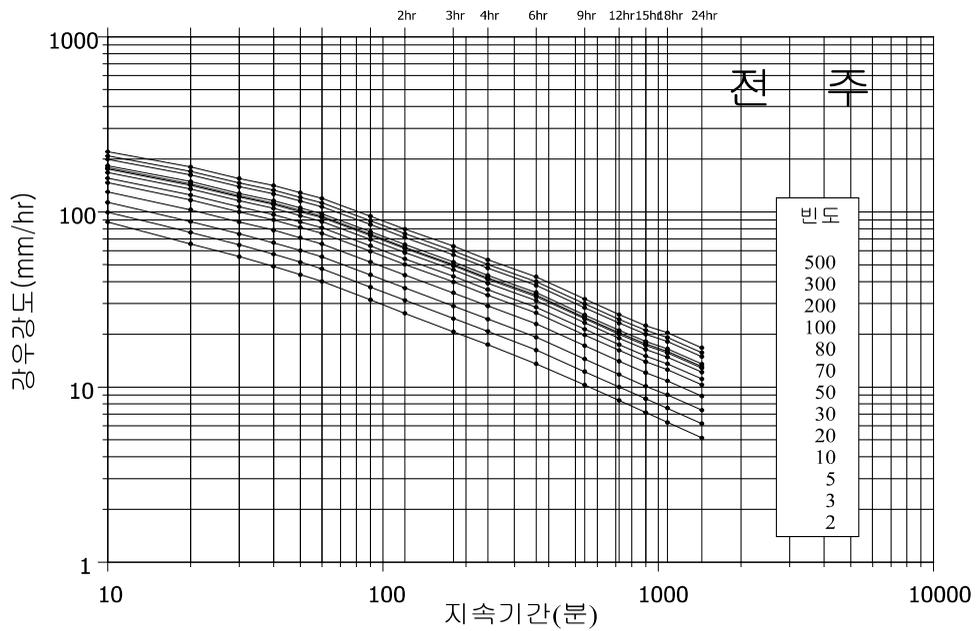
〈그림 5.18〉 포항(138) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



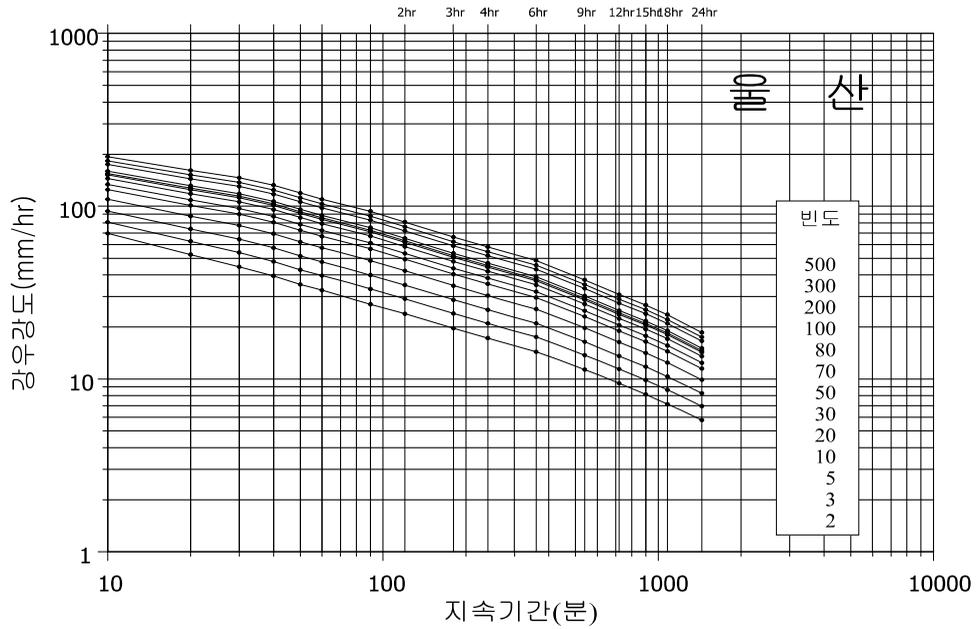
〈그림 5.19〉 군산(140) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



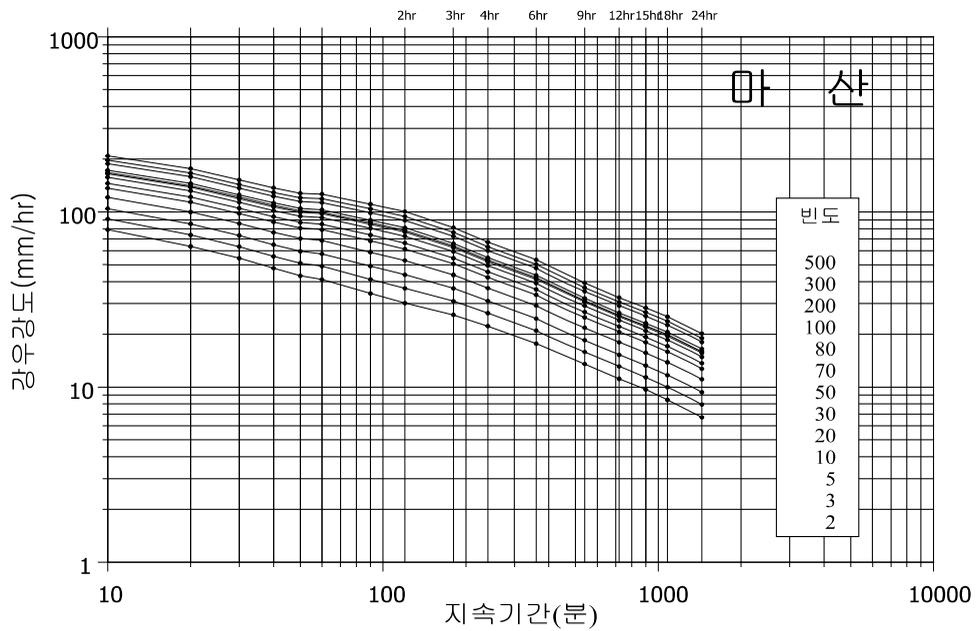
〈그림 5.20〉 대구(143) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



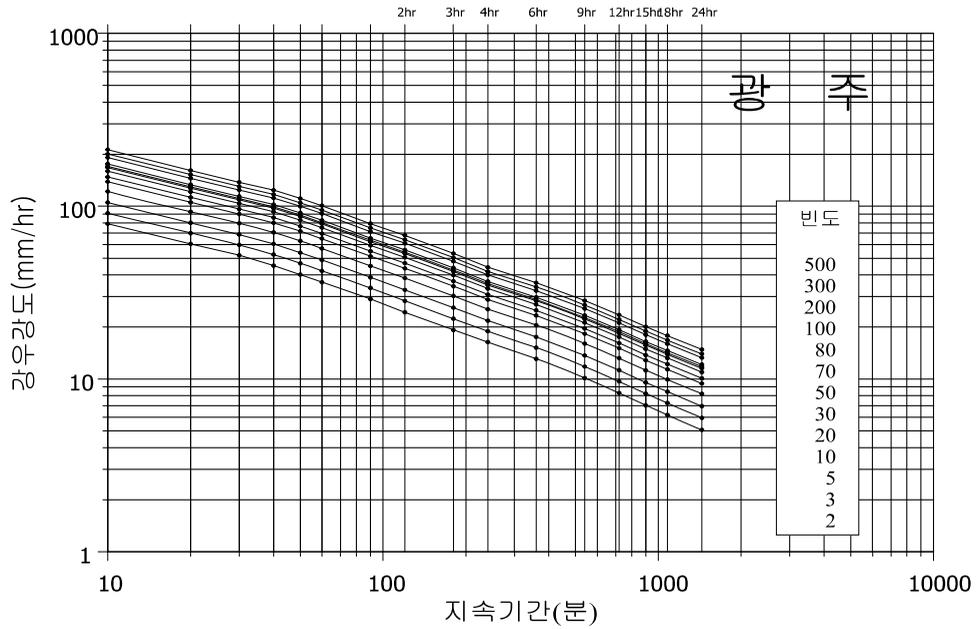
〈그림 5.21〉 전주(146) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



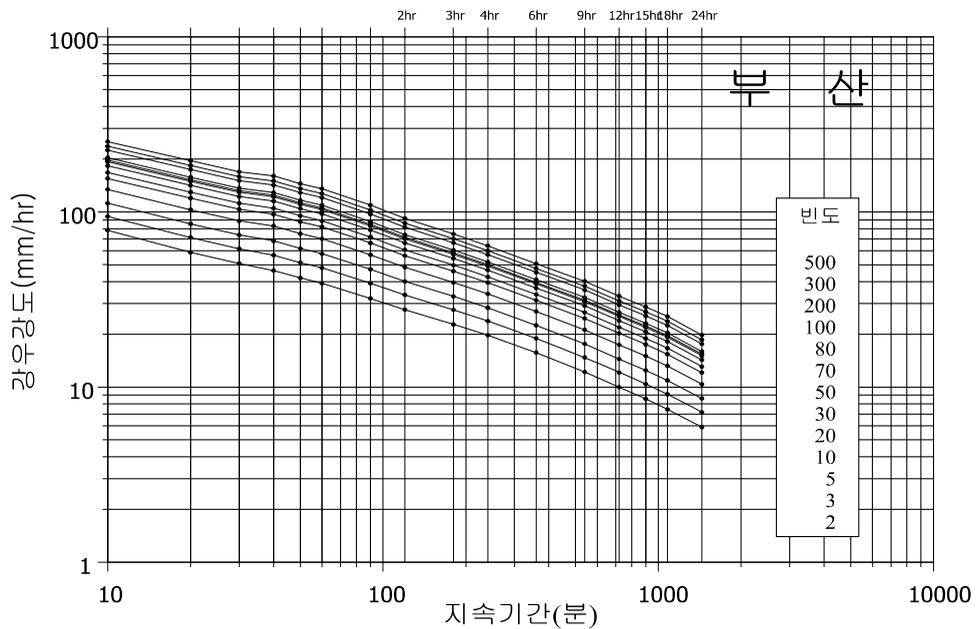
〈그림 5.22〉 울산(152) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



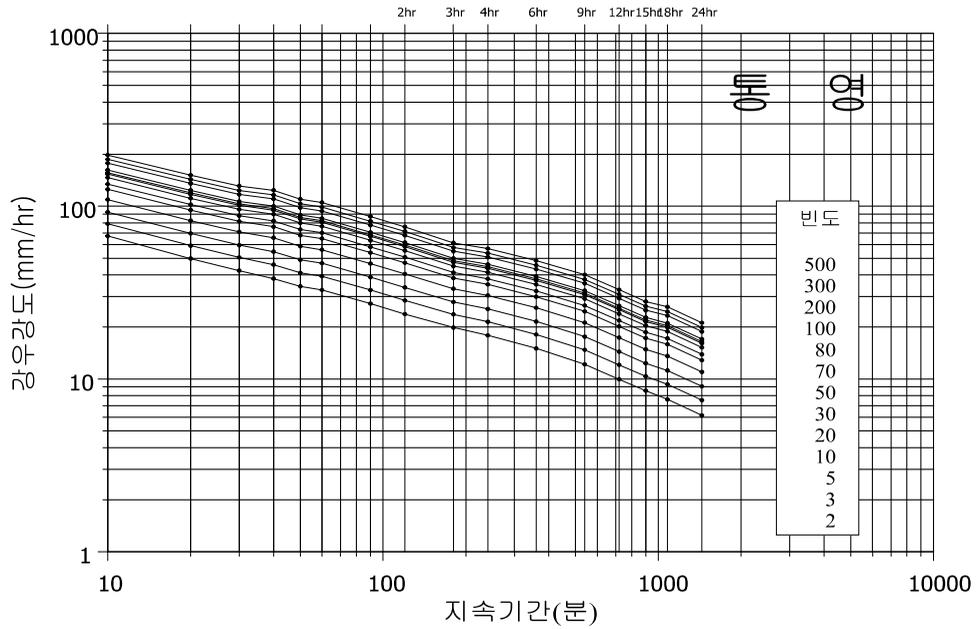
〈그림 5.23〉 마산(155) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



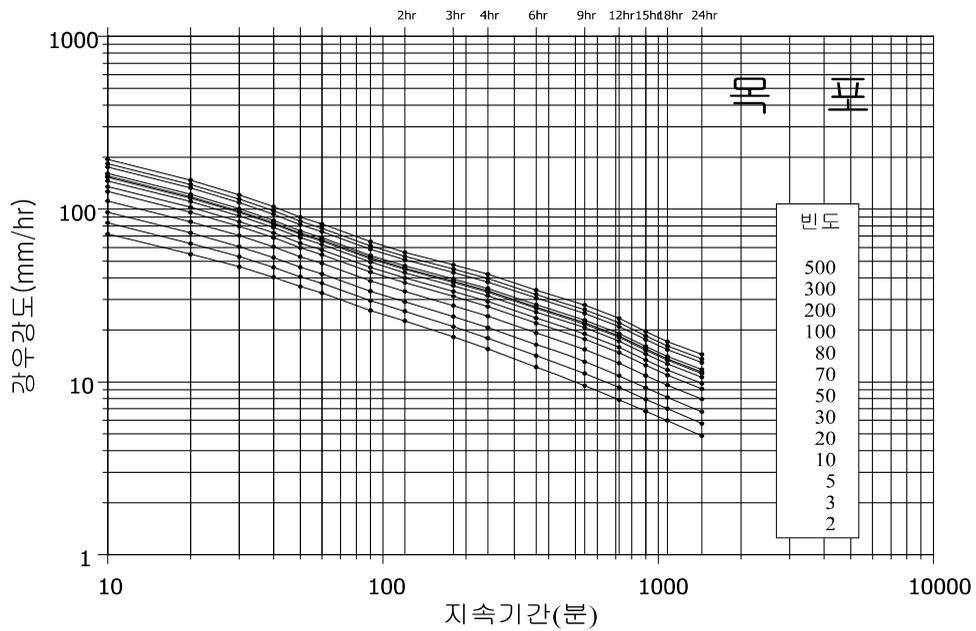
〈그림 5.24〉 광주(156) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



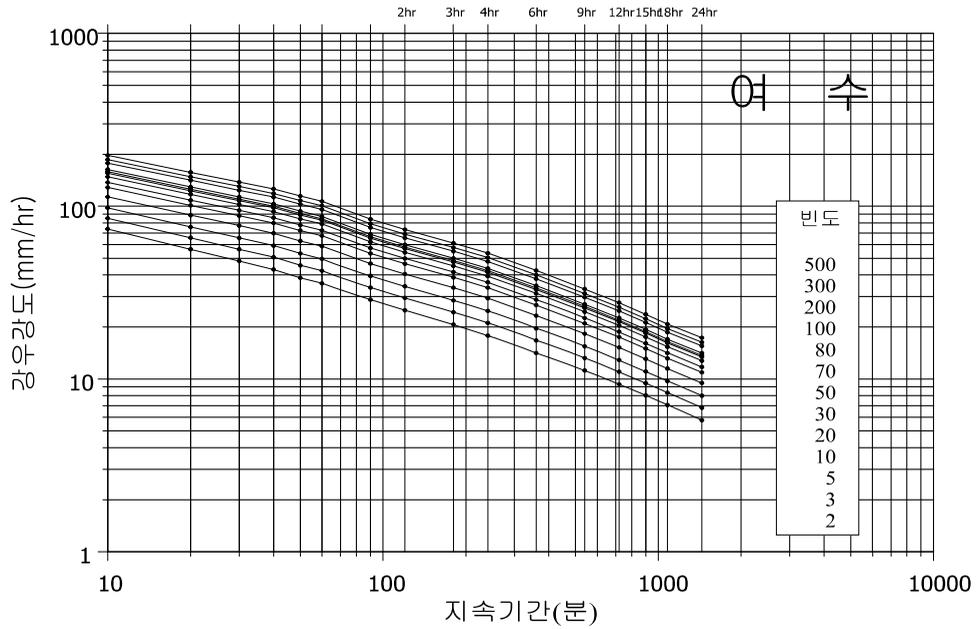
〈그림 5.25〉 부산(159) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



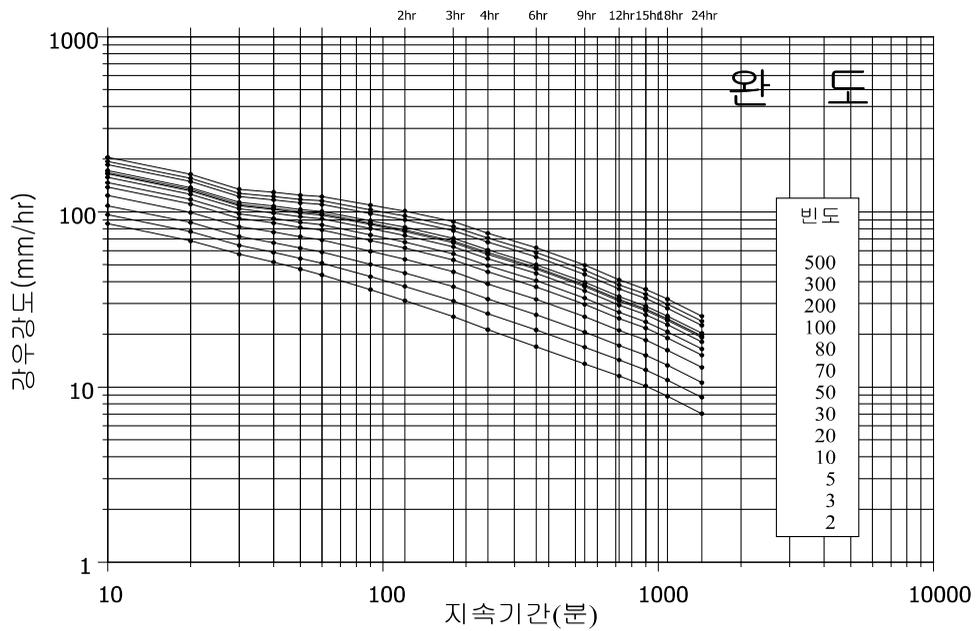
〈그림 5.26〉 통영(162) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



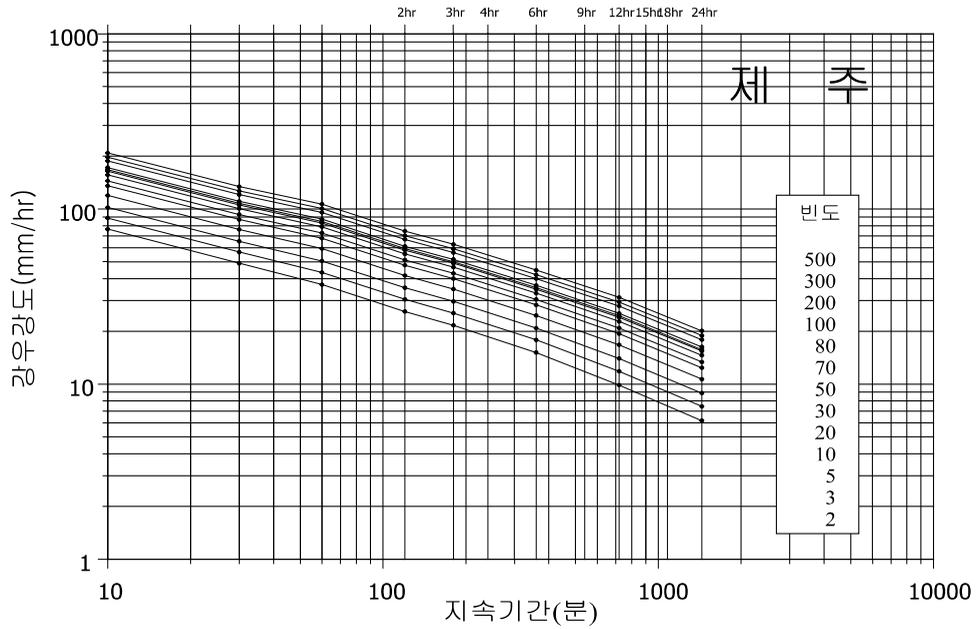
〈그림 5.27〉 목포(165) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



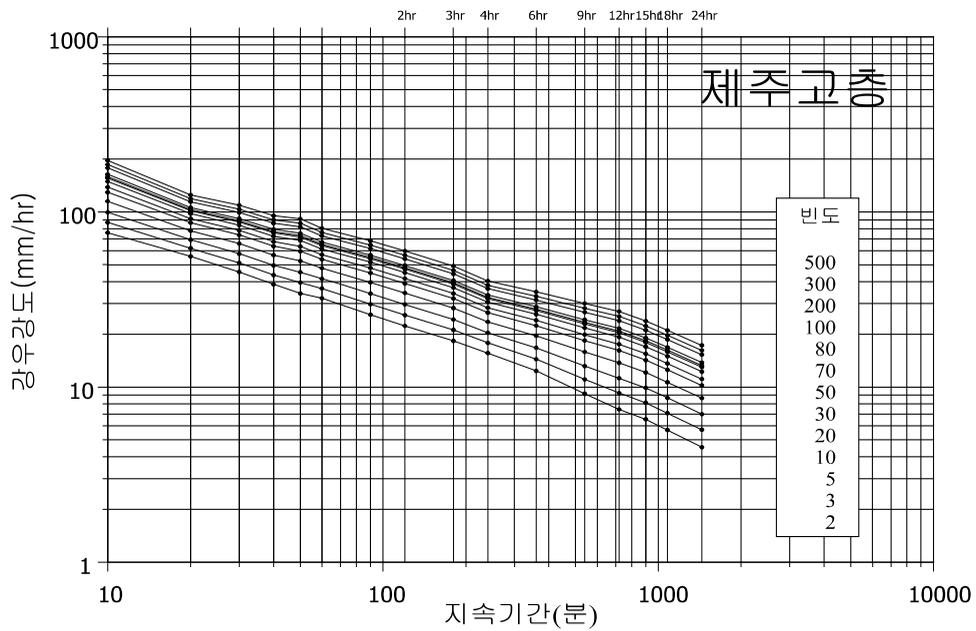
〈그림 5.28〉 여수(168) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



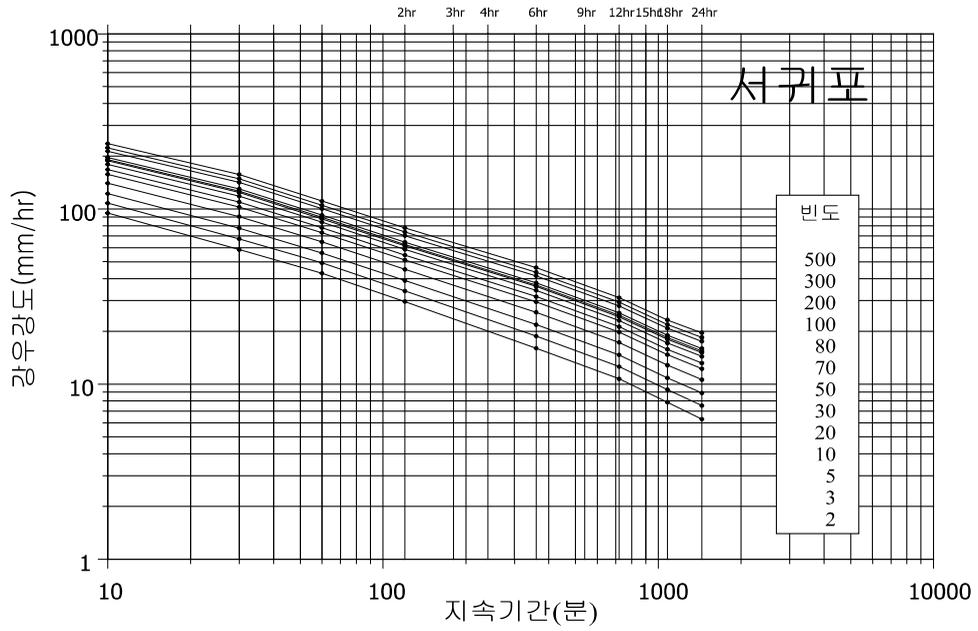
〈그림 5.29〉 완도(170) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



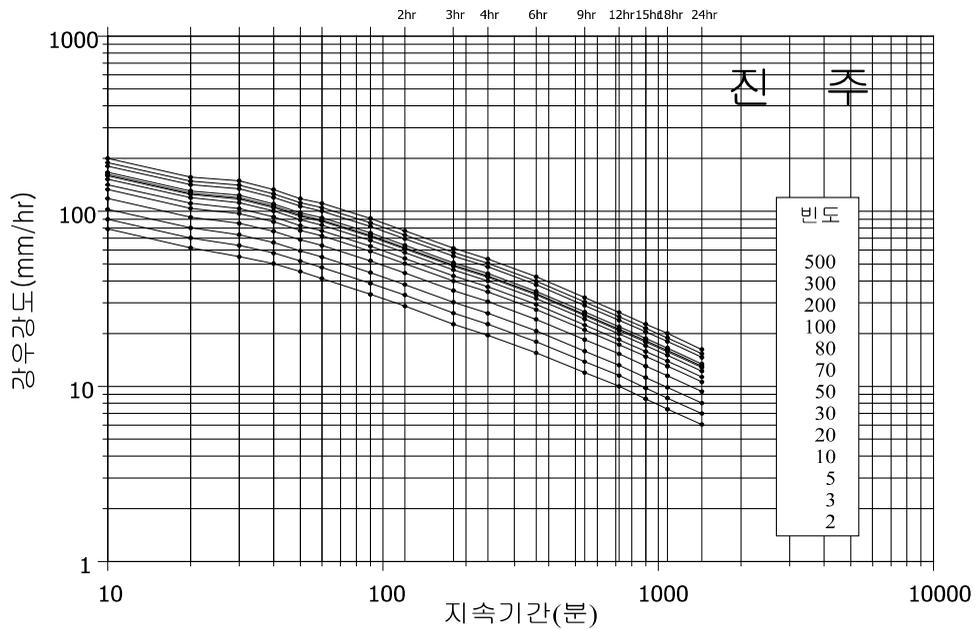
〈그림 5.30〉 제주(184) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



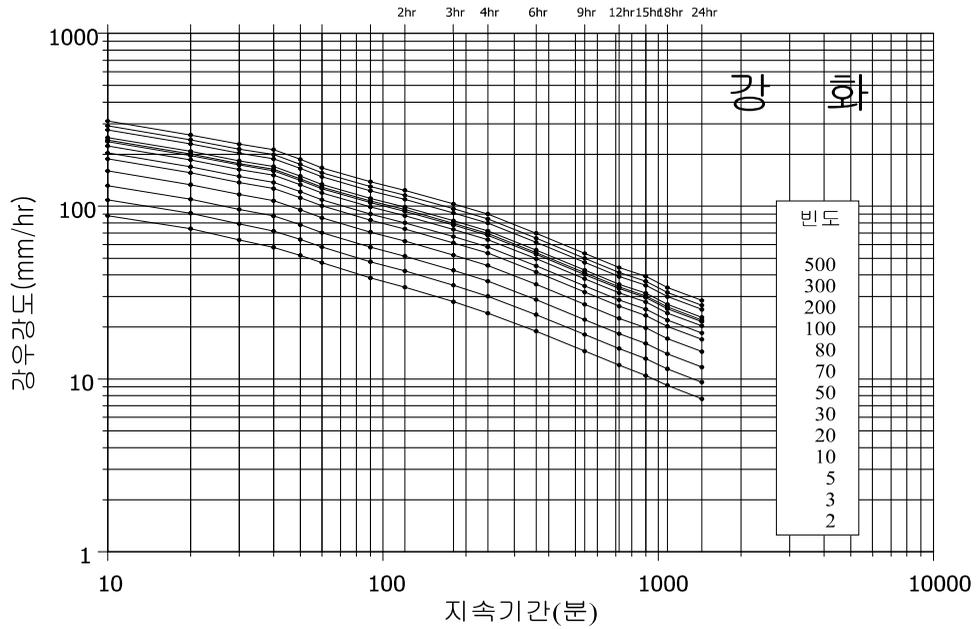
〈그림 5.31〉 제주고층(185) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



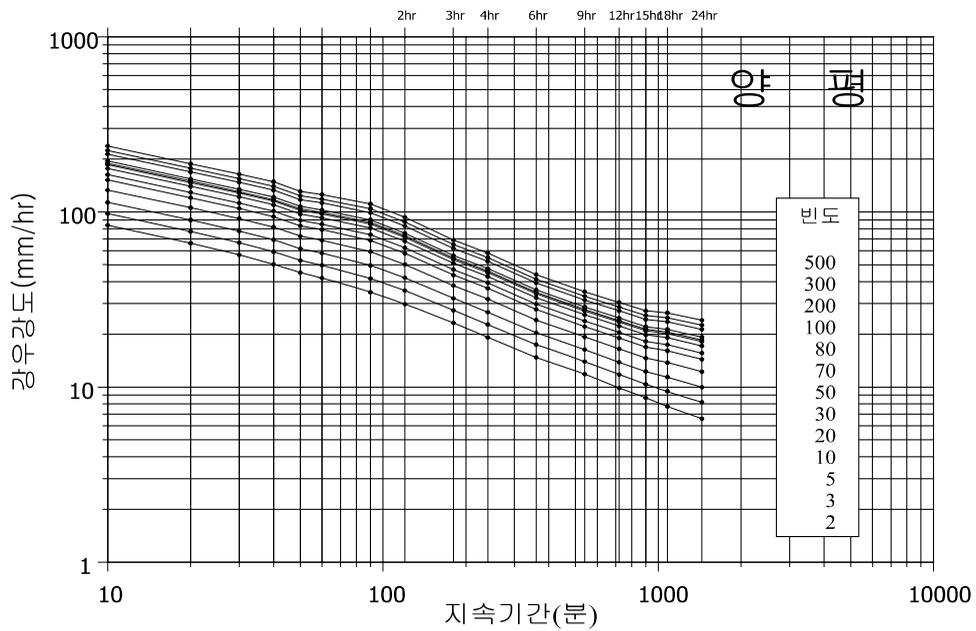
〈그림 5.32〉 서귀포(189) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



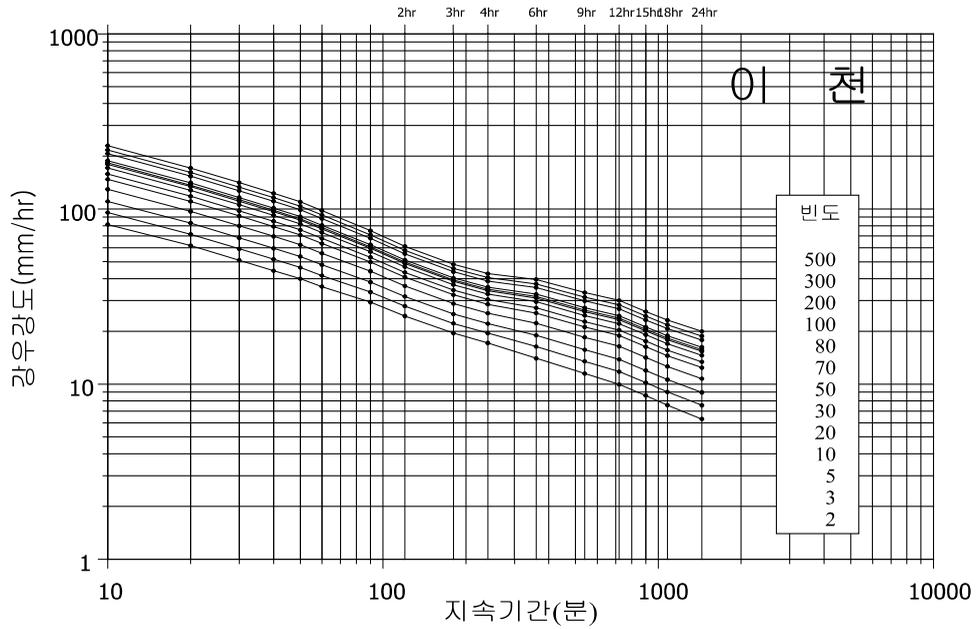
〈그림 5.33〉 진주(192) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



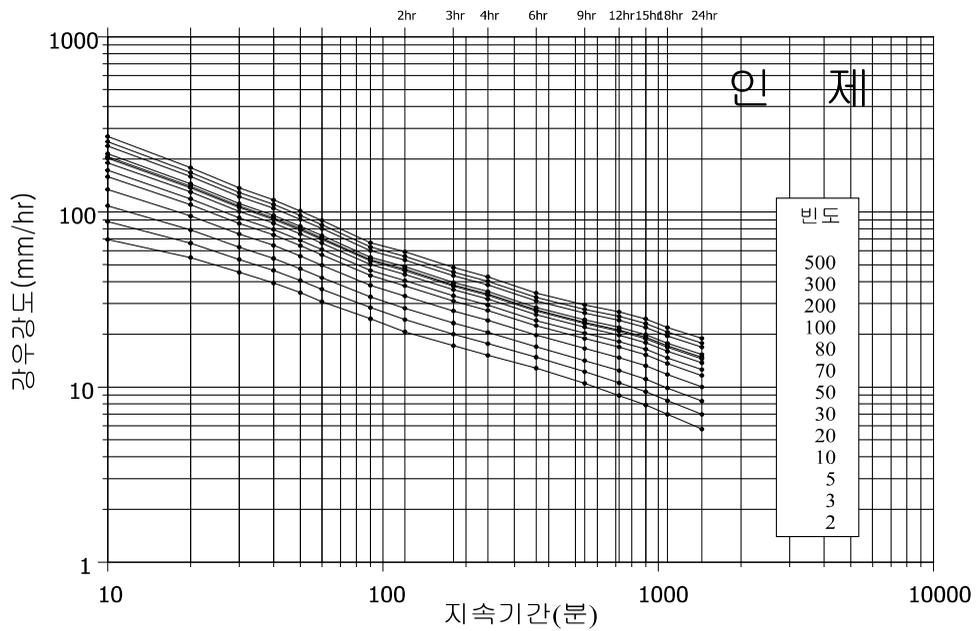
〈그림 5.34〉 강화(201) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



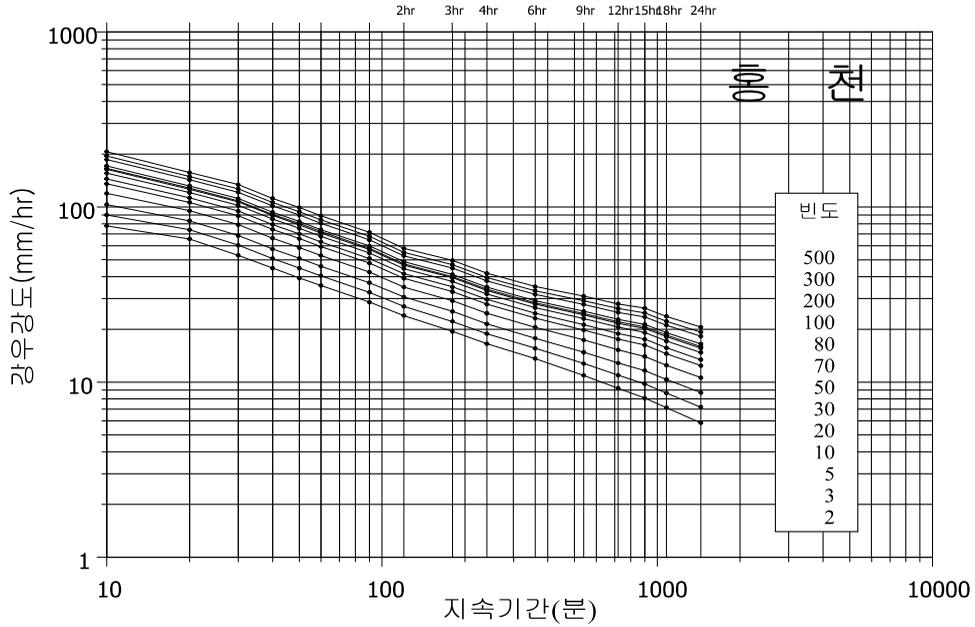
〈그림 5.35〉 양평(202) 지점의 강우강도-지속시간-빈도 곡선



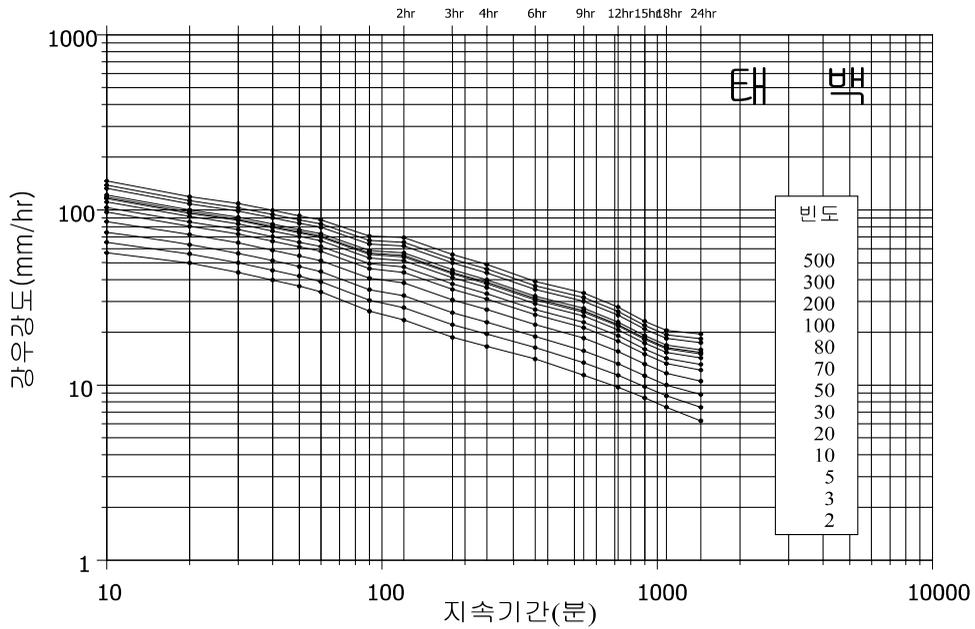
〈그림 5.36〉 이천(203) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



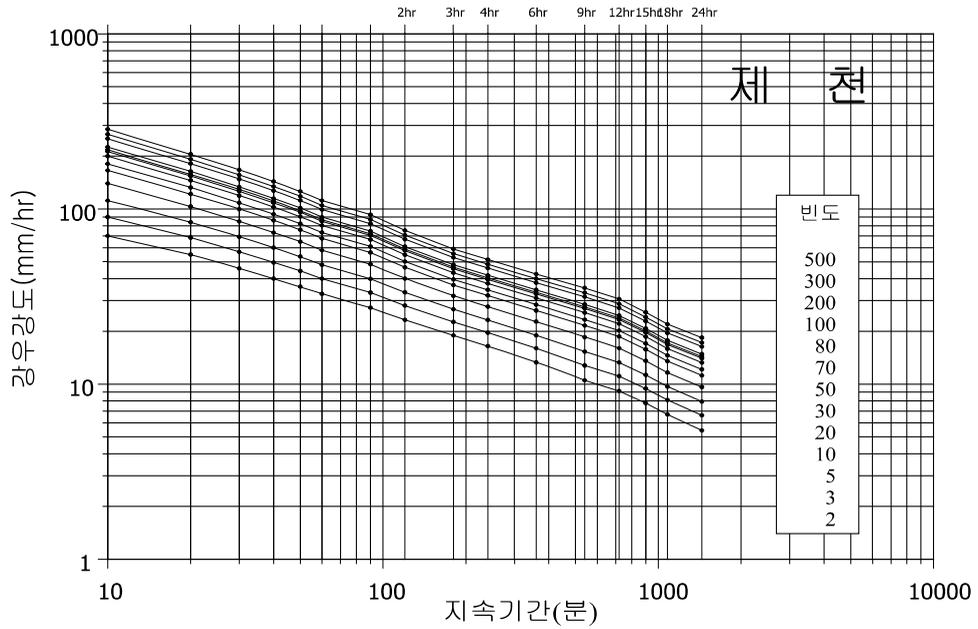
〈그림 5.37〉 인제(211) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



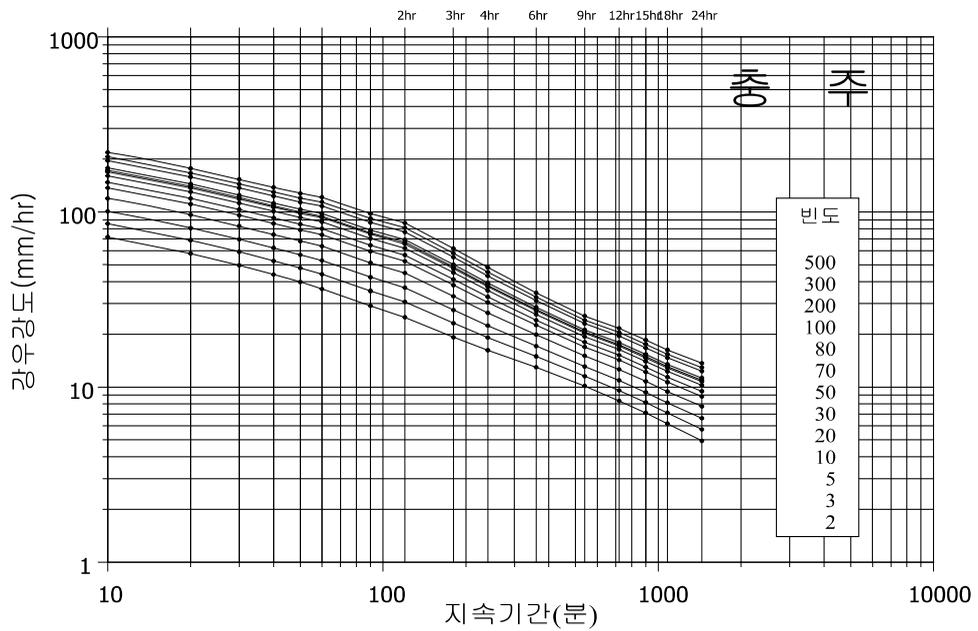
〈그림 5.38〉 흥천(212) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



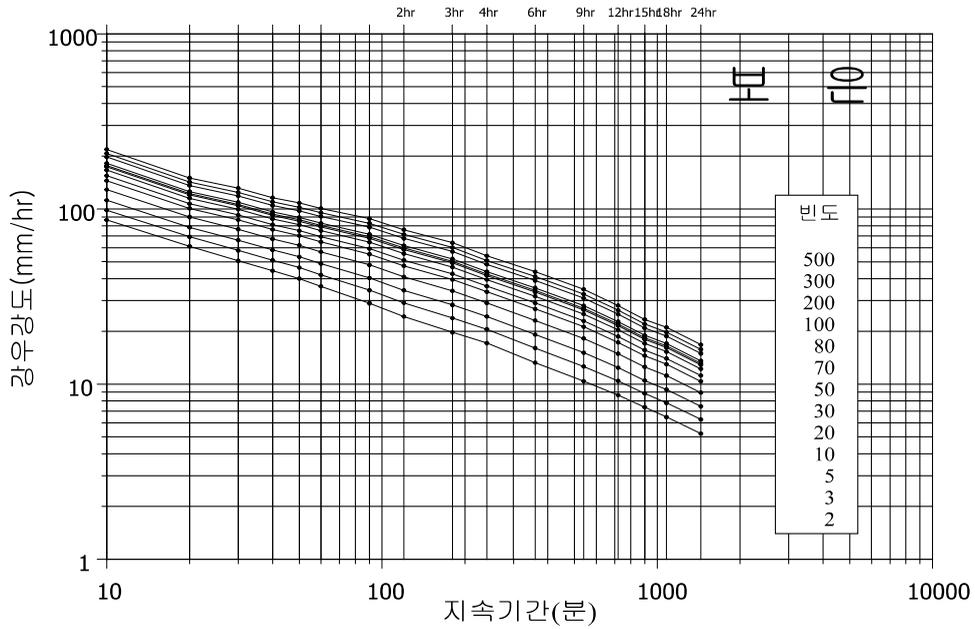
〈그림 5.39〉 태백(216) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



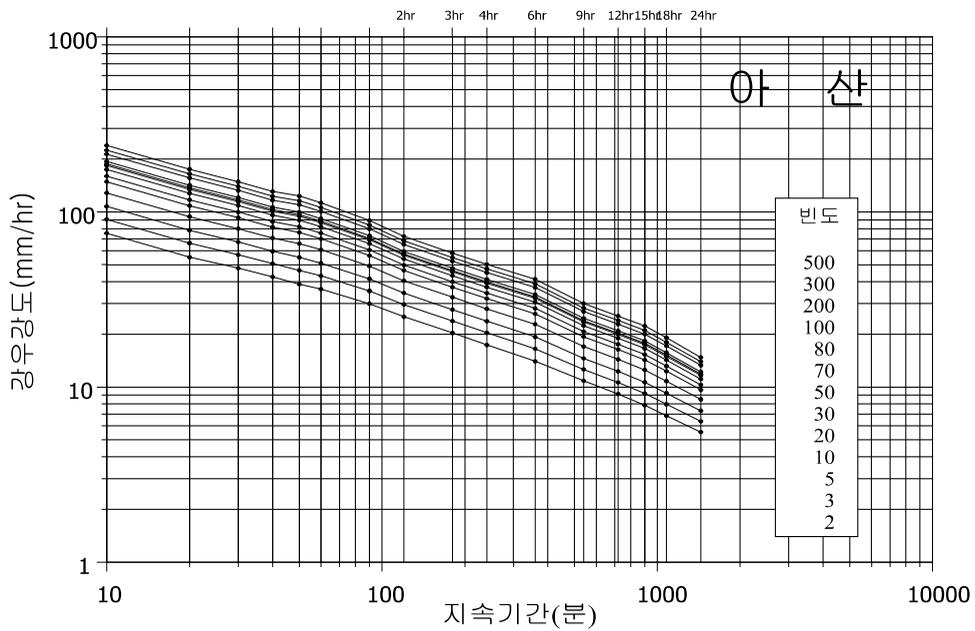
〈그림 5.40〉 제천(221) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



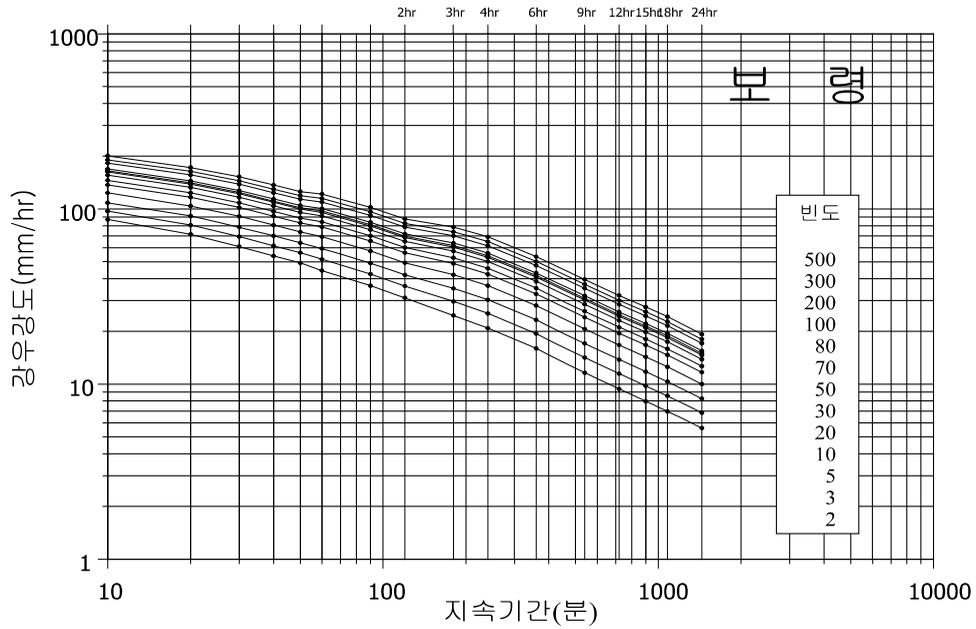
〈그림 5.41〉 충주(223) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



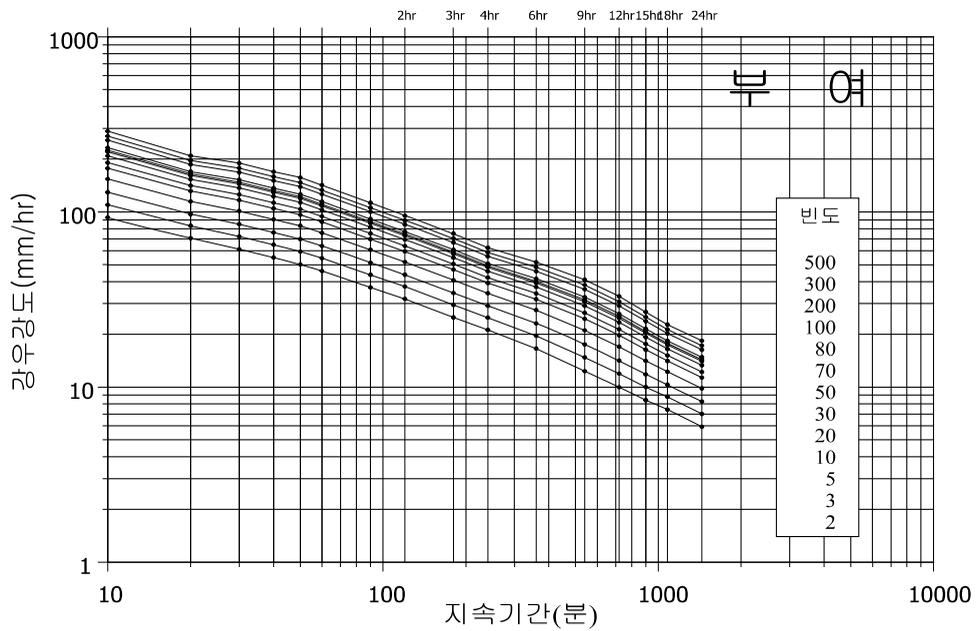
〈그림 5.42〉 보은(226) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



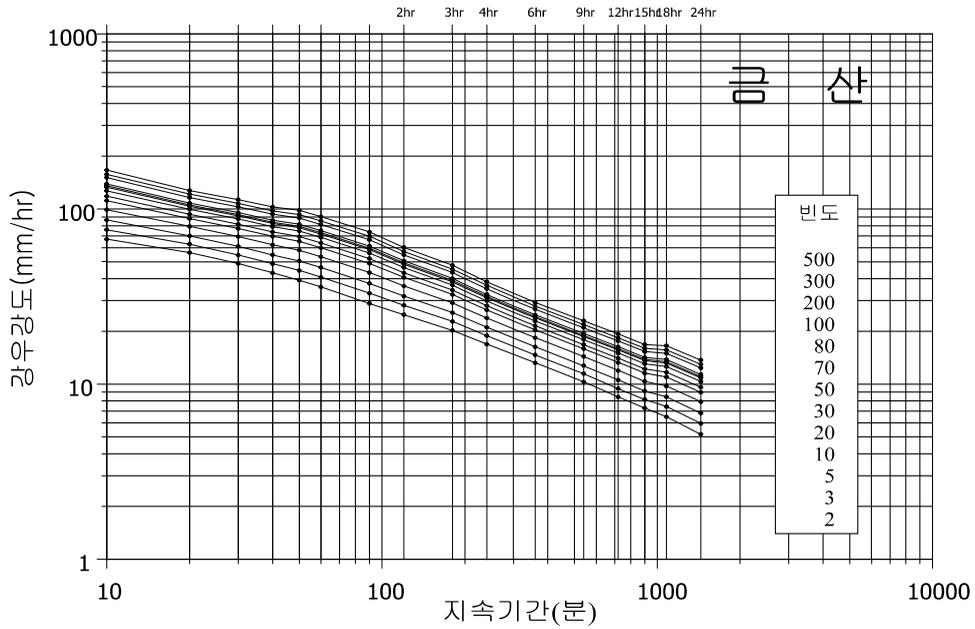
〈그림 5.43〉 아산(232) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



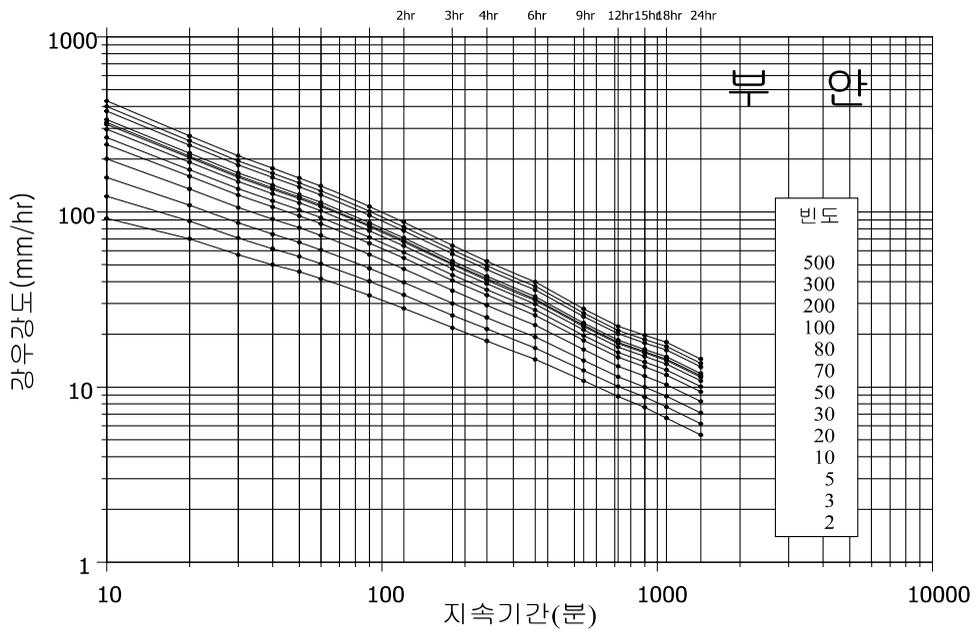
〈그림 5.44〉 보령(235) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



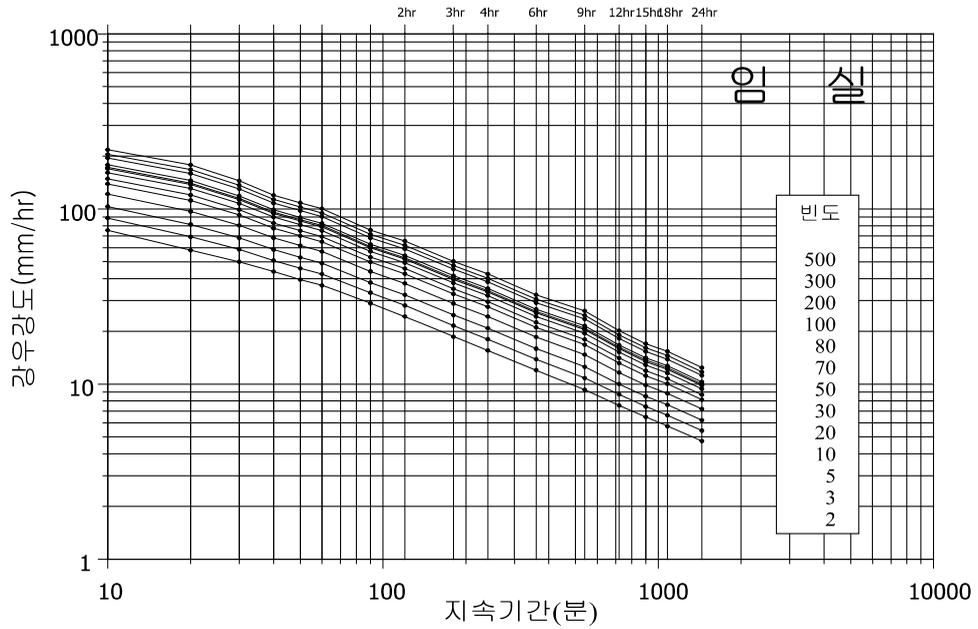
〈그림 5.45〉 부여(236) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



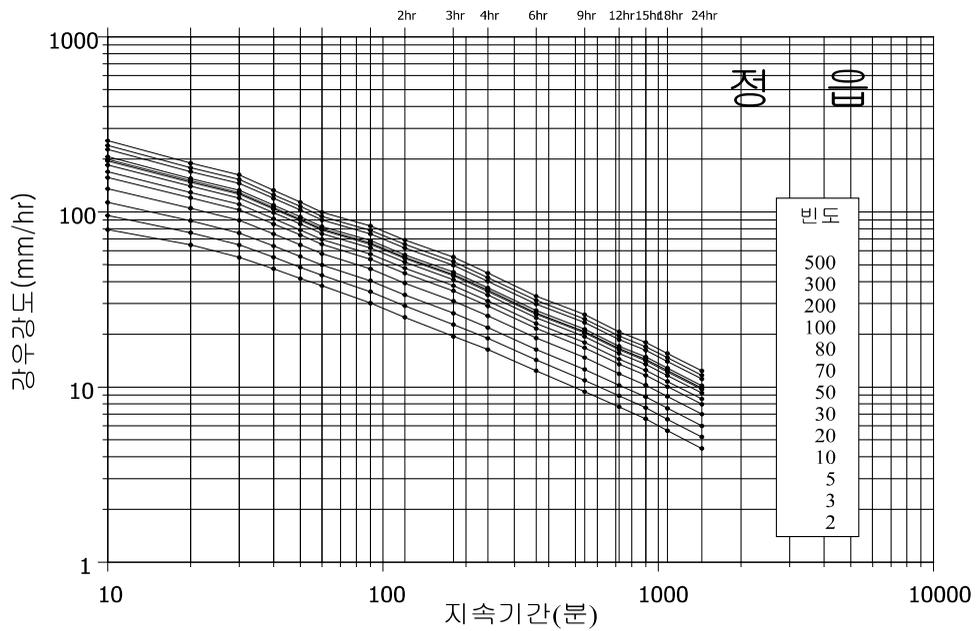
〈그림 5.46〉 금산(238) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



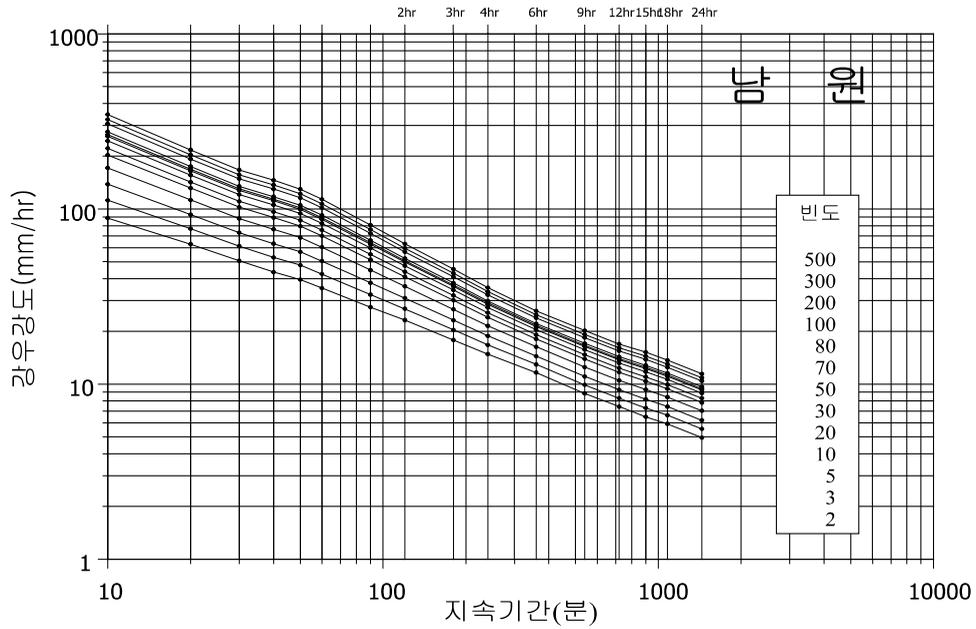
〈그림 5.47〉 부안(243) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



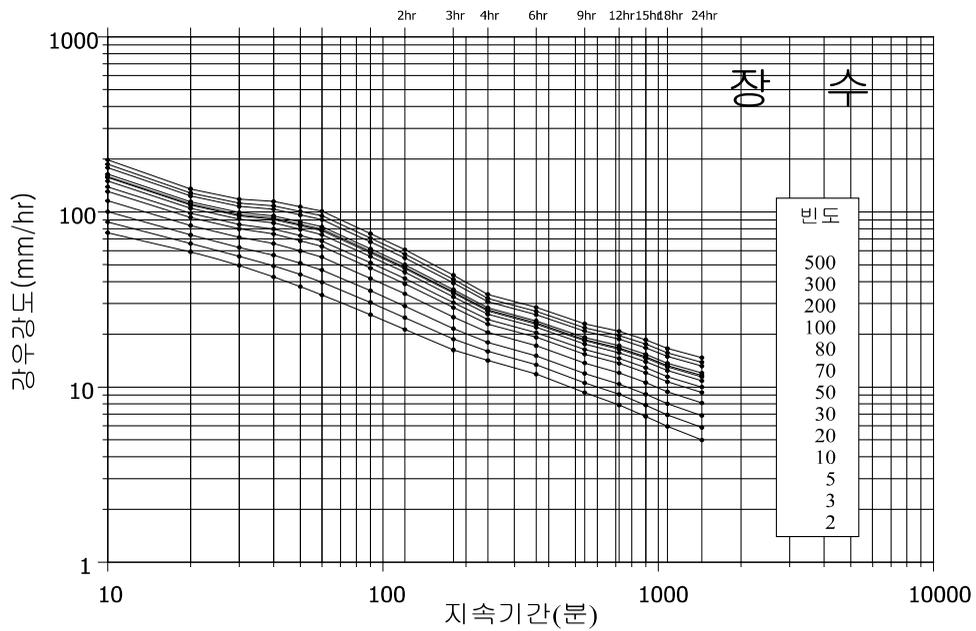
〈그림 5.48〉 임실(244) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



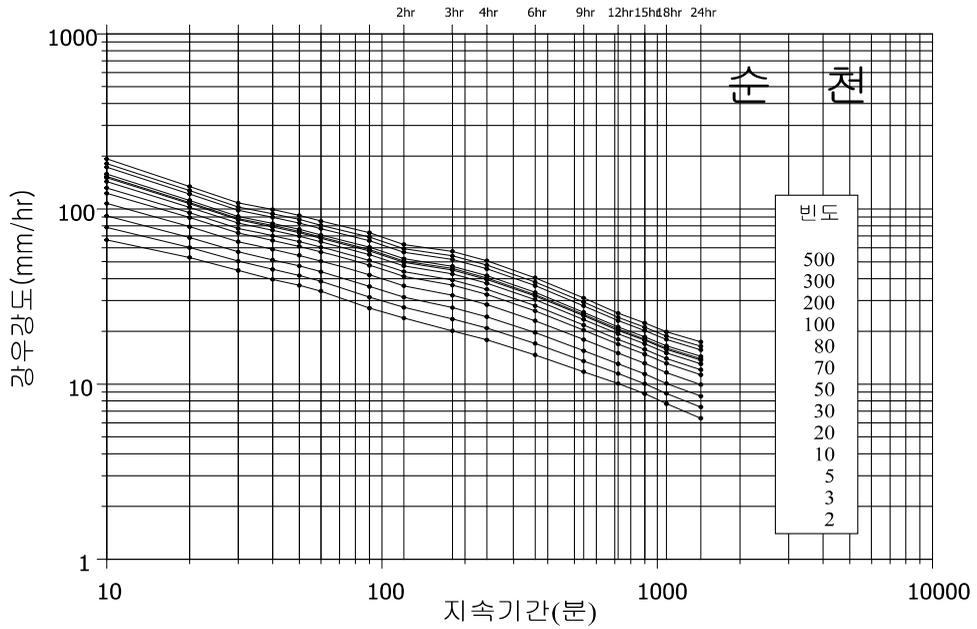
〈그림 5.49〉 정읍(245) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



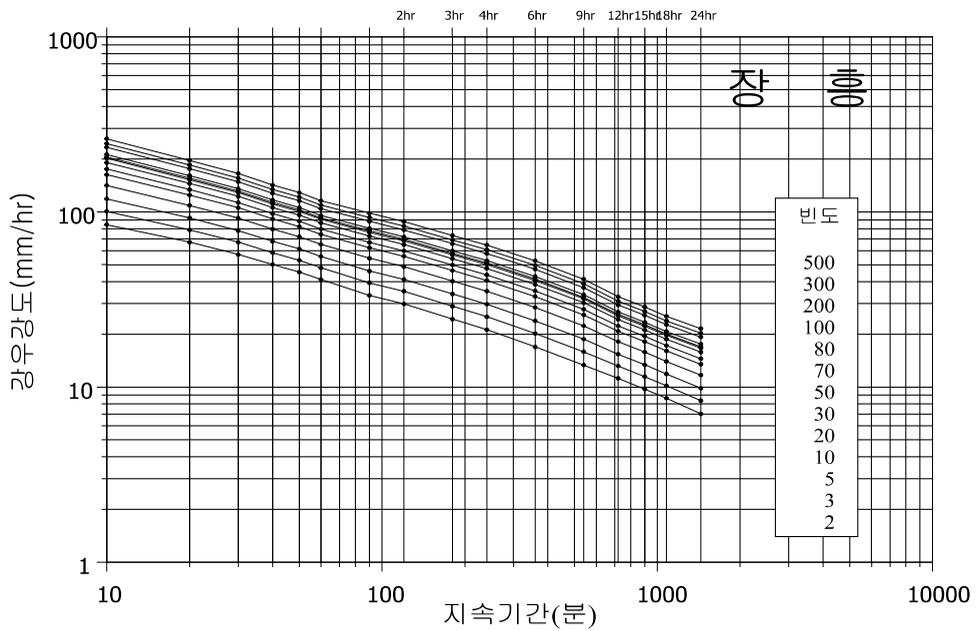
〈그림 5.50〉 남원(247) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



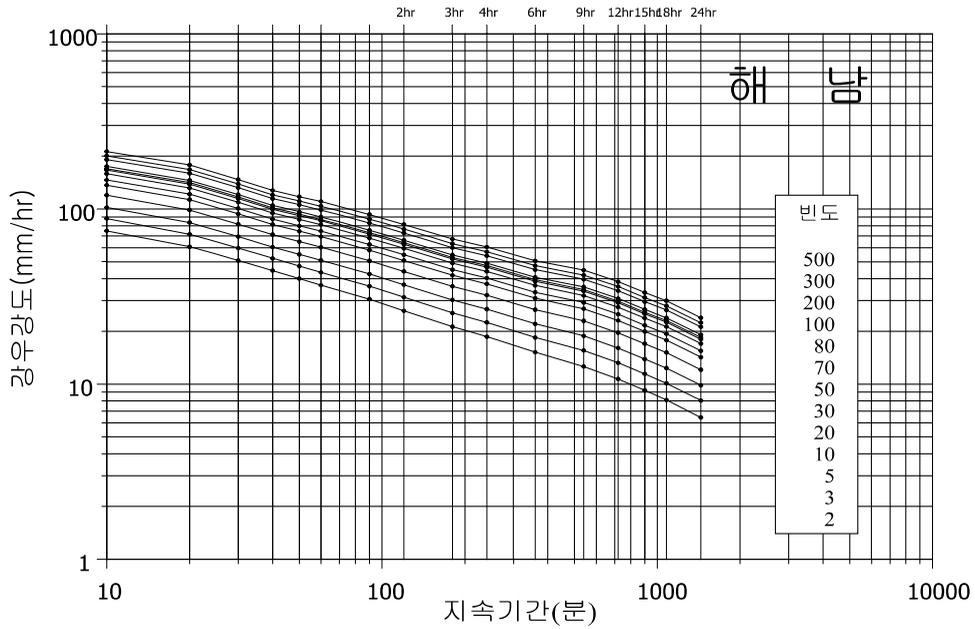
〈그림 5.51〉 장수(248) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



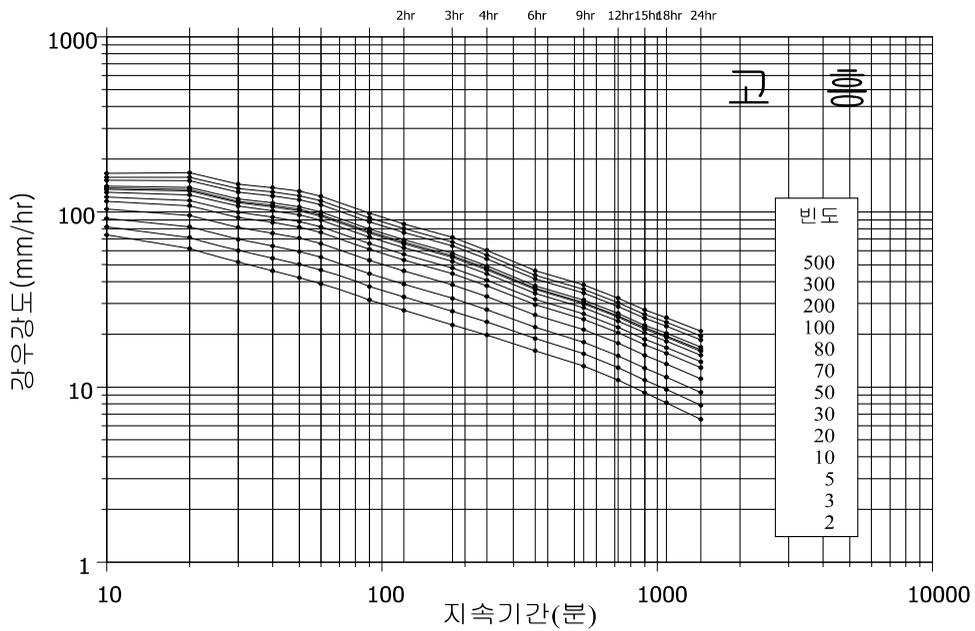
〈그림 5.52〉 순천(256) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



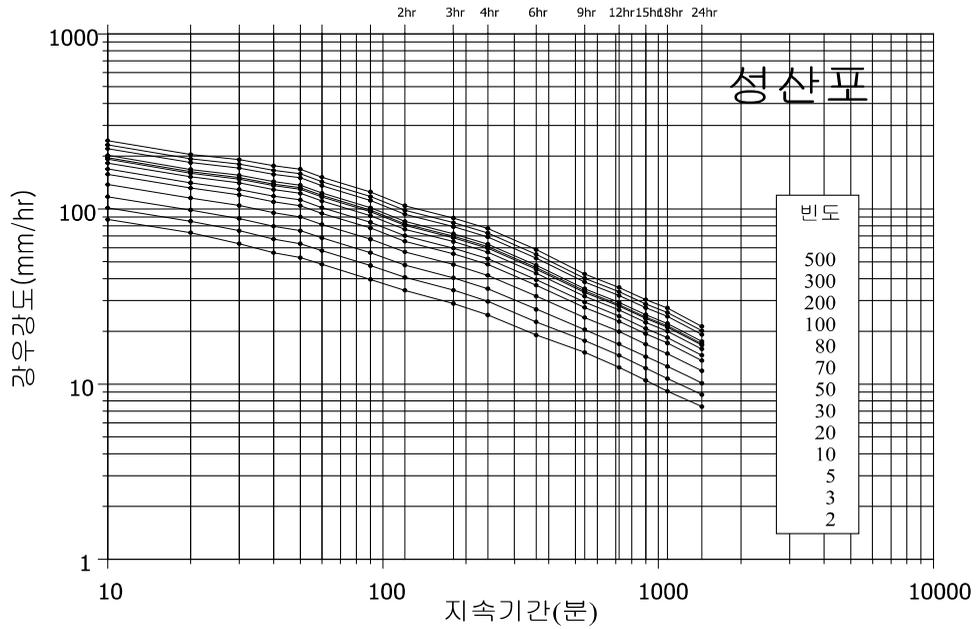
〈그림 5.53〉 장흥(260) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



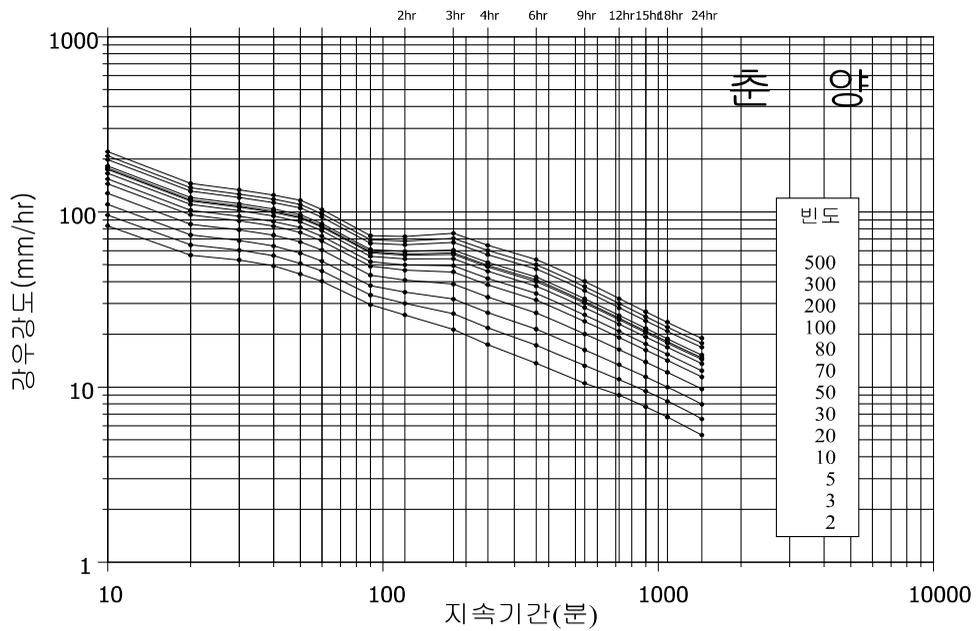
〈그림 5.54〉 해남(261) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



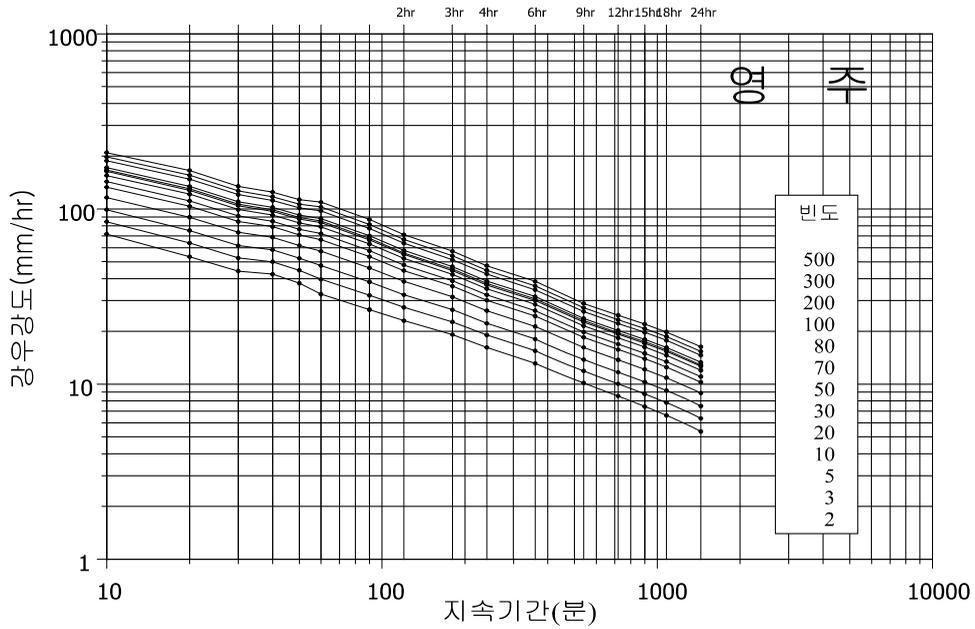
〈그림 5.55〉 고흥(262) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



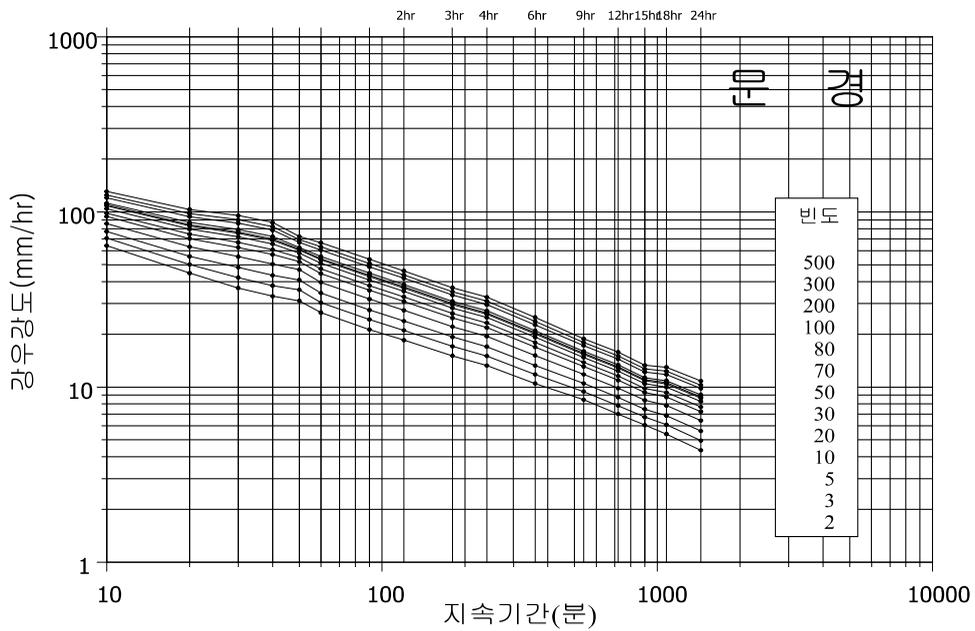
〈그림 5.56〉 성산포(265) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



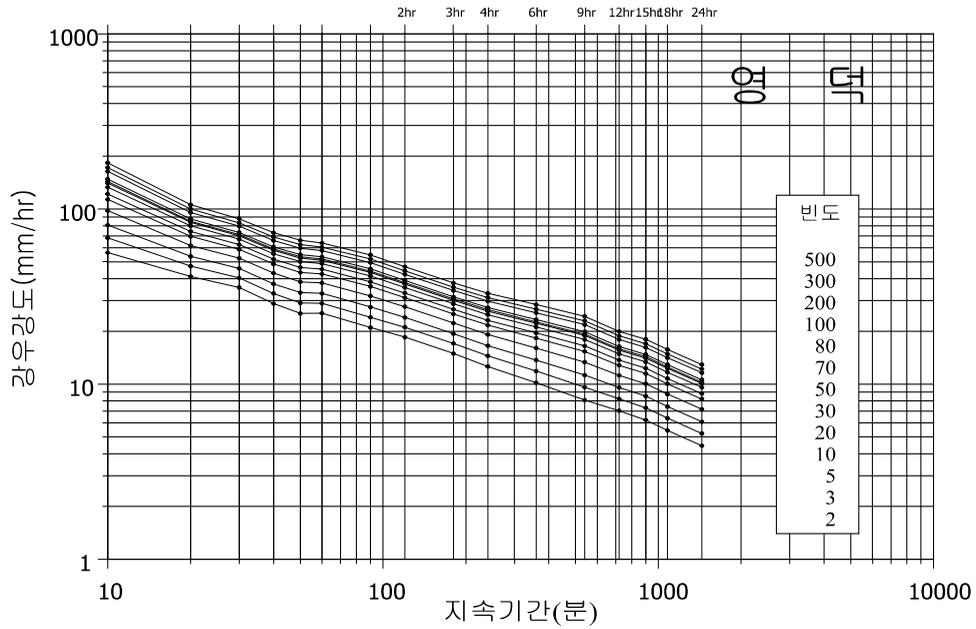
〈그림 5.57〉 춘양(271) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



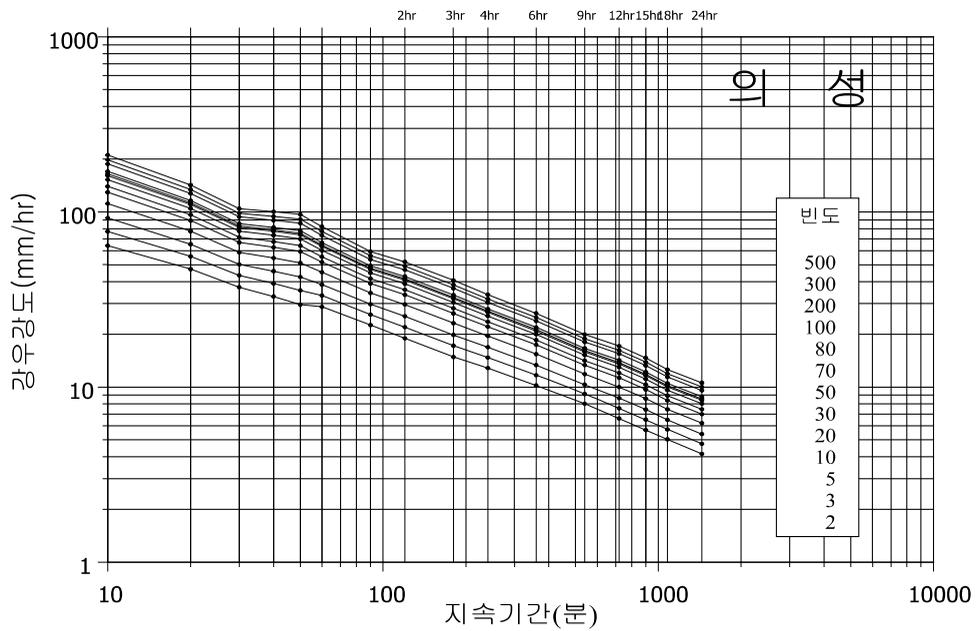
〈그림 5.58〉 영주(272) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



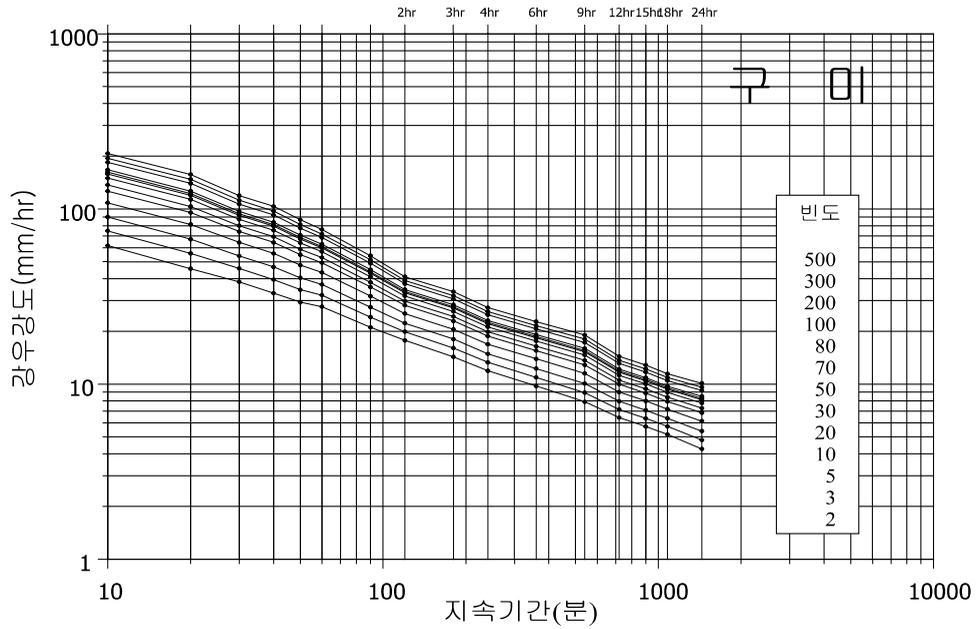
〈그림 5.59〉 문경(273) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



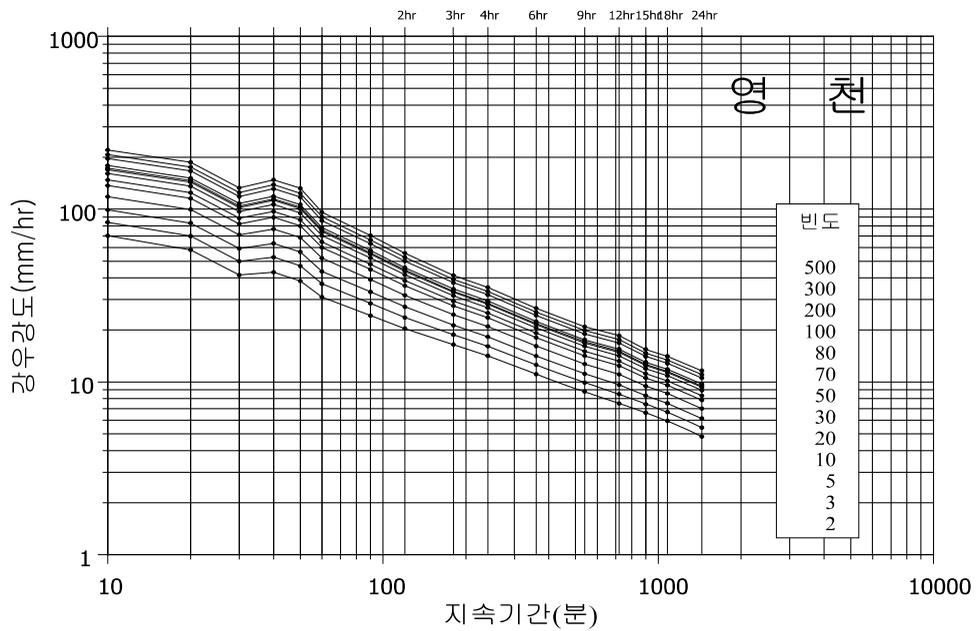
〈그림 5.60〉 영덕(277) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



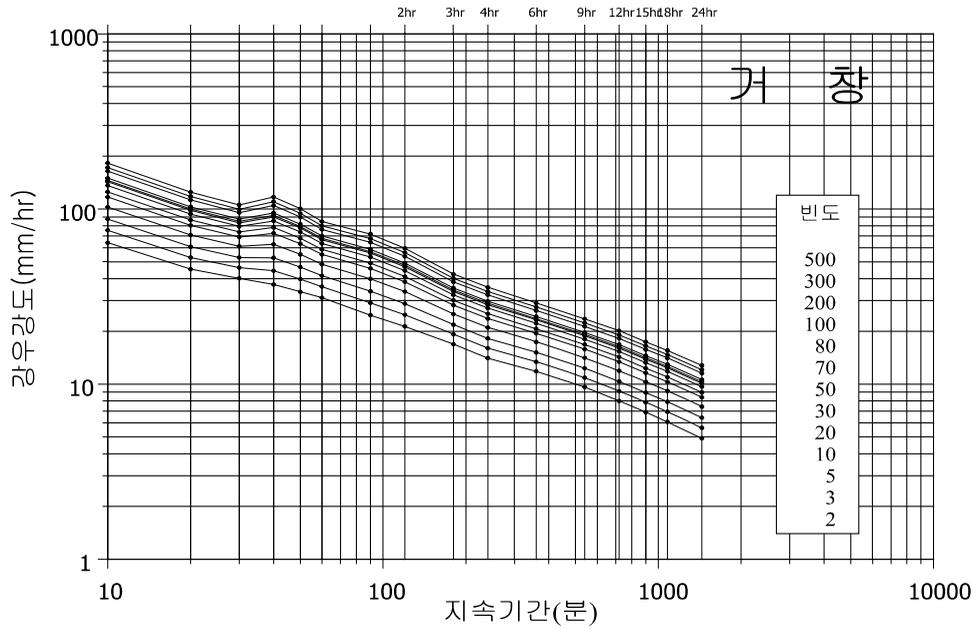
〈그림 5.61〉 의성(278) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



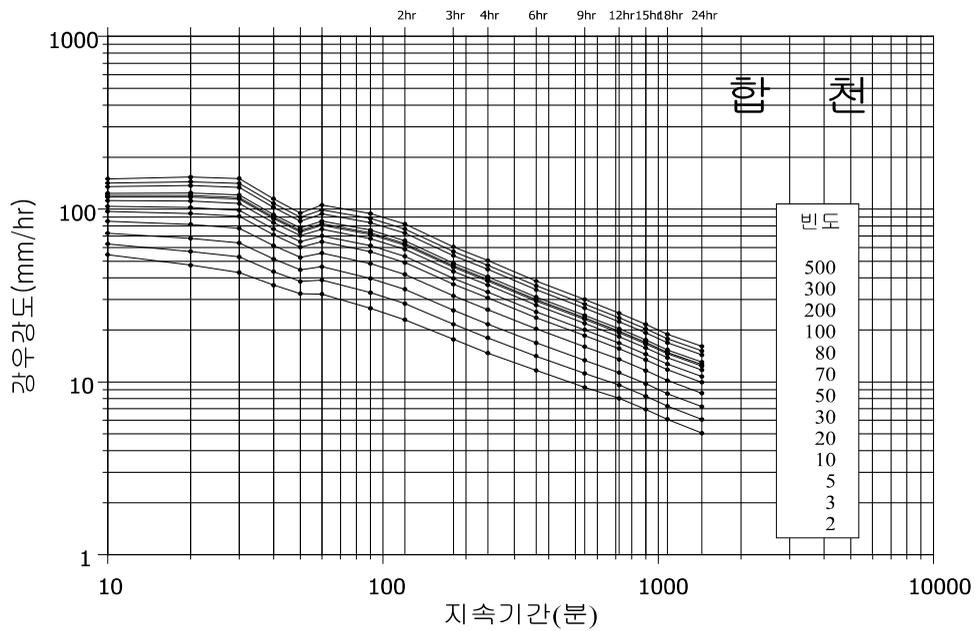
〈그림 5.62〉 구미(279) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



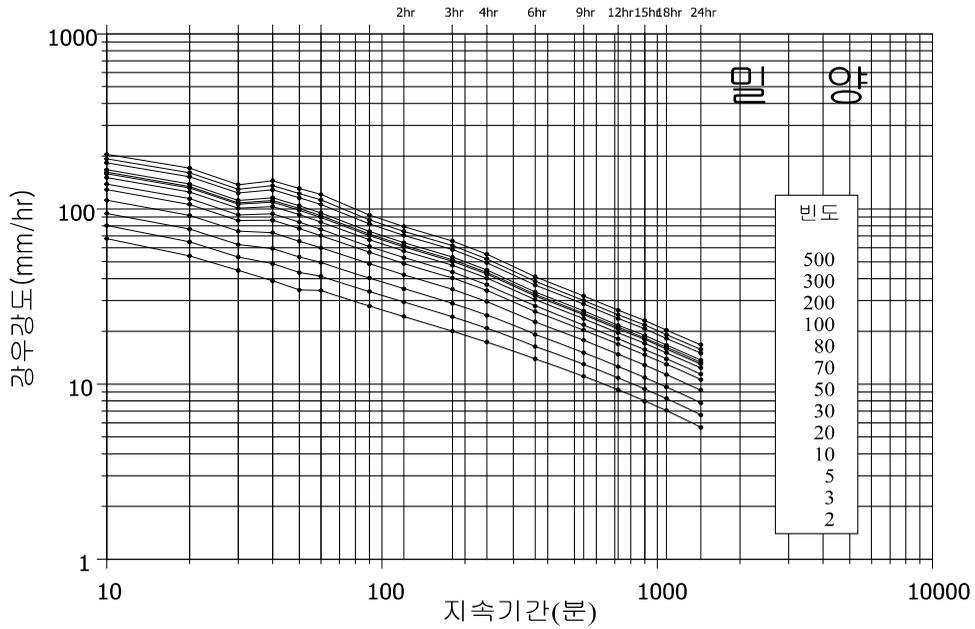
〈그림 5.63〉 영천(281) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



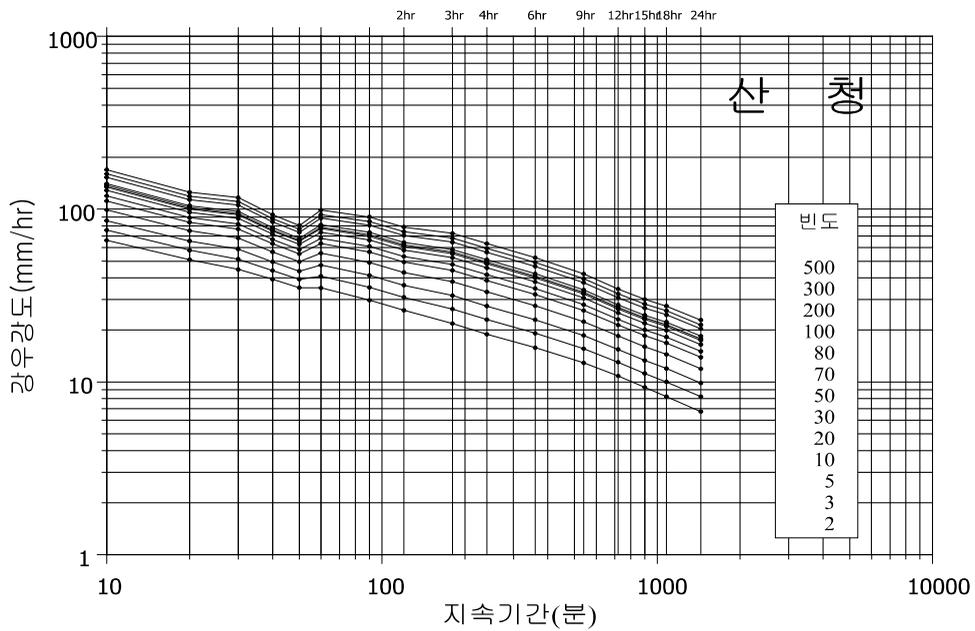
〈그림 5.64〉 거창(284) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



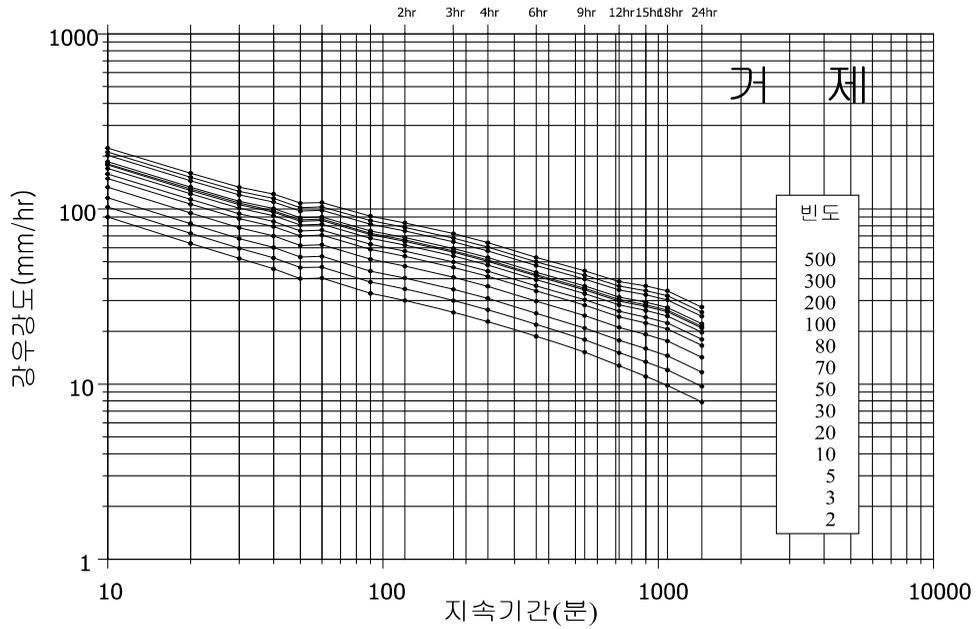
〈그림 5.65〉 합천(285) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



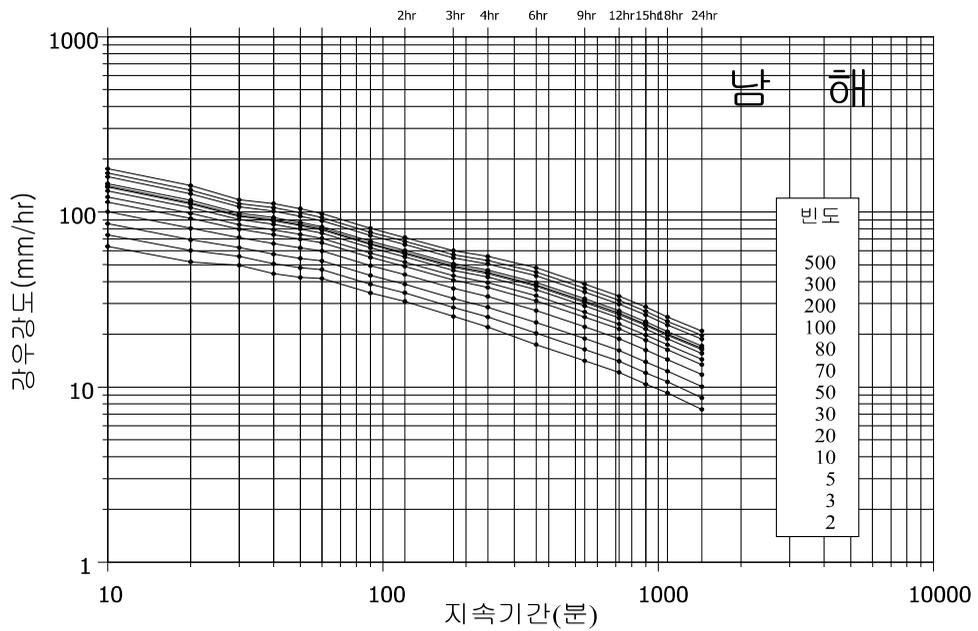
〈그림 5.66〉 밀양(288) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



〈그림 5.67〉 산청(289) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



〈그림 5.68〉 거제(294) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선



〈그림 5.69〉 남해(295) 지점의 강우강도-지속기간-빈도 곡선