

9110  
하19  
[4-1]

# 농지개량사업 계획설계기준

수로공 1편

농 수 산 부

## 머 리 말

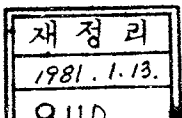
지금 세계는 에너지 및 식량자원의 개발에 총력을 경주하고 있으며 더구나 우리는 식량의 자급 달성이라는 숙명적인 과제를 부여 받고 있다.

농지기반조성 및 정비가 식량증산의 기간이 되고 용수 시설은 그 기본 시설인바 물관리의 합리화를 위하여 이번에 농지개량사업의 계획 설계 기준으로 "수로공편"을 내어 농계됨을 진심으로 기뻐하는 바이다.

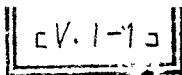
앞으로 이 설계 기준을 활용하여 계획의 합리화에 기여 할 수 있기를 바라며 편찬에 수고를 아끼지 않으신 여러분의 노고에 심심한 사의를 표하는 바이다.

1974년 12월 일

농 수 산 부 장 관 정 소 영



GP 521.537-1-1-1=2



# 目 次

第1章 総説	1
1. 1. 総説	1
1. 2. 水路の分類	1
1. 3. 水路の組織	2
第2章 調査	2
2. 1. 調査方針	2
2. 2. 路線の選定	3
2. 3. 調査の順序	5
2. 4. 調査の内容	5
第3章 豫備設計	18
3. 1. 目的	18
3. 2. 計劃通水量の確認	18
3. 3. 水路形式の概定	18
3. 4. 通水施設の路線と工程配置	19
3. 5. 分水工	23
3. 6. 水頭の配分	23
3. 7. 構造物の比較設計	28
第4章 設計の基本事項	28
4. 1. 適用	28
4. 2. 水理設計	28
4. 3. 流量計算	29
4. 4. 水路の余裕高	50
4. 5. 水理計算附表	57
4. 6. 構造設計	70

# 第1章 總說

## 1. 1. 總論

水路를 調査·設計함에 있어서는 그 사용목적을 정확하게 이해하고 水路系統 전체를 그 목적에 적합한 한 系列의 構造物로서 体系를 세워서 작업을 진행하지 않으면 안된다. 즉, 水路란 어떤 목적을 가지고 一定한 量의 물을 어떤 지점에서 다른 지점까지 도수하기 위한 一連의 構造物로서 여기에는 通水施設, 分水制水施設, 保護·保安施設, 附帶施設 등이 포함되며, 支線·支渠로 分岐되어 水路組織 (또는 水路系統) 을 形成한다. 따라서 水路는 다른 構造物과 마찬가지로 豫상되는 여러가지 外的條件에 대하여 항상 適應하며 安정된 構造物이 되도록 計劃·設計하지 않으면 안된다.

이 基準에서는 이러한 一貫의인 方法 具體的으로는 特히 工種間의 傾斜度配分이나 水頭高, 水面高, 水路底高의 一覽表작성 등으로 設計에 반영시키지만 個個의 構造物의 水理·構造設計에 있어서도 이러한 점을 잊어서는 안된다. 다만, 여기서 강조되고 있는 一貫性이란 단순한 安全率, 余裕高 등을 통일하자는 것이 아님에 유의하여야 한다.

이 基準의 適用範圍는 灌溉 排水를 주목적으로 하는 水路로서 표준적인 규모나 조건에 대하여 調査·設計의 일반적인 基準을 나타내는 것이다.

따라서 농업을 주목적으로 하는 水路일지라도 温水路, 送泥水路 등에는 적용되지 않는다.

이 基準의 用水路에 있어서의 적용범위는  $30\text{m}^3/\text{sec} \sim 0.2\text{m}^3/\text{sec}$  정도를 잡고 있으나 이 범위 이외의 것에 대해서도 이 基準을 準用하되 보다 大規模의 水路에 대해서는 특별한 검토가 필요하다. 그 대신 小規模의 水路에 대해서는 이 基準중에 있는 어느 부분에 대해서는 생략할 수 있다. 이들 個個의 특수한 경우에 대해서는 이 基準에서는 언급하지 않는다.

## 1. 2. 水路의 分類

이 基準에서는 水路를 그 사용목적, 계통 및 형식에 따라 다음과 같이 분류한다.

목적에 의한 분류: 用水路, 排水路, 用排水兼用水路

계통에 의한 분류: 幹線, 支線, 支渠

형식에 의한 분류: 開水路形式 管水路形式

가. 목적에 의한 분류

(1) 用水路: 농업용수를 전용으로 또는 多目的의 用水를 兼用으로 이용하는 것.

(2) 排水路: 주로 농지 및 촌락의 排水를 목적으로 하는 것.

(3) 用排水兼用水路: (1), (2)의 機能을 1개의 水路로서 兼하고 있는 것이지만 必要斷面의 確保라는 관점에서 水路斷面은 일반적으로 排水路斷面으로 계획하고 있다.

나. 계통에 의한 분류

水路의 계통 (水路組織內에서의 위치) 에 의한 분류에 대하여 이 基準에서는 用水路는 원칙적으로 取水點으로부터 순서대로 幹線, 支線, 支渠로 分類·呼稱한다. 또한 排水路에 있어서는 下流 끝으로부터 用水路에 準하여 分類한다.

다. 형식에 의한 분류

水路系統 전체를 그 주요부분의 機能과 構造面에서 開水路形式과 管水路形式으로 분류한다.

(1) 開水路形式: 開水路를 주제로 하는 형식으로서 터널, 暗渠, 逆사이폰 등의 管水路가 부분적으로

있더라도 開水路形式이라고 부른다. 水理的으로 逆사이폰을 제외한 自由水面을 가진 流路이다.

(2) 管水路形式: 管水路를 주체로 하는 水路形式으로서 水理的으로는 壓力·滿流管路이다.

### 1. 3. 水路의 組織

#### 가. 조직의 확정

각 水路는 사업의 목적, 지역의 상황 등 객관적인 立地條件에 의하여 그 성격을 달리하므로 이러한 것들에 상응한 水路組織을 確定하는 일이 필요하다.

#### 나. 조직의 구성

水路組織은 다음과 같은 여러 施設로 構成된다.

- (1) 通水施設
- (2) 分水 및 制水施設
- (3) 保護·保安施設
- (4) 管理施設
- (5) 附帶施設

이들 諸施設을 하나의 組織체로서 有機的으로 결합하여 안전하고 경제적인 水路組織이 되도록 設計한다.

#### 다. 구성 시설의 개요

水路를 構成하는 각종 시설의 목적·분류의 개요를 설명하면 다음과 같다.

- (1) 通水施設: 導水路를 위한 基本施設로서 다음과 같은 것을 들 수 있다.  
開水路, 터널, 暗渠, 사이폰, 水路橋, 파이프라인, 落差工, 急流工 등
- (2) 分水 및 制水施設: 水路 상하간 또는 水路로부터 用水를 配分하는 시설 및 分水·配水·量水 등을 위하여 水路內에서 水位·流量을 調整하는 施設로서 다음과 같은 것들이 있다.  
分水工, 量水裝置, 水位, 水量制水施設, 放水工, 余水工, 배기관, 調整池, 溜池 등
- (3) 保護·保安施設: 水路의 諸施設을 保護하기 위한 施設 및 公共의인 安全施設로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다. 橫斷排水構造物, 流入構造物, 排水溝 등.
- (4) 管理施設: 水路를 維持·管理하기 위한 施設로서 다음과 같은 것들이 있다.  
管理用道路, 通信施設, 制御施設, 記錄施設, 管理建物 등
- (5) 附帶施設: 補償의 性格의 施設로서 예를 들면 橫斷하는 橋梁, 다른 水路 등을 들 수 있다.

이상에서 水路組織의 개요를 설명하였으나 앞으로 水路를 調査·設計함에 있어서는 같은 系統의 水路網 또는 전체의 水路構造物에 대하여 水路組織으로서의 調和 있는 調査, 路線選定, 構造物設計, 施工計劃, 管理시스템 등을 考慮하는 일이 중요시되고 있다. 특히 논과 밭의 灌溉에 共用되거나 또는 上水道나 工業用水와의 共用 등과 같은 水路의 多目的利用이 많아 지고있는 현상에 비추어 水資源의 효과적인 이용을 위한 水路·水位의 合理的인 制御 및 파이프라인·시스템의 導入. 或은 路線의 경제적인 설계등을 위하여 水路組織 전체의 調和를 考慮할 필요성이 커지고 있다.

## 第2章 調査

### 2. 1. 調査方針

調査는 路線의 選定, 設計基礎가 되는 數値와 施工指針의 확정을 위한 資料를 얻기 위하여 行하는 것으로서 면밀한 계획 밑에 精確한 順序에 따라 실시하지 않으면 안된다.

가장 좋은 路線을 선정하는 것이 調査의 궁극적 목적이므로 이 작업이 水路의 機能과 안전성 및 경제성을 좌우하는 가장 큰 要素가 되는 것이다.

따라서 調査業務는 그 初期段階로부터 水路에 대하여 設計·施工·管理까지를 포함한 넓은 지식과 경험을 가지고 있는 技術者의 一貫된 지도하에 실시 하여야 한다.

## 2. 2. 路線의 選定

### 2. 2. 1 一般事項

路線의 선정에 있어서는 기술적 경제적 및 사회적 조건 등을 고려하여 가장 좋은 路線을 결정하게 된다.

路線選定에 있어서는 通水施設의 工種配置는 물론 水路組織內的 각 시설의 배치나 형태도 고려하지 않으면 안된다.

또한 用地取得 用·排水慣行 등 사회적인 관련을 가지는 문제도 일어나게 되므로 현지에서 中心點의 位置를 設定하기까지는 신중한 태도로 調査와 검토를 하지 않으면 안된다.

水路의 경제성은 거의 그 位置에 따라 支配되므로 몇가지의 水路位置의 比較設計가 필요하다.

路線의 選定에는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① 되도록 直線으로 하며 가능한대로 짧은 거리를 통하게 한다.
- ② 土質이 나쁜 곳을 피하며 人家나 交通기관에 위험을 주지 않게 한다.
- ③ 盛土區間은 될 수 있는대로 적게 한다.
- ④ 土工費를 가능한한 적게 한다.
- ⑤ 用水路는 灌溉를 용이하게 하기 위하여 대체로 水位를 높이 유지한다.
- ⑥ 排水路는 低位部에 설치하며 地下排水를 고려할 때는 거기에 알맞는 깊은 断面으로 한다.
- ⑦ 用·排水兼用水路는 주된 목적을 排水路로서 계획하며 灌溉를 위해서는 堤堰을 높여서 水位를 높이 사용한다.

用水路의 余水工, 放水工, 分水工, 등은 그 위치의 선정에 制約을 받기 때문에 이런것들에 관련되는 河川 및 受益地의 상태 등도 고려하지 않으면 안된다.

長大한 多目的用水의 幹線水路 또는 발灌溉를 주로 하는 幹, 支線水路에서는 調整池의 필요성과 가능성 등에 대하여도 검토할 필요가 있다.

幹線水路의 도중에 調整池를 설치함으로써 幹線水路의 断面이 縮少되어 工費의 節減, 水路構造의 단순화, 河川의 剩余水의 효과적인 이용 配水運營의 원활화 등 水路의 機能에 수 많은 有益한 結果가 기대된다. 또한 발灌溉를 주로하는 支線水路에서는 水路의 도중에 溜池(Farm Pond)를 설치함으로써 水路断面의 縮少 및 配水運營의 합리화를 꾀하고 있다.

用水路는 원칙적으로 受益地에 自然灌溉를 할수 있도록 地區의 높은 곳을 等高線에 따라서 幹線水路의 路線을 決定하여야 한다. 높은 部位가 차지하는 면적의 비율이 전체에 비하여 얼마 안될 때는 그 일부를 펌프로 揚水하는 등 전반적으로 공시비나 장래의 관리비 등을 비교 검토한 후에 결정하여야 한다. 排水計劃에 있어서는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① 路線은 원칙적으로 地區의 가장 낮은 部位에 마련하도록 한다.
- ② 地區의 일부(最低部)를 機械排水로 하고 高位部를 自然排水로 할 경우에는 上段排水路와 下段排水路로 구분하여 路線을 선정한다.
- ③ 전부를 機械排水로 하여야 되는 區域에서도 高位部, 低位部 또는 中位部 등으로 나누어서 排水路를 2段 또는 3段式으로 배치함으로써 排水經費를 節約할 수 있는 경우도 있다.

2. 2. 2 路線選定の 進行方法

路線은 원칙적으로 概定과 決定의 2 단계를 거쳐서 선정되지 않으면 안된다.

路線의 概定에서는 現地답사 및 지형도 등에 의하여 가능한 몇가지의 比較路線을 검토하여 路線을 선정한다.

路線의 決定에서는 概定路線의 實測地形圖를 기초로 하여 상세한 현지조사에 의하여 路線의 中心線을 現地에서 設定하게 된다.

가. 路線의 概定

(1) 路線의 概定은 小規模의 用·排水計劃에서는 初期段階부터 직접 現地답사에 의하나 大規模의 用·排水計劃에서는 적어도 受益地를 包含한 1:1000~1:5000의 항공사진 등에 의한 地形圖를 작성하여 그것에 의하여 작업을 진행한다.

(2) 上述한 지형도 자료 등에 의하여 가능한 몇가지의 路線이 想定되면 이들에 대하여 工種別 延長에 의한 水位를 想定하면서 主로 用·排水計劃의 妥当性和 建設費의 比較 검토를 한다.

이러한 경우의 建設費에 대해서는 [그림 2.2.1] 을 참고로 한다.

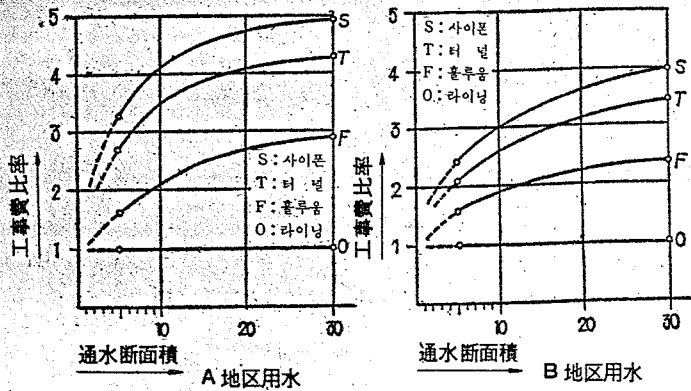


그림 2.2.1 工種別工事費比率圖表(參考)

(3) 上述한 比較路線에 대하여 現地답사 (主로 지형, 지표, 지질 등) 를 하고 設計·施工·管理·社會條件 등을 고려하여 그 優劣을 判定한다.

나. 路線의 決定

(1) 路線概定の 단계에서 가장 유리한 路線이 결정되면 水路의 규모에 따라 概定路線의 中心線으로 부터 10~100m 정도의 나비로 縮尺 1:500~1:1000 정도의 지형도를 작성한다. 이 지형도는 路線決定 및 設計 施工의 중요한 자료가 되므로 아주 정밀한 것이어야 한다. 또한 이런 경우에 작성되는 지형도가 앞으로의 用地取得 등에 이용될 수 있는 縮尺, 記錄을 包含하는 것이면 더욱 편리하다.

(2) 實測地形圖에 概定路線의 中心線을 기입한다.

이런 경우 水路의 工種의 概定은 물론 大략적인 形式, 断面, 構造 및 水位를 概定한 다음에 路線을 決定하지 않으면 안된다.

(3) 圖面上에서 결정된 路線에 대해서 現地를 상세하게 조사하고 필요하면 토질, 지질, 기타의 水文調査를 실시하고 現地에 中心線말뚝(I.P.點) 을 설정한다. 이런 경우 아직 해결되지 않은 문제가 남아 있는 部分에 대해서는 최종적인 路線의 확정은 보류하고 다시 한번 충분한 조사와 검토를 하도록 한다.

## 2. 3. 調査의 順序

水路의 調査는 원칙적으로 다음과 같은 2단계로 구분하여 순서에 따라 단계적으로 실시한다.

### 가. 豫備調査

數種의 候補路線 가운데서 1案을 概定하기 위한 調査 및 概定된 路線을 결정하기 위한 調査.

### 나. 實施調査

豫備調査에서 決定된 路線의 實施設計를 하기 위한 구체적인 조사

水路의 路線選定이나 設計를 위한 조사는 단순히 기술적인 문제만이 아니라 널리 사회적인 영향을 미치게 되므로 制約을 받는 일이 많으며 또한 조사로부터 施工까지 비교적 장기간에 걸쳐 점차로 보완하여 완성되는 것이다. 따라서 그 조사를 단순하게 몇단계로 구분하는 것은 어려운 일이지만 이基準에서는 오늘날 실시되고 있는 사업의 순서에 맞추어 위와 같은 2단계로 구분하기로 한다.

원칙적으로 豫備調査는 계획단계에서 하고 實施調査는 豫備調査의 결과를 받아서 實施設計의 단계에서 行하게 된다.

이러한 일련의 조사는 광범위한 문제점을 안고 있으며 장기간에 걸쳐서 이용되는 것이므로 조사의 실시순서, 범위, 등의 조사계획은 신중하게 안을 짜고 면밀하게 자료정리를 하지 않으면 안된다.

## 2. 4. 調査의 內容

### 2. 4. 1 測量 및 圖面化

水路의 계획 설계를 위한 측량은 필요한 범위에 걸쳐 하고 작성하는 지형도 縱·橫断面圖 등은 각각 필요한 縮尺을 가지며 必要한 범위, 필요한 모든 자료, 정보를 포함하여야 된다.

水路의 조사에 있어서는 그 단계에 따라 여러가지의 지형도, 종·횡断面도 등이 작성된다. 각 조사 단계에서는 각기 상황과 목적을 달리하고 있으므로 이들 圖面이 구비하여야 할 필수조건을 확일적으로 표준·도식화하는 일은 어려우며, 개개의 경우에 관해서 담당 기술자의 판단에 따라 정하지 않으면 안된다. 이 경우 조사의 중복을 피하기 위하여 測量, 圖面化의 범위는 허용되는 최대한의 범위로 하고 계획·설계에 필요한 자료·정보는 될 수 있는 대로 圖面안에 자세히 기재하는 것이 필요하다.

조사의 각 단계에서 제작하는 지형도 종·횡断面도 등은 表2. 4. 1을 참고로 하여 그 범위諸元 등을 정한다.

### 水路地形測量등의 標準

表 - 2. 4. 1

調査의 段階	豫 備 調 査		實 施 調 査	備 考
	路線概定을 위해	路線決定을 위해		
測量의 方法	空中寫眞測量 (또는 地上測量)	地上地形測量	地上地形測量 (縱橫斷 測量等)	이 表에는 調査의 各 段階에서 새로 추가하는 것만 列記하고 있다.
範 囲	關係地域全体	한쪽 10~100m나비		
測 点 間 隔			50m(地形變化점에 푸라스 杭木)	
等高線 間 隔	1.0~2.0m	用水路 : 1.0m 排水路 : 0.5m 발灌漑 : 0.5m		



調査의 段階	豫備調査		実施調査	備考
	路線概定을 위해	路線決定을 위해		
縮尺	1/1,500~1/5,000 발판개수가 증가되는 경우 1/1,000~1/3,000	1/500~1/1,000 規模工種에 따라 1/100~1/200	(縱橫測量) 橫: 1/500~1/1,000 縱: 1/100~1/200 (橫斷測量) 1/100~1/200	地形圖의 縮尺과 맞추어 同一圖面上에 나타내면 便利하다.
記事	開畓, 발판개 등을 計 酬하는 경우에는 이地形 圖를 利用할 수있다.	1. 이 調査는 概定路線 을 決定하고 水路設 計, 施工, 用地取得 등을 위한 資料이므로 充分히 精度를 가지는 것이어야 한다. 2. 比較的 긴터널(300m 程度以上)인 경우에는 터널出入口 및 仮設 附近의 地形測量에 고치고 中間地形 測量을 생략하여도 좋다.	1. 放·余水工 模斷構造 物 工事 및 管理用 道路 등에 대해서도 必要한 測量을 한다. 2. 긴 터널등으로 中心 말뚝의 設定困難한 경우에 三角測量 트 라바스測量 등에 의 하여 坑門의 位置를 決定하고 縱斷測量 을 생략하여도 좋다	

#### 가. 豫備調査

水路의 계획, 실제를 위한 土質 및 地質調査는 자료조사, 현지답사, 개략조사로 나누어져 각각 다음과 같이 진행된다.

##### (1) 資料調査

問題點을 명백히 하며 예비지식을 가지고 다음의 조사를 유요, 적절하게 진행시키기 위하여 필요에 따라 다음 자료들을 수집한다.

地形圖

地質圖

土性圖

土地利用圖

航空写真

土質調査記錄

既工事의 記錄, 管理記錄

우물 地下水에 관한 資料

災害에 관한 記錄

##### (2) 現地踏査

자료조사에 의하여 이해한 지역의 개요를 현지에서 확인하고 다음에 조사해야 할 지점을 선정하는 작업을 답사라고 한다.

대규모의 水路計劃에 있어서의 답사에는 각종의 전문가들과 동행하는 것이 바람직하나 특히 지질 전문가를 참가시켜 광범위하고 巨視的인 관찰을 행할 필요가 있다.

답사에서는 다음 사항을 조사하도록 한다.

- 露出된 地質 및 土質
- 地形, 地質의 概觀
- 側面의 狀況
- 地目 植物의 種類·繁茂의 狀況
- 既存施設의 狀況
- 우물의 水位, 湧水個所
- 土地의 來歷

(3) 概略調査

(가) 調査內容: (1), (2)의 조사에서 얻은 지식에 따라 水路計劃은 推進되며 路線은 概定에서 決定으로 構造物은 그 工種 配置의 概定대로 進行된다. 따라서 그 목적에 준하여 지질 및 토질개황을 이해하기 위한 조사가 概略調査이다.

조사항목으로는 水路의 규모나 중요도에 따라 다음 중에서 선택한다.

- 사운딩(貫入試驗 등)
- 오오가 보오링에 의한 試料採取
- 機械보오링에 의한 試料採取 및 標準貫入試驗
- 物理地下探査(彈性波探査, 音波探査, 電氣探査, 物理檢層) 등
- 試掘, 트렌치, 切取 등에 의한 觀察과 試料採取
- 現場透水試驗(揚水試驗, 注水試驗)
- 터널橫坑에 의한 觀察과 試料採取

(나) 調査地点의 選定: 調査地点의 選定에 있어서는 構造物의 重要도, 문제점의 有無, 지형 및 그 조사 내용에 따라 定하게되지만 기본적인 사항은 다음과 같다.

(1) 水路路線에 沿한 조사지점의 표준가격은 表 2.4.2를 참고로 한다. 다만, 사운딩, 오오가보오링 등이 가능한 지질에서는 그 간편성을 이용하여 되도록 많은 조사를 한다.

### 水路路線土質 및 地質概略調査標準間隔

表- 2. 4. 2

工 種	地 質 또는 工 種 規 模	標 準 間 隔
開 水 路	넓은 沖積平野	300~600m
	좁은 沖積平野	200~400
	溪谷間의 沖積平野	100~200
	平坦한 洪積台地	300~600
	起伏이 많은 洪積台地	150~300
사 이 폰	긴 것	150~300
	짧은 것	100~200
터 널	긴 것	200~700
	짧은 것	100~200

(2) 펌프장, 사이폰, 터널의 出入口工, 水路橋의 橋脚基礎, 放·余水工, 게이트部 등 重要구조물의 予定場所 및 연약지반지대, 透水性地盤, 팽창성 粘土地盤지대 및 斷層지대 등은 중점적으로 조사한다.

(3) 이 段階의 조사결과는 당연히 설계·施工의 자료로서도 제공되며 또한 巨視的인 地盤의 이해에도 좋은 자료가 되는 것이므로 될 수 있는대로 깊이 조사를 하여야 된다. 예를 들면 연약지반의 支持層이라고 생각되는 견고한 층에 도달해도 그 층의 두께를 확인하기 위하여 좀 더 조사를 해볼 필요가 있다.

나. 實施調査

(1) 目的과 手段

予備調査에 의하여 지질 및 토질의 개황을 알고 문제점이 있는 곳을 알게 되며 路線의 결정, 工種과 그 배치가 定해지면 문제별로 정밀한 조사를 집중적으로 실시한다.

이 결과는 工種과 그 배치의 결정 및 基礎處理工法의 설계, 시공을 위하여 사용되는 것이므로 그 조사수단도 목적에 따라 다르나 표준적인 방법은 表 2. 4. 3에 나타난 바와 같다.

조사의 깊이는 구조물의 형식, 설계상 고려해야 될 조건 및 지반의 상황에 따라 다르나 실시조사의 단계에서 필요한 깊이의 표준은 그림 2. 4. 1과 같다.

標準地質 및 土質調査法

表-2. 4. 3

对 象	主要調査項目	調 査	試 驗	備 考
開水路의 掘削部	透水性 浸蝕 抵抗, 활동, 地下水位.	오오가 보오링 現場 透水試驗 보오링	比重, 粒度, 含水量 密度 剪斷 콘시스텐시	
開水路盛土材料 (流用包含 : 粘土라이닝 재료도 포함)	密度, 含水比, 透水性, 활동 浸蝕抵抗	보오링 시굴	比重, 含水量, 粒度 콘시스텐시 透水, 전단, 다짐	
盛土基礎	활동, 沈下	사운딩, 보오링, 오오가 보오링	比重, 含水量, 粒度 콘시스텐시, 전단, 圧密	
構造物基礎	支持力, 沈下量	보오링, 사운딩	比重, 含水量, 粒度 콘시스텐시, 전단, 圧密	橫抵抗力
사이폰 基礎	施工支持力, 흙반이 土圧, 透水性	오오가 보오링, 사운딩 보오링, 現場 揚水試驗	比重, 含水量, 粒度 콘시스텐시	
터 널	岩質, 土質, 地下水	보오링, 物理地下探査, 橫坑堅坑, 現場 揚水試驗	密度, 吸水率, 有効間극率, 一軸圧縮強度, 超音波伝파속도, 포아손比, 動彈性係數	膨潤壓의 測定

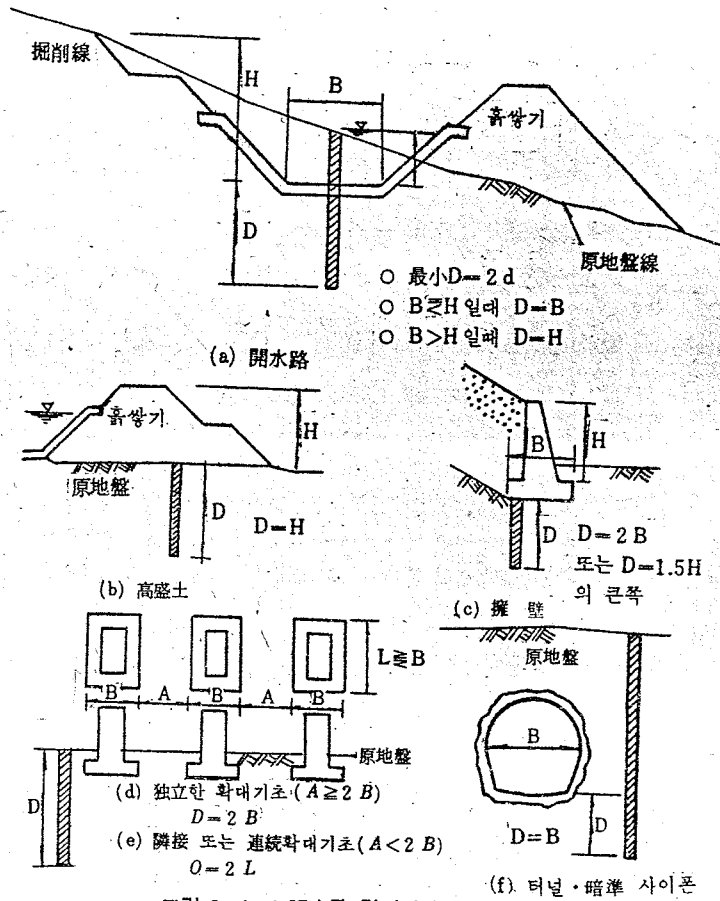


그림 2. 4. 1 調査孔 깊이의 標準

(2) 흙의 統一分類法

토질재료는 表-2. 4. 4에 나타난 統一分類法에 의하여 분류하며, 토질재료의 특성을 예비적으로 추정한다. 그리고 설계상의 適性은 表-2. 4. 5에 의하여 추정한다. 또한 統一分類를 위한 試驗表에 있어서의 분류순서는 表-2. 4. 6에 나타난 바와 같다.

(3) 地質柱狀圖 및 縱斷圖

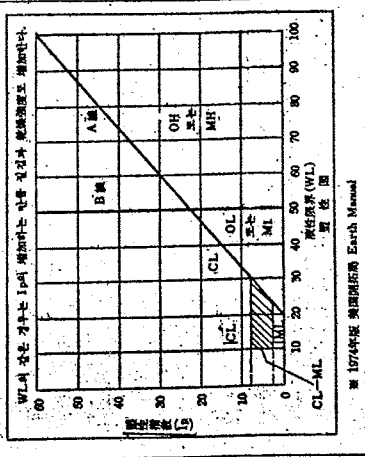
보오링, 오오가 보오링 등의 柱狀圖는 그림 2. 4. 2를 표준으로 한다. 한편 그림 2. 4. 3는 土質縱斷圖의 예를 나타낸 것이다.

統一 分類

表-2.4.4

土質 (土質分類) 土質 (土質分類)	土質 (土質分類) 土質 (土質分類)		記号	代名名稱	記號事項
	土質 (土質分類) 土質 (土質分類)	土質 (土質分類) 土質 (土質分類)			
0.074 이하의 입자(0.075mm 이하의 입자)를 포함하는 흙 (細粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	GW	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	GP	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	GM	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	GC	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
0.075 ~ 4.75mm 입자(0.075mm ~ 4.75mm 입자)를 포함하는 흙 (粗粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	SW	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	SP	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	SM	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	SC	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
0.075mm 이하의 입자(0.075mm 이하의 입자)를 포함하는 흙 (細粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	M L	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	C L	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
0.075 ~ 4.75mm 입자(0.075mm ~ 4.75mm 입자)를 포함하는 흙 (粗粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	O L	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	M H	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
0.075 ~ 4.75mm 입자(0.075mm ~ 4.75mm 입자)를 포함하는 흙 (粗粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	C H	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	O H	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
0.075 ~ 4.75mm 입자(0.075mm ~ 4.75mm 입자)를 포함하는 흙 (粗粒土)	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)	P	중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은
	중립의 흙 (중립의 흙)	중립의 흙 (중립의 흙)		중립의 흙 (중립의 흙)	代名名稱을 붙인다. 그외의 지층의 大體의 比率, 最大粒径, 粒徑의 形狀 等 重要한 事項은

註 (1) 0.075mm 粒径을 超過하는 粗粒의 比率은 多少에 依한다.  
 (2) 粗粒의 比率을 超過하는 粗粒의 比率은 多少에 依한다. (例: 粗粒의 比率을 超過하는 粗粒의 比率은 多少에 依한다.)  
 (3) C<sub>u</sub> = D<sub>60</sub> / D<sub>10</sub> (D<sub>60</sub> / D<sub>10</sub>)



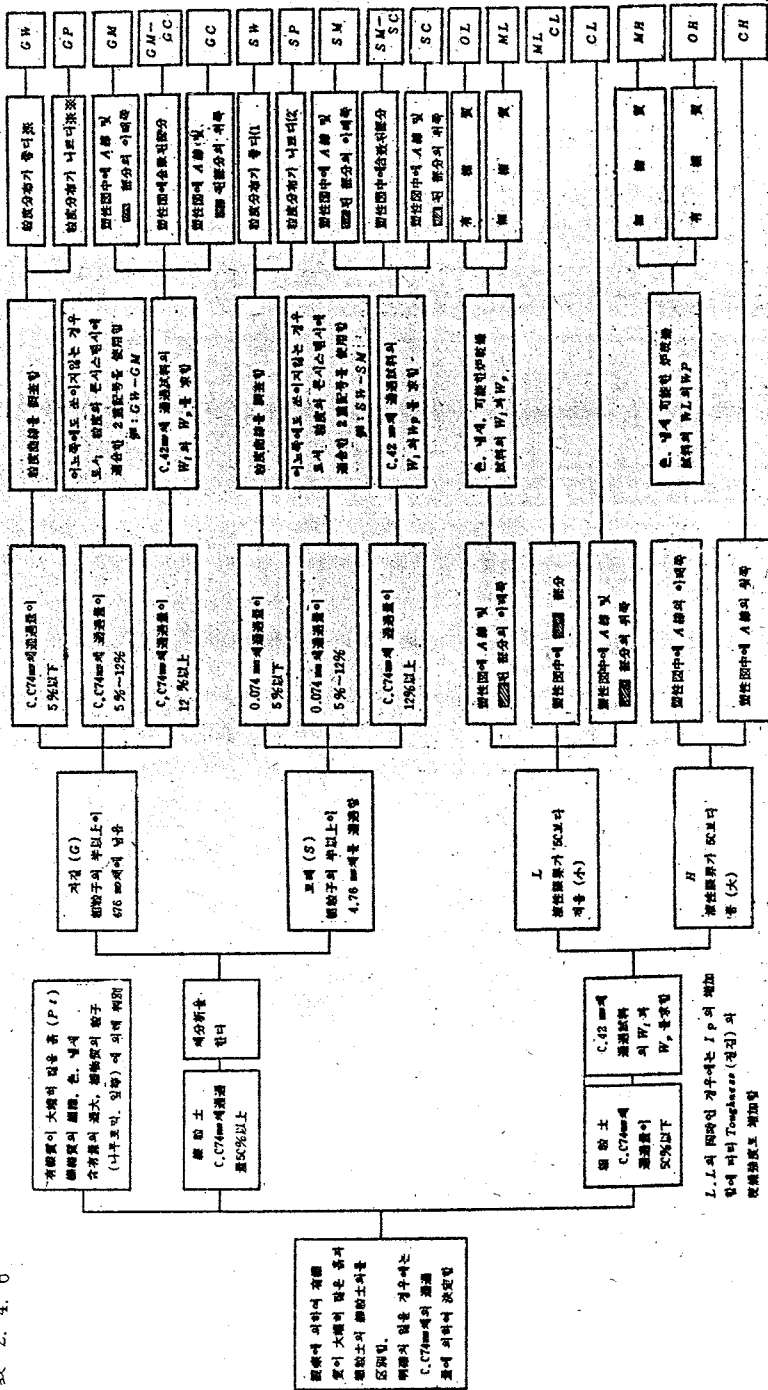
試驗 土壤 分類의 標準  
 ① C<sub>u</sub> > 4, ② C<sub>c</sub> = 1-3  
 CW의 標準에서 벗어나는 경우  
 이하의 標準에서 벗어나는 경우  
 IP = 4-7이고 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z  
 이하의 標準에서 벗어나는 경우  
 IP < 4  
 이하의 標準에서 벗어나는 경우  
 IP > 7  
 ③ C<sub>c</sub> > 6, ④ C<sub>c</sub> = 1-3  
 SI와 標準에서 벗어나는 경우  
 IP = 4-7이고 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z  
 이하의 標準에서 벗어나는 경우  
 IP < 4  
 이하의 標準에서 벗어나는 경우  
 IP > 7

各 試驗 項目의 標準은 美國開採局의 試驗 標準에 依한다.



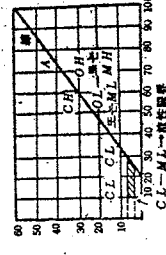
# 統一分類를 위한 試驗室의 取扱要領

表-2. 4. 6



(註) U:  $U = D_{60} / D_{10}$  은 4보다 크다.  
 $C_u = (D_{90})^2 / (D_{10} \times D_{50})$  은 1-3  
 (C) U, Cu 이외의 모든 값

(이 표는 Earth and Earth Rock Dam 1953, P.248 참조)



L, L, L의 4가지 경우에는 L, P의 범위  
 합에 따라 Tonghasere (점토) 의  
 2가지로 분류함

점토에 의하여 점토  
 함이 대량의 함유류  
 점토의 함유 함유는  
 C.74mm 이하의 범위  
 내에 의하여 결정함

그림 2. 4. 2-a

보오링 柱狀圖

位 置			
보오링 目的		보오링 孔深	工 事 期 間
보오링 機種			試 驗 担 当 者 名
보오링 孔径			보오링 担 当 者 名

月 日	標 高 m	深 度 m	層 厚 m	地 質										(2) 現場透水試驗		其 他 現位置 試驗	記 事		
				圖 記 號	(1) 分類 名稱	硬 軟	啡 水 色	排 水 狀 況 %	水 位 m	試 料 採 取 位 置	試 料 番 號	코 아 採 取 率 %	코 아 徑 이 m	掘 進 率 (cm/hour)	標準貫入 試驗 打 擊 回 數 (N)			位 置	透 水 係 數 cm/Sec

※ (1) 흙의 경우에는 「統一分類法」에 의함을 原則으로 함.  
 ※ (2) 岩盤 以外의 경우에 대하여 실시한다.

그림 2. 4. 2-b

試掘 및 오오가보오링 柱狀圖

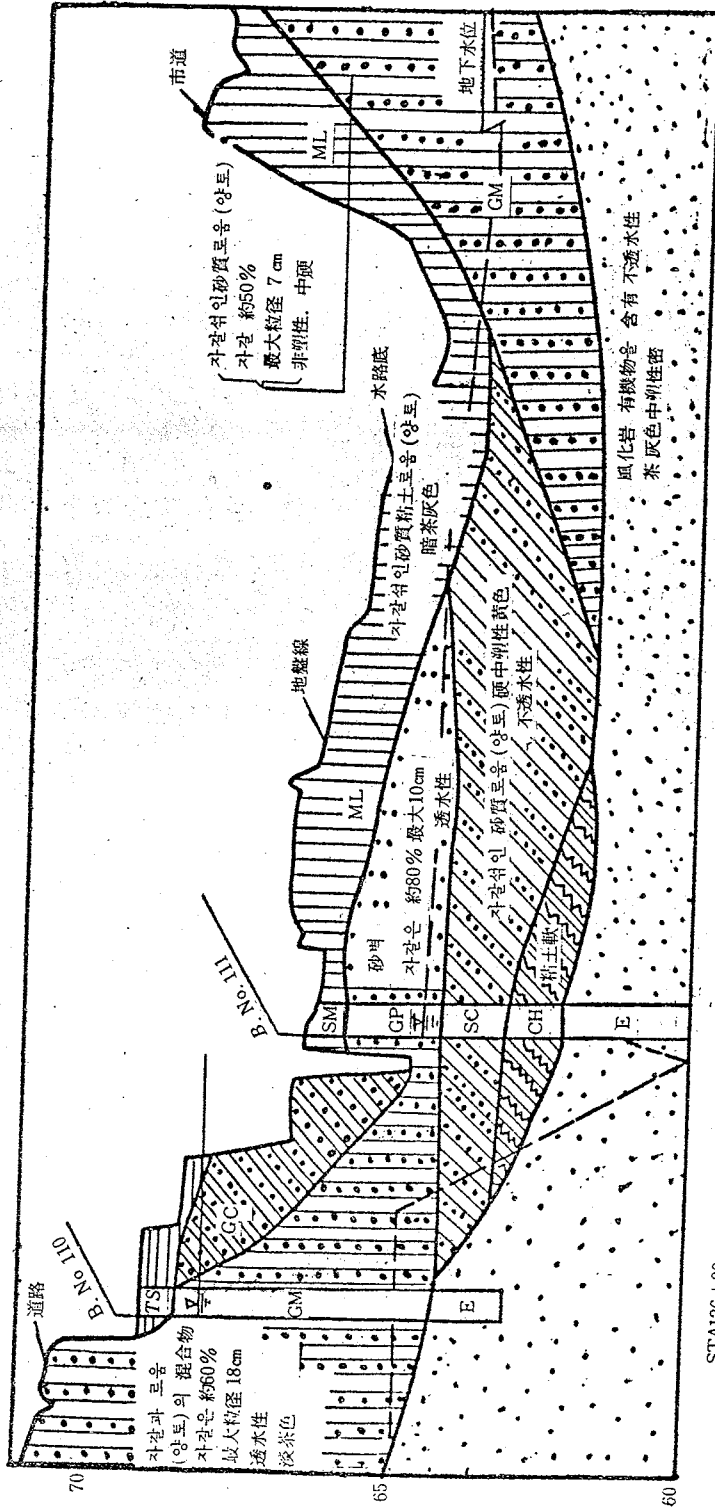
位 置			
調查目的		調查孔深	工 事 期 間
掘削方法		孔內水位	調查担 当 者 名
調查孔径			

月 日	標 高 m	深 度 m	層 厚 m	地 質						孔 的 容 積 m <sup>3</sup>	試 料 的 容 積 及 重 量				記 事		
				圖 記 號	(1) 分類 名稱	試 料 採 取 位 置	試 料 番 號	色 調	水 位 %		材料의 種類와 狀態	75-200 mm 試料의 重量 kg	75-200 mm 試料의 容積 %	200以上 mm 試料의 重量 kg		200以上 mm 試料의 容積 %	

(1) 흙의 경우에는 「統一分類法」에 의하는 것을 原則으로 함.





STAI26+00

STAI27+00

그림 2. 4. 3 土質縱斷圖標準例

STAI20+

(4) 透水調査

開水路의 조사·설계 및 시공계획에 있어서는 필요에 따라 적절한 정밀도와 방법에 의하여 水路의 地盤, 흙쌓기材料, 라이닝材料의 透水性을 조사한다.

施工前의 조사방법에는 現場透水試驗을 鑿井한 우물에 따라서

- ① 揚水하는 방법.
- ② 注水하는 방법.
- ③ 室內試驗 등이 있지만 각기 지질, 지하수 등의 상황에 비추어 가장 적합한 방법을 채택한다. 水路工의 透水調査法으로는 일반적으로 오오가 보오링孔 또는 試驗孔을 이용하여 注水試驗을 한다. 이 방법은 孔中の 水位를 일정하게 유지하도록 물을 注入하여, 그때의 시간당 注水量(Q) 과 孔中の 水深(H) 및 구멍의 크기에 따라 透水係數(K) 를 구한다.

(가) 구멍의 치수: 試驗孔의 치수는 그 깊이와 孔徑의 比가 5~80의 범위가 되도록 정한다.

孔徑은 될 수 있는대로 큰 것이 좋으나 透水性인 흙에 있어서는 浸透量이 많아 상당량의 물을 저류할 탱크를 필요로 하게 되므로 자연히 구멍의 치수는 제한을 받게된다.

고른 토질의 지반에서는 되도록 水路의 計劃水位를 孔口內水位로 水路바닥을 孔口바닥이 되도록 정하는 것이 바람직하다.

(나) 구멍의 準備: 鑿井에 있어서는 될 수 있는한 물의 사용은 피하고 특히 粘土水를 사용해서는 안된다. 또한 孔內의 청소를 할 때는 주변의 흙을 허투어 놓지 않도록 힘쓰며 孔壁의 脫落을 방지하기 위하여 모래, 자갈을 충전하든지 케이싱을 삽입한다.

이 경우 케이싱은 구멍이 있는 것을 쓰고 孔壁과의 사이에는 자갈, 또는 모래를 채운다.

(다) 물: 시험에 사용하는 물은 懸濁物이 없는 맑은 물을 사용한다. 水温은 15°C 內外가 바람직하며 지반의 온도보다 낮은 물의 사용은 피하는 것이 좋다.

(라) 試驗時間: 시험은 地中에 飽和水帶를 형성하는데 충분한 시간을 줄 필요가 있으나 너무 장시간의 시험을 하면 地下水에 변화를 주거나 過大한 飽和水帶를 형성하여 그릇된 결과를 나타 내기도 한다. 일반적으로 시험시간은 그림 2.4.4의 時間-累加注水曲線部分이 얻어질 때까지 하지만 8 시간 정도를 넘을 필요는 없다.

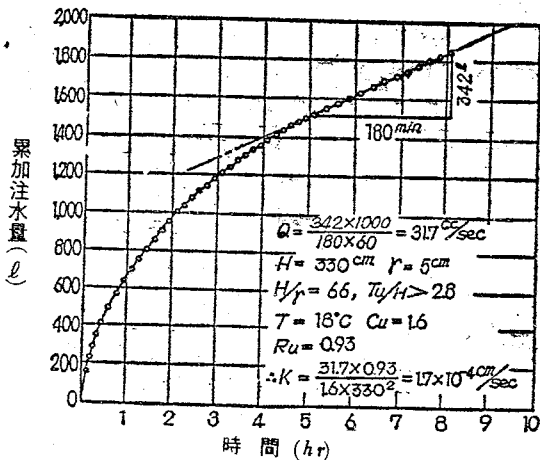
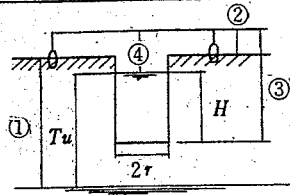


그림 2.4.4. 時間-累加注水量曲線例

(마) 記錄: 시험지점, 孔口의 치수, 토질등은 表-2.4.7 과 같은 양식에 의하여 기록한다.

表-2.4.7		現場透水試驗			番号														
試驗位置 ○○用水 ○○幹線道路 sta. 481+○○右岸																			
天候	晴		地表標高	EC 50.37															
日時			水流																
削孔	핸드오오가		路水深																
孔徑	100mm		試驗担当者																
層의 깊이	圖記	統一分類	名稱	土質의 分類 記事															
1	0.50	M. L	실트質粘土로움	茶갈색 多少자갈을포함 中靛性															
2		S. M	砂質로움	黄灰色 거의 자갈이 없는 細砂塑性없음															
3	2.20	S. C	砂質粘土로움	黄灰色 多少粘土分을 포함한 細砂比較的 느슨함															
4		S. M	砂質로움	第2層과 거의 같음															
5	4.45																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>① 地表面에서 地下水面의 깊이</td> <td>11m 以上</td> </tr> <tr> <td>② 地表面까지의 깊이</td> <td>15.5cm</td> </tr> <tr> <td>③ 孔底까지의 깊이</td> <td>445.5cm</td> </tr> <tr> <td>④ 孔内水面까지의 깊이</td> <td>115.5cm</td> </tr> <tr> <td>⑤ 地下水深 <math>T_u = ① + ② - ④</math></td> <td>10m 以上</td> </tr> <tr> <td>⑥ 孔内水深 <math>H = ③ - ④</math></td> <td>330.0cm</td> </tr> <tr> <td>⑦ 구멍의 半径 <math>r</math></td> <td>5.0cm</td> </tr> </table>						① 地表面에서 地下水面의 깊이	11m 以上	② 地表面까지의 깊이	15.5cm	③ 孔底까지의 깊이	445.5cm	④ 孔内水面까지의 깊이	115.5cm	⑤ 地下水深 $T_u = ① + ② - ④$	10m 以上	⑥ 孔内水深 $H = ③ - ④$	330.0cm	⑦ 구멍의 半径 $r$	5.0cm
① 地表面에서 地下水面의 깊이	11m 以上																		
② 地表面까지의 깊이	15.5cm																		
③ 孔底까지의 깊이	445.5cm																		
④ 孔内水面까지의 깊이	115.5cm																		
⑤ 地下水深 $T_u = ① + ② - ④$	10m 以上																		
⑥ 孔内水深 $H = ③ - ④$	330.0cm																		
⑦ 구멍의 半径 $r$	5.0cm																		
記事			数字는 記載例																



1) 本式은 U. S. B. R "Earth Manual" (1974)  
 또한 注水量의 기록방법은 장치에 따라 다르나 탱크의 水位計에 의하여 注水量을 구할 때는 表-2.4.8에 따르며 기타에 대해서도 이에 준한다.

表 2.4.8		現場透水試驗			番号	
試驗位置	幹線水路 sta. 481+0 右岸		地面溫度	15℃		
注水方法	후로우트(부동)벨브式		觀測担当者			
時 間	注 水 量 (ℓ)				水 T 溫	備 考
時 刻	累 加 時 間 (分)	탱 크	크	累 加 注 水 量 (∑Q)		
7.10	1	384			16°	탱크교환
15	5	302	82	82		
20	10	225	77	159		
25	15	156	69	228		
30	20	91	65	293		
35	25	393	61	354		
45	35	342	51	405	16°	탱크교환
55	45	255	87	497		
8.05	55	182	73	565		
15	65	116	66	631		
25	75	370	63	694	17°	탱크교환
35	85	316	54	748		

(바) 計算: 表-2.4.8의 기록資料에서 時間累加注水量曲線을 그린다. (그림 2.4.5 참조)

이 曲線中 直線部分에 대한 時間과 注水量의 差에서 時間當 注水量(Q)을 구한다.

Q: 時間當 注水量(cm<sup>3</sup>/sec) r: 孔口의 有效半徑(cm) . H: 孔內水深(cm), Tu: 地下水深(cm), T: 水温(°C)를 사용하여 다음式에 의하여 透水係數(cm/sec)를 구한다.

$$K = \frac{Q \cdot Ru}{Cu \cdot H^2} \dots\dots\dots 2.1$$

Cu: 係數(그림 2.4.5에 의함)

Ru =  $\frac{UT}{\mu 15}$ : 물의 粘性係數比(그림 2.4.6에 의함)

UT: 溫度T°C의 물의 粘性係數

$\mu 15$ : 溫度15°C의 물의 粘性係數

이 식은 Tu/H가 零부터 無限大까지 모든 數值에 적용할 수 있으나 Tu/H = 2.8이상의 경우에는 Cu의 값은 일정해진다. 또한 H/r은 5 이상으로 하는것이 바람직하다. 그리고 Tu에 대해서는 다른 보오링, 既設 우물 등에서 推定한다.

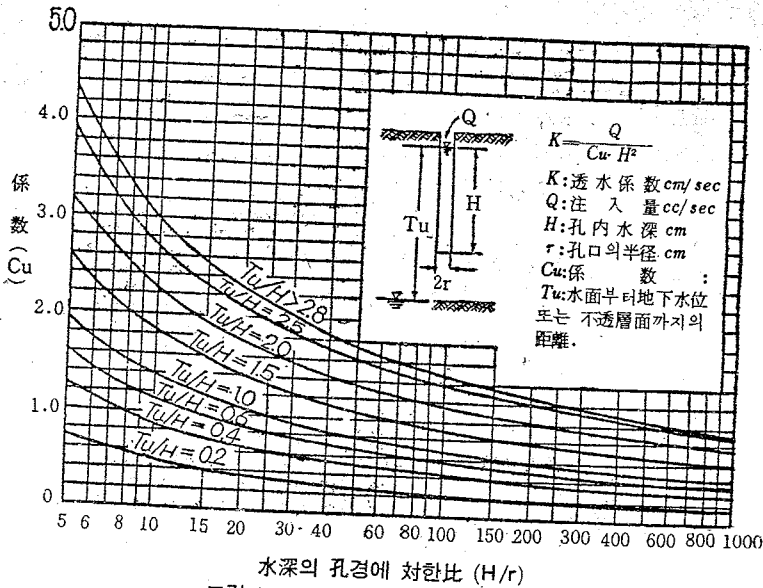


그림 2.4.5 現場透水試驗計算係數表

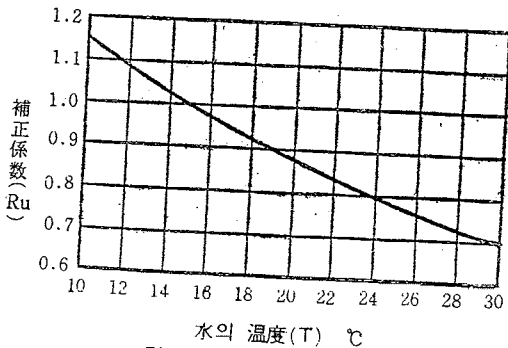


그림 2.4.6 水温에 의한 補正值

## 第3章 豫備設計

### 3. 1. 目的

豫備設計의 목적은 설계·시공의 기본방침, 공사비의 概算 등 공사의 概要를 결정하는데 있다. 따라서 豫備設計에서는 그 사업목적에 가장 적합한 水路組織과 주요구조물을 비교 검토하여 결정한다.

즉 예비설계는 설계작업의 복잡성을 피하고 사업의 목적에 가장 알맞은 水路組織을 선정하기 위하여 수로의 조사·설계작업중에서 가장 중요한 단계이다. 이 단계에서는 대략 다음과 같은 순서에 따라서 검토 결정한다.

- ① 설계의 기본방침 및 기준
- ② 수로조직 전체 및 주요 구조물의 위치와 배치 및 형식
- ③ 개개의 구조물의 비교설계
- ④ 시공의 기본방침, 공사비의 概算

水路諸施設의 형식·규모·위치 등의 概定은 路線의 선정과도 밀접한 관련을 가지며 水路組織의 骨幹을 형성하는 기본이 된다. 따라서 豫備設計의 목적은 水路組織 및 각종 시설의 형식·규모·위치 등을 概定함에 있으므로 특히 水路의 목적·규모·시공·관리 등에 충분한 고려를 하지 않으면 안된다.

### 3. 2. 計劃通水量的 確認

豫備設計에 앞서서 計劃通水量, 分水点, 分水量, 計劃水位, 用·排水系統 등의 기본적인 사항에 대해서 확인한다.

계획·설계·시공의 각 단계에서 시간의 경과에 따라서 諸般環境에 큰 변동이 일어나는 일도 있으므로 豫備設計의 時点에서도 기본적인 사항에 대하여 확인하고 필요하다면 적절한 조치를 취한다.

용수로에서는 通水能力의 결정에 기초가 되는 減水深, 作付体系가 단기간에 변동하는 일은 적으며 이들 변동인자를 예측할 수 있을 때는 계획에 포함하는 것이 보통이나 受益面積, 土地利用区分, 給水對象, 分水点, 給水方法 등은 비교적 단기간내에 변동하는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

用水路에서는 계획단계에서 결정된 각 사용목적에 의한 시기별 용수량 및 그 최대값을 확인하여 여기에 水路안으로의 流入洪水量 및 放·余水工, 分水工 등의 위치와의 관련을 고려해서 水路의 區間別通水量을 결정한다. 用水路의 断面縮少는 일반적으로 放·余水工 지점에서 있게 되므로 放·余水路의 신설 및 放流河川의 개수계획 등을 포함시킨 전체의 시설비를 비교 검토한 뒤에 區間通水量을 결정한다.

排水計劃에서는 集水面積이 변동하는 일은 거의 있을 수 없으나, 氣象·水文資料·土地利用区分 등의 변화에 따르는 流出諸元 및 계획배수위(지표, 지하) 등의 변동은 있을 수 있으므로 확인한 뒤에 작업을 진행시킨다.

### 3. 3. 水路形式의 概定

水路形式은 路線概定の 단계에서 예비적으로 결정하되 다음과 같은 사항에 유의한다.

- ① 배수로 및 用·排水兼用的 水路에서는 그 목적 및 기능상 일반적으로 開水路形式으로 한다.

- ② 用水路의 경우는 水路의 규모·목적·입지조건·유지관리·사회조건 등에 의하여 그 때 마다 水路形式을 비교 검토할 필요가 있다.
- ③ 用水路에서는 유지관리나 물의 효과적 이용면에서 管水路形式이 開水路形式보다 좋으나 특히 경제성에 중점을 두고 形式을 선정하는 것이 필요하다.
- ④ 水路形式은 水路工事費, 用地費, 附帶工事費 등의 비교 검토에 의해서 정하게 되나 일반적으로 보다 大流量을 導入하는 用水路일 수록 開水路形式이 유리하며 小流量을 導入하는 用水路일수록 管水路形式이 바람직 하다.

### 3. 4. 通水施設의 路線과 工種配置

#### 3. 4. 1. 一般事項

通水施設의 路線과 工種配置는 목적, 구조물의 안전성 및 경제성을 고려하면서 水路를 總網羅한 視野에서 결정한다.

즉, 통수시설은 수로조직의 주요부를 차지하는 것으로서 그 시설의 좋고 나쁨은 수로조직의 전반적 기능을 좌우하며 수로공사비에 큰 영향을 미친다. 따라서 통수시설의 路線, 각 工種의 配置에 있어서는 上述한 세가지 점을 주로하여 검토를 한다. 특히 통수시설의 고장은 단순히 그 부분만의 고장에 끼치지 않고, 경우에 따라서는 水路 全路線의 기능에 영향을 미친다는 것을 잊어서는 안된다.

通水施設의 路線 및 工種配置는 既存施設, 路線에 沿한 土地利用狀況 등의 社会的 諸條件에 따라서도 좌우되므로 여기에 대해서도 충분한 배려가 필요하다.

#### 3. 4. 2. 開水路

이 基準에서는 開水路를 굴착, 라이닝, 흘루움(Flume) 水路로 크게 나눈다.

이들의 선정은 水路의 목적, 구조물의 안정성, 사회적 제약, 공사비, 유지관리 등의 비교 검토에 의하여 결정된다.

##### 가. 一般事項

開水路는 일반적으로 水理面에서 유리하고 특히 흠잡기와 흠쌓기가 균형을 이룰 경우 경제적이다. 開水路의 路線을 선정함에 있어서는 다음의 여러 項目에 대해서도 충분히 배려해야 된다.

- (1) 路線의 中心線에 있어서의 曲率半徑은 水理 施工面에서 클 수록 좋으나 적어도 水面幅의 10배 이상을 주는 것이 바람직하다.
- (2) 路線의 극단적인 흠잡기, 흠쌓기 水路의 안전성, 경제성의 면에서 불리하므로 되도록 피해야 한다. 다만, 짧은 區間에서 다른 工種(예를 들면 사이폰, 暗渠 등) 보다 유리한 경우에는 상당히 많은 흠잡기나 흠쌓기도 부득이한 경우가 있다. 이런 경우 基礎, 土質, 切·盛土의 안정 등에 대하여 충분한 검토가 필요함은 물론이다.
- (3) 급경사지의 비탈면을 통과할 경우 적어도 水路바닥은 원바닥에 놓이도록 한다.

최근 用水의 합리화를 기하기 위하여 水価의 增大, 유지관리비 및 用地幅의 절감, 지형상의 제약 등 때문에 필연적으로 水路縮裝이 요구 될 때가 많다.

##### 나. 굴착水路

굴착水路는 일반적으로 漏水防止를 생각할 필요가 없으며 流速에 대해서 충분히 저항할 수 있는 토질로서 水路中の 구조물에 의한 흐름의 교란이나 水路의 彎曲部의 영향 등으로 침식의 걱정이 없을 경우에 채택한다. 그러나 合流部, 彎曲部 등이 침식당할 염려가 있을 경우에는 필요에 따라 라이닝 또는 護岸을 한다.

지형의 기울기가 비교적 급한 경우에는 도중에 落差工 또는 急流工을 설치하여 水路기울기를 완만하

게 하면서 굴착水路로 하는 것이 유리한 때가 많다. 排水路와 같이 언제나 流水가 있는 경우에는 複断面으로 하여 低水數를 護岸하며 洪水數는 굴착 또는 매붙침 등의 簡易保護工으로 하는 방법이 쓰여지고 있다. 배수로의 護岸高는 常時流量 내지 1年確率洪水量을 감당할 정도로 보고 있다.

#### 다. 라이닝水路

라이닝水路란 緩傾斜의 側面비탈로써 비탈면은 그 自体로 안정되고 止水 또는 水路表面의 平滑化를 도모하기 위해 표면은 비교적 얇은 被覆材로 라이닝된水路이다.

라이닝水路는 재료의 종류에 따라 콘크리트·아스팔트, 흙 및 埋設膜 등을 생각할 수 있으나 요는 각 지형, 지질(토질), 지하수 등의 입지조건을 고려하여 수로의 안전성, 경제성, 施工上 견지에서 가장 유리한 라이닝工法을 택하여야 한다. 우리나라에서는 현재까지는 콘크리트·라이닝이 가장 많이 보급되고 있으나 앞으로 아스팔트·콘크리트 埋設膜 등의 工法도 시공과 경제성의 규명에 따라 발전할 것으로 본다.

#### 라. 홀루움水路

홀루움水路란 水路側面이 內水圧 및 背面土壓을 지탱하는 壁에 의하여 형성되는水路를 말한다. 라이닝水路와 홀루움水路는 모두 水路의 안전, 물의 손실방지, 단면의 축소 등을 목적으로한 工法이지만 특별한 경우를 제외하고 라이닝水路는 홀루움水路보다 경제적으로 유리하며 水路의 규모가 커질수록 그런 경향이 크다.

따라서 工種의 선택은 각기의 입지조건에 따라 기술 및 경제적인 면에서 검토한 뒤에 결정하지 않으면 안된다. 통상 다음과 같은 경우에 홀루움水路의 채택이 고려된다.

- (1) 通水断面이 작으며 用地費 등을 감안할 때 라이닝水路와 비교하여 工費가 같거나 또는 유리할 경우
- (2) 홀루움水路의 基礎工이 비교적 싸 값으로 건설할 수 있을 때 또는 라이닝水路로서는 土工에 많은 비용이 드는 경우
- (3) 水路가 급경사지의 비탈면 또는 切土高가 큰 鞍部를 통과하는 경우 라이닝水路로서는 다량의 바위나 흙을 처리하게 되어 土工에 많은 비용이 드는 경우
- (4) 터널과 사이폰 등의 구조물에 끼인 延長이 짧은 開水路에서는 트란지슨을 포함한 전체 工費를 생각할 때 홀루움水路가 工費에 있어서 같거나 또는 그 이하일때
- (5) 急流工, 落差工 등의 구조물의 간격이 조밀하며 水理的으로 제약이 있는 경우
- (6) 寒冷地에서는 凍結 등에 대비하기 위하여 다량의 土砂를 바꿔놓든가 排水工 등의 기초 처리를 요하는 경우

#### 3. 4. 3. 사이폰과 水路橋

사이폰 또는 水路橋는 河川, 鐵道, 道路, 溪谷 등의 低位部를 開水路로 통과하기가 불가능한 경우 또는 開水路로 우회하기보다 延長이 단축되어 전체적으로 경제적인 경우에 채택된다. 그 어느것을 채택할 것인가는 그 지점의 지형, 지질, 공사비, 水理條件, 안정성 등에 따라 결정한다. 일반적으로 구조물의 안전성과 경제적인 면에서는 사이폰이 유리한 경우가 많다.

#### 가. 路 線

- (1) 사이폰이나 水路橋는 開水路에 비하여 3~4 배의 공사비를 요하므로 될 수 있는 대로 최단거리를 횡단한다.
- (2) 도로, 하천, 철도 등 중요시설을 횡단하는 경우에는 되도록 直角交叉를 하게 한다.
- (3) 출입구는 지형상 흠뻑기를 하는 경우가 많으며 구조의 약점이 되기도 하므로 그 위치 선정에 대해서는 특별히 고려하지 않으면 안된다.
- (4) 水理的으로 출입구는 스프스한 부착이 필요하므로 上·下流 開水路의 路線과의 關係를 감안하여

線形을 결정하지 않으면 안된다. 출입구와 上下流 開水路가 지형상 直角交叉할 경우에도 될 수 있는 한 緩慢한 曲線으로 접속되도록 배려한다.

#### 나. 形式

일반적으로 사이폰은 管體를 지상에 부설하던지 또는 지중에 매설하지만 지형·지질에 따라서는 管體의 일부를 水路橋 또는 터널형식으로 하는 것이 유리한 경우도 있다. 예를 들면 견고한 기반에 깊은 계곡을 형성하고 있는 지형에서는 河床에 埋設하는 것 보다 洪水位上位部를 管水路橋에서 횡단하는 방법이 유리하다.

또한 사이폰 출입구의 원바닥이 험준하고 岩盤인 경우에는 土工費가 증대되므로 터널 施工을 하는 것이 유리한 경우가 있다.

#### 3. 4. 4 暗渠와 터널

터널은 山岳, 台地 등의 高位部를 開水路로 通過하는 것이 불가능한 경우 또는 開水路로 우회하기 보다 연장이 단축되어 전체적으로 경제적인 경우에 채택 된다.

暗渠는 폭짜기한 側面이 巨大하게 되는 외에 地下水位가 높으며 따라서 揚壓力을 받거나 또는 湧水量이 많아서 開水路로서는 구조적으로 불안정 또는 경제적으로 불리한 경우 또는 覆土가 적고 터널 施工이 어려운 철도, 도로, 제방등을 횡단하는 경우에 적용된다.

(1) 암거 및 터널은 開水路와 비교할 때 m당 2~3배의 工費가 소요되므로 되도록 지질 조건을 고려하여 최단거리를 통과한다.

(2) 긴 터널에서는 工期의 단축, 경제성 등을 고려하여 도중에 가로굴, 세운굴 등을 설치하여 시공할 수 있는 路線을 고려한다.

(3) 터널 및 암거의 坑口는 폭짜기가 커지면 災害의 원인이 되므로 그 地點의 지형, 지질, 지하수 등을 고려하여 결정한다. 보통 원바닥이 바위인 경우는 직경의 2배, 보통 토질에서는 3배의 覆土가 있으면 터널 시공이 가능하다. 터널의 연장이 최단거리가 되도록 路線을 선정하기 위하여 터널의 坑口를 원지반의 약한 부분에 위치하게 하며 실패를 하는 수가 많으므로 특히 유의하여야 한다.

(4) 터널의 路線選定에 있어서는 지질의 종류, 風化의 정도, 岩質의 硬軟, 層理나 節理의 발달정도, 斷層의 유무, 지하수의 상태 등을 충분히 조사 검토하여야 한다.

(5) 도로, 하천, 철도 등의 중요시설을 횡단하는 암거는 되도록 直角交叉를 하게 한다. 또, 경우에 따라서는 암거로 시공하지 않고 프리·케스트·파이프 등에 의한 推進工法이 전체적으로 경제적인 점이 있는 경우도 있어 교통량이 많은 주요도로나, 철도 등에서는 假設을 포함한 전체 工費의, 比較設計를 할 필요가 있다.

(6) 암거 및 터널은 그 시공에 의하여 주변의 생활환경에 영향을 미치는 경우도 생각할 수 있으므로 村落에 근접한 곳에서는 특히 상세한 지하수 조사 및 환경조사를 하고, 필요에 따라 지하수 변화 등을 고려하여 路線을 결정하는 것이 필요하다.

#### 3. 4. 5. 落差工 및 急流工

水路가 剩餘落差를 갖는 경우에는 필요에 따라 落差構造物을 설치하여 水路의 保全을 도모한다. 낙차구조물은 낙차공, 急流工 등으로 하며 그 배치, 工種은 比較設計에 의하여 안전하면서도 全水路組織이 가장 경제적으로 되도록 선정한다.

水路가 전체적으로 急傾斜가 될 경우에는 洗掘이나 침식을 당하므로 全體를 흙우무구조로 하거나 또는 落差工이나 急流工을 설치하고 上·下流는 굴착 또는 라이닝水路로 한다. 그 어느쪽을 채택하는가는 比較設計에 의하여 결정한다. 落差工이나 急流工은 지형적으로 자연의 落差가 있는 위치에 설치하나, 그 위치 및 설치수에 대해서는 전체의 工費가 최소로 되도록 比較設計로서 결정한다. 지형적으로 標高差가 큰 지점에서는 이 落差를 이용하여 水路途中에 調整池나 溜池를 설치하는 것이 유리



할 때도 있으므로 路線選定時에 유의하지 않으면 안된다.

山間部 農耕地의 배수로계획 등에서는 비교적 急傾斜排水路가 되므로 落差工의 上下流를 緩傾斜의 굴착水路로 하여 적당한 落差工 또는 急流工을 설치하여 전체적인 水路의 안전성과 경제성을 꾀하는 것이 바람직 하다. 이때 支線排水路와 幹線排水路와의 合流點에 落差工을 설치하여 合流工을 겸하게도 한다.

人家 등에 인접하여 落差工을 설치할 때는 騒音, 飛沫의 영향 등도 고려해야 한다.

3. 4. 6. 管水路

管水路形式에는 開放機構와 閉鎖機構가 있다. 이들 형식의 선정 및 路線工種의 배치는 송수의 목적 및 灌溉의 방법, 지형, 水頭의 이용 등에 관해서 검토하는 동시에 특히 分·配水 등 물관리의 면도 고려하지 않으면 안된다.

가. 形式

(1) 開放機構의 管水路形式 (그림 3. 4. 1.)

開放機構의 管水路란 管水路의 말단 低位部가 게이트나 밸브 등으로 폐쇄되지 않은 機構를 갖는 것을 호칭한다. 이 형식에서는 水路中の 水頭가 低下된 경우에도 分水水位를 확보할 수 있도록 分水스탠드 등의 水位調整構造物에 의하여 水位를 확보할 필요가 있다. 일반적으로 이 기구는 路線의 縱斷기울기가 완만하여 스탠드 설치가 가능한 동시에 요구되는 分水水頭가 낮은 경우에 채택된다. 계획 通水量의 변화지점에 放·余水工을 설치하여 단면축소를 도모하는 것은 開水路形式의 경우와 같다.

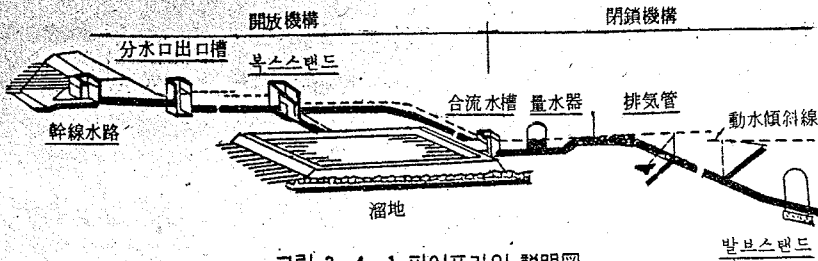


그림 3. 4. 1 파이프라인 說明圖

閉鎖기구의 管水路 (그림 3. 4. 1)

閉鎖기구의 管水路란 管水路의 말단 低位部가 게이트나 밸브 등의 조작에 의하여 폐쇄될 수 있는 기구를 가진 것을 호칭한다. 따라서 이 형식은 高位部의 수원지에서 取水하여 低位部의 耕作地 給水地點까지 송수하는 경우, 도중의 地表面傾斜가 큰 지형에 路線경로를 구하지 않으면 안될 배수 조직의 기구에 적합하다. 管水路中の 高水頭를 물 이용에 있어 직접 이용할 수 있으면 더욱 유리하며 발의 撤水灌溉에 많이 이용된다.

나. 路線

- (1) 水理의으로 滿流하는 管水路에서는 管을 勢力水頭線 以下로 유지하면 지형의 변화에 따라 路線을 어떻게라도 배치할 수 있다.
- (2) 管水路는 普通 도로, 耕地경계 등에 연해서 배치하는 것이 시공·관리면에서 좋다.
- (3) 도로, 하천, 철도 등의 중요시설을 횡단할 때는 되도록 直角交叉를 하도록 한다.
- (4) 路線은 가능한 대로 최단거리를 통과하게 한다.
- (5) 開放기구의 관수로는 통상 지표경사의 변화가 완만하여 구조물의 설치가 가능한 지형에 적용된다.
- (6) 閉鎖기구의 관수로는 일반적으로 지형경사의 변화가 급하여 조정구조물 등의 설치가 불가능한 경우에 적용되며 開放기구보다 路線選定이 쉽다.

### 3. 5. 分水工

分水工은 用水를 소정의 관개지구에 각각 필요한 양만큼 조정 분배하기 위하여 설치한다.

分水施設은 用水路의 수리상태 및 물의 이용상태의 변화에 적합하며 구조 및 水理的으로 안정하고 확실하게 기능을 발휘하는 것이어야 한다.

分水工에는 필요에 따라 量水裝置를 부설한다.

농업용수를 주대상으로 하는 用水路는 年間을 통하여 통수량의 증감이 크므로 水路內의 水位變動에 대응하여 적절한 分水工을 설계할 필요가 있다.

특히 종래와 같이 自然灌漑를 주로하는 用水路에서는 分水比가 고정되어 있으나 최근 더욱 물 이용의 합리화와 농업경영의 근대화에 수반하는 물 이용형태의 변화등에 의하여 分水의 형태도 조절 가능한 형식으로 되어 量水裝置의 설비를 함께 고려하는 것이 바람직 하다.

또한 소규모의 分水工에서는 幹線水路의 通水能力을 결정할 때 定한 기간보다 짧은 기간에 작업하는 경우가 있으므로 分水工의 계획에 있어서는 농경작업의 실태도 고려하여 지장이 없도록 分水能力을 부여하지 않으면 안된다.

分水工의 배치에 있어서 고려하지 않으면 안될 기본 사항은 다음과 같다.

- ① 관개지구에 되도록 접근한 지점에서 取水가 가능할 것
- ② 높은 흙쌓기 또는 흙짜기가 있는 곳은 가급적 피할 것
- ③ 水流가 안정되어 있을 것
- ④ 유지관리에 편리할 것

### 3. 6. 水頭의 配分

用水路의 각 형식 및 구간의 水頭配分에 의한 縱斷기울기는 水路의 기능 및 안전성을 확보하고 許容流速의 범위내에서 水路組織 전체의 工費를 절감할 수 있도록 결정한다.

#### 3. 6. 1. 一般事項

用水計劃에 있어서 取水地點에서 受益地까지의 路線이 정해지면 水路의 全延長과 全落差에서 平均기울기가 결정된다.

일반적으로 用水路는 地區의 高位部를 통과하는 일이 많으므로 지형적으로도 開水路 사이폰 터널 등 많은 工程으로 구성된다.

水路系統 전체의 경제성을 확보하기 위하여 주어진 全水頭를 이들 工程에 어떻게 配分할 것인가는 水路의 레이아웃 결정에 있어서의 중요한 문제이다.

그런데 소규모 水路는 水頭의 분배를 하여도 경제적인 효과가 적은 경우가 많다.

이 때문에 소규모 水路에 대해서는 상황을 판단하여 기울기 配分을 생략하여도 좋다.

배수로 및 用排水兼用水路에 대해서도 水路의 성격 및 지형상으로 開水路가 主体를 이룰 때가 많으므로 工程別의 水頭配分가 用水路에 比하여 큰 문제가 되는 일은 적다.

#### 3. 6. 2. 水路의 機能

用水路의 水位計劃은 궁극적으로는 受益地에 도입하기 위한 分水水位를 확보하는 데 있다.

따라서 긴 水路에서는 受益地의 지형 標高 農情상황 등에 의하여 각 지점의 分水水位가 다르므로 이런 것들을 고려하여 각 구간별 利用水頭를 概定하여 각 區間의 工程別 水頭配分을 검토하지 않으면 안된다. 이런 경우 支線으로의 分水水位는 될 수 있는 대로 自然灌漑를 할 수 있도록 水位를 유지하나 受益地의 일부도 펌프揚水로 하는 것이 유리할 때도 있으므로 水路전체로서의 기능을 고려하여 비교 검토해야 한다.

3. 6. 3. 經濟性

前項 3. 6. 2의 단계에서 구간별 利用水頭가 결정되면 각기의 구간에 있어서의 工程別 기울기의 配分을 한다. 이때 經濟的인 기울기의 배분이 가장 큰 요소이며 그 기본적인 사고방법을 설명하면 다음과 같다.

가. 經濟적 기울기配分の 기본적 개념, 取水施設의 標高와 水路기울기의 관계는 그 兩者를 합한 全体 工事의 經濟性으로 부터 결정된다.

예를 들면 自然河川 A의 水位를 댐 B에 의해서 상승시키고 터널 CD에 의하여 下流의 既設 溜水池 E에 도입하는 그림 3. 6. 1의 경우 터널의 경사와 댐 및 터널工事費와의 관계는 그림 3. 6. 2와 같이 나타낸다.

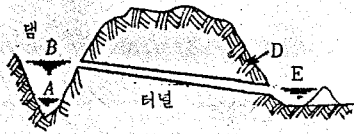
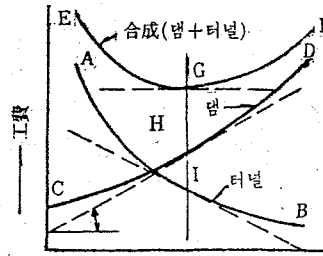


그림 3. 6. 1



터널기울기  
그림 3.6.2

曲線 AB는 터널, CD는 댐, EF는 터널과 댐의 工費의 合計를 나타낸다.

전체의 工費가 가장 적은 G点的 기울기가 經濟적인 기울기가 된다. 이 경우 曲線 AB의 I点 및 曲線 CD의 H点에 있어서의 正切(Tangent)는 그 절대값이 같고 부호는 반대로 되며 曲線 EF의 G점에 있어서의 接線은 水平이 된다.

이러한 考察方法을 "cost-slop Tangent Method" 라고 부르며 經濟적 기울기 配分の 基本적方法으로 삼고 있다.

나. 水路의 工程別 기울기의 配分 "Cost-Slop Tangent Method" 를 응용하여 각종 水路形式이 있을 경우의 經濟적 기울기 配分을 考察할 수 있다.

그림 3. 6. 3에 있어서 AB間을 터널, BC間을 開水路로 통과하는 경우 B点的 水位를  $x(m)$  로 하여  $x$  를 증감하면 터널開水路의 工費는 그림 3. 6. 4에 나타낸바와 같이  $x$  에 따라 증감한다.

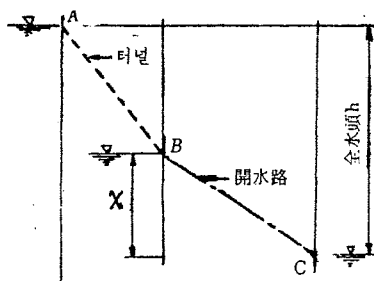


그림 3. 6. 3

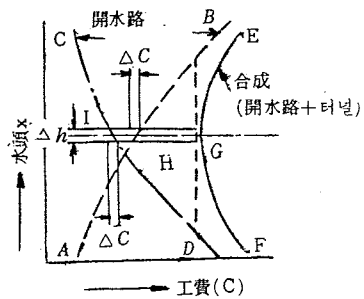


그림 3. 6. 4

따라서 經濟적 기울기配分은 總工費를 最小로 하는  $x$  를 구하는 일이다. 그러기 위해서는 水頭 1cm 당 工費를 구하여 그 數値를 區間內의 모든 工種에 같게 되도록 水頭를 配分하면 된다.

이 cm당 工費는 그림 3. 6. 4에서 각 曲線의 正切 즉  $x$  의 1cm에 대한 工種마다의 工費의 變化를 나타내고있다.

總工費를 최소로 하는 點은 實線 EF의 G 點이며, 이 點은 曲線 EF의 正切이 橫으로 되는 點이다. 이 點을 구하려면 曲線 AB 및 CD의 水頭 cm당 工費  $\Delta C/\Delta h$ 의 값이 동일하고 方向이 반대가 되는 x를 구하는 일이며 이렇게 하여 經濟적 기술기 分配이 이루어진다.

다. 基地

기술기의 分配에 있어서는 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

- (1) 断面 또는 形狀의 變化지점에는 되도록 水頭損失이 적은 形狀의 トランジ슨을 설치하여 水頭的 효과적인 利用을 促한다.
- (2) 동일 工種에 대해서도 延長이 짧은 것에는 기술기를 完만하게 하여 トランジ슨의 손실을 적게한다.

3. 6. 4. 流速

水路流速은 水路기음기에 따라 變化하나 耐久性에 대하여 안전하면서도 土砂의 沈澱을 일으키지 않는 범위여야 한다.

A 用水 및 B 用水에 있어서 工種別標準流速

表 3. 6. 1

工種 通水量	開水路 (얇은콘크리트)	홀루음	사이폰	터널	水路橋
m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec
30-10	1.20~1.30	1.70~2.00	1.80~2.20	1.70~2.00	2.00~2.50
10-5	1.00~1.10	1.30~1.50	1.50~1.80	1.30~1.70	1.70~2.00
5-2	0.80~1.00	1.00~1.20	1.30~1.50	1.00~1.30	1.50~1.80
2 以下	0.70~0.80	0.90~1.00	1.00~1.30	0.90~1.00	1.30~1.50

計算例

① 資料 (日本)

計劃通水量 5.4m<sup>3</sup>/sec

延長 15.46km (內譯: 開水路 7.80km, 터널 5.40km, 사이폰 2.26km, 利用可能 水頭 9.30m)

② 1cm 当 工事費의 計算

그림 3. 6. 5의 工種別 内部치수와 工事費에서 1cm 当 工事費를 구함.

$\Delta h$ : 水頭的 變化량 (cm)

$\Delta C$ : 水頭를  $\Delta h$ 만큼 變化시켰을 때의 工費의 差 (원)

$\Delta S$ : 기술기의 差 (cm/m)

$\Delta cm$ :  $\Delta S$ 만큼 기술기가 變化했을 때의 m 当 工事費의 差 (원/m)

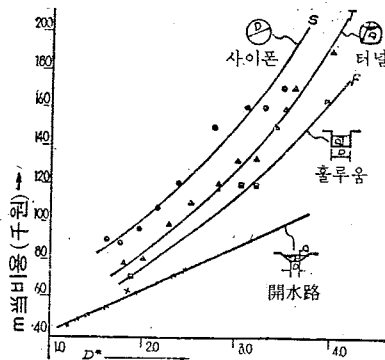


그림 3. 6. 5 工種別内部치수와 m 当 工事費 (実績)

$L$ : 水路의 全延長(m)  
 $1\text{cm}$  當 工事費 =  $\frac{\Delta C}{\Delta h} = \frac{\Delta cm \times L}{\Delta S \times L} = \frac{\Delta cm}{\Delta S}$  가 되며 表3.6.2와 같이 工種別 기울기別 水頭  
 $\text{cm}$ 當 工事費를 算定할 수 있다.

工種別水頭 1cm 當 工事費

① 開水路  $Q=5.4\text{m}^3/\text{S}$ ,  $n=0.014$  側面비탈 1 : 1.25

表 3. 6. 2

기울기	水深 幅 (m)	m 當 工事費 (千 円)	水頭差/m	工事費差/m (千 円)	1cm 當 工事費 (千 円)	平均기울기
0.00010	1.840	60.5	0.0001	5.5	550	0.00015
0.00020	1.619	55.0	0.0002	4.5	225	0.00030
0.00040	1.412	50.5	0.0002	2.5	125	0.00050
0.00060	1.316	48.0	0.0002	1.5	75	0.00070
0.00080	1.245	46.5	0.0002	1.0	50	0.00090
0.00100	1.211	45.5	0.0002			

② 터널  $Q=5.4\text{m}^3/\text{S}$ ,  $n=0.014$   $d/D=0.80$

기울기	内 径 (m)	m 當 工事費 (千 円)	水頭差/m	工事費差/m (千 円)	1cm 當 工事費 (千 円)	平均기울기
0.00030	2.650	110.5	0.0002	11.0	550	0.00040
0.00050	2.401	99.5	0.0002	6.0	300	0.00060
0.00070	2.254	93.5	0.0003	6.0	200	0.00085
0.00100	2.111	87.5	0.0004	5.0	125	0.00120
0.00140	1.981	82.5	0.0008	6.5	81	0.00180
0.00220	1.820	76.0				

③ 사이폰  $Q=5.4\text{m}^3/\text{S}$ ,  $n=0.014$

기울기	内 径 (m)	m 當 工事費 (千 円)	水頭差/m	工事費差/m (千 円)	1cm 當 工事費 (千 円)	平均기울기
0.00040	2.548	126.0	0.0002	9.0	450	0.00050
0.00060	2.365	117.0	0.0004	10.0	250	0.00080
0.00100	2.147	107.0	0.0007	8.0	114	0.00135
0.00170	1.943	99.0	0.00130	7.0	54	0.00235
0.00300	1.758	92.0				

이것을 圖表化하면 그림 3.6.6 와 같다. 또한 1cm當 工事費가 동일한 각 工種別 기울기에 각기  
 의 延長을 곱하여 얻은 總水頭와 1cm當 工事費와의 관계는 表3.6.3 및 그림 3.6.7 과 같다.

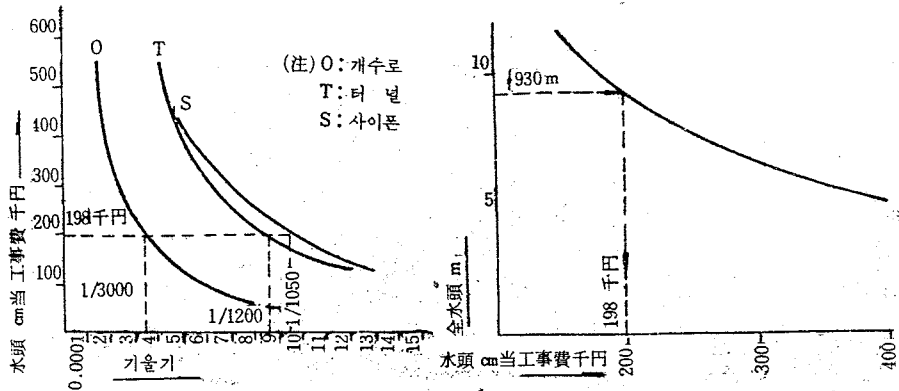


그림 3. 6. 6 工種別 cm 당 工事費와 기울기 | 그림 3. 6. 7 全水頭와 水頭 1cm 당 工事費  
全水頭와 cm 당 工事費

表 3. 6. 3

工種 延長 cm 당 工事費(千円)	開水路		터널		사이폰		計
	기울기	水頭(m)	기울기	水頭(m)	기울기	水頭(m)	全水頭(m)
150	0.000.43	3.35	0.001.07	5.78	0.001.12	2.53	11.66
200	0.000.34	2.65	0.000.84	4.54	0.000.93	2.10	9.29
250	0.000.27	2.12	0.000.70	3.78	0.000.80	1.81	7.71
300	0.000.23	1.79	0.000.61	3.30	0.000.69	1.56	6.65
350	0.000.20	1.56	0.000.54	2.92	0.000.59	1.33	5.81
400	0.000.17	1.33	0.000.48	2.59	0.000.52	1.17	5.09

③ 經濟的인 기울기의 配分

그림 3. 6. 7 에서 利用水頭 9.30m에 대한 1cm 당 工事費는 198千원이며, 그림 3. 6. 6 에서 198千원에 대한 기울기를 읽으면 開水路 1/3,000, 터널 1/2,000, 사이폰 1/1,050이 된다.

④ 流速의 檢討

위에서 算定한 經濟的인 기울기에서 각 工種의 流速을 檢토했으면 表 3. 6. 4 와 같으며 모두가 타당한 流速이라고 생각된다.

工種	計畵流量 m <sup>3</sup> /sec	粗度係數	内部치수 D · m	流速 m/sec	備考
開水路	5.4	0.014	1.47	1.11	
터널	5.4	0.014	2.18	1.59	
사이폰	5.4	0.013	2.10	1.56	

### 3. 7. 構造物의 比較設計

構造物의 設計는 미리 몇개의 比較設計를 行하여 技術적 經濟적 社會적 要件을 종합판단하여 가장 적합한 形式을 선정하지 않으면 안된다.

水路의 設計는 路線選定과 工種配置에 의하여 水路組織의 骨格이 형성되며 다음에 개개의 구조물의 기본설계에 있어서는 몇개의 비교 설계를 하는 것이 보통이다.

比較設計에서는 구조상의 안전성과 경제성을 주로 검토하고 社會적 조건에 대하여도 검토를 하지 않으면 안된다.

水路에는 여러가지의 다양한 구조물이 있어 이들 개개의 모든 것에 대해서 比較設計를 하는 것은 곤란하다. 따라서 과거에 있어서는 수 많은 設計例나 実績資料 計算圖表 기타 표준화된 것을 가능한 한 이들을 활용하여 설계의 정밀도의 향상과 능률화를 꾀하도록 한다.

이들 設計資料는 다음의 比較設計의 검토를 용이하게 진행시킬 수 있는 자료도 되므로 귀중하게 정리 보존하는 것이 바람직하다.

## 第 4 章 設計의 基本事項

### 4. 1. 適用

水路構造物에 對한 一般의이고 또한 基本的인 水理 및 構造設計의 標準은 이 基準에 依據하는데 個個의 設計條件의 特性이나 新技術에 對해서는 더욱 必要한 調査, 試驗 및 研究에 依하여 適切한 設計를 하지 않으면 안된다.

이章에서 記述하는 基準 및 資料는 水路設計에 對한 極히 基本的이고 一般의인 것에 限定하고 있다. 따라서 各 工種의 特殊한 水理 및 構造設計에 對해서는 第5章以後의 各章에 限定되어 있다.

### 4. 2. 水理設計

水路의 水理設計는 原則的으로 計劃最大流量에 對해서 하는데, 最多流量 및 다른 危險한 條件을 일키는 流量에 對해서도 檢討를 하지 않으면 안된다.

그리고 水路의 水理設計에 있어서는 水路組織內의 水理的, 構造의인 一貫性を 維持하도록 하여야 한다.

가. 여기서 말하는 計劃最大流量이란 用水路에 있어서 「用水路에서는 原則的으로 洪水는 流入시키지 않는다.」라는 方針下에 用水로서의 最大流量을 取한다.

나. 水路의 水理性狀은 設計에 採用된 流量以外의 流量일 때 不安定한 흐름을 나타내는 일이 있다.

例를 들면 部分的인 水位上昇, 低下背水, 不完全한 減勢, 바람직하지 못한 물결의 發生 등이다.

이 때문에 이 基準에서는 水路의 設計를 單一流量에만 의거하지 않고 그 밖의 流量에 對해서도 檢討하는 方針을 取한다. 이 檢討는 大略 ① 最多流量附近 ② 主로 水路內에 내린 비를 常時最大流量에 더한 流量 등에 對하여 水理上의 主要點에 對하여 概算을 한다.

다. 水路設計의 水理 및 構造의인 一貫性の 確保는 이 基準의 基本的인 思考方法의 하나이다.

그러나 여기에서 말하는 一貫性이란 單純, 劃一的인 統一을 意味하는 것은 아니고 統一의인 機能, 安全性 및 經濟性確保의 觀點에서 一貫된 技術判斷을 하는 것을 意味한다.

### 4. 3. 流量計算

#### 4. 3. 1. 許容流速

水路의 流速은 土砂의 堆積을 일으키지 않고 게다가 水中植物이 生育하지 않는 最小流速과 水路內面을 構成하는 材料가 流水에 의하여 侵蝕되지 않고 또한 水理的으로 不安定한 流況이 發生하지 않는 最大流速과의 範圍가 되어야 한다.

가. 水路 및 水路構造物의 断面을 決定할 경우에 最小 및 最大許容流速을 決定하는 方法이 가장 重要하며, 兩者를 配慮하면서 水路의 設計流速을 決定한다.

#### 나. 最小許容流速

- (1) 最小許容流速의 값을 制約하는 要素는 대단히 不明確하며, 正確한 값은 쉽사리 決定하기는 어렵다. 그러나 泥土(실트)를 含有하지 않는 흐름에서는 植物生育에 對한 影響을 除外하고는 이 값은 별로 意味가 없다. 一般的으로 말하면 流速은 泥土의 含有比率이 적은 경우 0.45~0.90 m/sec의 平均流速이 있으면 充分하고, 또 물의 흐름을 심하게 妨害하는 植物의 生育도 0.7 m/sec 以下가 되지 않는 平均流速으로써 防止할 수가 있다.

開水路에 接續하는 사이폰, 暗渠, 터널 등에서는 土砂가 堆積할 경우 土砂의 排除 등 維持管理가 困難하므로 적어도 隣接開水路보다 流速을 크게 한다. 一般的인 標準으로서는 그 流速比는 다음과 같은 값을 取한다.

- 사이폰 開水路流速의 1.5倍以上
- 암 거 開水路流速의 1.3倍以上
- 터널

- (2) 排水路에 對해서는 流下流量의 變動의 範圍가 넓기 때문에 最小流速의 決定은 困難하다. 設計流量에 對해서는 물론 적은 流量에 對에서도 最小許容流速以上의 流速을 얻을 수 있게 水路諸元을 決定하지 않으면 안되나 最大流量時에 침식되지 않도록 注意하지 않으면 안된다.

#### 다. 最大許容流速

- (1) 最大許容流速은 一般的으로 라이닝한 水路에서는 그렇게 큰 問題가 되지 않으나 굴착水路 또는 粘土, 라이닝水路에서는 特히 內面의 침식에 對하여 큰 問題가 된다.

이 流速은 水路를 형성하는 材料에 對하여 크게 다르고 不確定하므로 經驗이나 다른 例에서 判斷하지 않을 수 없으나 水路 및 水路構造物 內面의 材質에 對하여 大略 表-4.3.1과 같은 값을 制限值로 하고 있다.

表-4. 3. 1. 許容最大平均流速

種	別	流速 m/sec	種	別	流速 m/sec
砂	質 土	0.45	두꺼운 콘크리트		3.00
砂	質 양 토	0.60	얇은 콘크리트		1.50
양	토	0.70	아스팔트		1.00
粘	質 양 토	0.90	블록매쌓기(뒷길이30cm以下)		1.50
粘	土	1.00	(뒷길이30cm以上)		2.00
砂	質 粘 土	1.20	블록찰쌓기		2.50
軟	岩	2.00	프티캐스트콘크리트파이프		2.50
中	硬 岩	2.50	鋼	管	5.00
硬	岩	3.00			



排水路, 放·余水路 등에 있어서 一時的인 最大許容流速에 대해서는 表—4. 3. 1 값의 1.5 倍以內로 한다. 但, 콘크리트의 두께를 增加시키거나 鉄筋으로 보강하는 경우에 대해서는 特히 流速을 制限하지 않는다.

(2) 表—4. 3. 1 中에서 라이닝한 水路의 最大許容流速에 대해서는 多少 異論이 있으나 于先 標準值로 例示한 것이다. 라이닝의 경우의 制限値는 오히려 다음 項(3)에서 記述한 水路의 水理性狀 혹은 構造設計와 關聯하고 또 水路의 耐久性에 의하여 決定한다.

〈參 考〉

(가) 美國開拓局設計基準(水路工) 에서는 얇은 콘크리트 라이닝의 水路에 대해서 許容最大流速이 2.4 m/sec이다. 이 理由는 라이닝의 균열을 통하여 流水가 라이닝 背面에 流入하여 流速水頭가 靜水頭로 바뀌어 라이닝을 背面에서 밀어 올리기 때문이라고 한다. 그러나 技術報告에 나타난 開拓局의 實施例에서는 이 制限값보다 若干 높은 流速을 採用한 것도 있다.

(나) 굴착水路의 堆積이나 洗掘을 일으키지 않는 平均流速에 對해서는 1895年 印度의 케네디가 다음 公式를 提案하였다.

$$V_s = C \cdot D^{0.64}$$

$$V_s = C \cdot D^{0.50} \quad (\text{清水의 경우})$$

여기서  $V_s$ ; 堆積이나 洗掘을 일으키지 않는 流速 m/sec

$D$ ; 水深 m

$C$ ; 土質에 의한 係數

가벼운 細砂質土 0.46

무거운 粗砂質土 0.51

砂質 로오움 0.56

거친 실트와 硬質土 0.60

이 公式은 굴착水路의 流速決定에 있어서 概略値를 定하는데 널리 使用되고 있다.

(다) 1925年 후오디와 스코비의 最大許容流速으로서 發表한 것은 表—4. 3. 2 와 같다.

表—4. 3. 2 후오디, 스코비의 最大許容流速

土 質	清水의  경우	코로이드를 含有한 물	流砂를  함유한 물
	m/sec	m/sec	m/sec
細 砂	0.45	0.75	0.45
砂 質 양 토	0.50	0.75	0.60
細 粒 양 토	0.60	0.90	0.60
코로이드를  함유하지 않은 沖積실토	0.60	1.00	0.60
보통  굳게 다진 양토	0.75	1.00	0.70
火 山 灰	0.75	1.00	0.60
細 粒 자 갈	0.75	1.50	1.10
硬 粘 土 層	1.10	1.50	0.90
山 자 갈 層	1.10	1.50	1.50
코로이드를  함유한 沖積실트	1.10	1.50	0.90
단 단 한 山 자 갈 層	1.20	1.70	1.50
粗 粒 자 갈	1.20	1.80	2.00
조 약 돌	1.50	1.70	2.00
水 成 岩	1.80	1.80	1.50

- (3) 開水路의 設計流速을 決定하는데는 水路의 水理性狀에 대해서도 고려하지 않으면 안된다. 特히 限界狀態에 가까운 흐름은 本質적으로 水面이 不安定하게 되기 쉽고 一旦 물결이 생기면 그것이 잔잔해지기 어려우며 水路構造物에 損傷을 주는 일이 있다. 이 때문에 開水路의 流速決定을 할 때에는 限界狀態에 가까운 흐름을 避하는 것이 좋다. 이 때문에 流速을 限界流速의 容程度以下로 維持하면 一旦 安定한 水面이 期待된다. 더욱 빠른 流速은 彎曲部에서 水面의 偏倚를 招來하고 分水工, 量水施設, 落差工 등의 正常的인 機能을 妨害하는 일도 있으므로 設計流速을 決定할 때는 매우 注意하지 않으면 안된다.

〈參考〉

美國開拓局設計基準(水路工)에서는 흐름이 限界流에 가까워서 定常波가 생길 우려가 없는지 確認하기 위하여 設計에서 採用한 粗度係數n보다 0.003이 작은 n을 使用하며 限界流가 되는지 檢討하는 方法을 取하고 있다.

4. 3. 2. 流量計算

用水路의 等流速의 計算은 原則적으로 만닝(Manning)平均流速公式에 의하여 計算한다.

가. 水路의 流下流量은 다음 式에 의하여 구한다.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (4. 3. 1.)$$

- 여기서 Q; 流量 (m<sup>3</sup>/sec)
- V; 平均流速 (m/sec)
- A; 流水斷面積 (m<sup>2</sup>)

나. 式 4. 3. 1. 中에서 平均流速은 原則적으로 만닝公式에 의하여 卽

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (4.3.2.)$$

- 여기서 V; 平均流速 (m/sec)
- I; 動水傾斜
- R; 徑 深 (m)
- n; 粗度係數

- (1) 開水路의 平均流速公式로서는 從來 세지(Chezy)型公式과 指數型公式을 使用하여 왔으나 이 만닝公式은 指數公式의 代表인 것이다. 이 公式은 實제에 適用하여 粗度係數n의 適切한 값을 採用하면 充分히 만족할만한 것으로 형태가 單純하므로 數學的 處理나 計算이 簡單하며 많은 機關에서 使用되고 있어 이 基準도 여기에 따른다.
- (2) 普通의 水路기울기와 徑深의 範圍內에서 만닝의 n과 古터(Kutter)의 n가 數值上 잘 一致한다. 實用上 兩者의 값은 기울기  $S \geq 0.0001$ , 徑深  $R = 0.30 \sim 9.0m$ 의 範圍에서 同一值로 생각할 수 있다.
- (3) 만닝公式의 適否는 粗度係數의 選定의 適切如否에 달려 있다. 따라서 그 決定에서는 表面粗度, 草生水路의 不規則性, 水路의 彎曲, 斷面形狀, 流速, 徑深, 沈澱과 洗掘, 浮遊物質 등 많은 要素에 의하여 變化하므로 慎重히 고려하지 않으면 안된다. 또 流速이 極히 느린 경우, 徑深이 큰 경우에는 큰 쪽의 粗度係數를 採用하는 것도 配慮할 必要가 있다.

表-4.3.3.은 여러가지 種類의 水路에 對한 粗度係數 n의 값을 既存資料에서 取集하여 提示한 것으로 各 水路에 對하여 最小值, 標準值, 最大值를 나타내고 있다. 元來 粗度係數는 徑年에 따라 變化하는 것이지만 이 基準에서는 表-4.3.3.의 標準值를 採用하도록 한다.

表-4.3.3. 1) 라이닝 하거나 혹은 組立한 開水路

水路의 材料의 狀態	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
平滑한 鋼表面 (도장 얇았음)	0.011	C.C12	C.C14
(도장 하얇음)	0.012	C.C13	C.C17
波 形 表 面 (鋼 板)	0.021	C.C25	C.C30
시 멘 트 (모르타르)	0.011	C.C13	0.C15
콘크리트 이동식 스텔호움(흙손끝마금)	}	0.C15	C.C16
고정식			
鋼材판넬형호움			
매끈한 木製호움			
거 친			
스프레이(spray) (良好)	0.C16	C.C19	C.C23
(波狀)	0.C18	C.C22	C.C25
既成홀루움	0.C12	0.C14	C.C16
콘크리트블록 쌓기 (줄눈平滑)	0.C14	C.C16	C.C17
(줄눈不整)	0.C15	C.C17	0.C18
粘土라이닝		C.C25	
아스팔트 (滑 面)		C.C14	
(粗 面)		0.C17	
石 工 (粗石메쌓기)	0.C17	C.C25	C.C30
(粗石찰쌓기)	0.C23	C.C32	C.C35
草生被覆 (메붙임)	0.C30	C.C40	C.C50

2 터널, 암거, 사이폰 管水路

水路의 材料의 狀態	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
鋼 (록크바 및 용접)	0.010	C.C12	C.C14
(리 벳 트)	0.013	C.C16	0.C17
鑄 鐵 (도 강)	0.010	C.C13	C.C14
(도 강 얇 음)	0.011	C.C14	C.C16
시 멘 트 (모 르 타 르)	0.011	C.C13	C.C15
콘크리트 (스 텔 호 움)	}	C.C15	C.C16
(鋼材판넬형호움)			
(반질한木製호움)			
(거 친 )	0.015	C.C17	C.C20
나 무 (나 무 樞)	0.010	C.C12	C.C04
(얇은 판자 붙임)	0.015	C.C17	C.C20
크레오소트 処理	0.011	C.C14	C.C17
陶 管			

水路의 재료와 상태	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
콘 크 리 트 관	C.C12	C.C14	C.C16
銃 筋 콘 크 리 트 관 (遠心力葦配合콘크리트)	C.C11	C.C13	C.C14
石綿시멘트관	C.C11	C.C13	C.C14
塩 化 비닐관	—	C.C12	
全断面 라이닝없는 岩石터널	0.C30	0.C35	0.C40
바닥면만 콘크리트한 라이닝없는 岩石터널	0.C20	0.C25	0.C30

3) 굴착 또는 준설水路

水路의 재료와 상태	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
흙, 直線으로, 均一한 경우			
1. 잡초없음(完成直后)	0.016	0.018	0.020
2. " (完成后 다소 經過時)	0.018	0.022	0.025
3. 자갈(잡초없음)	0.022	0.025	0.030
4. 짧은 풀은 있으나 잡초적음.	0.022	0.027	0.033
흙, 彎曲하여 均一하지 않은 경우			
1. 식물피복 없음	0.023	0.025	0.030
2. 약간의 잡초	0.025	0.030	0.033
3. 잡초 또는 水草密生깊음	0.030	0.035	0.040
4. 밑바닥은 흙이고 側面은 粗石	0.028	0.030	0.035
5. " 側面은 잡초	0.025	0.035	0.040
6. " 조약돌이고 側面은 잡초없음	0.030	0.040	0.050
드래그 라인 굴착과 준설			
1. 식물피복 없음	0.025	0.028	0.033
2. 기슭에 관목이 若干 있음	0.030	0.050	0.060
岩 굴착			
1. 平滑하고 均一	0.025	0.035	0.040
2. 不規則	0.035	0.040	0.050

4) 自然流路

水路의 재료와 상태	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
平野部의 小流路			
1. 잡초없고, 직선이고 만수위의 경우 均열이 나 구덩이가 없음	0.025	0.030	0.033
2. 同上, 但 돌과 잡초가 많음	0.030	0.035	0.040

水路의 재료와 상태	粗 度 係 數		
	最 小 值	標 準 值	最 大 值
3. 잡초는 없으나 암구의 구멍이가 있음	0.033	0.040	0.045
4. 同上, 但들과 若干의 잡초가 있음	0.035	0.045	0.050
5. 同上, 但低水位로 기울기나 단면의 변화가 적음	0.040	0.048	0.055
6. 4 와 같으나 돌이 많다	0.045	0.050	0.060
7. 느린 흐름의 区間, 잡초나 깊은 구멍이가 있음	0.050	0.070	0.080
8. 잡초가 密生한 区間 깊은 구멍이나 立木 등이 많음	0.075	0.100	0.115
山地流路로서 水路內에 植物이 없고 河岸은 보통 급한 기울기로 河岸에 따라 나무와 관목은 高水位에서 물에 닿는다.			
1. 河床은 조약돌, 자갈	0.030	0.040	0.050
2. 河床은 큰 조약돌	0.040	0.050	0.070
大流路			
1. 조약돌과 관목이 없는 규칙 단면	0.025		0.060
2. 不規則한 거친 단면	0.035		0.100

(4) 管水路의 平均流速의 計算은 하이젠 우이리암스 (HarJen williams) 公式에 의거 한 것도 좋다.

$$V = 0.355 C D^{0.48} L^{-0.14} \dots \dots \dots (4. 3. 3)$$

여기서 V=平均流速 (m/sec)

C: 流速係數 (表-4. 3. 4. 참조)

D: 管 經 (m)

L: 動水傾斜

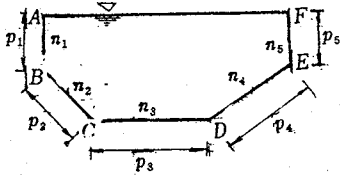
이 公式은 實地의 水路管에 대한 實檢을 기초로 하여 作成된 것이나 口徑이 50mm以下의 小口徑의 管과 流速 1.5m/sec 以下의 低流速에 대한 資料를 省略하고의 값이 定해져 있으므로 精密度가 問題일 경우에는 注意하지 않으면 안된다:

表-4. 3. 4

管 種	C
주 철 관	100
鋼 管	100
원심력철근콘크리트 管	130
石 線 시 멘 트 管	130
木 管	120

다. 複合粗度係數

潤邊의 部分에 따라 粗度가 다른 水路断面에서 만닝公式을 適用할 경우에는 全潤邊에 對한 等值粗度係數를 計算하여 流速을 구한다.



部分	粗度係數	潤邊 길이
AB	$n_1$	$p_1$
BC	$n_2$	$p_2$
CD	$n_3$	$p_3$
DE	$n_4$	$p_4$
EF	$n_5$	$p_5$
全潤邊	$n_i$	$\sum p_i$

그림 4. 3. 1

等值粗度係數  $n_i$ 은 다음式으로 구한다.

$$n_i = \left( \frac{1}{\sum p_i} (P_1 n_1^4 + P_2 n_2^4 + \dots) \right)^{1/4} \dots \dots \dots (4. 3. 4)$$

但 排水路 河川 등에서 그림 4. 3. 2와 같은 高水數의 水深이 얇은 경우, 單순하게 前記한 等值粗度係數에 의하여 流量計算을 한다는 것은 不適當하며 圖示한 바와 같이 流積을 区分하여 計算을 進行하는 것이 適當한 경우가 있다. 区分의 境界面은 潤邊으로 간주하지 않는다.

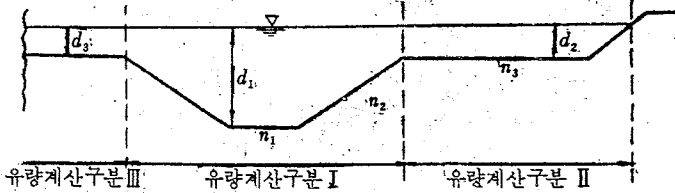


그림 4. 3. 2

라. 만닝 平均流速公式을 使用하는 利點은 等流水深을 直接 計算法에 의하여 구할 수 있다는 點이다.

(1) 開水路 等流水路의 直接 計算法

流量  $Q$ , 水路면나비  $b$ , 水路벽의 비탈기울기  $m$ , 水路기울기  $I$  粗度係數  $n$ 가 주어지면 다음 順序에 의하여 等流水深  $d$ 를 구한다.

(가)  $\frac{n \cdot Q}{I^{1/2} \cdot b^{3/2}} \dots \dots \dots (4. 3. 5)$

이 式으로 計算할때 6% 의 값은 表 4. 5. 3을 使用한다.

(나) 表 4. 5. 5에서 주어진  $m$ 와 (가)에서 구한 값에 對하여  $d/b$ 값을 구한다. 必要에 따라서는 內插計算을 한다.

(다)  $d/b \times b = d$ 에 의하여 等流水深  $d$ 를 구한다.

이 計算은 水路內 等流의 尺算失실경사 및 尺算失水頭의 計算에 使用된다.

(2) 터널 等流水深 直接計算法

流量  $Q$ , 터널半徑  $r$ , 水路기울기  $I$ , 粗度係數  $n$ 을 주어지면 다음 順序에 의하여 等流水深  $d$ 를 구한다.

(가)  $\frac{n \cdot Q}{I^{1/2} \cdot b^{3/2}} \dots \dots \dots (4. 3. 6)$

式 4. 3. 6의 값을 計算한다.

(나) 表 4. 5. 6 ~ 表 4. 5. 11에서 주어진 断面에 對하여 (가)에서 구한 값에 對하여  $d/r$ 값을 구하며 必要에 따라서는 內插計算을 한다.

(다)  $d/r \times r = d$ 에 의하여 等流水深  $d$ 를 구한다.

마. 이 基準에서는 原則으로 有效數字 3자리로 計算을 한다. 計算의 簡略化를 도모하는 동시에 既存의 計算諸表가 많은 경우에 有效數字 3자리로 準備되어 있기 때문이다. 但 分土工 등의 設計에서는 4자리까지 必要한 경우도 있다.

바. 實際의水路에서는 複斷面을 採用하거나,水路바닥을 彎曲케하여 直接計算法을 適用할 수 없는 경우도 많다. 이런 경우에는 試算法에 의하여 等流水深을 計算한다. 여기에 水理設計의 一貫性을 確保하기 위하여 試算過程의 計算誤差는 流量으로  $\pm 1\%$  程度以內로, 하는 것이 바람직하다.

但 計算結果의 表示는 一般의으로 cm의 單位에서 끝내면 된다.

4.3.3. 開水路 損失水頭 및 水面低下

開水路의 水理計算에서는 原則的으로 다음 損失水頭를 고려한다.

마찰에 의한 損失水頭

斷面變化에 의한 損失水頭

流入에 의한 損失水頭

橋脚에 의한 損失水頭

스크린에 의한 損失水頭

다만 水路의 彎曲에 의한 損失水頭는 原則的으로 無視한다.

가. 用·排水의 水路內의 流水는 水路表面의 거칠음

水路中의 여러가지 施設에 의하여 흐름이 흐트러져 水頭가 損失된다. 이들의 損失은 個個로는 작은 量이기는 하지만 水路組織全體로 볼 때는 相當한 量이 되어 不當한 水位上昇 低下背水가 생겨서 利水, 管理上 支障을 招來하는일이 있으므로 充分히 注意하여야 한다.

나. 各種 損失水頭

(1) 마찰에 의한 損失水頭

마찰에 의한 損失水頭의 計算은 開水路 流量計算 使用公式(一般的으로 만닝公式)에 의한다.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{n^2 \cdot V^2 \cdot L}{R^{4/3}} \dots \dots \dots (4.3.7)$$

$$f = \frac{2gn^2}{R^{1/3}} \dots \dots \dots (4.3.8)$$

여기서  $h_f$ : 마찰損失水頭 (m)

$g$ : 重力加速度 (m/sec<sup>2</sup>)

$L$ : 區間距離 (m)

$n$ : 粗度係數

$R$ : 水路의 徑深 (m)

$f$ : 마찰손실계수

$V$ : 平均流速 (m/sec)

(2) 流入에 의한 損失과 水面低下量

流入流速을 無視할 수 있는 靜水面等에서의 流入에 의한 損失水頭 및 水面低下量은 다음식에 의하여 計算된다.

$$h_i = f_i \cdot \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.9)$$

$$\Delta h_i = (1 + f_i) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.10)$$

여기서  $h_i$ : 流入損失水頭 (m)

$\Delta h_i$ : 流入에 의한 水面低下量 (m)

$V_2$ : 流入後의 流速 (m/sec)

$f_i$ : 流入損失係數 (表—4.3.10參照)

(3) 스크린에 의한 損失과 水面低下量

스크린에 의한 損失과 水面低下量은 다음식에 의하여 計算하고 3倍程度로 增加시켜 推定한다.

$$h_r = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} = \beta \cdot \sin \theta \left( \frac{t}{b} \right)^{4n} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.11)$$

$$\Delta h_r = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.12)$$

여기서  $h_r$ : 스크린에 의한 損失水頭 (m)       $\beta$ : 格子의 살(棒) 断面形狀에 의한 係數  
 $\Delta h_r$ :                    水面低下量 (m)       $\theta$ : 格子의 傾斜角  
 $V_1$ :                    上流側의 流速 (m/sec)       $t$ : 格子의 살의 굵기  
 $V_2$ :                    下流側의 流速 (m/sec)       $b$ : 格子의 간살의 넓이  
 $f_r$ :                    損失係數

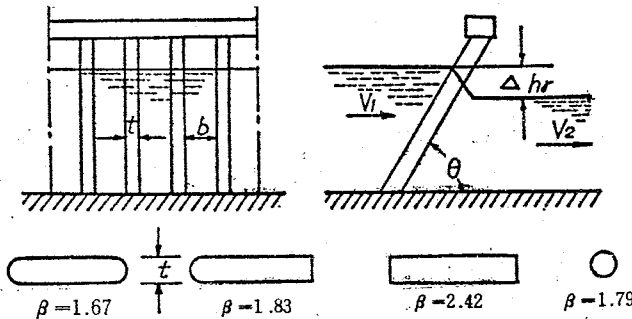


그림 4. 3. 3 살의 形狀과 係數

이 公式는 길루슈메에루의 實驗値에 의한 것으로 스크린에 먼지가 全然 끼지 않은 狀態의 경우 이다. 따라서 實際로 使用할 때는 計算値의 3倍程度를 增加하여야 한다.

<参考>

美國開拓局設計基準에서는 流速  $V_1$  과 損失水頭  $h_r$  와의 關係를 各各, 다음과 같이 決定하고 있다.

流速 (m/sec)	損失水頭 (m)
0.30	0.03
0.45	0.09
0.60	0.15

(4) 断面變化에 의한 損失 및 水面低下量 断面變化에 의한 損失水頭 및 水面低下量은 各各 다음과 같이 計算한다.

(가) 急狹

$$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.13)$$

$$\Delta h_{se} = \frac{V_1^2}{2g} \left( 1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.14)$$

여기서  $h_{se}$ : 急狹에 의한 損失水頭 (m)  
 $\Delta h_{se}$ : 急狹에 의한 水面低下量 (m)  
 $V_1$ : 急狹前의 流速 (m/sec)  
 $V_2$ : 急狹後의 流速 (m/sec)  
 $A_1$ : 急狹前의 断面積 (m<sup>2</sup>)  
 $A_2$ : 急狹後의 断面積 (m<sup>2</sup>)

急狹損失係數는 表 4. 3. 5 와 같다.      表

$A_1/A_2$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
f <sub>se</sub>	1.0	0.81	0.64	0.49	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	0.01	(0)

$f_{se}$ : 急狹損失係數  $(1 - A_1/A_2)^2$



(나) 漸 拡

$$h_{ge} = f_{ge} \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + I_m \cdot L \dots\dots\dots (4.3.15)$$

$$\Delta h_{ge} = f_{ge} \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + I_m \cdot L + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.16)$$

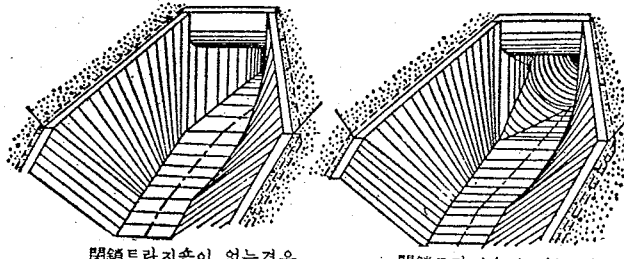
여기서  $h_{ge}$ : 漸擴에 의한 損失水頭 (m)  
 $\Delta h_{ge}$ : 漸擴에 의한 水面低下量 (m)  
 $V_1$ : 漸擴前의 流速 (m/sec)  
 $V_2$ : 漸擴後의 流速 (m/sec)

$I_m$ : 트란지손前後 平均動水傾斜  $I_m \approx \frac{I_1 + I_2}{2}$  間의

$I_1, I_2$ : 트란지손前後의 動水傾斜

$f_{ge}$ : 漸擴에 의한 損失係數

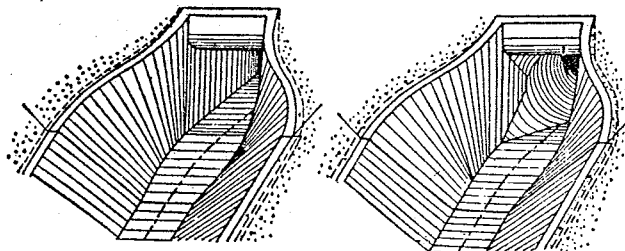
漸擴의 경우, 水面低下量  $\Delta h_{ge}$  의 값은 一般的으로 負(-)가 된다. 卽 漸擴部에 있어서는, 마찰 등의 損失이 적은 경우 下流側水位가 上流側水位보다 높아진다.



閉鎖트란지손이 없는 경우

閉鎖트란지손이 있는 경우

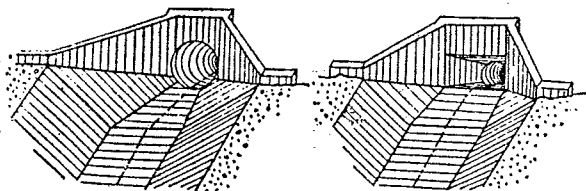
(1) 改良直線型



閉鎖트란지손이 없는 경우

閉鎖트란지손이 있는 경우

(2) 流線型



閉鎖트란지손이 없는 경우

閉鎖트란지손이 있는 경우

(3) 直線型

그림-4.3.4

漸縮에 의한 損失係數는 트란지손의 形狀에 의하여 表-4,3,6 의 數值를 採用한다.

表-4. 3. 6

開放트란지손의 形狀變化의 狀態	漸縮係數 $f_{sc}$	漸拉係數 $f_{se}$
流線形(流線形으로 長方形開口部로)	0.10	0.20
改良直線形(벽끝이 直線狀이 되도록 비틀어서 長方形開口部로)	0.20	0.30
改良直線形(벽끝이 直線狀이 되도록 비틀어서 円形開口部에, 但 流入部の 구석부분은 필렛(Fillet)를 붙침)	0.30	0.40
直線形(平面向을 組合하여 長方形 開口部로)	0.30	0.50
(平面向을 組合하여 円形 開口部로)	0.40	0.70

表-4,3,6의 數值는 사다리꼴 또는 直四角形断面에서 사다리꼴, 直四角形, 円形断面으로 移行하는 경우를 나타낸다.

오우푼트란지손의 길이는 流入部断面과 流出部断面間에서 側壁을 連結한 直線이 水路軸과 이룬 角度를 12°30'으로 한 경우의 實驗值이다.

(다) 急縮

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(4,3,17)$$

$$\Delta h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(4,3,18)$$

- 여기서  $h_{sc}$  : 急縮에 의한 損失水頭(m)
- $\Delta h_{sc}$  : 急縮에 의한 水面低下量(m)
- $V_1$  : 急縮前의 流速(m/sec)
- $V_2$  : 急縮後의 流速(m/sec)
- $f_{sc}$  : 急縮損失係數
- $A_1$  : 急縮前의 断面積(m<sup>2</sup>)
- $A_2$  : 急縮後의 断面積(m<sup>2</sup>)

急縮損失係數  $f_{sc}$ 의 값은 表-4,3,7 과 같다.

表-4,3,7

$A_2/A_1$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
$f_{sc}$	0.50	0.48	0.45	0.41	0.36	0.29	0.21	0.13	0.07	0.01	(0)

(라) 漸縮

$$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + I_m \cdot L \dots\dots\dots(4,3,19)$$

$$\Delta h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + I_m \cdot L + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(4,3,20)$$

여기서

- $h_{sc}$  : 漸縮에 의한 損失水頭(m)
- $\Delta h_{sc}$  : 漸縮에 의한 水面低下量(m)
- $V_1$  : 漸縮前의 流速(m/sec)
- $V_2$  : 漸縮後의 流速(m/sec)

$I_m$  : 트란지손간의 平均動水傾斜

$$I_m = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$I_1, I_2$  : 트란지손前後의 動水傾斜

$L$  : 트란지손의 길이

$f_{sc}$  : 漸縮에 의한 損失係數

漸縮에 의한 損失係數  $f_{sc}$ 의 값으로 트란지손의 形狀에 따라 表-4.3.6의 數值를 採用한다.

(마) 段

段에 의한 損失 및 水面低下量은 断面의 急縮과 急擴에 따른 損失로서 取扱한다.

(5) 橋脚에 의한 水面低下量

橋脚에 의한 水面低下量은 다음 方法에 의하여 計算하는데 橋脚을 갖인 橋梁이 가까운 間隔으로 設置되어 그 背水가 영향을 미친다고 認定되는 경우 以外는 省略한다.

橋脚에 의한 水面低下量

$$\Delta h = \frac{V^2}{2g} \left[ \frac{1}{\lambda \left( 1 - \frac{0.3}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \right)} \right]^2 - \beta \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad \dots \dots \dots (4.3.21)$$

여기서

- $V$  : 橋脚이 없을 때의 水路의 流速 (m/sec)       $d$  : 橋脚이 없을 때의 水深 (m)
- $V_1$  : 水面上昇된 上流側의 流速 (m/sec)       $\beta$  : 全幅에 대한 橋脚幅의 比率로 주어지는 係數
- $\Delta h$  : 水面低下量 (m)       $g$  : 重力의 加速度 (m/sec)
- $\lambda$  : 橋脚의 形狀에 의한 係數

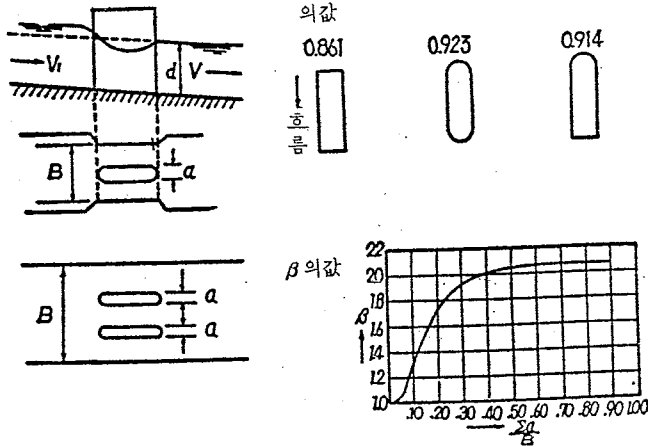


그림 4. 3. 5

(6) 이 基準에서는 水路彎曲의 半徑은 될수록 크게하여 적어도 水面나비의 10倍程度 取하는 것을 前提로 하여 原則적으로 彎曲에 의한 水頭損失을 無視한다.

4. 3. 4. 管水路의 損失水頭

管水路의 水理設計에서는 다음의 損失水頭를 고려한다.

- 마찰損失水頭
- 流入에 의한 損失水頭
- 流出에 의한 損失水頭



粗糙係數  $n$ 의 값은 表-4.3.3의 數值를 使用한다. 圓形 및 馬蹄形斷面의 管路의 流積 및  $f'/R$ 의 값은 表-4.3.8과 같다. 그리고 圓形斷面의 경우  $f'/R$ 의 값은 表-4.3.9와 같다.

(나) 하아젠, 우이리암스식에 의한 경우

$$h_f = 10.7 C^{-1.48} D^{-4.75} Q^{1.48} L = I \cdot L \dots \dots \dots (4.3.28)$$

여기서

$h_f$ : 마찰損失水頭 (m)

$Q$ : 流量 ( $m^3/sec$ )

$L$ : 管延長 (m)

$I$ : 動水傾斜

$D$ : 管徑 (m)

$C$ : 流速係數

流速係數  $C$ 의 값은 表-4.3.4의 값을 使用한다.

(2) 流入에 의한 損失水頭

管路의 流入損失水頭는 다음 式에 의하여 計算한다.

$$h_i = f_i \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.29)$$

여기서

$h_i$ : 流入損失水頭 (m)

$V_2$ : 流入後의 斷面의 流速 ( $m/sec$ )

$f_i$ : 流入損失係數

表-4.3.8 圓形 및 馬蹄形斷面管路의 流積  $A$  및  $f'/R$ 의 값



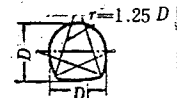
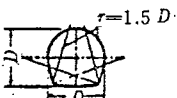
種 別	流 積 $A$	$\frac{f'}{R}$ 의 값
圓形斷面 	$0.7854 D^2$	$\frac{124.5 \pi^2}{D^{1.48}}$
馬蹄形斷面 $r = D$ 	$0.8292 D^2$	$\frac{122.0 h^2}{D^{1.48}}$
馬蹄形斷面 $r = 1.25 D$ 	$0.8398 D^2$	$\frac{121.9 \pi^2}{D^{1.48}}$
馬蹄形斷面 $r = 1.5 D$ 	$0.8472 D^2$	$\frac{122.0 \pi^2}{D^{1.48}}$

表-4,3,9  $f' / R = 124.5 n^2 / D^{4/3}$  円形断面

( $n$ : 粗度係数,  $D$ : 管径)

管径 D(m)	$D^{2/3}$	$D^{4/3}$	断面積(m <sup>2</sup> ) A=0.7854D <sup>2</sup>	$f' / R = 124.5 n^2 / D^{4/3}$			
				$n=0.011$	$n=0.012$	$n=0.013$	$n=0.014$
0.075	0.177845	0.031629	0.00442	0.4763	0.5668	0.6652	0.7715
0.100	0.215443	0.046416	0.00785	0.3246	0.3862	0.4533	0.5257
0.125	0.250000	0.062500	0.01227	0.2410	0.2868	0.3367	0.3904
0.150	0.282311	0.079700	0.01767	0.1890	0.2249	0.2640	0.3062
0.200	0.341995	0.116961	0.03142	0.1288	0.1533	0.1799	0.2086
0.250	0.396850	0.157490	0.04909	0.0957	0.1138	0.1336	0.1549
0.300	0.448141	0.200830	0.07069	0.0750	0.0893	0.1048	0.1215
0.350	0.496644	0.246655	0.09621	0.0611	0.0727	0.0853	0.0989
0.400	0.542884	0.294723	0.12566	0.0511	0.0608	0.0714	0.0828
0.450	0.587230	0.344839	0.15904	0.0437	0.0520	0.0610	0.0708
0.500	0.629961	0.396851	0.19635	0.0380	0.0452	0.0530	0.0615
0.600	0.711379	0.506060	0.28274	0.0298	0.0354	0.0416	0.0482
0.700	0.788374	0.621534	0.38485	0.0242	0.0288	0.0339	0.0393
0.800	0.861774	0.742654	0.50266	0.0203	0.0241	0.0283	0.0329
0.900	0.932270	0.868941	0.63617	0.0173	0.0206	0.0242	0.0281
1.000	1.000000	1.000000	0.78540	0.0151	0.0179	0.0210	0.0244
1.100	1.065602	1.135508	0.95033	0.0133	0.0158	0.0185	0.0215
1.200	1.129243	1.275190	1.13098	0.0118	0.0141	0.0165	0.0191
1.350	1.221488	1.492033	1.43139	0.0101	0.0120	0.0141	0.0164
1.500	1.310371	1.717072	1.76715	0.0088	0.0104	0.0123	0.0142
1.650	1.396334	1.949749	2.13824	0.0077	0.0092	0.0108	0.0125
1.800	1.479727	2.189592	2.54469	0.0069	0.0082	0.0096	0.0111
2.000	1.587401	2.519842	3.14160	0.0060	0.0071	0.0083	0.0097
2.100	1.639883	2.689216	3.46361	0.0056	0.0067	0.0078	0.0091
2.200	1.691538	2.861301	3.80134	0.0053	0.0063	0.0074	0.0085
2.300	1.742416	3.036014	4.15477	0.0050	0.0059	0.0069	0.0080
2.400	1.792562	3.213279	4.52390	0.0047	0.0056	0.0065	0.0076
2.500	1.842016	3.393023	4.90875	0.0044	0.0053	0.0062	0.0072

$f_i$  의 값은 表-4.3.10과 같다

表-4.3.10

流入口의 形状	$f_i$ 의 값
벨마우스블친 円形流入口	0.1
벨마우스블친 直四角形流入口	0.2
벨마우스가 없는 모난流入口	0.5

(3) 流出에 의한 損失水頭

管路로부터 流出하는 경우의 損失水頭는 다음식에 의하여 計算한다.

$$h_{ge} = f_o \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.30)$$

여기서

- $h_{ge}$ : 流出損失水頭
- $f_o$ : 流出損失係數
- $V$ : 流出前의 平均流速 (m/sec)

流出損失係數는 水槽로 나오는 경우는 一般的으로 1이다.

그러나 開水路에 接統하는 경우는 表-4.3.6과 같다.

(4) 스크린에 의한 損失水頭

開水路의 경우에 準한다. (4.3.3 나 參照)

(5) 断面變化에 의한 損失水頭

管路中の 各種의 断面變化에 의한 損失水頭는 各各 다음과 같이 計算한다.

(가) 急拵

$$h_{se} = \frac{V_1^3}{2g} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.31)$$

여기서  $h_{se}$ : 急拵損失水頭

$A_2$ : 急拵後의 管断面積 (m<sup>2</sup>)

$V_1$ : 急拵前의 流速 (m/sec)

$f_{se}$ : 急拵損失係數 (1 -  $A_1/A_2$ )<sup>2</sup>

$A_1$ : 急拵前의 管断面積 (m<sup>2</sup>)

$f_{se}$ 의 計算값은 表-4.3.11과 같다.  $D_1, D_2$ 는 急拵前後의 管徑이다.

表-4.3.11

$D_1/D_2$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
$f_{se}$	1.00	0.98	0.92	0.82	0.70	0.56	0.41	0.26	0.13	0.04	(0)

(나) 漸拵

$$h_{ge} = f_{ge} \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.32)$$

여기서

$h_{ge}$ : 漸拵에 의한 損失水頭 (m)       $f_{ge}$ : 漸拵損失係數 (=0.011  $\theta^{-1.22}$ )

$V_1$ : 漸拵前의 流速 (m/sec)       $\theta$ : 漸拵角

$V_2$ : 漸拵後의 流速 (m/sec)

$f_{ge}$ 의 크기는 漸拵角  $\theta$ 의 크기에 따라 定해지는 係數로서, 一般的으로  $\theta$ 가 8~10°를 超過 하면 流線이 周圍의 管壁에서 떨어져서 소용도리 치게된다.

그러면  $f_{ge}$ 의 값이 急激히 增大되므로  $\theta$ 를 8°以下가 되도록 하는 것이 바람직하다.

(다) 急縮

$$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.33)$$

여기서

$h_{sc}$ : 急縮에 의한 損失水頭 (m)

$f_{sc}$ : 急縮損失係數

$V_2$ : 急縮後의 流速 (m/sec)

急縮損失係數  $f_{sc}$ 의 값은 表-4.3.12와 같다.

$D_1, D_2$ 는 急縮前後의 管徑이다.

表-4.3.12

$D_2/D_1$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
$f_{sc}$	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	(0)

(라) 漸縮

$$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.34)$$

여기서

$h_{sc}$ : 漸縮에 의한 損失水頭 (m)

$V_2$ : 漸縮後의 流速 (m/sec)

$V_1$ : 漸縮前의 流速 (m/sec)

$f_{sc}$ : 漸縮損失係數

$f_{sc}$ 의 값은 漸縮角에 의하여 定하는 係數로서 漸縮角  $\theta \leq 8^\circ$ 의 경우,  $f_{sc} = 0.10$ 를 採用한다.

(6) 彎曲, 屈折에 의한 損失水頭

管路의 彎曲과 屈折에 의한 損失水頭는 다음과 같이 計算한다.

(가) 彎曲

$$h_b = f_b \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.35)$$

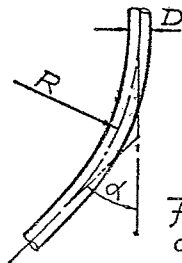
여기서

$h_b$ : 彎曲에 의한 損失水頭 (m)

$V$ : 管内流速 (m/sec)

$f_b$ : 彎曲의 曲率半徑比 ( $R/D$ )와 偏角( $\alpha$ )에 의하여 定하는 損失係數  $f_b$ 의 값은 그림

4.3.6과 같다.



$$\frac{1}{f_b} = \frac{\pi^2}{2d} \left( \text{Loge} \frac{R}{D} + \alpha \right)$$

$\alpha$ : 偏角 라디안



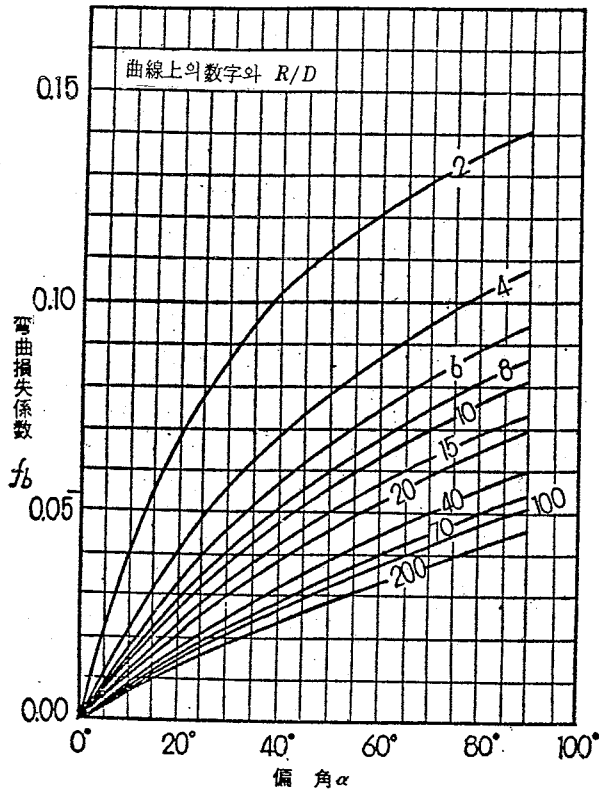


그림 4. 3. 6 弯曲의 曲率半径과의比(R/D) 와 偏角( $\alpha$ )에 의하여 定해지는 弯曲損失係數  $f_b$

그림 4. 3. 6 에 있어서 該當하는 R/D 값이 曲線위에 없을 경우는 가까운 下位의 값을 採用한다.

管水路의 弯曲에 의한 損失水頭를 될수있는 한 작게 하기 위하여 圖表의 R/D를 크게 잡는것이 바람직하나 最小 4.0以上으로 해야 한다.

(나) 屈折

$$h_{bc} = f_{bc} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.36)$$

$h_{bc}$ : 屈折에 의한 損失水頭 (m)

V: 管内流速 (m/sec)

$f_{bc}$ : 레이놀드 수 ( $R_e$ )와 偏角( $\alpha$ )에 의하여 定하는 損失係數  
 $f_{bc}$ 의 값은 그림 4. 3. 7 에 의한다.

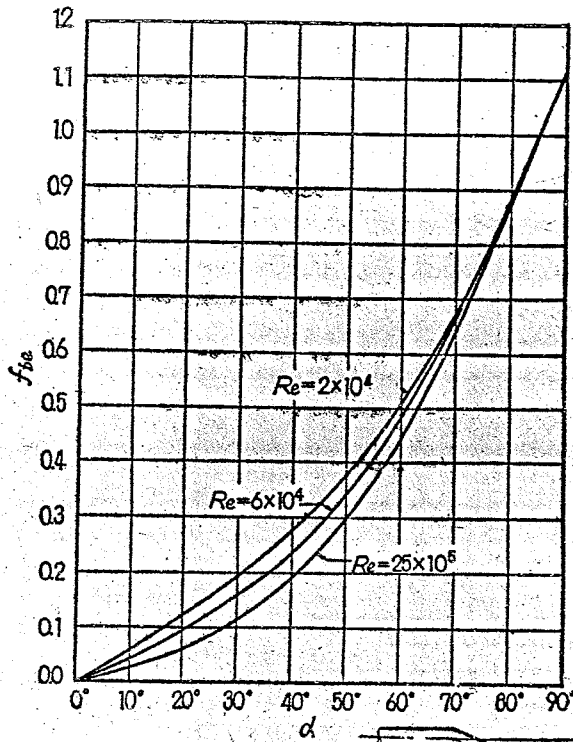


그림 4. 3. 7 屈折損失係數圖表

(7) 直角分流的 損失水頭

直角分流的 損失水頭는 가아넬 (Gardel) 式에 의하여 다음과 같이 計算한다.

$$H_\beta - H_a = f_\beta \cdot \frac{V_a^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.37)$$

$$H_\gamma - H_a = f_\gamma \cdot \frac{V_a^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3.38)$$

여기서

$H_a, H_\beta, H_\gamma$ : 各管의 全水頭 (m)

$f_\beta, f_\gamma$ : 다음式으로 나타낸 損失係數

$V_a$ : 管  $\alpha$  內의 流速 (分流前流速) (m/sec)

係數  $f_\beta \cdot f_\gamma$  은 다음式에 의한다.

$$f_\beta = -0.95(1-q_\beta)^2 - q_\beta^2 \left( 1.3 \cot \frac{\theta}{2} - 0.3 + \frac{0.4 - 0.1\varphi}{\varphi^2} \right) (1 - 0.9\sqrt{\rho/\varphi}) - 0.4 \left( 1 + \frac{1}{\varphi} \right) \cot \frac{\theta}{2} (1 - q_\beta) q_\beta \dots \dots \dots (4.3.39)$$

$$f_\gamma = -0.58q_\beta^2 + 0.26q_\beta - 0.03 \dots \dots \dots (4.3.40)$$

여기서

$\theta$ : 本管과 支管과의 交角

$\varphi$ : 支管과 本管과의 断面積比 ( $A_\beta / A_\alpha$ )

$\rho$ : 支管과 本管과의 모따기 半徑  $\gamma$ 와 本管  $D$ 와의 比  $\gamma/D$

$q_\alpha$ : 支管과 本管과의 流量比 ( $Q_\beta / Q_\alpha$ )

$\theta = 90^\circ$ ,  $\rho = 0.05$ 로 하여 計算하면 그 結果는 表-4.3.13 과 그림 4.3.8 과 같다.

表-4. 3. 13  $f_r$ 의 값

$q_\beta$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$f_r$	-0.03	-0.01	-0.001	-0.004	-0.019	-0.045	-0.083	-0.132	-0.193	-0.266	-0.350

表-4. 3. 14  $f_\beta$ 의 값

$\varphi$ \ $q_\beta$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	-0.95	-1.31	-1.90	-2.70	-3.74	-4.99	-6.47	-8.17	-10.1	-12.2	-14.6
0.2	-0.95	-1.04	-1.22	-1.49	-1.84	-2.28	-2.81	-3.42	-4.12	-4.91	-5.78
0.4	-0.95	-0.918	-0.920	-0.959	-1.03	-1.14	-1.28	-1.46	-1.67	-1.93	-2.21
0.6	-0.95	-0.880	-0.837	-0.821	-0.829	-0.866	-0.928	-1.02	-1.13	-1.28	-1.44
0.8	-0.95	-0.863	-0.798	0.759	-0.744	0.753	-0.786	-0.844	-0.925	-1.03	-1.16
1.0	-0.95	-0.852	-0.778	-0.728	-0.701	-0.698	-0.718	-0.764	-0.822	-0.925	-1.04

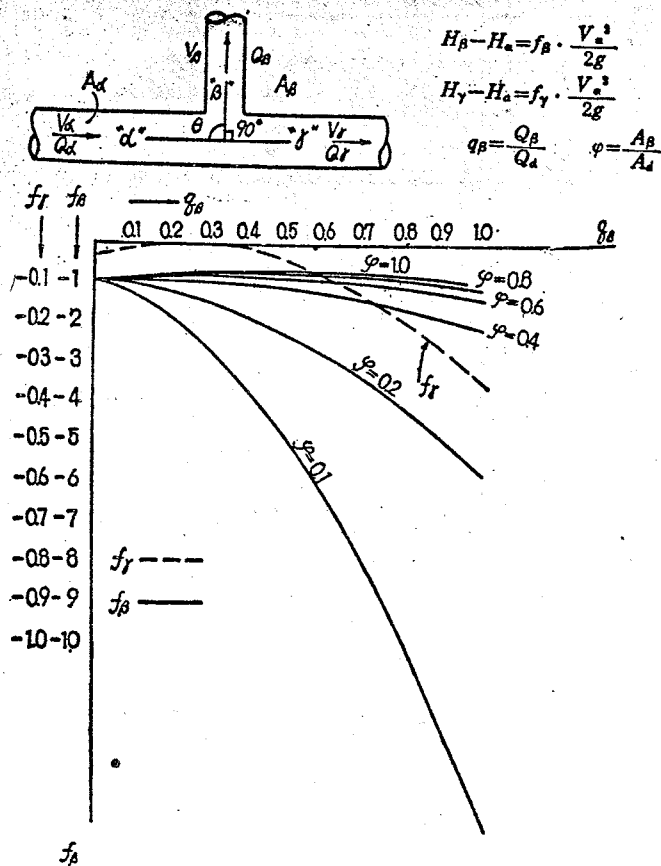


그림 4. 3. 8 直角分流의損失係數  
( $\theta = 90^\circ, \rho = 0.05$ )

(8) 밸브에 의한 損失水頭

$$h_v = f_v \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.41)$$

여기서

$h_v$ : 밸브에 의한 損失水頭 (m)       $V$ : 管内流速 (m/sec)

$f_v$ : 밸브에 의한 損失係數

円形 스투스밸브에 의한 損失係數는 그림 4.3.9 에 의하여 구한다. 이 圖表는 美国威斯콘신 州立大学の 實驗値에 의한것이다.

$$h_v = f_v \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.3.41)$$

여기서

$f_v$ : 밸브損失係數       $V$ : 管内平均流速 (m/sec)

$h_v$ : 밸브 区間の 損失水頭 (m)

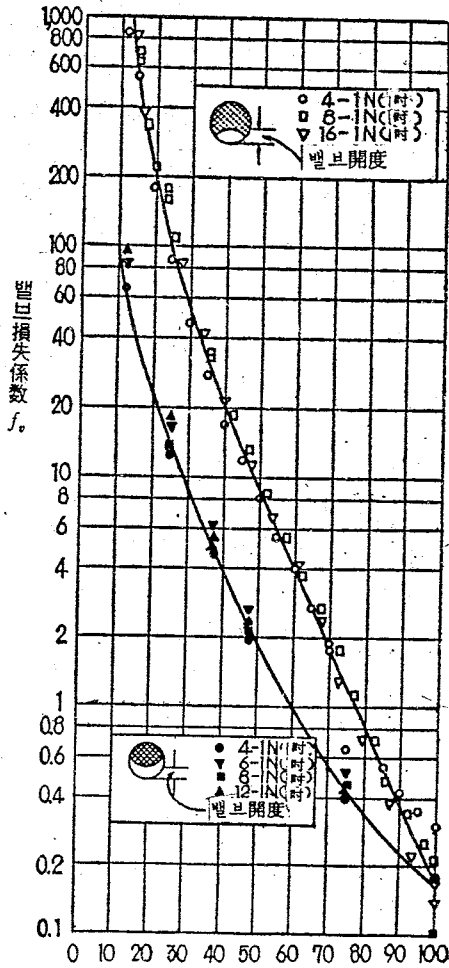


그림 4. 3. 9 게이트밸브의 損失係數

(注) 이 資料는 管과 同一徑의 밸브를 使用한 경우이며  
개다가 밸브下流는 滿流의 경우에 대한것이다

4. 3. 5. 水理計算의 總括

水理計算의 結果는 이것을 종합하여 水理條件을 파악하고 水路系 全体의 水頭配分을 檢討하는데 利用한다. 即 水路組織內에서의 水理條件을 파악하고 水頭配分을 全体의 適正하게 한다는 것은 經濟的인 水路를 만들기 위하여 極히 重要하며 이 目的을 위하여 「水頭高, 水面高, 水路底高一覽表」를 準備한다.

表의 作成은 거의 表-4. 3. 15에 의한다. 表-4. 3. 15를 作圖하면 그림 4. 3. 10과 같다.

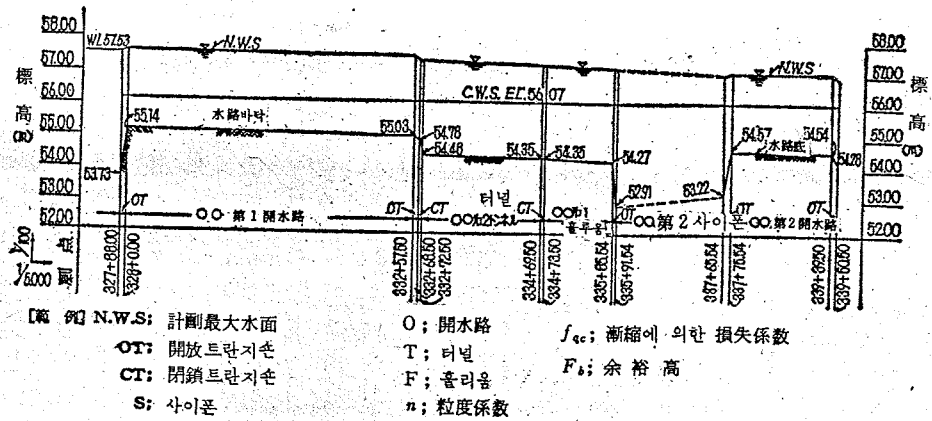


그림 4. 3. 10(表-4. 3. 15의 付圖)

이 表는 이 基準의 「水路系를 連續한 하나의 組織으로 取扱한다」 基本的인 思考方法을 具體的으로 나타내는 手段이며 水路의 水理學的인 縱斷을 나타낸다. 그리고 이것은

- ① 規定點으로부터 逐次로 水路의 各部分에 水頭를 配分하기 위하여
- ② 水路全体의 水頭配分을 檢査 (check) 하기 위하여
- ③ 部分的인 水頭配分의 修正을 하기 위하여 利用된다.

4. 4. 水路의 餘裕高

水路는 그 水理上의 安全을 確保하기 위하여 計劃最大流量에 對한 設計水面上에 餘裕高를 더하여 通水許容斷面을 決定하지 않으면 안된다.

가. 餘裕高란 計劃最大流量에 對한 水面으로부터

- ① 라이닝 水路에서는 라이닝 頂點까지
- ② 폴리움 型 水路에서는 폴리움 頂點까지
- ③ 터널 暗渠斷面에 對해서는 頂面까지
- ④ 굴착水路에서는 兩岸土工高까지의 높이를 말한다.

이 餘裕高는 原則的으로 水路粗度係數의 變動에 對한 餘裕, 流速水頭가 靜水頭로 變換할 可能性에 對한 餘裕, 水面動搖에 對한 餘裕을 더하여 決定한다.

더욱이 餘裕高는 工種 水路規模 構造物의 配置 洪水流入 등을 고려하여 調整하여야 한다.

나. 이 基準에서는 原則的으로 다음 3項을 計劃通水量에 對한 水面에 餘裕高로서 더하여 通水許容斷面을 決定한다.

(1) 粗度係數

水路表面의 粗度係數는 實測結果로 비추어 보더라도 水路의 施工 配置 등에 따라 相當히 폭넓은 變動을 한다.

여기서 可能性이 있는 變動에 대하여 全量을 余裕高의 要因으로 주어지면 安全하지만 發生의 可能性 變動幅 등의 不確實性에서 콘크리트 라이닝에 대하여  $n = 0.001$  程度의 變動을 加味하는 實例도 있다. 이것에 의한 必要한 余裕高는 水路의 材料断面形 등에 따라서도 다른데 콘크리트 水路의 경우 水深의 5~7% 程度가 되는 것이 通例이다.

(2) 流速水頭

水路를 流下하는 흐름은 運動狀態에 있는한 恒常流速水頭를 갖으며, 이 水頭는 靜水頭로 바꾸어서 水面을 上昇시킬 可能性을 갖고 있다.

(3) 水面動搖

水路中의 흐름은 水路中의 構造物 (게이트, 落差工, 急流工, 펌프장等) 바람 등에 의하여 波動을 일으켜 水面을 動搖시킨다.

水面動搖의 程度는 ① 水路中의 構造物의 配置 ② 水路와 風向의 方向關係 ③ 水面나비 ④ 水深 등에 의하여 變化하는데 普通 10~30cm 程度로 생각하면 된다. 따라서 水路의 狀況에 따라 그 波高로서 5~15cm를 水面動搖에 對한 余裕로서 附加한다.

다. 水路에는 構造上의 安全을 確保하기 위하여 原則적으로 라이닝 頂点에서 必要한 높이의 흙쌓기를 한다. 굴착水路에 대해서는 라이닝 水路에 準한다.

라. 標準인 水路余裕高의 算定法 및 盛土高를 생각하는 方法은 다음과 같다.

(1) 굴착水路 및 라이닝 水路

$$Fb = 0.05d + hv + (0.05 \sim 0.15) \dots\dots (4.4.1)$$

여기서

$Fb$ : 余裕高 (m)

$d$ : 計劃最大流量에 對한 水深 (m)

$h_v$ : 流速水頭 (m)

但 用水路에서 洪水流入時의 最小余裕高는 0.10m로 잡는다. 라이닝 頂点에서 흙쌓기높이 (盛土高)는 水路의 規模에 따라 0.2m~0.6m를 標準으로 한다. 더욱이 라이닝水路의 경우 흙쌓기 높이는 最大 1.50m를 넘지 않는다.

<參 考>

① *Hand Book of Applied Hydraulics* 에 의하면 [굴착 水路의 (余裕高+흙쌓기높이) 範圍를 水路의 規模에 따라, 水深이 얇은 小水路에서는 30cm, 流量 80m<sup>3</sup>/sec 以上의 大水路에서는 120cm로 하며, 一般적으로 水深  $d$  (cm)의 函數로서 다음 式으로 表示하고 있다.

$$Fb = (30 + d/4) \text{ (cm)} \dots\dots (4.4.2)$$

라이닝水路에서는 計劃水面에서 라이닝 頂部까지의 余裕高의 範圍를 水路의 規模에 따라 水深이 얇은 小水路에서 15cm, 大水路에서 60cm로 정하고 있다.

② *Canals and Related Structures (USA Bureau of Reclamation)* 에서는 그림 4.4.1에 나타난 余裕高 및 흙쌓기높이가 주어지고 있는데 이것은 美國에서의 實績에 의한 平均値를 表示한 것이다.

③ 日本愛知公團에서는 라이닝水路의 余裕高는 다음식에 의하고 있다.

$$Fb = 0.07d + 0.55hv^{0.7} \dots\dots 4.4.3$$

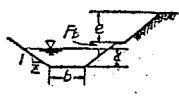
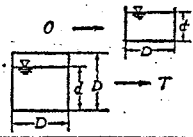


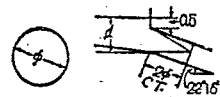
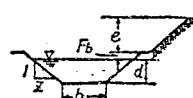
흙쌓기높이는 다음과 같다.

表-4.3.15 水頭高, 水面高,

測 点	流 量	길 이	名 称	工 種	에너지유기	에너지 損 失	에너지 線標高
Sta.	(m <sup>3</sup> /sec)	l (m)				(m)	EL (m)
327+88.00							57.701
	17.1	12.00		開放 트란지손	$0.3 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.5128 \times 10^{-3}$	0.026 0.006	
328+ 0.00							57.669
	"	457.50	○○第1	開 水 路	$0.2222 \times 10^{-3}$	0.102	
332+57.50							57.567
	"	11.00		開放 트란지손	$0.2 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.4567 \times 10^{-3}$	0.019 0.005	
+68.50							57.543
	"	4.00		閉鎖 트란지손	$0.6897 \times 10^{-3}$	0.003	
+72.50							57.540
	"	197.00	○○第2	터 널	$0.6897 \times 10^{-3}$	0.136	
334+69.50							57.404
	"	4.00		閉鎖 트란지손	$0.3 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.7042 \times 10^{-3}$	0.002 0.003	
+73.50							57.399
	"	112.98	○○第1	홀 리 음	$0.7143 \times 10^{-3}$	0.080	
335+85.54							57.319
	"	6.00		開放 트란지손	$0.3 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.7576 \times 10^{-3}$	0.001 0.005	
+91.54					스크 린	0.003	57.313
	"	174.00	○○第2	사이폰	彎曲 $0.8000 \times 10^{-3}$ (10%)	0.015 3.142 0.016	
337+65.54		(177.60)	中心線延長을 나타냄				57.137
	"	12.00		開放 트란지손	$0.3 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.5128 \times 10^{-3}$	0.026 0.006	
+77.54							57.105
	"	161.96	○○第2	開 水 路	$0.2222 \times 10^{-3}$	0.036	
339+39.50							57.069
	"	11.00		開放 트란지손	$0.2 \frac{\Delta h_v}{l}$ $0.4567 \times 10^{-3}$	0.019 0.005	
+50.50							57.045

( ) 中心線延長을 나타냄

水路底一覽表(例)

流速	流速水頭	水面標高	水深	水路卍号 標高	断面形狀	断面系数係數
V (m/sec)	$h_v$ (m)	EL (m)	$d$ (m)	EL (m)		
	0.171	57.530	3.801	53.729	S → O	改良直線形 $f_{gc}=0.30$
1.266	0.083	57.586	2.450	55.136		$b=d=2.45, n=0.014$ $Z=1.25, F_b=0.40$ $e=0.80m$
	0.083	57.484	2.450	55.034		
	0.179	57.364	2.583	54.781		改良直線形 $f_{gc}=0.20$ $d = \frac{A}{D} = \frac{9.299}{3.60} = 2.583m$
1.839	0.179	57.361	2.880	54.481		$D=3.60m$   標準馬蹄形 $n=0.015, d=0.80$ $D=2.88m$
	0.179	57.225	2.880	54.345	T → F	$f_{gc}=0.30$
1.836	0.173	57.226	2.880	54.346		$b=3.24m, d=2.88m$ $n=0.015, F_b=0.60m$   한치 : 0.15m × 0.15m
	0.173	57.146	2.880	54.266		
					F → S	改良直線形 $f_{gc}=0.30$
1.830	0.171	57.142	4.228	52.914		$d=3.45, \sec 22'16'' + 0.50$ $= 4.228m, \phi=3.45m$ $n=0.014$ 모노리식 $d=3.45, \sec 22'16'' = 3.744m$
	0.171	56.966	3.744	53.222		
					S → O	改良直線形 $f_{gc}=0.30$
1.266	0.083	57.022	2.450	54.572		$b=d=2.45m, n=0.014$ $Z=1.25, F_b=0.40m$ $e=0.80m$
	0.083	56.966	2.450	54.536		
					O → T	改良直線形 $f_{gc}=0.20$
	0.179	56.866	2.583	54.283		$d = \frac{A}{D} = \frac{9.299}{3.60} = 2.583m$



計劃流量 2.0 <sup>m³</sup> /sec 以下 (計劃水深 1.0 <sup>m</sup> 以下)	30 <sup>cm</sup>
計劃流量 2.0~10.0 <sup>m³</sup> /sec (計劃水深 2.0~10.0 <sup>m</sup> )	60 <sup>cm</sup>
計劃流量 10.0 ± <sup>m³</sup> /sec (計劃水深 2.0 <sup>m</sup> 以上)	80 <sup>cm</sup>

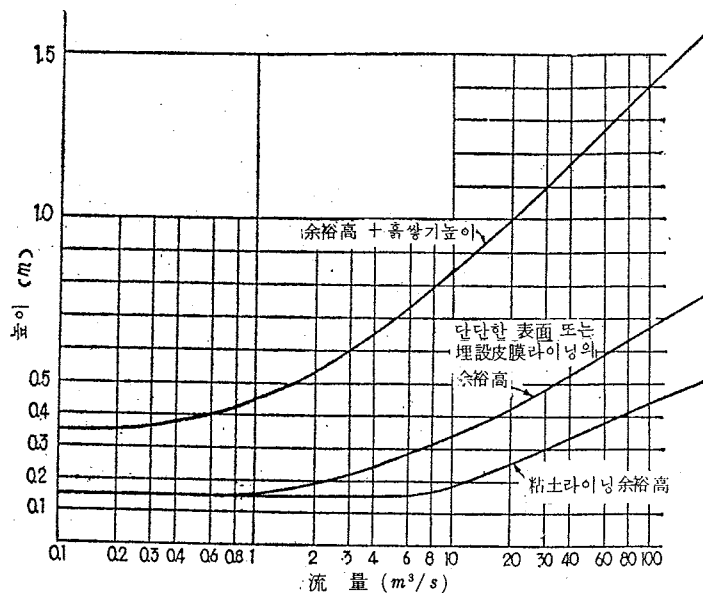
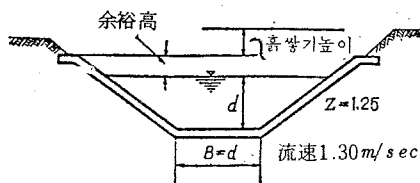


그림-4.4.1 開水路의 余裕高와 흠쌓기 높이

④ 그림 4.4.1의 標準에서 比較檢討하면 表-4.4.1과 같다.

表-4.4.1

計 区分 劃 流量 基準別	断面 (幅×水深)			余裕高 (Fb)			余裕高+흠쌓기 높이			라이닝頂部까지의 溝流量 計劃量		
	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec
U.S.B.R	1.5	8.0	30.0	1.5	8.0	30.0	1.5	8.0	30.0	1.5	8.0	30.0
日本愛知 用水公団	0.72	1.65	3.20	0.18	0.32	0.48	0.50	0.79	1.10	1.43	1.32	1.25
本基準	0.72	1.65	3.20	0.21	0.28	0.39	0.51	0.88	1.19	1.51	1.28	1.20
本基準	0.72	1.65	3.20	0.17	0.27	0.40	0.37	0.67	1.00	1.41	1.27	1.20



이 表에서 라이닝頂部까지의 余裕間에 流下할 수 있는 流量은 計劃水量의 18~45%의 範圍內로 시, 断面이 작을 수록 그 比率은 커진다.

(2) 홀리움

$$F_b = 0.07d + hv + (0.05 \sim 0.15) \dots\dots (4.4.4)$$

但 洪水가 流入할 때의 最小余裕高는 0.10m로 한다. 盛土高는 홀리움의 경우, 構造的으로 반드시 必要한 것은 아니고, 主로 立地條件에 의한 水路周邊의 排水計劃, 土工計劃 등에 따라 결정하지만 그림 4.4.3에서 나타낸 바와 같이

- ① 頂端이 라이닝頂部보다 높은 경우
- ② 頂端이 라이닝頂部와 一致한 경우
- ③ 頂端이 라이닝頂部보다 낮은 경우등을 생각 할 수 있다.

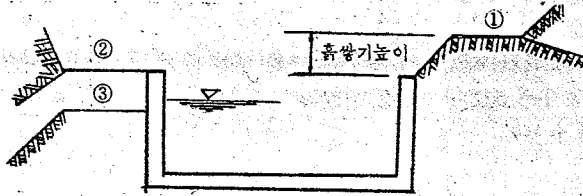


그림 4.4.3

① 의 경우의 높이는 라이닝水路의 경우의 基準에 準하여 주어지는 것이 바람직 하다. 홀리움의 경우 特히 水路橋, 急傾斜地의 通過等 比較的 現地盤보다 高位部를 通過하는 경우가 많으므로 越流하면 災害를 받을 危險性이 크다. 그리고 이와 같은 立地條件에서는 라이닝頂部의 盛土高를 確保하는 것도 困難하므로 라이닝水路의 余裕高보다 安全側을 取해야 한다. 따라서 홀리움의 경우는 特히 立地條件에 따라 基準의 數值를 增加시킬 必要가 있다.

<參考>

- ① 日本愛知用水公團에서는 上下流에 隣接한 라이닝水路의 余裕高의 1.5倍를 基準으로 하고 있다.
- ② 홀리움은 一般的으로 라이닝水路에 比하여 單位길이에 대하여 工事費가 많고 더우기 構造上 最大許容流速을 크게 잡을 수 있으므로 콘크리트 라이닝水路의 余裕高를 구하는 公式을 採用하더라도 表—4.4.2에 나타난 바와 같이 ①의 愛知用水公團 基準과 數值的으로 差異가 작다.

表—4.4.2 余裕高比較表

區分 計劃流量	断面 (나비×水深)			라이닝頂部까지의 余裕高			라이닝頂部까지의過水量 計劃流量			備 考
	1.5m <sup>2</sup> /sec	8.0	30.0	1.5	8.0	30.0	1.5	8.0	30.0	
基準別 $F_b=0.07d$ $+0.55h_v$	m	m	m	m	m	m				
	1.22×0.82	2.83×1.89	5.48×3.65	0.24	0.32	0.44	1.30	1.17	1.12	V=1.5m/sec
	1.06×0.71	2.45×1.63	4.74×3.16	0.30	0.36	0.47	1.42	1.22	1.15	2.0
	0.95×0.36	2.19×1.46	4.24×2.83	0.35	0.41	0.51	1.56	1.28	1.18	2.5
日本愛知用水公團基準	1.22×0.82	2.83×1.89	5.48×3.65	0.32	0.42	0.57	1.39	1.22	1.16	V=1.5m/sec
	1.06×0.71	2.45×1.63	4.74×3.16	0.32	0.42	0.57	1.45	1.26	1.18	2.0
	0.95×0.63	2.19×1.46	4.24×2.83	0.32	0.42	0.57	1.51	1.29	1.20	2.5
	1.22×0.82	2.83×1.89	5.48×3.65	0.27	0.35	0.47	1.33	1.18	1.13	V=1.5m/sec
	1.06×0.71	2.45×1.63	4.74×3.16	0.35	0.42	0.53	1.50	1.26	1.17	2.0
	0.95×0.63	2.19×1.46	4.24×2.83	0.46	0.52	0.62	1.73	1.36	1.22	2.5

(註) 이基準의 余裕高는  $0.07d + h_v + 0.10$ 에 의한다.

홀리움의 단면은 그림 4.4.4의 假定断面으로 하고 流速 1.5, 2.0, 2.5m/sec의 경우에 對하여 比較한 것이다.

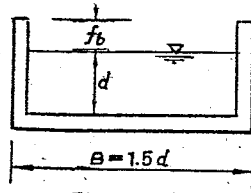


그림-4.4.4

表-4.4.2에 의하여 라이닝頂部까지의 余裕로서 流下할 수 있는 流量은 計劃水量의 15~40%의 範圍가 되고 라이닝水路의 경우와 거의 同一한 傾向을 나타내고 있다.

(3) 터널 및 暗渠

터널 및 暗渠 (但 直四角形 暗渠의 경우는 홀리움에 準한다)의 余裕高는 原則으로 다음(가), (나) 보다 큰 쪽을 取하며 断面의 크기를 정한다.

(가) 計劃最大量에 對하여

$$d/D = 0.80 \sim 0.83$$

여기서  $d$  : 水深 (m)     $D$  : 높이 (m)

但  $(D-d) \geq 0.30$

(나) 洪水를 流入시키는 경우

$$d/D = 0.90 \sim 0.93$$

(다) 더우기 ① 最小施工断面의 터널, 不等流의 터널 및 暗渠에 대해서는 余裕高는 前記한 값보다도 많이 取해도 좋다.

② 導水터널과 같이 途中에서의 洪水流入이 없는 경우로서 i) 取入水量에 變動이 없다. ii) 急한 彎曲이 없이 흐름이 흐트러지지 않는다. iii) 粗度係數의 推定이 바르고 惡化될 우려가 없는 경우 등의 條件에서는  $d/D = 0.90$ 程度를 取해도 좋다.

一般的으로 卵形 또는 標準馬蹄形의 断面에서는  $d/D = 0.8$ 附近에서 最大流速을 나타내며,  $d/D = 0.90 \sim 0.93$ 附近에서 最大流量이 되기 때문이다.

더욱이 터널의 余裕高는 規模, 流入洪水量, 路線의 曲率, 最小施工断面 등을 綜合적으로 考慮하여 調整한다.

<參考>

① 従来の 基準에서는  $d/D = 0.8$ 로 하고 이것은 將來의 터널円面の 補強 등에 의한 水路断面의 縮少를 고려하여 最小 0.2D의 余裕高를 取하도록 되어 있다.

② *Canals and Related Structures (USA Bureau of Reclamation)* 에서는  $d/D = 0.83$ , 最小余裕高 4.5cm

③ 日本愛知用水公團에서는 터널의 規模에 의하여 다음과 같이 規定하고 있다.

計劃用水量  $Q_i \geq 20 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 경우

$Q_i$ 에 對하여  $d/D = 0.85$

$Q_i + Q_f$ 에 對하여  $d/D = 0.93$

여기서  $Q_f$  : 流入洪水量

計劃用水量  $Q_i < 20 \text{ m}^3/\text{sec}$ 인 경우

$Q_i$ 에 對하여  $d/D = 0.80$

$Q_i + Q_f$ 에 對하여  $d/D = 0.91$

(4) 水路橋

原則적으로 直四角形断面의 경우는 扁平음, 円形断面의 경우는 터널 및 暗渠에 準한다. 但, 特히 水路橋의 경우에 나타나는 短區間의 構造物에 대해서는 다른 구조등의 關係로 그 구조물의 余裕高를 使用해도 좋다.

(5) 排水路

排水路의 여유고 및 涌상기높이는 原則적으로는 前記와 같으나 計劃通水量의 確率度數, 故障時의 영향, 地下排水를 위한 水位, 許容 水位 등의 關係를 고려하여 前記 計算值를 增減시키는 일이 必要할 때도 있다.

- 마. 水路余裕高는 水路가 不意에 당하는 事態에 처하는 것으로 그 余裕高의 部分을 包含하여 流下할 수 있는 流量에 의해서도 그 多少를 判斷하게 된다. 既存基準에서는 (余裕高를 包含한 断面에의 通水可能量) / 設計流量 = 1.25 ~ 1.35가 되어있어 이 比는 적어도 1.2를 내리서는 안된다.
- 바. 水路의 余裕高는 以上과 같은 觀點. 基準에 의하여 決定하는데, 더욱 担当技術者는 個個의 경우에 대하여 檢討하여 現地에 알맞는 修正을 해야한다. 主로 着眼할 點은 다음과 같다.

(1) 規模 重要度

水路의 余裕高를 決定하는데는 水路의 規模, 重要度에 대하여 우선 고려하지 않으면 안된다. 넓은 地域에 關係되는 幹線水路와 限定된 受益面積밖에 갖고 있지 않는 支·分水路와를 同列로 取扱하는 것은 不當하며, 人家에 가까운 涌상기水路와 山間部의 水路의 余裕高에는 어느 程度 差가 있는 것이 좋다.

(2) 工種

水路는 通水施設의 工種, 水路의 断面形에 따라서 豫測할 수 없는 事態에 처한 適應性이 달라진다. 터널, 暗渠 등은 어느 限界를 넘으면 水頭의 增加와 通水能力增加의 關係가 變化된다. 따라서 余裕高를 決定하는데는 水路의 工種, 水理特性에 대해서도 고려 해야한다.

(3) 構造物의 配置와 水路의 彎曲

水路中의 어떤 種類의 구조물 및 水路의 彎曲部는 水位上昇을 일으키거나 波動의 原因이 되기도 한다. 이 때문에 余裕高의 附與에 있어 이 關係도 고려하고, 水路의 部分에 따라서는 基準以上의 余裕高를 주는것이 必要한 경우도 있다.

(4) 洪水의 流入

이 基準은 原則적으로 洪水를 水路에 流入시키지 않은 方針을 取하고 있으나 不得已하여 어느 流域 로부터의 洪水量을 받을경우, 또 水踏內 의 比탈面안에 降下流入하는 雨水에 대해서 그 水量도 고려하여 余裕高를 決定하지 않으면 안된다. 이 경우 重要한 水路에서는 라이닝頂까지에 10cm程度의 余裕를 더 남겨주는 것이 바람직하다.

(5) 管理

水源流量의 變化의 可能性, 取水口의 構造와 管理에 따라서는 豫定以上의 流量이 水路를 流下할 경우가 있다. 따라서 이와 같은 水路에 있어서 特히 取入口附近에서는 余裕高의 附與에 있어 이들 要素도 고려하지 않으면 안된다.

4. 5. 水理計算附表

1/2 乘表 表—4. 5. 1	水深直接計算表 (標準馬蹄形断面 2r形) 表—4. 5. 7
1/2 乘表 表—4. 5. 2	(合成断面總高 2r形) 表—4. 5. 9
1/2 乘表 表—4. 5. 3	(          2.4r形) 表—4. 5. 10
1/2 乘表 表—4. 5. 4	(          2.4b形) 表—4. 5. 11
水深直接計算表 (사다리꼴断面) 表—4. 5. 5	터널限界水深計算圖表 表—4. 5. 12
水深直接計算表 (円形断面) 表—4. 5. 6	







表-4.5. 4 5/2 乘表

Table with columns labeled N, .000, .001, .002, .003, .004, .005, .006, .007, .008, .009, N, .000, .001, .002, .003, .004, .005, .006, .007, .008, .009, .000, .001, .002, .003, .004, .005, .006, .007, .008, .009. Contains numerical data for multiplication tables.

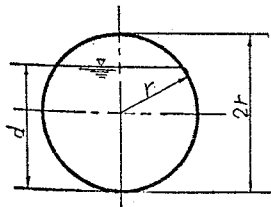






表-4. 5. 6 水深直接計算表 (円形断面)

$d/r$	$\alpha = A/r^2$	$P/r$	$\beta = R/r$	$\beta^{3/2}$	$\beta^{3/2}$	$\alpha\beta^{3/2} = \frac{Q \cdot n}{1.487 \cdot r^{3/2}}$
2.000	3.1416	6.2832	0.5000	0.7071	0.6300	1.9791
1.960	3.1266	5.7156	0.5470	0.7396	0.6689	2.0913
1.920	3.0994	5.4778	0.5658	0.7522	0.6841	2.1203
1.880	3.0646	5.2933	0.5790	0.7609	0.6947	2.1289
1.840	3.0239	5.1362	0.5887	0.7673	0.7024	2.1241
1.800	2.9781	4.9962	0.5961	0.7721	0.7083	2.1093
1.760	2.9281	4.8682	0.6015	0.7755	0.7125	2.0863
1.720	2.8743	4.7492	0.6052	0.7780	0.7155	2.0565
1.680	2.8171	4.6371	0.6075	0.7794	0.7173	2.0208
1.640	2.7571	4.5306	0.6085	0.7801	0.7181	1.9799
1.600	2.6943	4.4286	0.6084	0.7800	0.7180	1.9345
1.560	2.6291	4.3304	0.6071	0.7792	0.7170	1.8851
1.520	2.5618	4.2353	0.6049	0.7777	0.7152	1.8323
1.480	2.4925	4.1429	0.6016	0.7757	0.7127	1.7764
1.440	2.4215	4.0528	0.5975	0.7730	0.7094	1.7178
1.400	2.3489	3.9646	0.5925	0.7697	0.7054	1.6570
1.360	2.2749	3.8781	0.5866	0.7659	0.7007	1.5942
1.320	2.1997	3.7931	0.5799	0.7615	0.6954	1.5297
1.280	2.1234	3.7092	0.5725	0.7566	0.6894	1.4640
1.240	2.0462	3.6263	0.5642	0.7512	0.6828	1.3972
1.200	1.9681	3.5443	0.5553	0.7452	0.6756	1.3296
1.160	1.8894	3.4630	0.5456	0.7387	0.6677	1.2616
1.120	1.8102	3.3822	0.5352	0.7316	0.6592	1.1933
1.080	1.7306	3.3018	0.5242	0.7240	0.6501	1.1251
1.040	1.6508	3.2216	0.5124	0.7158	0.6403	1.0571
1.000	1.5708	3.1416	0.5000	0.7071	0.6300	0.9895
0.960	1.4908	3.0616	0.4869	0.6978	0.6189	0.9227
0.920	1.4110	2.9814	0.4733	0.6879	0.6073	0.8569
0.880	1.3314	2.9010	0.4589	0.6774	0.5950	0.7921
0.840	1.2522	2.8202	0.4440	0.6663	0.5820	0.7288
0.800	1.1735	2.7389	0.4285	0.6546	0.5683	0.6669
0.760	1.0954	2.6569	0.4123	0.6421	0.5540	0.6068
0.720	1.0182	2.5740	0.3956	0.6289	0.5389	0.5487
0.680	0.9419	2.4901	0.3783	0.6150	0.5230	0.4926
0.640	0.8667	2.4051	0.3604	0.6003	0.5064	0.4389
0.600	0.7927	2.3186	0.3419	0.5847	0.4889	0.3876
0.560	0.7201	2.2304	0.3228	0.5682	0.4706	0.3389
0.520	0.6491	2.1403	0.3033	0.5507	0.4514	0.2930
0.480	0.5798	2.0479	0.2831	0.5321	0.4312	0.2500
0.440	0.5125	1.9528	0.2624	0.5123	0.4099	0.2100
0.400	0.4473	1.8546	0.2412	0.4911	0.3875	0.1733
0.360	0.3845	1.7526	0.2194	0.4684	0.3638	0.1399
0.320	0.3245	1.6461	0.1971	0.4440	0.3387	0.1099
0.280	0.2673	1.5340	0.1743	0.4175	0.3120	0.0834
0.240	0.2135	1.4150	0.1509	0.3885	0.2835	0.0605
0.200	0.1635	1.2870	0.1270	0.3564	0.2527	0.0413
0.160	0.1177	1.1470	0.1026	0.3204	0.2192	0.0258
0.120	0.0770	0.9899	0.0777	0.2788	0.1822	0.0140
0.080	0.0422	0.8054	0.0523	0.2288	0.1399	0.0059
0.040	0.0150	0.5676	0.0264	0.1625	0.0887	0.0013
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



〈例〉 半径  $r = 1\text{ m}$ , 기울기  $I = \frac{1}{500}$  의 콘크리트管路에 流量

$Q = 5\text{ m}^3/\text{sec}$ 가 流下할 때 等流水探을 구하라.

〈풀이〉

$$\frac{Q \cdot n}{1.487 \cdot r^{3/2}} = \frac{5 \times 0.015}{0.002^{1/2} \times 1^{3/2}} = 1.704$$

表-4. 5. 6에서

比例部分

$$\frac{d}{r} \quad \frac{Q \cdot n}{1.487 \cdot r^{3/2}}$$

$$(1.44 - 1.40) : x = (1.718 - 1.657)$$

$$: (1.704 - 1.657) \therefore x = 0.030$$

$$\therefore \frac{d}{r} = 1.430$$

$$1.40 \quad 1.657$$

$$1.40 + x \quad 1.704$$

$$1.44 \quad 1.718$$

$$\therefore h = 1 \times 1.430 = 1.430\text{ (m)}$$

表-4. 5. 7 水深直接計算表 (標準馬蹄形断面 2r型)

$d/r$	$\alpha=A/r^2$	$P/r$	$\beta=R/r$	$\beta^{3/4}$	$\beta^{3/2}$	$\alpha\beta^{3/4}$
2.000	3.3169	6.5531	0.5077	0.7125	0.6364	2.1109
1.960	3.3019	5.9655	0.5535	0.7440	0.6741	2.2259
1.920	3.2747	5.7277	0.5717	0.7561	0.6889	2.2558
1.880	3.2399	5.5432	0.5845	0.7645	0.6991	2.2649
1.840	3.1992	5.3861	0.5940	0.7707	0.7066	2.2605
1.800	3.1534	5.2461	0.6011	0.7753	0.7122	2.2460
1.760	3.1034	5.1182	0.6063	0.7787	0.7164	2.2232
1.720	3.0496	4.9991	0.6100	0.7810	0.7193	2.1935
1.680	2.9924	4.8871	0.6123	0.7825	0.7211	2.1578
1.640	2.9324	4.7805	0.6134	0.7832	0.7219	2.1170
1.600	2.8696	4.6785	0.6134	0.7832	0.7219	2.0716
1.560	2.8044	4.5803	0.6123	0.7825	0.7211	2.0222
1.520	2.7371	4.4852	0.6103	0.7812	0.7195	1.9692
1.480	2.6678	4.3928	0.6073	0.7793	0.7172	1.9132
1.440	2.5968	4.3027	0.6035	0.7769	0.7142	1.8546
1.400	2.5242	4.2146	0.5989	0.7739	0.7105	1.7935
1.360	2.4502	4.1281	0.5936	0.7704	0.7063	1.7305
1.320	2.3750	4.0430	0.5874	0.7664	0.7014	1.6659
1.280	2.2987	3.9591	0.5806	0.7620	0.6960	1.5998
1.240	2.2215	3.8763	0.5731	0.7570	0.6899	1.5327
1.200	2.1434	3.7942	0.5649	0.7516	0.6834	1.4647
1.160	2.0647	3.7129	0.5561	0.7457	0.6762	1.3962
1.120	1.9855	3.6321	0.5467	0.7394	0.6686	1.3275
1.080	1.9059	3.5517	0.5366	0.7325	0.6604	1.2586
1.040	1.8261	3.4715	0.5260	0.7253	0.6516	1.1899
1.000	1.7461	3.3915	0.5148	0.7175	0.6424	1.1216
0.960	1.6661	3.3115	0.5031	0.7093	0.6326	1.0540
0.920	1.5862	3.2315	0.4909	0.7006	0.6223	0.9870
0.880	1.5064	3.1514	0.4780	0.6914	0.6114	0.9209
0.840	1.4268	3.0712	0.4646	0.6816	0.5998	0.8558
0.800	1.3474	2.9909	0.4505	0.6712	0.5877	0.7919
0.760	1.2684	2.9104	0.4358	0.6602	0.5748	0.7291
0.720	1.1898	2.8297	0.4205	0.6484	0.5612	0.6677
0.680	1.1116	2.7488	0.4044	0.6359	0.5469	0.6079
0.640	1.0339	2.6676	0.3876	0.6226	0.5316	0.5496
0.600	0.9568	2.5861	0.3700	0.6083	0.5154	0.4931
0.560	0.8804	2.5043	0.3516	0.5929	0.4981	0.4385
0.520	0.8047	2.4221	0.3322	0.5764	0.4797	0.3860
0.480	0.7298	2.3394	0.3119	0.5585	0.4600	0.3357
0.440	0.6557	2.2563	0.2906	0.5391	0.4387	0.2877
0.400	0.5826	2.1728	0.2681	0.5178	0.4158	0.2423
0.360	0.5105	2.0886	0.2444	0.4944	0.3909	0.1996
0.320	0.4395	2.0039	0.2193	0.4683	0.3637	0.1598
0.280	0.3696	1.9185	0.1926	0.4389	0.3336	0.1233
0.240	0.3009	1.8323	0.1642	0.4053	0.2999	0.0903
0.200	0.2336	1.7455	0.1338	0.3658	0.2617	0.0611
0.160	0.1686	1.6109	0.1047	0.3235	0.2221	0.0374
0.120	0.1099	1.3927	0.0789	0.2809	0.1839	0.0202
0.080	0.0600	1.1352	0.0528	0.2299	0.1408	0.0084
0.040	0.0213	0.8014	0.0265	0.1629	0.0890	0.0019
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

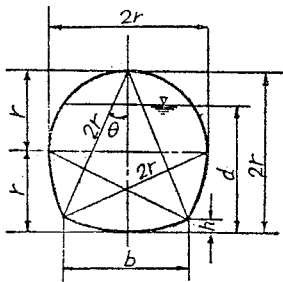


그림-4. 5. 7付圖

表-4. 5. 8 水深直接計算表 (標準馬蹄形断面 3 r 型)

$d/r$	$\alpha=A/r^2$	$P/r$	$\beta=R/r$	$\beta^2$	$\beta^3$	$\alpha\beta^3$
2.000	3.3889	6.6748	0.5077	0.7125	0.6364	2.1568
1.960	3.3739	6.1073	0.5524	0.7433	0.6733	2.2716
1.920	3.3468	5.8694	0.5702	0.7551	0.6876	2.3014
1.880	3.3120	5.6850	0.5826	0.7633	0.6975	2.3103
1.840	3.2712	5.5278	0.5918	0.7693	0.7049	2.3057
1.800	3.2254	5.3878	0.5987	0.7737	0.7103	2.2911
1.760	3.1754	5.2599	0.6037	0.7770	0.7143	2.2682
1.720	3.1216	5.1409	0.6072	0.7792	0.7171	2.2384
1.680	3.0645	5.0288	0.6094	0.7806	0.7188	2.2027
1.640	3.0044	4.9222	0.6104	0.7813	0.7196	2.1618
1.600	2.9416	4.8203	0.6103	0.7812	0.7195	2.1164
1.560	2.8765	4.7220	0.6092	0.7805	0.7186	2.0671
1.520	2.8092	4.6270	0.6071	0.7792	0.7170	2.0142
1.480	2.7399	4.5346	0.6042	0.7773	0.7147	1.9582
1.440	2.6689	4.4444	0.6005	0.7749	0.7118	1.8996
1.400	2.5963	4.3563	0.5960	0.7720	0.7082	1.8387
1.360	2.5223	4.2698	0.5907	0.7686	0.7040	1.7758
1.320	2.4470	4.1847	0.5848	0.7647	0.6993	1.7112
1.280	2.3707	4.1008	0.5781	0.7603	0.6940	1.6452
1.240	2.2935	4.0180	0.5708	0.7555	0.6881	1.5782
1.200	2.2155	3.9360	0.5629	0.7503	0.6817	1.5103
1.160	2.1368	3.8546	0.5543	0.7445	0.6748	1.4419
1.120	2.0576	3.7738	0.5452	0.7384	0.6674	1.3732
1.080	1.9780	3.6934	0.5355	0.7318	0.6595	1.3044
1.040	1.8981	3.6133	0.5253	0.7248	0.6511	1.2358
1.000	1.8181	3.5333	0.5146	0.7173	0.6421	1.1675
0.960	1.7381	3.4532	0.5033	0.7095	0.6328	1.0998
0.920	1.6582	3.3732	0.4916	0.7011	0.6229	1.0328
0.880	1.5783	3.2932	0.4793	0.6923	0.6124	0.9666
0.840	1.4986	3.2131	0.4664	0.6829	0.6014	0.9013
0.800	1.4190	3.1329	0.4529	0.6730	0.5898	0.8369
0.760	1.3397	3.0527	0.4388	0.6625	0.5775	0.7736
0.720	1.2606	2.9724	0.4241	0.6512	0.5645	0.7116
0.680	1.1818	2.8920	0.4086	0.6392	0.5507	0.6508
0.640	1.1033	2.8115	0.3924	0.6264	0.5360	0.5914
0.600	1.0253	2.7309	0.3754	0.6127	0.5204	0.5336
0.560	0.9476	2.6501	0.3576	0.5980	0.5038	0.4775
0.520	0.8705	2.5691	0.3388	0.5821	0.4860	0.4231
0.480	0.7938	2.4880	0.3191	0.5649	0.4669	0.3707
0.440	0.7178	2.4066	0.2982	0.5461	0.4464	0.3204
0.400	0.6423	2.3251	0.2762	0.5256	0.4242	0.2724
0.360	0.5675	2.2433	0.2530	0.5030	0.4000	0.2270
0.320	0.4934	2.1613	0.2283	0.4778	0.3735	0.1843
0.280	0.4200	2.0790	0.2020	0.4495	0.3443	0.1446
0.240	0.3474	1.9965	0.1740	0.4171	0.3117	0.1083
0.200	0.2757	1.9136	0.1440	0.3795	0.2748	0.0757
0.160	0.2048	1.8305	0.0119	0.3345	0.2322	0.0476
0.120	0.1350	1.7028	0.0793	0.2815	0.1845	0.0249
0.080	0.0736	1.3888	0.0530	0.2302	0.1411	0.0104
0.040	0.0261	0.9810	0.0266	0.1631	0.0891	0.0023
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

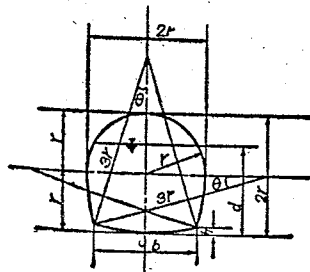


그림-4.5.8 付圖

表-4.5.9 水深直接計算表 (側壁直形断面總高2r型)

$d/r$	$\alpha=A/r^2$	$P/r$	$\beta=R/r$	$\beta^2$	$\beta^3$	$\alpha\beta^3$
2.000	3.4569	6.8365	0.5056	0.7111	0.6347	2.1941
1.960	3.4419	6.2689	0.5490	0.7410	0.6705	2.3078
1.920	3.4147	6.0311	0.5662	0.7525	0.6844	2.3370
1.880	3.3789	5.8466	0.5781	0.7603	0.6940	2.3455
1.840	3.3391	5.6895	0.5869	0.7661	0.7010	2.3407
1.800	3.2934	5.5495	0.5935	0.7704	0.7062	2.3258
1.760	3.2433	5.4215	0.5982	0.7735	0.7100	2.3027
1.720	3.1895	5.3025	0.6015	0.7756	0.7126	2.2728
1.680	3.1324	5.1904	0.6035	0.7769	0.7141	2.2370
1.640	3.0723	5.0839	0.6043	0.7774	0.7148	2.1961
1.600	3.0096	4.9819	0.6041	0.7772	0.7146	2.1507
1.560	2.9444	4.8837	0.6029	0.7765	0.7137	2.1014
1.520	2.8771	4.7886	0.6008	0.7751	0.7120	2.0486
1.480	2.8078	4.6962	0.5979	0.7732	0.7097	1.9927
1.440	2.7368	4.6061	0.5942	0.7708	0.7068	1.9342
1.400	2.6642	4.5179	0.5897	0.7679	0.7032	1.8735
1.360	2.5902	4.4314	0.5845	0.7645	0.6991	1.8107
1.320	2.5150	4.3464	0.5786	0.7607	0.6944	1.7464
1.280	2.4387	4.2625	0.5721	0.7564	0.6892	1.6806
1.240	2.3614	4.1796	0.5650	0.7517	0.6834	1.6138
1.200	2.2834	4.0976	0.5572	0.7465	0.6772	1.5462
1.160	2.2047	4.0163	0.5489	0.7409	0.6704	1.4781
1.120	2.1255	3.9355	0.5401	0.7349	0.6632	1.4096
1.080	2.0459	3.8551	0.5307	0.7285	0.6555	1.3411
1.040	1.9660	3.7749	0.5208	0.7217	0.6473	1.2727
1.000	1.8861	3.6949	0.5105	0.7145	0.6387	1.2046
0.960	1.8061	3.6149	0.4996	0.7068	0.6296	1.1372
0.920	1.7261	3.5349	0.4883	0.6988	0.6201	1.0703
0.880	1.6461	3.4549	0.4764	0.6902	0.6100	1.0041
0.840	1.5661	3.3749	0.4640	0.6812	0.5994	0.9387
0.800	1.4861	3.2949	0.4510	0.6716	0.5881	0.8740
0.760	1.4061	3.2149	0.4374	0.6613	0.5762	0.8101
0.720	1.3261	3.1349	0.4230	0.6504	0.5635	0.7472
0.680	1.2461	3.0549	0.4079	0.6387	0.5500	0.6853
0.640	1.1661	2.9749	0.3920	0.6261	0.5356	0.6245
0.600	1.0861	2.8949	0.3752	0.6125	0.5202	0.5649
0.560	1.0061	2.8149	0.3574	0.5978	0.5036	0.5067
0.520	0.9261	2.7349	0.3386	0.5819	0.4858	0.4499
0.480	0.8461	2.6549	0.3187	0.5645	0.4666	0.3947
0.440	0.7661	2.5749	0.2975	0.5454	0.4457	0.3414
0.400	0.6861	2.4949	0.2750	0.5244	0.4229	0.2901
0.360	0.6061	2.4149	0.2510	0.5010	0.3979	0.2411
0.320	0.5261	2.3349	0.2253	0.4747	0.3703	0.1948
0.280	0.4461	2.2549	0.1978	0.4448	0.3395	0.1514
0.240	0.3661	2.1749	0.1683	0.4103	0.3048	0.1116
0.200	0.2861	2.0949	0.1366	0.3695	0.2652	0.0759
0.160	0.2074	1.9684	0.1053	0.3246	0.2230	0.0462
0.120	0.1350	1.7028	0.0793	0.2815	0.1845	0.0249
0.080	0.0736	1.3888	0.0530	0.2302	0.1411	0.0104
0.040	0.0261	0.9810	0.0266	0.1631	0.0893	0.0023
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

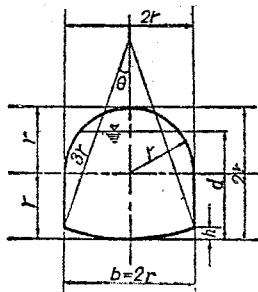


그림-4.5.9 付圖

表-4. 5. 10 水深直接計算表 (合成形断面總高2.4 r型)

$d/r$	$\alpha=A/r^2$	$P/r$	$\beta=R/r$	$\beta^{3/4}$	$\beta^{3/2}$	$\alpha\beta^{3/2}$
2.400	4.2569	7.6365	0.5574	0.7466	0.6773	2.8833
2.352	4.2372	7.0143	0.6041	0.7772	0.7146	3.0279
2.304	4.2016	6.7530	0.6222	0.7888	0.7288	3.0621
2.256	4.1561	6.5499	0.6345	0.7966	0.7384	3.0689
2.208	4.1029	6.3764	0.6434	0.8022	0.7453	3.0579
2.160	4.0433	6.2215	0.6499	0.8062	0.7503	3.0337
2.112	3.9784	6.0796	0.6544	0.8089	0.7537	2.9986
2.064	3.9087	5.9472	0.6572	0.8107	0.7559	2.9547
2.016	3.8350	5.8222	0.6587	0.8116	0.7570	2.9032
1.968	3.7576	5.7031	0.6589	0.8117	0.7572	2.8452
1.920	3.6771	5.5886	0.6580	0.8111	0.7565	2.7817
1.872	3.5937	5.4780	0.6560	0.8100	0.7550	2.7133
1.824	3.5079	5.3706	0.6532	0.8082	0.7528	2.6408
1.776	3.4200	5.2659	0.6495	0.8059	0.7500	2.5648
1.728	3.3301	5.1633	0.6450	0.8031	0.7465	2.4859
1.680	3.2387	5.0625	0.6397	0.7998	0.7425	2.4046
1.632	3.1459	4.9632	0.6338	0.7961	0.7379	2.3213
1.584	3.0520	4.8650	0.6273	0.7920	0.7328	2.2366
1.536	2.9572	4.7678	0.6203	0.7876	0.7273	2.1508
1.488	2.8619	4.6712	0.6127	0.7827	0.7214	2.0644
1.440	2.7661	4.5749	0.6046	0.7775	0.7150	1.9778
1.392	2.6701	4.4789	0.5961	0.7721	0.7083	1.8913
1.344	2.5741	4.3829	0.5873	0.7664	0.7013	1.8052
1.296	2.4781	4.2869	0.5781	0.7603	0.6939	1.7196
1.248	2.3821	4.1909	0.5684	0.7539	0.6862	1.6345
1.200	2.2861	4.0949	0.5583	0.7472	0.6780	1.5500
1.152	2.1901	3.9989	0.5477	0.7400	0.6694	1.4660
1.104	2.0941	3.9029	0.5365	0.7325	0.6603	1.3827
1.056	1.9981	3.8069	0.5249	0.7245	0.6507	1.3001
1.008	1.9021	3.7109	0.5126	0.7159	0.6405	1.2182
0.960	1.8061	3.6149	0.4996	0.7068	0.6296	1.1372
0.912	1.7101	3.5189	0.4860	0.6971	0.6181	1.0570
0.864	1.6141	3.4229	0.4716	0.6867	0.6053	0.9779
0.816	1.5181	3.3269	0.4563	0.6755	0.5927	0.8998
0.768	1.4221	3.2309	0.4402	0.6634	0.5786	0.8229
0.720	1.3261	3.1349	0.4230	0.6504	0.5635	0.7473
0.672	1.2301	3.0389	0.4048	0.6362	0.5472	0.6731
0.624	1.1341	2.9429	0.3854	0.6208	0.5296	0.6006
0.576	1.0381	2.8469	0.3646	0.6039	0.5104	0.5298
0.528	0.9421	2.7509	0.3425	0.5852	0.4895	0.4611
0.480	0.8461	2.6549	0.3187	0.5645	0.4666	0.3948
0.432	0.7501	2.5589	0.2931	0.5414	0.4413	0.3310
0.384	0.6541	2.4629	0.2656	0.5153	0.4132	0.2703
0.336	0.5581	2.3669	0.2358	0.4856	0.3817	0.2130
0.288	0.4621	2.2709	0.2035	0.4511	0.3460	0.1599
0.240	0.3661	2.1749	0.1683	0.4103	0.3049	0.1116
0.192	0.2701	2.0789	0.1299	0.3604	0.2565	0.0693
0.144	0.1742	1.9829	0.0949	0.3081	0.2081	0.0369
0.096	0.0967	1.8869	0.0635	0.2521	0.1592	0.0154
0.048	0.0343	1.7909	0.0319	0.1786	0.1006	0.0034
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

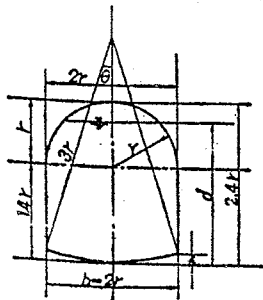


그림-4. 5. 10 付圖

表-4. 5. 11 水深直接計算表 (合成形断面總高2.4 b型)

$d/r$	$\alpha=A/r^2$	$P/r$	$\beta=R/r$	$\beta^{1/2}$	$\beta^{3/2}$	$\alpha\beta^{3/2}$
2.400	4.3679	7.7858	0.5610	0.7490	0.6802	2.9712
2.352	4.3463	7.1047	0.6118	0.7822	0.7206	3.1322
2.304	4.3072	6.8192	0.6316	0.7943	0.7362	3.1708
2.256	4.2571	6.5979	0.6452	0.8033	0.7467	3.1787
2.208	4.1984	6.4093	0.6550	0.8093	0.7542	3.1666
2.160	4.1325	6.2414	0.6621	0.8137	0.7597	3.1393
2.112	4.0604	6.0878	0.6670	0.8167	0.7634	3.0997
2.064	3.9830	5.9450	0.6700	0.8185	0.7657	3.0496
2.016	3.9007	5.8105	0.6713	0.8193	0.7667	2.9907
1.968	3.8142	5.6827	0.6712	0.8193	0.7666	2.9240
1.920	3.7238	5.5603	0.6697	0.8184	0.7655	2.8505
1.872	3.6300	5.4424	0.6670	0.8167	0.7634	2.7711
1.824	3.5341	5.3229	0.6615	0.8133	0.7592	2.6829
1.776	3.4381	5.2469	0.6553	0.8095	0.7544	2.5937
1.728	3.3421	5.1509	0.6488	0.8055	0.7495	2.5048
1.680	3.2461	5.0549	0.6422	0.8014	0.7443	2.4161
1.632	3.1501	4.9589	0.6352	0.7970	0.7390	2.3278
1.584	3.0541	4.8629	0.6280	0.7925	0.7334	2.2398
1.536	2.9581	4.7669	0.6205	0.7877	0.7275	2.1521
1.488	2.8621	4.6709	0.6127	0.7828	0.7214	2.0648
1.440	2.7661	4.5749	0.6046	0.7776	0.7150	1.9778
1.392	2.6701	4.4789	0.5961	0.7721	0.7083	1.8913
1.344	2.5741	4.3829	0.5873	0.7664	0.7013	1.8052
1.296	2.4781	4.2869	0.5781	0.7603	0.6939	1.7196
1.248	2.3821	4.1909	0.5684	0.7539	0.6862	1.6345
1.200	2.2861	4.0949	0.5583	0.7472	0.6780	1.5500
1.152	2.1901	3.9989	0.5477	0.7400	0.6694	1.4660
1.104	2.0941	3.9029	0.5365	0.7325	0.6603	1.3827
1.056	1.9981	3.8069	0.5249	0.7245	0.6507	1.3001
1.008	1.9021	3.7109	0.5126	0.7159	0.6405	1.2182
0.960	1.8061	3.6149	0.4996	0.7068	0.6296	1.1372
0.912	1.7101	3.5189	0.4860	0.6971	0.6181	1.0570
0.864	1.6141	3.4229	0.4716	0.6867	0.6058	0.9779
0.816	1.5181	3.3269	0.4563	0.6755	0.5927	0.8998
0.768	1.4221	3.2309	0.4402	0.6634	0.5786	0.8229
0.720	1.3261	3.1349	0.4230	0.6504	0.5635	0.7473
0.672	1.2301	3.0389	0.4048	0.6362	0.5472	0.6731
0.624	1.1341	2.9429	0.3854	0.6208	0.5296	0.6006
0.576	1.0381	2.8469	0.3646	0.6039	0.5104	0.5298
0.528	0.9421	2.7509	0.3425	0.5852	0.4895	0.4611
0.480	0.8461	2.6549	0.3187	0.5645	0.4666	0.3948
0.432	0.7501	2.5589	0.2931	0.5414	0.4413	0.3310
0.384	0.6541	2.4629	0.2656	0.5153	0.4132	0.2703
0.336	0.5581	2.3669	0.2358	0.4856	0.3817	0.2130
0.288	0.4621	2.2709	0.2035	0.4511	0.3460	0.1599
0.240	0.3661	2.1749	0.1683	0.4103	0.3049	0.1116
0.192	0.2701	2.0789	0.1299	0.3604	0.2565	0.0693
0.144	0.1741	1.9829	0.0949	0.3081	0.2081	0.0369
0.096	0.0781	1.8869	0.0635	0.2521	0.1592	0.0154
0.048	0.0343	1.0750	0.0319	0.1786	0.1006	0.0034
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

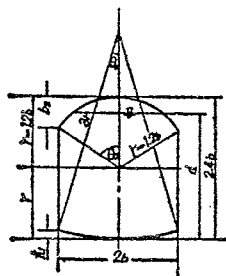


그림-4. 5. 11 付圖



表-4.5.12 터널限界水深計算圖表

關係式  $Q/D^3=K$

여기서  $Q$ : 流量 ( $m^3/sec$ )

$D$ : 터널直徑 ( $m$ )

$K$ : 터널의 限界水深을 求하는 係數

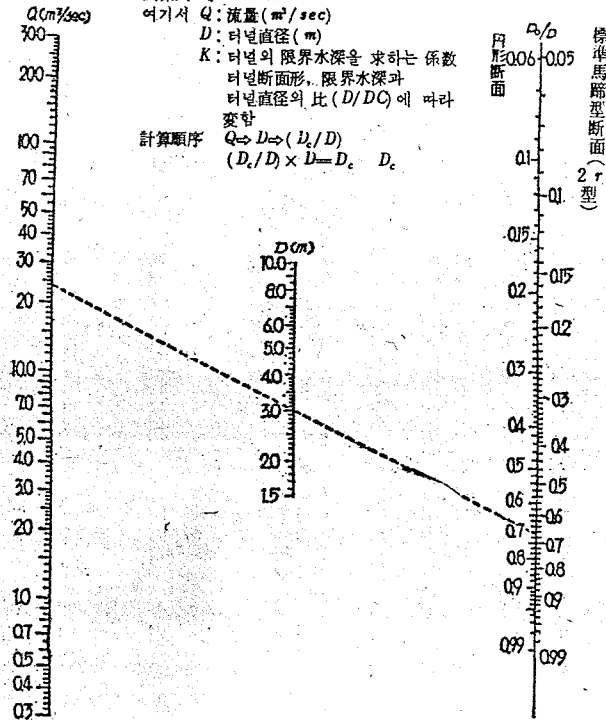
터널斷面形, 限界水深과

터널直徑의 比 ( $D/D_c$ ) 에 따라

變換

計算順序  $Q \rightarrow D \rightarrow (D_c/D)$

$(D_c/D) \times D = D_c$   $D_c$



〔例〕 流量  $24m^3/sec$ 가 直徑  $3m$ 의 急한 기울기를 갖인 터널에 流入한다. 터널入口에서 일어나는 限界水深을 計算하라.

但, 터널은 標準馬蹄形 (2r型) 이다.

〔풀이〕

①  $Q=24$ 와  $D=3.0$ 을 連結하여 만나는  $D_c/D$  눈금에서 標準馬蹄形 斷面에 대한 눈금을 읽으면

$$D_c/D = 0.675$$

②  $D_c/D \times D = 0.675 \times 3.0 = 2.025$

$$\therefore D_c \approx 2.03$$

### 4. 6. 構造設計

水路의 構造設計에서는 구조물이 받는 荷重, 地盤의 支持力, 氣象條件에 対応하는 使用材料, 現場條件, 이밖에 經濟性등을 참작하여 구조물의 形式, 許容応力度 構造細目등을 決定하는 것이다.

#### 4. 6. 1. 荷重

構造物의 設計에서 고려되는 荷重은, 그 構造物의 重要度, 形式, 使用材料, 設置場所 및 自然條件등에 따라서 다음과 같은 荷重가운데서 選擇한다.

- 自重 衝擊荷重 溫度応力
- 水圧 群集荷重 架設荷重
- 土圧 風壓 堆積物荷重
- 輪荷重 地震荷重 其他

가. 單位重量

荷重計算에 사용되는 單位重量의 標準値는 表-4.6.1과 같다.

表-4.6.1 單位重量表

材 料	單位重量(t/m <sup>3</sup> )	材 料	單位重量(t/m <sup>3</sup> )
鋼, 鑄鋼	7.85	普通土 (건조)	1.60
鍊 鉄	7.80	(습윤)	1.80
鑄 鉄	7.25	(포화)	2.00
鉄 筋 콘 크 리 트	2.40	모 래 · 자 갈	1.80
無 筋 콘 크 리 트	2.30	아스팔트 (방수용)	1.10
시 멘 트 모 르 타 르	2.10	아스팔트 (포 장)	2.30
花 崗 岩	2.70	木 材	0.60~1.00
砂 岩	2.60	물	1.00

나. 水 压

靜水圧은 다음과 같다.

$$P = W \cdot h$$

여기서 P : 作用面에 直角으로 作用하는 水圧 強度 (t/m<sup>2</sup>)

W : 물의 單位重量 (t/m<sup>3</sup>)

h : 水面에서 作用点까지의 깊이 (m)

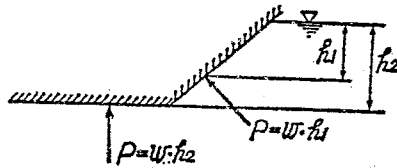
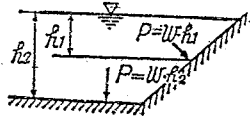


그림-4.6.1 水圧

다. 土 压

土压은 一般的으로 水平土压과 鉛直土压으로 大別한다. 水路壁에 作用하는 水平土压은 란킨 또는 쿠우름公式으로 구하고 載荷重에 의한 水平土压은 부우스네스크公式을 利用하며, 盛土에 의한 水平土压은 후류릿히公式으로 구한다. (表-4.6.6 參照)

埋設構造物에 作用하는 鉛直土压은 마아스톤 및 스타브구라아의 解析에 의한다 (4.6.4 (3) 參照)

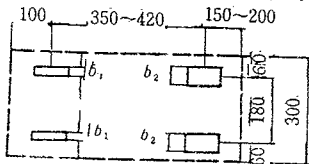
라. 等分布荷重

等分布荷重은 群集荷重 其他 堆積物의 荷重으로서, 群集荷重의 크기는 原則的으로 300kg m<sup>2</sup>이다. 但 輪荷重과 群集荷重은 同時에 作用하는 것이라고 생각하지 않는다. 따라서 群集荷重은 輪荷重이 作用하지 않는 道路등에 대해서 고려한다.

마. 自動車荷重

(1) 荷重의 크기

荷重의 크기, 位置 치수는 그림-4.6.2 및 表-4.6.2와 같다.



(단위 : cm)

b 치수

	b <sub>1</sub> cm	b <sub>2</sub> cm
D-18	12.5	50.0
D-13.5	9.0	37.5
D-9	6.0	25.0

그림 4.6.2 自動車荷重

表-4. 6. 2

(單位ton)

荷 重	總 重 量	前 輪 荷 重	後 輪 荷 重	備 考
D-18	18	1.8	7.2	강도로교설계시방서
D-13.5	13.5	1.35	5.4	"
D-9	9	0.90	3.6	"

道路의 나비가 5.5m 未滿인 경우는 一車線이고, 그 以上인 경우는 二車線으로 活荷重을 생각한다. 荷重의 適用区分은 道路의 現況 或은 計劃나비에 따라 다음과 같이 생각한다.

- 나비 3.5m 以上 D-18 또는 D-13.5
- 3.5m ~ 3.0m D-13.5
- 3.0m 以下 D-9

(2) 衝惠荷重

衝惠荷重을 고려할 경우의 충격계수 (i) 는 0.30으로 定한다. 但 埋設構造物의 흙피복 두께가 1.2 m 以上일 때는 고려하지 않아도 된다.

(3) 荷重分布

自動車荷重과 그 충격하중에 의한 地中에서의 鉛直應力布는 原則적으로 45°의 角度로 下方에 大하여 等分布된다고 假定한다. 水平應力分布는 d. 2)에 依한다.

(4) 荷重強度

(가) 埋設構造物에 作用하는 경우

荷重強度는 式-4. 6. 2, 式-4. 6. 3 및 그림-4. 6. 3~그림-4. 6. 5에 依하여 구한다. 但 構造物 頂部의 흙피복 두께는 最小 0.6m로 하지만 不得已 0.6m 以下로 할경우 荷重은 直接 실려있다고 보며 이 때 충격계수는 다음式으로 구한다.

$$i = \frac{20}{50+B} \dots \dots \dots (4. 6. 1)$$

$$W_e = \frac{2P \cdot (1+i)}{a \cdot b} \dots \dots \dots (4. 6. 2)$$

여기서  $W_e$ : 荷重強度 (t/m<sup>2</sup>) i: 충격계수  
 P: 輪荷重 (t)

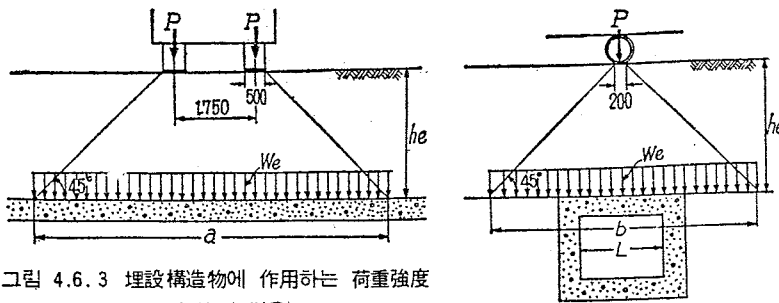


그림 4.6.3 埋設構造物에 作用하는 荷重強度 (一般의인 경우)

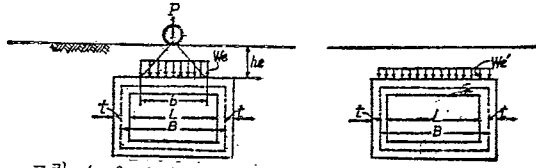


그림 4.6.4 埋設構造物에 作用하는 荷重強度 ( $b < B$ 의 경우)

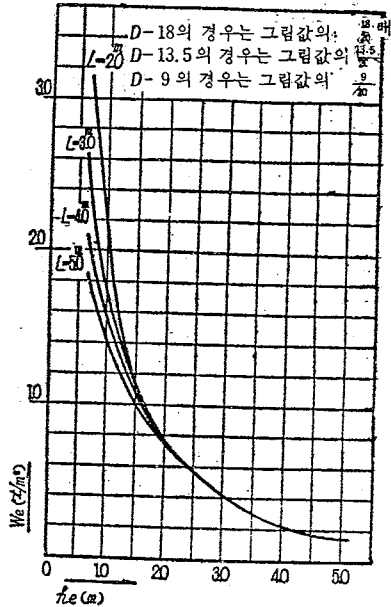


그림 4.6.5 5|D-20 (1車線) 活荷重強度圖表 ( $h > 0.6m$ )

- $a = 2h_e + 2.25$  (1車線)
- $a = 2h_e + 5.00$  (2車線)
- $b = 2h_e + 0.20$

그런데  $b < B$ 의 경우, 荷動強度는 構造 全幅에 分布하는 換算等分布荷重  $W_e$ 는 다음 式으로 구한다.

$$W_e = \frac{2P(1+i)}{2} \cdot \frac{2B-b}{B^2} \dots\dots (4.6.3)$$

여기서  $B$ : 部材中心間隔 (m)  
 $a, b$ : 그림-4.6.3. 그림-4.6.4 参照

(나) 壁面에 作用하는 경우

路面上의 荷重이 水路壁面에 미치는 水平強度는 부우시네스크 公式을 應用한 다음 式으로 구한다.

$$\delta_z = \frac{3Q}{2\pi Z^2} \cdot \cos^3\phi \cdot \frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta} \dots\dots (4.6.4)$$

- 여기서  $\delta_z$ : 水平強度 ( $t/m^2$ )
- $Q$ : 荷重 ( $t$ )
- $Z$ : 地表面에서의 깊이 (m)
- $\theta$ : 흙의 内部마찰각
- $\phi$ : 地表面荷重의 作用点에서의 鉛直軸과 壁面任意点에 이르는 方向線이 이룬 角度

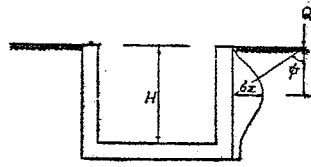


그림 4. 6. 6

바. 軌道荷重

(1) 機關車荷重

軌道上을 運行하는 機關車荷重은 다음의 標準荷重에 의한다.

- 1 級 } LS-22
- 2     }
- 3 級線 } LS-18
- 4 級線 }

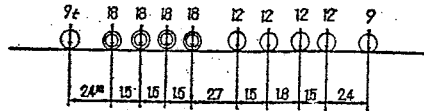


그림 4.6.7 LS-18 機關車荷重

但 電車專用區間에서는 電氣機關車荷重에 의한다.

(2) 埋設構造物에 作用하는 活荷重

(가) 活荷重強度

埋設構造物에 作用하는 活荷重의 影響은 表-4.6.3과 같다.

表-4. 6. 3

흙피복두께 (m)	活 荷 重 (t/m <sup>2</sup> )	
	單 線	複 線
1	4.7	4.7
2	3.2	3.2
3	2.5	3.0
4	2.0	2.5
5	1.5	2.3
10	0.5	1.5

表-4.6.3의 값은 LS-18에 對한 값이므로 다른 LS-荷重에 對해서는 荷重의 比率에 따라 定한다.

또한 흙의 피복두께는 1 m以上으로 하고, 衝擊의 影響은 無視한다.

(나) 死荷重強度

軌道重量 (레일 枕木 바닥 其他)은 흙의 높이로 換算하여 흙의 피복두께에 加算하여 計算한다. 이 때의 軌道重量은 다음과 같다.

軌道重量 (바닥을 包含치않음) 單線은 0.45t/m, 複線 0.90t/m이고, 바닥의 最小두께는 枕木의 밑면으로부터 0.25m이며 그 單位重量은 1.90t/m<sup>3</sup>이다.

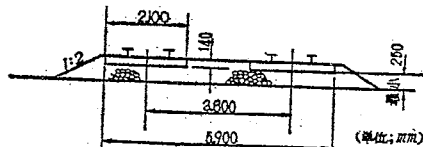


그림 4.6.8 複線軌道의 構造物圖

사. 地震荷重과 風压

水路構造物중에서 設計計算을 하는데 地震荷重이나 風压을 고려해야할 경우는 水路橋, 道路橋, 上屋 등 高架 또는 地上에 構築되는 構造物 및 特別 重要도가 큰 構造物에 限한다.

아. 溫度應力

重要한 構造物에 대해서 溫度應力이 고려된다.

4.6.2 基礎反力

기초지반의 反力은 지반과 構造物을 彈性體로 보고 解析하여야 하지만 精解를 必要로 하지 않을 경우에는 構造物에 變形이 생기지 않는다는 假定下에서 計算하기도 한다.

가. 壓縮性지반의 경우

土砂와 같은 壓縮性지반에서의 기초반력은 嚴密히 말하면 彈性基礎위에 놓인 보나 슬래브로서 그 反力과 沈下量(變形)과의 關係에 의하여 구하게 되는데 그 計算이 번잡하며, 그 結果는 等分布로 생각하여도 大差가 없다.

나. 非壓縮性지반의 경우

岩盤과 같은 非壓縮性 지반에서의 기초반력은 等分布나 對稱荷重을 받을 때 슬래브(底板)가 지반에 密着되었지만 荷重이 分散되지 않는다고 假定하여 側壁下端의 集中反力으로 생각한다.

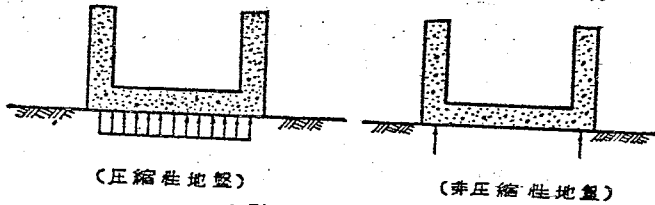


그림 4.6.9 基礎反力

다. 偏心荷重의 경우

기초지반에 걸리는 全荷重의 合力이 偏心的으로 作用할 때 지반반력은 다음식에 의하여 구한다. 단 지반의 壓縮성의 영향은 없는 것으로 가정한다.

(1) 合力의 作用點이 中央軸內에 있을때

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} = \frac{N}{L} \left( 1 \pm \frac{6e}{L} \right) \dots\dots\dots (4.6.5)$$

여기서  $\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\}$  : 兩端에서의 反力度 (t/m<sup>2</sup>)

N : 合力의 垂直分力 (t/m)

L : 基礎面의 길이 (m)

e : N作用點의 偏心距離 (m)

(2) 合力의 作用點이 中央軸以外에 있을 때

$$q = \frac{4}{3} \left( \frac{N}{L-2e} \right) \dots\dots\dots (4.6.6)$$

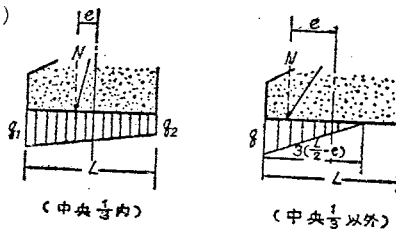


그림 4.6.10 偏心的 基礎反力

4. 6. 3. 壁面の 荷重

鉛直壁 또는 傾斜壁의 構造計算에 있어서 고려되는 荷重에는 内水压, 外水压, 土压 및 活荷重등이 있다.

가. 荷重의 組合

壁面に 作用하는 荷重은 그림 4. 6. 11 및 表—4. 6. 4와 같이 組合하여 作用할 수 있다.

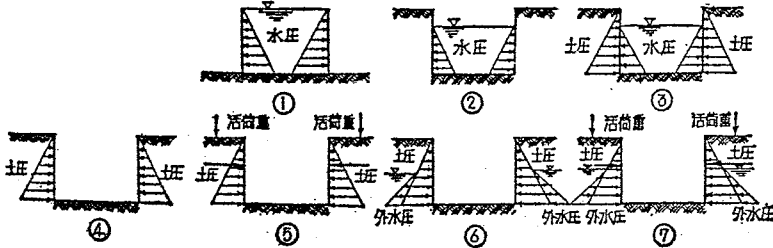


그림 4. 6. 11 荷重의 組合

表—4. 6. 4 홀름型水路側壁의 荷重의 組合

케이스	벽의 狀態	内 荷 重	外 荷 重	備 考
水路内側을 檢討하는 경우	1	노출벽	벽頂까지의 水压	되메운 흙으로 덮이지 않은 벽 되메움이 期待되지 않은 경우 되메운 흙의 土压이 期待되는 경우
	2	되메운벽	예상되는 最高水位까지의 水压	
	3	되메운벽	예상되는 最高水位까지의 水压	
水路外側을 檢討하는 경우	4	되메운벽	主動土压	地下水, 活荷重이 예상되지 않은 경우 地下水가 예상되지 않은 경우 活荷重이 예상되지 않은 경우 地下水, 活荷重이 예상되는 경우
	5	·	主動土压 + 活荷重	
	6	·	主動土压 + 外水压	
	7	·	主動土压 + 外水压 + 活荷重	

나. 土 压

壁면에 作用하는 土压은 다음과 같이 区分되고, 그 計算式은 表—4. 6. 6과 같다.

(1) 移動變形이 거의 없는 剛性構造物 (例—埋設構造物)

이 경우의 土压은 靜止마찰계수를 고려하며 그 값은 0.5이다. 그러나 흙의 内部마찰각이 적어 主動土压係수가 0.5이상인 경우 이 값을 採用한다.

表—4. 6. 6 ②参照

(2) 變形만을 고려하는 構造物 (例—홀름)

이 경우의 土压은 壁의 構造計算에 쓰이는 값이며, 壁面마찰을 무시하고 壁面에 直角으로 作用

하는 主動土壓을 고려한다. 이 主動土壓은 土質에 따라 다르며 그 密度, 剪斷強度를 구하는 것이 바람직하나 實測値를 구할 수 없는 경우에는 表-4.6.5에서 該當한 흙의 種類를 골라서 그 값을 使用한다.

表-4.6.5

흙의 종류	흙의 종류와 기호	습윤 밀도	내부마찰각	점착력
①	細粒土를 거의 함유하지 않은 자갈·굵은 모래	$1.8 \text{ t/m}^3$	$30^\circ$	$- \text{ t/m}^2$
②	細粒土를 함유한 자갈, 모래	$1.8 \text{ t/m}^3$	$25^\circ$	—
③	실트質細砂, 粘土를 함유한 자갈	$1.8 \text{ t/m}^3$	$20^\circ$	—
④	粘土質, 실트質 흙 등	$1.8 \text{ t/m}^3$	$10^\circ$	$3.0 \sim 6.0$
⑤	매우 연약한 粘土, 실트 등의 퇴적물	$1.8 \text{ t/m}^3$	$0^\circ$	$0 \sim 3.0$

主動土壓은 또한 地表面의 傾斜度, 載荷狀態등에 따라 다르다. 表4.6.5의 흙의 種類에 대하여 壁面에 作用하는 土壓과 모멘트를 여러가지 경우에 따라 그림-4.6.12~그림-4.6.19의 各 圖表로서 쉽게 구할 수 있다.

(3) 移動變形을 고려하는 構造物 (例-擁壁)

이 경우의 土壓은 壁의 構造計算과 構造物의 安定計算에 다 같이 쓰이는 값이며, 壁面마찰을 고려한다.

壁面마찰각은 콘크리트의 打設條件, 퇴적물條件등에 따라 다르지만 여기서는 地表面의 傾斜角과 같은 것으로 본다.

이런 경우의 主動土壓은 表-4.6.6의 ①에서 나타낸 計算式에 의하여 구한다.

(다) 活荷重

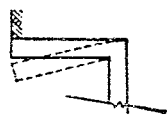
自動車, 로우라등에 의한 活荷重이 水路壁에 作用할 경우에는 集中荷重으로 보고, 이것에 의한 任意點의 壁高에서의 水平方向의 最大応力은 壁길이 1m에 等分布한다고 본다. 表-4.6.6의 ⑦ ⑫參照

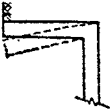
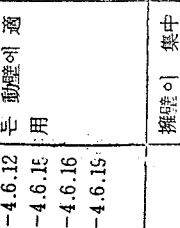
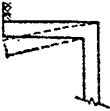
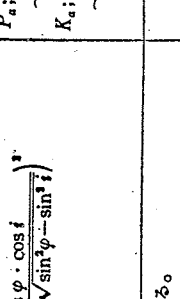
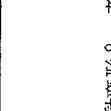
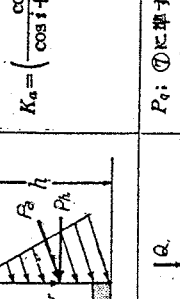
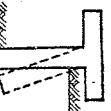
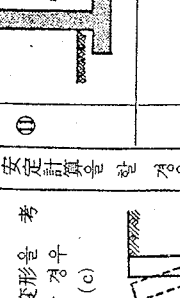



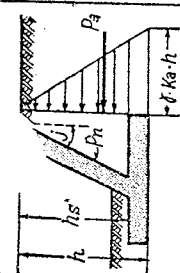
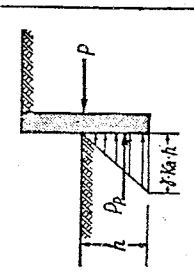
表-4.6.6

適用條件	番號	說明圖	計算式	計算圖表	適用區分	備考
基本公式	①		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot \frac{K_a}{\cos \delta \cdot \cos i}$ $K_a = \frac{\cos^2(\varphi + i) \cos \delta}{\cos i \cdot \cos(\delta - i) \cdot \left[ 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - i)}{\cos(\varphi + i) \cos(\delta - i)} \right]}$		③~⑤, ⑧~⑩은 $\delta = i$ 이다 ⑪~⑬은 $\delta = i$ 이다	計算式은 子우 림의 土庄公式 $K_a$ : 主動土庄係 數 $P_a$ : 主動土庄力 $\varphi$ : 土의 内部摩 擦角 $\delta$ : 背과壁과의 摩擦角
剛性構造 移動變形이 없는 경우 (a)	②		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h \cdot (2d + h) K_a$ $K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \geq 0.5$ $h' = \frac{h(3d + h)}{3(2d + h)}$		土庄에 의한 移動變形이 거 의 없는 地下 構造物 등에 適用. (靜止 土庄)	一般의 경우 靜 止土庄係數는 0.5이다
安定計算을 考慮한 경우 (b)	③		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$ $M = \frac{1}{6} \gamma \cdot H^3 \cdot K_a$ $K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$	$P_a$ : 圖-4.6.12 $M$ : 圖-4.6.12 $K_a$ : 圖-4.6.15 ~圖-4.6.16 ~圖-4.6.19	鉛直壁, 地表 面水平인 경우 에 適用	粘着力 C를 考慮 할 場合은 次式 에 의한다. $K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{2C \cdot \tan \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}{\gamma h}$
安定計算하지 않는 경우	④		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$ $M = \frac{1}{6} \gamma \cdot H^3 \cdot K_a$ $K_a = \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \cdot \sin(\varphi - i)}{\cos i}}}$	$P_a$ : 圖-4.6.12 $M$ : 圖-4.6.15 $K_a$ : 圖-4.6.15 ~圖-4.6.16 ~圖-4.6.19	鉛直壁, 地表 面傾斜인 경우 에 適用	$i \leq \varphi$ , 以下는 같다.

適用條件	番號	說明圖	計算式	計算圖表	適用區分	備考
象形만을考慮한 경우 (b)	⑤		$d' = \frac{K_{a1} \cdot d}{K_{a2} - K_{a1}}, P' = \frac{K_{a1} \cdot K_{a2} \cdot \gamma \cdot d}{K_{a2} - K_{a1}}$ $P_1 = K_{a1}(h+d)\gamma, P_2 = K_{a2} \cdot h \cdot \gamma$ $P_a = \frac{1}{2} d' \cdot P' + \frac{h-d'}{2} (P' + P_1)$	P <sub>a</sub> ; 圖-4.6.12 M; ~4.6.15 K <sub>a1</sub> ; ③의 K <sub>a</sub> K <sub>a2</sub> ; ④의 K <sub>a</sub>	直壁, 地表面傾斜後水平이 되었을 때에適用	載荷重의 경우와 地表面傾斜의 경우와의 合成에 의한 方法
安定計算하지 않는 경우	⑥		$\sigma_z = -\frac{q}{\pi} (2\epsilon + \sin 2\epsilon \cdot \cos 2\theta) \cdot K_a$ $\epsilon = (\beta_2 - \beta_1)/2, \theta = (\beta_1 + \beta_2)/2$ $P_q = \int_a^H \sigma_z \cdot dz, M = \int_a^H \sigma_z (H-Z) dz$ <p>σ<sub>z</sub>: 過載荷重 q가 地表面下 Z의 壁面에 미치는 水平強度.                      P<sub>q</sub>: 過載荷重 q에 의한 壁面의 水平全土圧                      M: 過載荷重 q에 의한 壁下端의 彎모멘트</p>	直壁의 경우 P <sub>q</sub> ; 圖-4.6.20 M; 圖-4.6.20 傾斜壁의 경우 P <sub>q</sub> ; 圖-4.6.22 M; 圖-4.6.22	水路壁端에서 조금 떨어져서 載荷重이 실린 경우에適用 (盛土荷重)	計算式은 右에 리히公式計算에서 重面壁의 경우 圖-4.6.22에 의 한 簡易計算法과 傾圖 22에 의한 簡易計算法을 適用하면 便利함.
安定計算하지 않는 경우	⑦		$\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi Z^3} \cdot \cos^3 \psi \cdot K_a$ <p>K<sub>a</sub>: { 直壁의 境遇... 1 + sinφ / 1 - sinφ                      傾斜壁의 境遇... cos<sup>3</sup>(φ + f) / cos<sup>3</sup>f (1 + sinφ / cos f) }</p> $P_Q = \int_a^H \sigma_z \cdot dZ, M = \int_a^H \sigma_z (H-Z) dZ$ <p>σ<sub>z</sub>: 集中荷重 Q가 地表面下 Z에서 壁面에 미치는 水平土圧強度.                      P<sub>Q</sub>: 集中荷重 Q에 의한 壁面의 水平全土圧                      M: 集中荷重 Q에 의한 壁下端의 彎모멘트</p>	直壁의 경우 P <sub>Q</sub> ; 圖-4.6.23 M; 圖-4.6.24 傾斜壁의 경우 P <sub>Q</sub> ; 圖-4.6.25 M; 圖-4.6.26	地表面에集中荷重이 있는 경우에適用 (自動車荷重)	計算式은 부우스베스크公式에 의한 乘直壁의 경우 圖-4.6.23과 圖-4.6.24, 傾斜壁의 경우 圖-4.6.25와 圖-4.6.26의 附表를 參考하여 하면 便利함
安定計算하지 않는 경우	⑧		$P_a = P_1 + P_2 + P_3, P_1 = \frac{1}{2} \gamma_s \cdot h_1^2 \cdot K_{a1}$ $P_2 = \frac{h_2}{2} \{ K_{a1} \cdot h_1 \cdot \gamma_s + K_{a2} (h_1 \cdot \gamma_1 + h_2 \cdot \gamma_m) \}$ $P_3 = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot h_3^2$	K <sub>a1</sub> ; 圖-4.6.16 ~圖-4.6.19 K <sub>a2</sub> ; 圖-4.6.16 ~圖-4.6.19	排水孔의 位置 以下에 地下水가 있는 경우 土圧係數는 地下水位以上과 以下에서 異なる다.	濕潤重量 γ <sub>s</sub> : 水中重量 = γ <sub>s</sub> - γ <sub>w</sub> γ <sub>s</sub> : 飽和密度 γ <sub>w</sub> : 물의 重量



適用條件	番号	說明圖	計算式	計算圖表	適用区分	備考
變形만을 考慮할 경우 	⑨		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \frac{K_a}{\cos^2(\varphi+f)}$ $K_a = \frac{\cos^2(\varphi+f)}{\cos^2 j \left( 1 + \frac{\sin \varphi}{\cos j} \right)^2}$	K <sub>a</sub> : 圖-4.6.16 ~ 圖-4.6.19	傾斜壁, 地面 水平의 경우에 適用. 集中荷重을 받는 경우는 ⑦에 準한다.	地下水가 있는 경우에는 ②에 準한다
安定計算을 하지 않을 경우 	⑩		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \frac{K_a}{\cos^2 j}$ $K_a = \frac{\cos^2(\varphi+f)}{\cos^2 j \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \cdot \sin(\varphi-i)}{\cos(j+f) \cos j}} \right)^2}$	K <sub>a</sub> : 圖-4.6.16 ~ 圖-4.6.19	傾斜壁, 地面 水平의 경우에는 ⑤와 同様の 合成에 의한다.	
移動變形을 考慮할 경우 (c) 	⑪		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot K_a, P_h = P_a \cdot \cos i$ $P_v = P_a \cdot \sin i$ $K_a = \left( \frac{\cos \varphi \cdot \cos i}{\cos i + \sqrt{\sin^2 \varphi - \sin^2 i}} \right)^2$	i-φ=0의 경우 P <sub>a</sub> : 圖-4.6.12 ~ 圖-4.6.15 K <sub>a</sub> : 圖-4.6.16 ~ 圖-4.6.19	鉛直壁의 逆T型擁壁 및 是 動壁에 適用	δ=i 地面 水平의 경우 i=0로 하여 구한다.
安定計算을 할 경우 	⑫		$P_a: \text{⑦에 準する.}$ $P_v = \frac{Q}{L} \quad (t/m^2)$		擁壁이 集中荷重을 받는 경우 壁 및 底板에 의 伝達	

適用條件	番号	說明圖	計算式	計算圖表	適用区分	備考
移動變形을 感할 경우 	㉓ 安定計算을 할 경우		$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^3 \cdot K_a, K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ $P_n = \frac{1}{2} \gamma \cdot h_s^3 \cdot \frac{K_n}{\cos \beta}$ $K_n = \frac{\cos^3(\varphi + \beta)}{\cos^2 \beta \left( 1 + \frac{\sin \varphi}{\cos \beta} \right)^2}$	P <sub>a</sub> : 圖-4.6.12 ~圖-4.6.15 ~圖-4.6.16 ~圖-4.6.19	傾斜地 逆 T 型擁壁에 適用	P <sub>a</sub> 는 安定計算에 P <sub>n</sub> 는 構造計算에 쓰인다
受動土圧	㉔		$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^3 \cdot K_p$ $K_p = \frac{1}{K_a} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$		鉛直壁의 受動 土壓에 適用	傾斜壁, 其他의 모든 경우 $K_p = \frac{1}{K_a}$

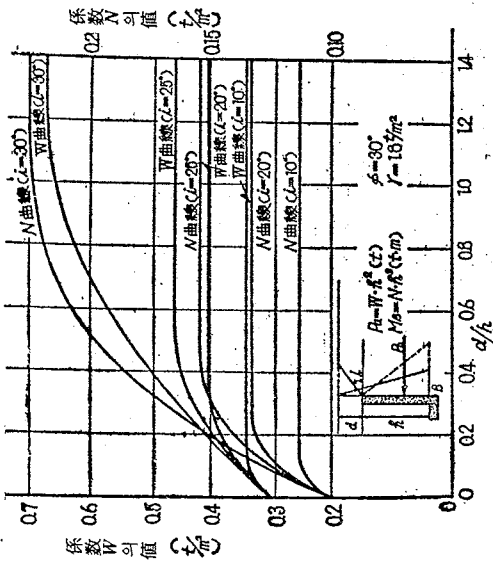


그림 4. 6. 12鉛直壁의 土圧과 모멘트

(注) 이 그림의 係數  $W$  (土壓),  $N$  (모멘트) 는 흙의 濕潤重量을 1.80t/m<sup>3</sup>으로 하여 구하였다. 때문에 다른 흙의 重量  $\gamma$ 의 경우에는 係數에  $\gamma/1.8$ 를 곱한다.

(例)  $h = 2.0\text{m}$ ,  $d = 0.5\text{m}$

$i = 30^\circ$ ,  $\gamma t = 1.7\text{t/m}^3$ 의 경우

$d/h = \frac{0.5}{2.0} = 0.25$

土壓力  $P_a = 0.435 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^2 = 1.64 (t)$

모멘트  $M_b = 0.161 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^3 = 1.22 (t \cdot m)$

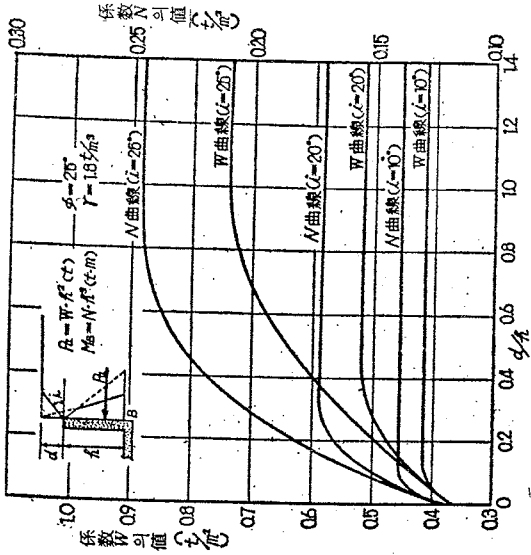


그림 4.6.13鉛直壁의 土壓과 釐모멘트

(例)  $h = 2.0\text{m}$ ,  $d = 0.5\text{m}$

$i = 25^\circ$ ,  $\gamma t = 1.7\text{t/m}^3$ 인 경우

$d/h = \frac{0.5}{2.0} = 0.25$

$P_a = 0.526 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^2 = 1.99 (t)$

$M_b = 0.193 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^3 = 1.46 (t \cdot m)$

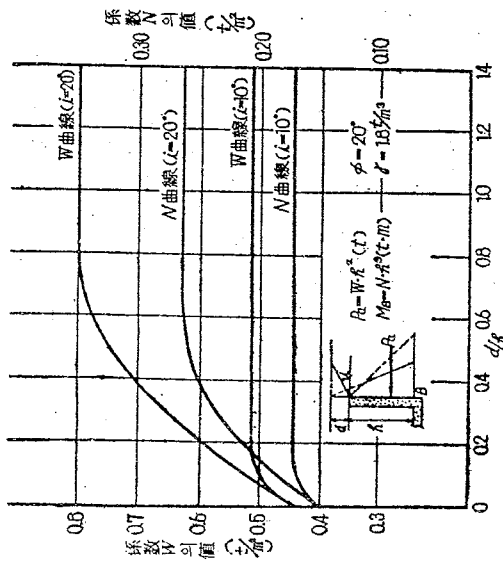


그림 4.6.14 鉛直壁의 土圧과 휨모멘트

[例]  $h = 2.0\text{m}, d = 0.5\text{m}$   
 $i = 20^\circ, r_t = 1.7t/\text{m}^2$ 의 경우  
 $d/h = \frac{0.5}{2.0} = 0.25$   
 $\sqrt{Pa} = 0.627 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^2 = 2.37 (t)$   
 $M_b = 0.227 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^3 = 4.72 (t \cdot m)$

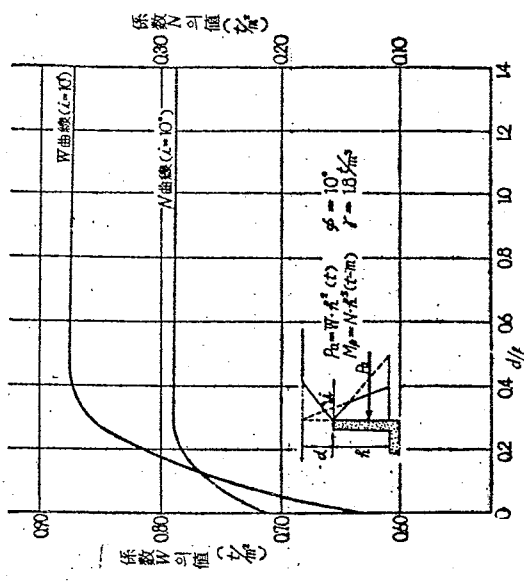


그림 4.6.15 鉛直壁의 土圧과 휨모멘트

[例]  $h = 2.0\text{m}, d = 0.5\text{m}$   
 $i = 10^\circ, r_t = 1.7t/\text{m}^2$ 의 경우  
 $d/h = 0.50 / 2.00 = 0.25$   
 $\sqrt{Pa} = 0.846 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^2 = 3.20 (t)$   
 $M_b = 0.288 \times \frac{1.7}{1.8} \times 2.0^3 = 2.18 (t \cdot m)$

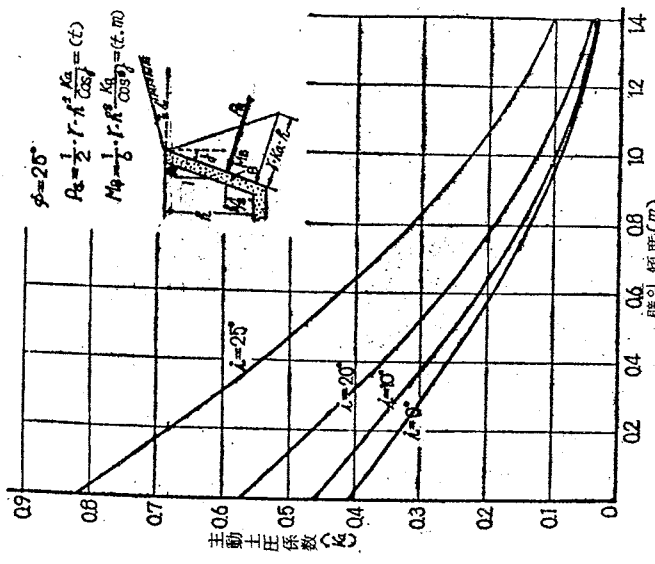


그림 4.6.17 傾斜地表面을 이룬 傾斜壁의 主動土圧係數

【例】  $h=2.0m, m=0.25, \delta=25^\circ, \gamma=1.8t/m^3$ 의 경우  
 $\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1+m^2}} = 0.97, \cos^2 \delta = 0.94$   
 $\therefore P_a = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 2.0^2 \times \frac{0.641}{0.97} = 2.37t$   
 $\therefore M_a = \frac{1}{6} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.641}{0.94} = 1.63t \cdot m$

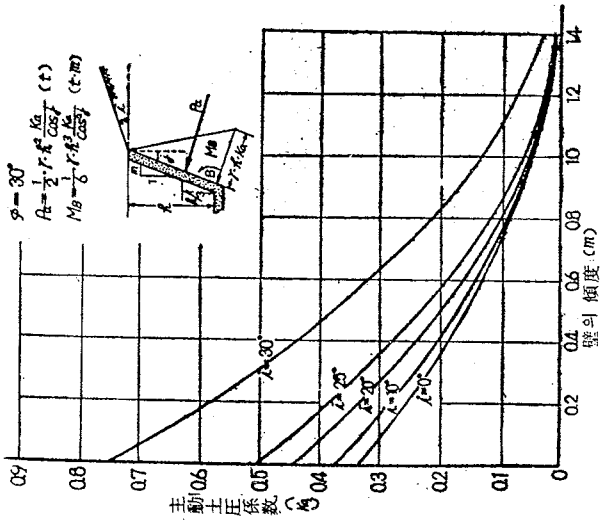


그림 4.6.19 傾斜地表面을 이룬 傾斜壁의 主動土圧係數

【例】  $h=2.0m, m=0.25, \delta=30^\circ, \gamma=1.8t/m^3$ 의 경우  
 $\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1+m^2}} = 0.97, \cos^2 \delta = 0.94$   
 $\therefore P_a = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 2.0^2 \times \frac{0.549}{0.97} = 2.03t$   
 $\therefore M_a = \frac{1}{6} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.549}{0.94} = 1.40t \cdot m$

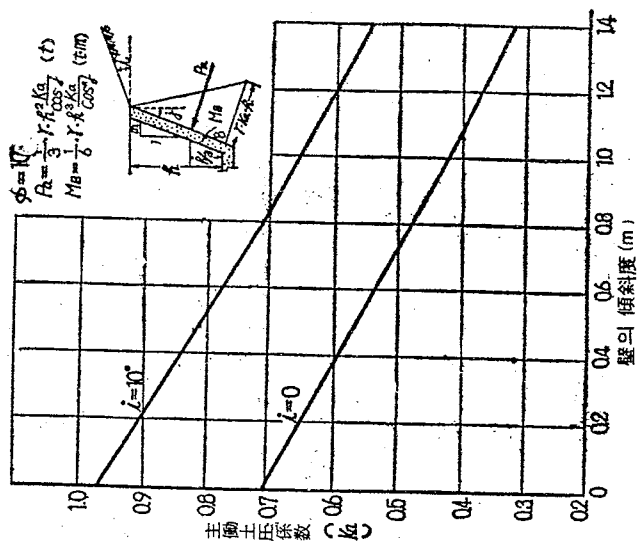


그림 4.6.19 傾斜地表面の0層 傾斜壁の主動土圧係數

【例】  $h=2.0\text{m}$ ,  $m=0.25$ ,  $\delta=10^\circ$ ,  $\gamma=1.8\text{t/m}^3$  の場合

$$\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1+m^2}} = 0.97, \cos^2 \delta = 0.94$$

$$\therefore P_a = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.886}{0.97} = 3.28\text{t}$$

$$\therefore M_b = \frac{1}{6} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.886}{0.94} = 2.26\text{t·m}$$

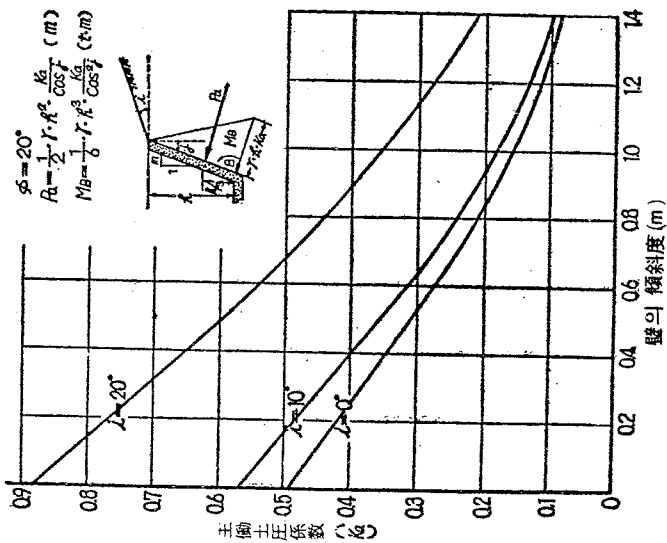


그림 4.6.18 傾斜地表面を0層 傾斜壁の主動土圧係數

【例】  $h=2.0\text{m}$ ,  $m=0.25$ ,  $\delta=20^\circ$ ,  $\gamma=1.8\text{t/m}^3$  の場合

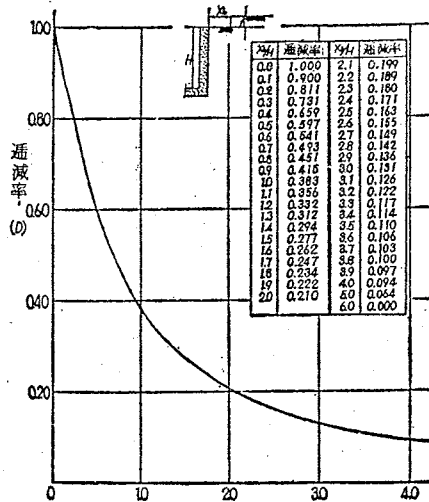
$$\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1+m^2}} = 0.97, \cos^2 \delta = 0.94$$

$$\therefore P_a = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.729}{0.97} = 2.70\text{t}$$

$$\therefore M_b = \frac{1}{6} \times 1.8 \times 2.0^3 \times \frac{0.729}{0.94} = 1.86\text{t·m}$$



水路壁頂端에서 떠러져 盛土荷重이 作用할 때 (表-4.6.6 b) 水路壁에 生기는 土圧과 모멘트  
의 簡易計算法은 다음과 같다



① 鉛直壁의 경우

$$q = h\gamma$$

$$P_q = H \cdot q \cdot K_a$$

$$\text{土圧}(P_q) = D \cdot P_q = D \cdot H \cdot q \cdot K_a$$

$$\text{모멘트}(M) = \frac{H^2}{2} \times P_q = \frac{H^2}{2} \cdot D \cdot q \cdot K_a$$

여기서

- $h$ : 盛土高 (m)
- $\gamma$ : 흙의 單位重量 ( $t/m^3$ )
- $H$ : 水路壁高 (m)
- $K_a$ : 란킨土壓係數 ( $\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$ )
- $q$ : 盛土에 의한 鉛直荷重強度
- $\phi$ : 흙의 內部 마찰각
- $D$ : 체간을(그림 4. 6. 20 參照)
- $X_b$ : 水路頂端에서 盛土비탈 끝까지의 距離 (m)

그림-4.6.21 과 같은 盛土断面에서  $X_b$ 는 다음과 같이 구한다.

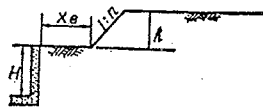


그림 4.6.21

$$X_b = X_e \quad (n < 1.0)$$

또는  $X_b = 0.75 X_e + 0.2 n \quad (1.0 \leq n \leq 3.0)$

但 윗식은  $h \leq 2.5 m$  의 경우에 적용한다.

② 傾斜壁의 경우

傾斜壁에 作用하는 土壓과 모멘트는 鉛直壁에서 簡易計算法으로 구한 土壓과 모멘트式에 壁의

傾斜 度에 따른 傾度係數

DB(附表参照)를

곱하여 구한다. 卽

$$\text{土圧}(P_q) = D \cdot P_q \cdot DB = D \cdot H \cdot q \cdot K \cdot DB$$

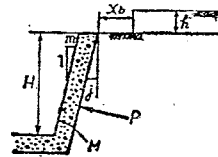


그림 4.6.22

$$\text{모멘트}(M) = \frac{1}{2} \times P_q \times H = \frac{1}{2} \cdot D \cdot q \cdot K \cdot DB \cdot H^2$$

그림-4. 6. 22 의 附表

벽의 경사 1 : m	1 : 0.0 (연직)	1 : 0.3	1 : 0.5	1 : 0.7	1 : 1.0	1 : 1.5	1 : 2.0
DB	1.00	0.73	0.63	0.57	0.52	0.50	0.46

以上과 같은 簡易計算法의 適用範圍는 盛土 및 盛土와 같은 程度로 判斷되는 鉛直壁에 適用한다.

[例] 水路壁(H)=2.00 m, 흙의 單位重量(γ)=1.8 t/m<sup>3</sup>, 盛土高(h)=1.00 m, 内部 마찰자(φ)=30°. 壁頂端과 荷重端間의 거리(X<sub>0</sub>)=0.5 m, 盛土비탈기울기 1 : 1.5 일때 盛土荷重에 의한 水路의 鉛直壁에 生기는 土壓과 모멘트를 구한다.

$$K_A = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0.33$$

$$X_0 = 0.75 \times 0.5 + 0.2 \times 1.5 = 0.675$$

$$q = 1.0 \times 1.8 = 1.8$$

$$X_0/H = 0.34 \text{ 그림 4. 6. 20 에서}$$

$$D = 0.698$$

$$\text{※ 土壓}(P_a) = D \cdot H \cdot q \cdot K_A = 0.698 \times 2.00 \times 1.8 \times 0.33 = 0.83(t)$$

$$\text{모멘트}(M) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot q \cdot K_A \cdot H^2 = \frac{2.00^2}{2} \times 0.698 \times 1.8 \times 0.33 = 0.830(t \cdot m)$$

地表面에 集中荷重(自動車荷重등)이 作用할 때 (表-4.6.6 ⑦) 水路壁에 生기는 土壓과 모멘트는 다음과 같이 구한다.

① 鉛直壁의 경우

$$\text{土壓}(P) = q(1+i) \times P_0 \times K$$

$$\text{모멘트}(M) = q \times (1+i) \times M_0 \times K$$

여기서

q : 後輪荷重 (t)

i : 衝擊係數 (0.3)

$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

P<sub>0</sub> : 單位輪荷重(後輪 1 ton)에 對한 土壓  
(그림-4. 6. 23)

M : 單位輪荷重(後輪 1 ton)에 對한 모멘트  
(그림 4. 6. 24)

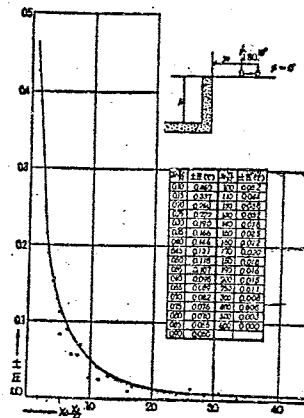


그림 4.6.23 부우스네스크의 應用式에

의한 土壓-X,  $\frac{X}{H}$ 의 關係

② 傾斜壁의 경우

傾斜壁에 作用하는 土圧 및 모멘트의 값은 鉛直壁에 作用하는 土圧 및 모멘트값에 壁의 傾斜度에 따른 傾度係數를 곱하여 구한다.

即

$$\text{土圧}(P) = q(1+i) \times P_0 \times K_A \times DD$$

$$\text{모멘트}(M) = q(1+i) \times M_0 \times K_A \times DM$$

여기서

DD: 土壓에 對한 傾度係數 (그림-4. 6. 25의 附表参照)

DM: 모멘트에 對한 傾度係數 (그림-4. 6. 26의 附表参照)

그림-4.6.23~24의 適用範圍는  $X_1 \geq 0.5$ 이고 壁높이는 2.5 m 以下이다

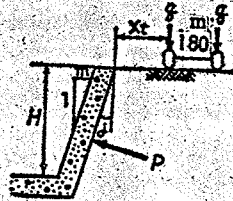


그림 4. 6. 25

그림 4. 6. 25의 附表

壁의 傾斜 1 : m	1 : 0.0	1 : 0.3	1 : 0.5	1 : 0.7	1 : 1.0	1 : 1.5	1 : 2.0
鉛直壁에 作用하는 土壓과 的比 (DD)	1.00	1.55	0.40	0.30	0.20	0.12	0.08

그림 4. 6. 26의 附表

벽의 경사 1 : m (연직)	1 : 0.0	1 : 0.3	1 : 0.5	1 : 0.7	1 : 1.0	1 : 1.5	1 : 2.0
연직벽에 作用하는 모멘트比 (DM)	1.00	0.57	0.44	0.36	0.30	0.24	0.20

[例] 自動車荷重 14 T,  $X_1=0.60$  m,  $H=2.0$  m,  $\phi=20^\circ$ 의 경우에 水路壁에 作用하는 全土壓 力과 모멘트를 구하기로 한다.

$$X_1 \cdot \frac{X_1}{H} = 0.60 \times 0.60 / 2.00 = 0.18 \approx 0.20$$

$$X_1 / H = 0.60 / 2.00 = 0.3$$

이 값에 의하여 그림 4.6.23 과 그림 4.6.24 에서 基本荷重(한쪽 後輪/ton 當)에 對한 全土壓 ( $P_0$ ) 과 모멘트(M)를 구하면 그 값은 다음과 같다.  $P_0=0.268$  (t),  $M_0=0.3858$  (t · m)

$$14 \text{ T 自動車의 後輪荷重}(q) = 0.4 W = 0.4 \times 14 = 5.6 \text{ (t)}$$

衝擊係數( $i$ ) = 0.30, 土壓係數( $K_A$ ) =  $\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.49$ 이다. 따라서 14 T 自動車에 의한 水路 壁에 生기는 全土壓과 모멘트는 各各 다음과 같다.

$$P = q(1+i) \times P_0 \times K_A = 5.6(1+0.30) \times 0.268 \times 0.49 = 0.956 \text{ (t)}$$

$$M = q(1+i) \times M_0 \times K_A = 5.6(1+0.30) \times 0.3858 \times 0.49 = 1.376 \text{ (t · m)}$$

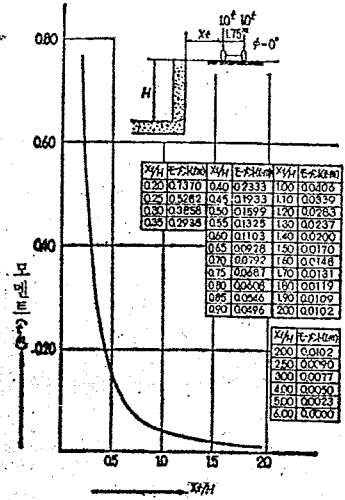


그림 4.6.24 부우스네스크適用式에 의한 모멘트와  $X_1/H$

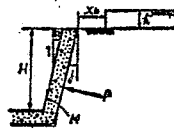


그림 4.6.26

4. 6. 4. 埋設構造物의 荷重

매설구조물의 構造計算에서는 地上의 載荷條件, 土質, 地下水의 狀況 그리고 施工條件등을 잘 파악하여 構造物에 對한 荷重의 크기와 分布狀態를 구하고, 구조물의 部材에 最大應力이 作用할 수 있는 荷重條件에 의하여 部材의 所要強度를 決定한다.

가. 荷重의 分布

사이폰, 암거등의 매설구조물에 作用하는 荷重은 一般의으로 그림 4. 6. 27에서 나타낸 數種의 荷重分布의 組合으로 되어있다. 따라서 管體의 構造計算에서는 이들의 荷重을 分離하여 생각하는 것이 便利하다.

- (1) 그림 4. 6. 27의 荷重狀態는 函形斷面의 경우를 나타내고 있으나 円形, 其他 斷面의 경우에도 이것에 準한다.
- (2) 等分布垂直荷重  $P$ 의 크기는 되메꿈흙 및 活荷重의 크기를 나타내는데 그 計算에 있어서 되메꿈 흙에 對해서는 4. 6. 4(3), 活荷重에 對해서는 4. 6. 1에 의한다.
- (3) 等分布水平荷重, 三角形水平荷重의 크기는 4. 6. 3에 의한다.
- (4) 그림 4. 6. 27(5)의 壓力水에 의한 靜水壓은 사이폰등의 壓力管에 適用하며 그림 4. 6. 27(e)의 充滿水에 의한 靜水壓과의 組合에 의해서 만이 使用한다.

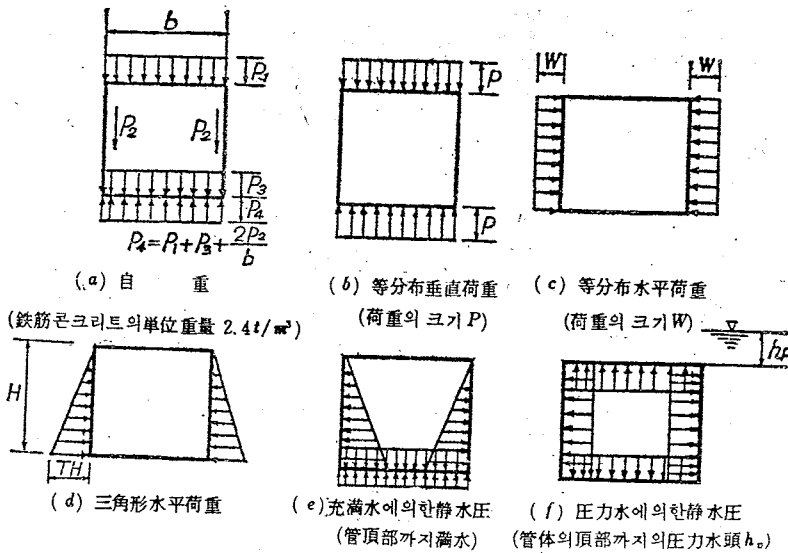


그림 4.6.27

나. 荷重의 組合

管體의 各部材, 各點의 外力에 依한 應力은 가. 에서 나타낸 等分布의 組合에 依하여 變化한다. 따라서 管體의 應力計算에 있어서는 各各 立地條件에 依한 荷重狀態를 감안하여 構造物部材에 最大應力이 生길 수 있는 荷重條件의 組合을 생각한다.

- (1) 現場치기 鐵筋콘크리트의 函形斷面의 組合은 表—4. 6. 7과 같다. 但, 작은 構造物에 對해서는 一般的으로 表—4. 6. 7의 組合 I 或은 V란을 생각해도 된다.

表-4. 6. 7

荷 重		組 合				
		I	II	III	IV	V
(a)	自 重	0	0	0	0	0
(b)	等分布鉛直荷重	건조토			0	0
		포화토	0	0		
		활하중	0	0		
(c)	等分布水平荷重	건조토		0	0	0
		포화토	0	0		
		건조토				
(d)	三角形水平荷重	포화토	0	0		
		포화토				
(e)	充滿수에 의한 靜水圧	0			0	
(f)	壓力수에 의한 靜水圧				0	0

- (가) I의 條件은 頂版과 底版의 內側에서 最大引張応力이 생긴다.
  - (나) II의 條件은 各節点(隅点)의 外側에서 最大引張応力이 생긴다.
  - (다) III의 條件은 側壁의 內側에서 最大引張応力이 생긴다.
  - (라) IV의 條件은 各部材의 中央外側에서 最大引張応力이 생긴다.
  - (마) V의 條件은 各節点(隅点)의 內側에서 最大引張応力이 생긴다.
- (2) 現場치기鉄筋콘크리트의 円形 및 馬蹄形의 경우는 表-4. 6. 8의 組合에 의한다.

表-4. 6. 8

荷 重		組 合	
		I	II
(a)	自 重	0	0
(b)	等分布垂直荷重	건조토	0
		포화토	
		활하중	0
(c)	等分布水平荷重	건조토	0
		포화토	
		포화토	0
(d)	三角形水平荷重	0	0
(e)	充滿수에 의한 靜水圧		
(f)	壓力수에 의한 靜水圧	0	0

- (가) 円形 및 이것에 유사한 断面(例-標準馬蹄形)에서는 흙의 狀態를 모두 乾燥狀態로 생각하  
는 것이 安全한 組合이다.
- 暗渠의 경우는 I의 條件을 原則으로 하고 사이폰의 경우는 I의 條件에서 最大壓縮應力, II의  
條件으로 最大引張應力을 구한다.
- (나) 合成形断面의 경우에는 函形断面으로서 고려한다.

다. 鉛直荷重의 크기

管의 埋設方法에 따라 管에 作用하는 垂直土圧의 크기가 달라지므로 各各의 埋設條件에 適合한荷  
重을 決定하여야 한다.

管의 埋設方法은 一般으로 좁은 도랑속에 埋沒하는 경우(溝形式)와 地表에 突出하는 경우(突  
出形式)로 나눈다. 垂直土圧의 크기는 原則으로 아마스톤 및 스반그라아의 解析에 의한다.

(i) 溝形式의 경우

$$Wd_i = C_d \cdot r \cdot B_d^2 \dots\dots (4. 6. 7)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-\alpha H}}{2Ka \cdot \tan \delta} \quad \alpha = \frac{2Ka \cdot \tan \delta}{B_d^2}$$

$$Ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

여기서  $W_d$  : 全鉛直土荷重 (t) ,  $e$  : 自然対數의 밑

$r$  : 되메꿈흙의 單位重量 (t/m<sup>3</sup>)

$\phi$  : 内部마찰각 (°)       $\delta$  : 溝側面과 되메꿈흙과의 마찰각 (°)

(가)  $C_d$ 의 값은  $H/B_d$ 와  $C_d$ 의 圖表인 그림 4. 6. 29에 의한다.

(나)  $\delta = \phi$ 이고  $r$  및  $\phi$ 의 값은 흙의 種類에 따라 다르며 그 값은 4. 6. 1 및 4. 6. 3에 의한다.

(다) 管에 作用하는 單位面積當의 垂直土圧은  $W_d/B_c$ 에 의하여 구한다.

(라)  $B_d$ 는 管頂部の 掘削幅 (m)

(2) 突出形式의 경우

$$W_c = C_c \cdot r \cdot B_c^{2.5} \dots\dots\dots (4. 6. 8)$$

$$C_c = \frac{e^{2Ka} - 1}{2Ka \cdot \tan \delta} \quad \beta = \frac{2Ka \cdot \tan \delta}{B_c} \quad Ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

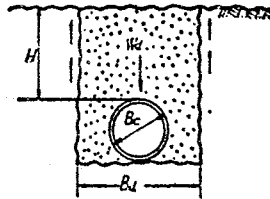


그림- 4. 6. 28

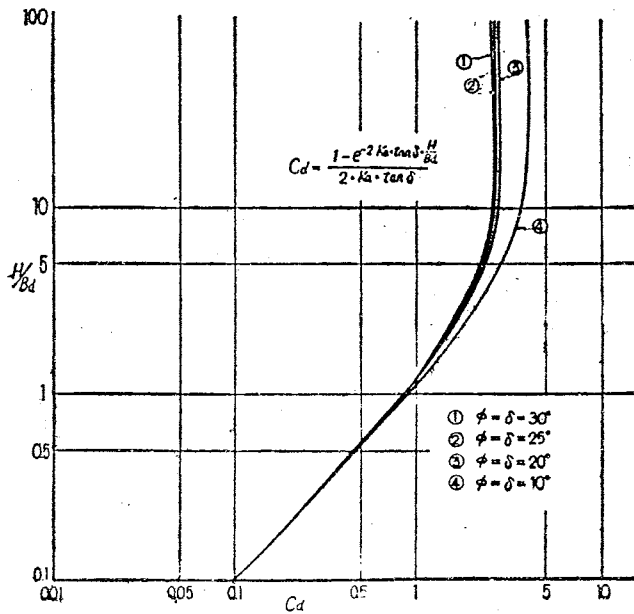


그림- 4. 6. 29

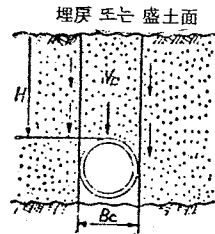


그림- 4. 6. 30

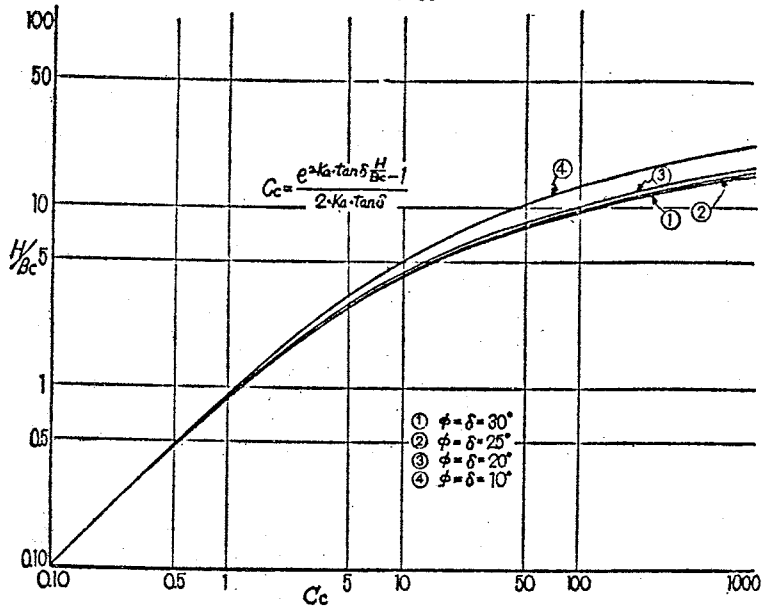


그림- 4. 6. 31

- (가)  $C_c$ 의 값은  $H/B_c$ 와  $C_c$ 의 圖表인 그림 4. 6. 31에 의한다.
  - (나)  $\delta = \phi$ 로 하고  $r$  및  $\phi$ 의 값은 흙의 種類에 따라 다르며 그 값은 4. 6. 1 및 4. 6. 3에 의한다.
  - (다)  $B_c$ 는 管의 外徑으로 定한다.
  - (라) 管에 作用하는 單位面積當의 垂直土壓은  $W_c/B_c$ 에 의하여 구한다.
- (3) 溝形式과 突出形式의 適用
- 溝形式은 一般的으로 管體上部의 흙이 兩側의 흙에 對하여 摺落하려는 狀態로 이 경우는 兩側의 흙에서 上向의 마찰력이 作用하는 경우로서 Ditch Condition이라 한다. 현실적으로는 다음의 경우이다.
- (가) 굴착한 도랑속에 暗渠를 設置하여 흙을 메꾸었을 경우로서 이 되메꿈흙을 비록 잘 다지었다 하더라도 多少는 沈下한다.
  - (나) 管體의 變形(처짐)이 크고 兩側이 흙의 壓縮量보다 管體의 變形에 의한 壓縮量이 큰 경우이다.
  - (다) 管體의 自重이 大端히 크거나, 基礎가 어떤 原因에 의하여 攪亂되는등 으로 因하여 管體의 沈下가 兩側의 흙의 沈下보다 큰 경우이다.

突出形式은 溝形式인 경우의 反對로 管体上部의 흙은 管体 때문에 沈下가 적고, 그 兩側의 흙이 아래로 摺落하여 下向의 摩擦力이 作用하는 경우로서 *Projecting Condition*이라 한다. 現實的으로 다음과 같은 경우이다.

- 1) 剛性이 큰 管体를 地表 또는 幅넓은 굴착방법으로 埋設하여 周圍를 盛土 또는 되메꾸었을 경우이다.
- 2) 管体의 基礎에 밑쪽등이 있어 周圍의 沈下에 對하여 管体의 沈下가 적은 경우이다.

라. 水平土壓의 크기

埋設構造物에 作用하는 土壓의 크기는 되메꿀 材料, 다지기程度등에 따라 다르나 一般的으로 轉壓을 충분히 期待할 수 있는 경우의 水平土壓係數는 4.6.3의 (2)에 따라야 한다.

- (1) 溝形式의 施工에 있어서 管体側壁의 轉壓이 충분히 期待 될 수 없을 때는 安全上 水平土壓을 無視한다.
- (2) 突出式의 경우에는 管体側壁의 轉壓도 충분히 期待할 수 있으므로 靜止土壓係數를 0.5로 하나, 主動土壓係數가 0.5以上이 되면 이 값을 採用한다. 土壓公式은 表—4.6.6 ②와 같다.

마. 活荷重의 크기

活荷重의 크기에 對해서는 4.6.1의 라, 마, 바, 에 따라 定한다.

바. 彎矩(  $M$  ), 軸力(  $N$  ), 剪斷力(  $S$  ), 의 크기: 가, 에 나타낸 等分布荷重이 作用할 때 各部材의 彎矩, 軸力, 剪斷力의 係數를 다음 表에 의하여 구한다.

表—4.6.9 一連正方形 断面에서의  $M, N, S$ 의 係數表

表—4.6.10 二連正方形 断面에서의  $M, N, S$  係數表

表—4.6.11 円形断面에서의  $M, N, S$ 의 係數表

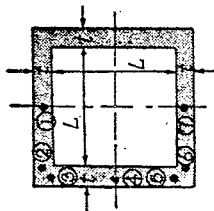
表—4.6.12 標準말굽形断面 (2R型)에서의  $M, N, S$ 의 係數表

表—4.6.13 標準말굽形断面 (4R型)에서의  $M, N, S$ 의 係數表

表—4.6.14 合成形断面에서의  $M, N, S$ 의 係數表



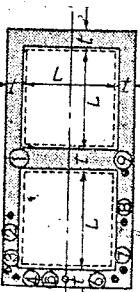
表-4, 6, 9 一連正方形断面에서의 M, N, S의 係數表  
 符号 ⊕ 彎모멘트 (M) : 部材의 内側에 引張應力을 나타냄.  
 ⊕ 軸力 (N) : 断面에 壓縮應力을 나타냄.  
 ⊕ 剪斷力 (S) : 部材를 内側에서 보았을때 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用하는 剪斷力



單位 M : kg-m, N, S : kg, L, t, hp, : m  
 P, W : kg / m<sup>2</sup>, T : kg / m<sup>2</sup>

位 置	(a) 自重			(b) 等分布水 平荷重			(c) 等分布垂直荷重			(d) 三角形水 平荷重			(e) 充滿水 池의 靜水 圧			(f) 壓力水 池의 靜水 圧		
	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S
	$50t(L+t)$	$16t \times (L+t)$	$0.04WP \times \frac{L+t}{L+2t}$	$0.04WP \times \frac{L+t}{L+2t}$	$W(L+t)$	$W(L+t)$	$0.0188T \times (L+t)$	$T(L+t)$	$T(L+t)$	$18.7LK(L+t)$	$18L^2$	$83.3k_p \times (L+t)^3$	$1000h_p \cdot L$					
①	+ 8		+ 2	- 1	+ 50		- 1	+ 16	+ 1			- 0.5						
②	$-\left[\frac{L-11t}{L+t}\right]$	+ 76	$-\left[\frac{L-5t}{L+t}\right]$	- 1	+ 50		- 1	+ 16	+ 1			$+ \left[1 - \frac{3t}{L+t}\right]$						
③	- 1	+ 75	- 1	$-\left[\frac{L-5t}{L+t}\right]$			$-\left[\frac{L-3.4t}{L+t}\right]$	- 16	$+\left[\frac{L-3.4t}{L+t}\right]$			+ 10.2						
④	- 4	+ 150	- 1	+ 150			+ 2.22		- 2.22									
⑤	- 7	+ 225	- 1	$-\left[\frac{L-5t}{L+t}\right]$			$-1.22\left[\frac{L-6.3t}{L+t}\right]$	+ 34	$+1.22\left[\frac{L-6.3t}{L+t}\right]$			- 21.3						
⑥	$-\left[\frac{L-4.1t}{L+t}\right]$	- 225	$-\left[\frac{L-5t}{L+t}\right]$	- 1	+ 50		- 1.22	+ 34	+ 1.22			$+ \left[1 - \frac{3t}{L+t}\right]$						
⑦	+ 11		+ 2	- 1	+ 50		- 1.22	+ 34	+ 1.22			- 21.3						

表-4. 6. 10 二連正方形断面에서의 M, N, S의 係數表



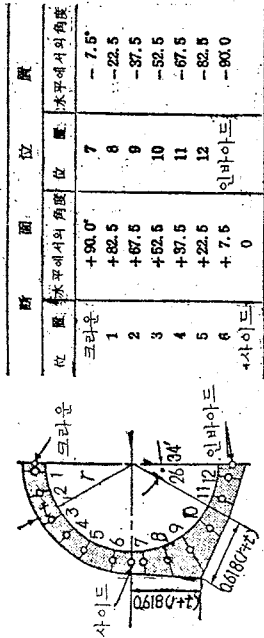
符号 ⊕ 원모넛트(M); 部材의 内側에 引張応力을 나타냄.  
 ⊕ 軸力(N); 断面에 壓縮応力을 나타냄.  
 ⊕ 剪斷力(S); 部材를 内側에서 外側 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用하는 剪斷力.

單位 M; kg-m, N, S; kg, L, t, hp; m P, W; kg/m, T; kg/m<sup>2</sup>

位 置	(a) 自重			(b) 等分布垂直荷重			(c) 等分布水平荷重			(d) 三角形水平荷重			(e) 充滿水에의 靜水圧			(f) 圧力水에의 靜水圧		
	N	S	M	N	S	M	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S
	$16t(L+t)^2$	$16t \times (L+t)$	$0.0139P \times (L+t)(2L+3t)$	$0.0856W \times (L+t)^2$	$W(L+t)$	$0.0123T \times (L+t)^2$	$T(L+t)^2$	$16L^2(L+t)$	$16L^2$	$83.3hp \times (L+t)^2$	$1000hp \cdot L$							
①	$-17.9 \left[ \frac{L-1.6t}{L+t} \right]$	-90	$-4 \left[ \frac{L-1.6t}{L+t} \right]$	$-0.292$	+0.60	+1	+16	-0.73	-10	$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50+50							
②			+2		+0.25	-0.60	+16	+0.38	-10	-0.60	-50							
③	$-1.7 \left[ \frac{L-16.6t}{L+t} \right]$	+60	$-\left[ \frac{L-0.5t}{L+t} \right]$	+0.208	+0.50	-2	+16	+1.62	-10	$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50-50							
④	-1.7	+60	-1	+0.208	$-\left[ \frac{L-3.5t}{L+t} \right]$	$-3 \left[ \frac{L-2.3t}{L+t} \right]$	-16	$+1.52 \left[ \frac{L-2.3t}{L+t} \right]$		$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50+50							
⑤	-7.3	+130	-1	+0.208	+1.25	+2.82		-2.19		-0.60	-50							
⑥	-12.9	+210	-1	+0.208	$-\left[ \frac{L-3.5t}{L+t} \right]$	$-2.62 \left[ \frac{L-4.5t}{L+t} \right]$	+34	$+1.94 \left[ \frac{L-4.5t}{L+t} \right]$		$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50-50							
⑦	$-12.9 \left[ \frac{L-7.3t}{L+t} \right]$	-210	$-\left[ \frac{L-0.5t}{L+t} \right]$	-0.208	+0.60	-2.52	+34	+1.94	-21	$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50+50							
⑧	+20.2		+2		-0.25	-0.60	+34	+0.49	-21	-0.60	-50							
⑨	$-40.4 \left[ \frac{L-t}{L+t} \right]$	+160	$-4 \left[ \frac{L-1.6t}{L+t} \right]$	+0.292	+0.50	+1.26	+34	-0.97	-21	$+ \left[ 1 - \frac{3t}{L+t} \right]$	-50-50							

表-4.6.11 円形断面에서의 M, N, S의 係數表  
 符号 ⊕ 軸모멘트 (M) : 部材의 内側에 引張応力을 나타냄.  
 ⊕ 軸力 (N) : 断面에 壓縮応力을 나타냄.  
 ⊕ 剪斷力 (S) : 部材를 内側에서 볼때 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用 하는 剪斷力.

單位: M : kg-m, N, S : kg, r, t, hp : m  
 P, W : kg/m T : kg/m<sup>2</sup>



斷面	(a) 自重			(b) 等分布垂直荷重			(c) 等分布水平荷重			(d) 三角形水平荷重			(e) 充滿水壓의 引張水壓			(f)	
	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	壓力水壓의 引張水壓	
코라운	$t(r+t/2)^2$	$t(r+t/2)$	0	$P(r+t/2)^2$	$P \times 2(r+t)$	$W(r+t/2)^2$	$W(r+t/2)^2$	$W(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$T(r+t/2)^2$	$1000hp \cdot f$
1	+899	+688	0	+118	+103	-243	+101	0	-202	+64	0	+178	-624	0	-1		
2	+874	+640	+400	+116	+108	-234	+99	-13	-196	+63	-08	+171	-608	+80			
3	+669	+272	+1136	+083	+073	-169	+86	-36	-153	+59	-24	+130	-576	+240			
4	+293	+400	+1680	+027	+184	+239	+63	-49	-068	+49	-38	+84	-512	+353			
5	+181	+1312	+1888	-037	+312	+241	+37	-49	+041	+34	+45	-42	-400	+384			
6	+667	+2352	+1728	-063	+424	+176	+15	-37	+159	+17	-42	-136	-304	+352			
인바이드	+1053	+3376	-1136	-125	+489	+063	+02	-14	+253	+03	-26	-213	-224	+224			
7	-1178	+3776	+688	-125	+500	-063	0	+01	+280	0	-15	-237	-224	+128			
8	-1254	+4096	+448	-126	+492	-065	+01	-12	+293	0	+01	-245	-208	0			
9	-1384	+4752	+16	-113	+471	-075	+06	+36	+250	+05	+35	-200	-256	-200			
10	+843	+3440	-3264	-052	+244	-311	+40	+39	+120	+55	+43	-91	-672	-320			
11	+24	+2644	-2763	+022	+137	-332	+66	+42	-013	+83	+53	+11	-696	-352			
12	+662	+1552	-1920	+071	+067	-142	+84	+35	-145	+1.11	+46	+122	-1152	-384			
인바이드	+1027	+784	-704	+095	+004	-048	+97	+13	-231	+1.32	+17	+195	-1328	-144			
인바이드	+1072	+688	0	+099	-003	-218	+99	0	-243	+1.36	0	+208	-1376	0			

表-4. 6. 12 標準달걀形断面 (2R型) 에서의 M, N, S의 係數表

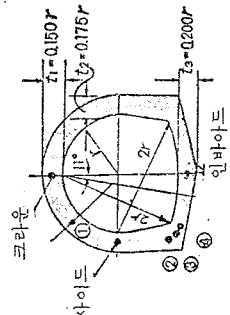
符号 ⊕ 휨모멘트 (M) : 部材의 内則에 引張應力을 나타냄.

⊕ 軸力 (N) : 断面에 壓縮應力을 나타냄.

⊕ 剪斷力 (S) : 部材를 内側에서 外側 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用하는 剪斷力

單位 M : kg-m, N, S : kg, r, t, hp : m

P, W : kg/m T : kg/m<sup>2</sup>



位 置	(a) 重			(b) 等分布垂直荷重			(c) 等分布水平荷重			(d) 三角形水平荷重			(e) 充滿水에의 水压		
	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S
크라운	$\frac{7}{8}(r+h/2)^2$	$7\lambda(r+h/2)$	0	$\frac{P(r+h/2)^2}{2(r+h)}$	P(r+h)	0	$\frac{W(r+h/2)^2}{2(r+h)}$	W(r+h)	0	$\frac{T(r+h/2)^2}{2(r+h)}$	T(r+h)	0	$\frac{r(r+h/2)^2}{2(r+h)}$	r(r+h)	0
①	+ 813	- 365	0	+ 210	+ 055	0	- 211	+ 984	0	- 170	+ 612	0	+ 139	- 550	0
②	- 33	+ 983	+ 1775	- 038	+ 543	+ 466	+ 027	+ 490	- 490	0	+ 402	- 402	- 2	- 405	+ 321
사이드	$\frac{7}{8}(r+h/2)^2$	$7\lambda(r+h/2)$	+ 565	- 247	+ 1,023	- 056	+ 269	0	+ 014	+ 274	0	- 322	+ 61	- 182	+ 113
③	- 1192	+ 4033	- 703	- 137	+ 998	- 233	- 047	+ 143	+ 810	- 008	+ 172	+ 974	+ 95	- 107	- 900
④	- 1217	+ 7210	- 4326	- 127	+ 737	- 713	- 078	+ 539	+ 623	- 044	+ 650	+ 748	+ 95	- 555	- 718
⑤	- 1181	+ 5825	- 4050	+ 009	+ 143	- 630	- 114	+ 922	+ 292	- 068	+ 1194	+ 376	+ 142	- 1018	- 57
⑥	- 269	+ 1875	- 4050	+ 009	+ 143	- 630	- 114	+ 922	+ 292	- 068	+ 1194	+ 376	+ 142	- 1018	- 57
인바이트	$\frac{7}{8}(r+h/2)^2$	$7\lambda(r+h/2)$	0	+ 323	- 055	0	- 281	+ 1,061	0	- 300	+ 1,432	0	+ 182	- 1191	0
⑦	+ 1770	+ 565	0	+ 323	- 055	0	- 281	+ 1,061	0	- 300	+ 1,432	0	+ 182	- 1191	0

表-4, 6, 13 標準일곡形断面 (4 R型) 에서의 M, N, S의 係數表

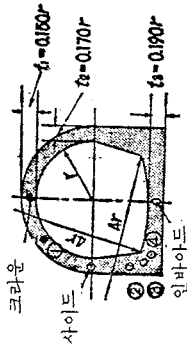
符号 ⊕ 휨모멘트 (M) : 部材의 内側에 引張応力을 나타냄.

⊕ 軸力 (N) : 断面에 壓縮応力을 나타냄.

⊕ 剪斷力 (S) : 部材를 内側에서 볼때 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用하는 剪斷力.

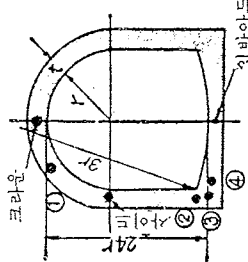
單位 M : kg·m, N, S : kg, L, t, h, p : m

P, W : kg/m T : kg/m<sup>2</sup>



位 置	(a) 重			(b) 等分布垂直荷重			(c) 等分布水平荷重			(d) 三角形水平荷重			(e) 充滿水에의 水压		
	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S
크라운	$4(r+h/2)^2$ + 874	$4(r+h/2)$ - 541	0	$P(r+h/2) \times (r+h)$ + 214	$P(r+h)$ + 061	0	$W(r+h/2) \times (r+h)$ - 234	$W(r+h)$ + 995	0	$T(r+h/2) \times (r+h)^2$ - 192	$T(r+h)^2$ + 620	0	$r(r+h/2) \times (r+h)$ + 149	$r(r+h)$ - 543	0
①	+ 44	+ 991	+ 1764	- 027	+ 547	+ 481	+ 024	+ 501	- 501	- 008	+ 414	- 414	0	- 400	+ 315
사이드	- 1120	+ 4012	+ 541	- 241	+ 1 017	+ 061	+ 26f	0	+ 005	+ 270	0	- 136	- 203	- 193	+ 108
②	- 1155	+ 7295	- 606	- 115	+ 911	+ 098	- 089	+ 162	+ 1 027	- 056	+ 220	+ 1 392	+ 137	- 213	- 1042
③	- 1050	+ 5542	- 4778	- 086	+ 676	+ 676	- 201	+ 735	+ 735	- 208	+ 996	+ 998	+ 298	- 776	- 776
④	- 245	+ 1043	- 4825	+ 029	+ 013	+ 686	- 220	+ 1 034	+ 1 09	- 236	+ 1 402	+ 1 48	+ 255	- 1112	+ 173
인바이드	+ 2192	+ 541	0	+ 337	- 061	0	- 257	+ 1 040	0	- 296	+ 1 408	0	+ 150	- 1196	0

表-4.6.14 合成形断面에서의 M, N, S 의 係數表  
 符号 ⊕ 휨모멘트 (M) : 部材의 内脚에 引張応力을 나타냄.  
 ⊕ 軸力 (N) : 断面에 壓縮応力을 나타냄.  
 ⊕ 剪斷力 (S) : 部材를 内脚에서 볼때 断面의 左側의 外力의 合力이 外側方向으로 作用하는 剪斷力.



單位 M : kg·m, N, S : kg, r, t, hp : m  
 P, W : kg/m T : kg/m<sup>2</sup>

位 置	(a)			(b)			(c)			(d)			(e)		
	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S	M	N	S
코리온	$\frac{P(r+t)^2}{2}$	$t(r+t)$	0	$\frac{W(1.2r+t)^2}{2(1.2r+t)}$	$P(r+t)$	0	$\frac{W(1.2r+t)}{2}$	$W(1.2r+t)$	0	$\frac{T(1.2r+t)^2}{2(1.2r+t)}$	$T(1.2r+t)$	0	$\frac{r(r+t)^2}{2}$	$r(r+t)$	0
①	+ 983	- 300	0	+ 254	+ 058	0	- 258	+ 1,005	+ 1,005	- 218	+ 632	0	+ 286	- 714	0
②	+ 201	+ 1112	+ 1532	+ 015	+ 542	+ 462	- 041	+ 532	- 532	- 064	+ 424	- 424	+ 78	- 520	+ 442
사이드	- 743	+ 3741	+ 300	- 172	+ 1,000	- 058	+ 227	0	- 142	+ 212	0	- 280	- 287	- 177	+ 320
③	- 1063	+ 6763	+ 300	- 130	+ 1,000	- 058	- 010	0	+ 995	+ 030	0	+ 1,370	+ 84	- 177	- 120
④	- 1118	+ 5124	- 3853	- 119	+ 749	- 664	- 169	+ 615	+ 791	- 166	+ 850	+ 1,074	+ 328	- 895	- 849
⑤	- 326	+ 729	- 4658	- 118	+ 095	- 712	- 185	+ 971	+ 211	- 208	+ 1,328	+ 290	+ 354	- 1380	+ 81
인바이트	+ 2194	+ 300	0	+ 354	- 058	0	- 246	+ 985	+ 985	- 294	+ 1,370	0	+ 254	- 1561	0

4. 6. 5. 無筋 鉄筋콘크리트

無筋 또는 鉄筋콘크리트의 構造設計는 原則적으로 콘크리트 標準示方書에 定해진 바를 따라야 한다.

가. 鉄筋의 種類

철근콘크리트에 使用되는 鉄筋은 KS規格에 適合한 것이어야 한다. 水路 또는 水路構造物에 널리 使用되는 것은 普通鉄筋 SBS 34 SBS 39 異形 鉄筋 SBD 34, SBD 39 등이 있다. 이들은 各 構造物의 規模 重要性 콘크리트強度등을 고려하여 選擇 使用되는 것이다.

(1) 大規模 또는 重要한 構造物에는 될 수 있는 限 異形鉄筋을 使用하는 것이 바람직하다.

一般적으로 異形鉄筋은 普通鉄筋에 比하여 콘크리트와의 附着強度가 크므로 콘크리트의 균열을 最小限으로 防止하며 水密性を 保障해야 할 構造物 (例高压性사이폰) 에는 特히 有利하다. 그리고 異形鉄筋은 鉄筋의 寸법과 정착이 容易하고 普通鉄筋보다 10% 程度 數量을 節減시킬 수 있다.

(2) 高強度의 콘크리트와 高引力異形鉄筋 (SBD 49이상) 을 使用하여 콘크리트와 鉄筋의 許容応力 度를 높이기로서 所要의 콘크리트와 鉄筋量을 節約함과 同時에 部材의 輕量化에 의하여 構造物의 徑間을 增大시키는 方法도 생각할 수 있다.

나. 許容応力

콘크리트의 28日強度에 對해서는 構造物의 規模 重要性 (耐久 및 水密性) 施工條件 (設備 및 材料) 및 經濟性등에 따라 決定한다. 鉄筋의 許容応力에 對해서는 鉄筋의 種類, 콘크리트의 強度등에 하여 決定하여야 하는데 사이폰등과 같이 内水壓을 받는 構造物에서는 콘크리트의 균열을 最小限으로 防止하고 水密性を 保持하도록 鉄筋의 許容応力 度를 制限하지 않으면 안된다.

(1) 水路 라이닝 및 水路構造物에 널리 使用되는 콘크리트의 28日強度와 許容応力 度는 表-4. 6. 15 ~16과 같다.

表-4. 6. 15 無筋콘크리트許容応力 度

허용응력도(kg/cm <sup>2</sup> ) - 28일강도(kg/cm <sup>2</sup> )		180	210	240
壓	縮	45	50	55
힘	引 張	2.5	3	3
支	壓	54	60	60

表-4. 6. 16 鉄筋콘크리트許容応力 度

허용응력도(kg/cm <sup>2</sup> )		28일강도(kg/cm <sup>2</sup> )		180	210	240
		引 張	壓 縮			
剪 断	斜引張鉄筋의 計 算을 하지 않는 경우	보의 경우		6	6.5	7
		슬래브의 경우		8	8.5	9
	斜引張鉄筋의 計 算을 할 경우	剪断力 만 의 경우		17	18.5	20
		丸 鋼		7	7.5	8
附 着	異 形 鉄 筋		14	15	16	
支	壓		54	63	72	

(2) 鉄筋의 許容応力 度

SBC 34, SBD 34, SBC 39, SBD 39를 使用한 경우

許容引張應力度  $\sigma_{sa} \leq 1,300 \text{ kg/cm}^2$

SBC 49, SBD 49를 사용한 경우

許容引張應力度  $\sigma_{sa} \leq 1,400 \text{ kg/cm}^2$

(3) 內水壓을 받는 構造物의 경우에는 水密性を 確保하기 위하여 콘크리트의 균열을 最小限으로 줄일 必要가 있으므로 鉄筋은 原則적으로 異形鉄筋을 使用하고 內水壓 30m 以下の 管體에 對해서는 內水壓의 크기에 따라 鉄筋의 許容應力度를 表-4.6, 17과 같이 查한다.

表-4.6. 17

種 類	許 容 應 力 制 限 公 式	
	$\sigma_{sa}=1,400 \text{ kg/cm}^2$	$\delta_{sa}=1,600 \text{ kg/cm}^2$
函子形사이폰	1,400-37H	1,600-40H
円形사이폰	1,125-9.2H	1,300-10H

註 H는 管의 中心까지의 水質

(4) 溫度變化, 乾燥收縮의 영향 및 一時的 荷重을 생각할 경우의 許容應力度

(가) 溫度變化, 乾燥收縮을 고려한 경우에는 (1) (2)에서 規定한 許容應力度의 1.15 倍까지 높일 수 있다.

(나) 溫度變化 및 乾燥收縮의 영향을 고려한 경우에는 (1)(2)에서 規定한 許容應力度의 1.65 倍 까지 높일 수 있다.

(다) 一時的인 荷重 또는 極히 稀有한 荷重을 고려한 경우에는 (1) (2)에서 規定한 許容應力度를 높일 수 있다. 그러나 (1)의 2 倍 (2)의 1.65 倍를 초과하여서는 안된다.

라. 斷面 및 應力度의 算定

(1) 記号의 計算 (單位는 kg, (m))

- $h$  : 部材의 全高  $A_{s1}$  : 壓縮鉄筋斷面積
- $b$  : 部材의 全幅  $A_{s2}$  : 引張鉄筋斷面積
- $d_{a1}$  :  $A_{s1}$  의 피복두께  $\delta_s$  : 鉄筋의 許容引張應力
- $d_{a2}$  :  $A_{s2}$  의 皮복두께  $\delta_c$  : 콘크리트의 許容壓縮應力
- $M_R$  : 外力에 依한 모멘트
- $N$  : 軸力  $\tau_f$  : 콘크리트의 剪斷應力
- $S$  : 剪斷力  $\tau_h$  : 콘크리트의 附着應力
- $d = h - \frac{1}{2}$   $U$  : 鉄筋의 周長總和

$$K = \frac{1}{1 + \sigma_s / n \cdot \sigma_c}$$

$$j = 1 - \frac{K}{3}$$

(2) 彎모멘트와 引張力을 받는 경우 表-4.6.18과 같다.

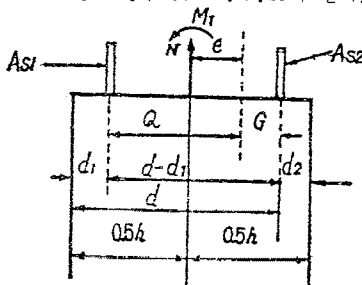


그림 구 1



表-4. 16. 18

Case 1 ( $e \leq 0.5h - d_1$ ) 의 경우	Case 2 ( $e > 0.5h - d_1$ ) 의 경우	
	$M_2 = M_1 - N(d - 0.5h)$ $M_3 = 0.5\sigma_c K_j b d_1^2$ $M_4 = M_3 - M_1$	
$Q = 0.5h - d_1 + e$	Case 2-A ( $M_2 \leq M_3$ ) 의 경우 (壓縮鉄筋不要)	Case 2-B ( $M_2 > M_3$ ) 의 경우 (壓縮鉄筋要)
$G = 0.5h - d_1 - e$		
$A_{s1} = \frac{N}{\sigma_s} \times \frac{G}{l - d_1}$	$A_{sa} = \frac{M_2}{\sigma_s j d}$	$A_{sc} = \frac{M_3}{\sigma_s j d}$
$A_{s2} = \frac{N}{\sigma_s} \times \frac{Q}{d - d_1}$	$A_{sb} = \frac{N}{\sigma_s}$	$A_{sb} = \frac{M_4}{\sigma_s (d - d_1)}$
	$A_{s1} = 0$	$A_{sc} = \frac{N}{\sigma_s}$
	$A_{s2} = A_{sa} + A_{sb}$	$A_{s1} = \frac{M_4}{\sigma_s} \times \frac{n}{n-1}$
		$\times \frac{d(1-K)}{(Kd - d_1)(d - d_1)}$
		$A_{s2} = A_{sa} + A_{sb} + A_{sc}$

(3) 휨모멘트와 壓縮力을 받는 경우 表-4. 6. 19와 같다.

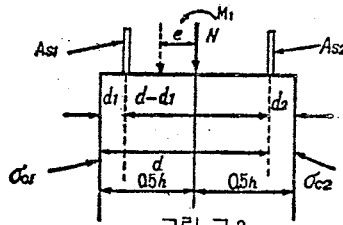


그림 구 2

表-4. 6. 19

Case 1-A ( $0 \leq e \leq h/6$ ) 의 경우	Case 2 ( $e > (0.5h - Kd/3)$ ) 의 경우	
$\sigma_{c1} = \frac{N}{bh} \left(1 + \frac{6e}{h}\right)$	$M_2 = M_1 + N(d - 0.5h), M_3 = 0.5\sigma_c k_j b d^2, M_4 = M_2 - M_3$	
$\sigma_{c2} = \frac{N}{bh} \left(1 - \frac{6e}{h}\right)$	Case 2-A ( $M_2 \leq M_3$ ) 의 경우 (壓縮鉄筋不要)	Case 2-B ( $M_2 > M_3$ ) (壓縮鉄筋要)
Case 1-B ( $h/6 \leq e \leq (h/2 - Kd/3)$ ) 의 경우	$A_{sa} = \frac{M_2}{\sigma_s j d}$	$A_{sc} = \frac{M_3}{\sigma_s j d}$
	$A_{sb} = \frac{N}{\sigma_s}$	$A_{sb} = \frac{M_4}{\sigma_s (d - d_1)}$
	$A_{s1} = 0$	$A_{sc} = \frac{N}{\sigma_s}$
$\sigma_{c1} = \frac{N}{bKd} \left(1 + \frac{6e'}{Kd}\right)$	$A_{s2} = A_{sa} - A_{sb}$	$A_{s1} = \frac{M_4}{\sigma_s} \times \frac{n}{n-1}$
$e' = \frac{Kd}{2} - \frac{h}{2} + e$	$\sigma_{c1} = \frac{M_2}{bd_1^2} \times \frac{2}{Kj}$	$\times \frac{d(1-K)}{(Kd - d_1)(d - d_1)}$
	$\tau_s = \frac{s}{bjd}$	$A_{s2} = A_{sa} + A_{sb} - A_{sc}$
	$\tau_b = \frac{s}{Ujd}$	

(마) 鐵筋의 間隔

鐵筋의 間隔은 部材의 種類, 치수, 最大骨材치수 鐵骨의 크기등에 의하여 다르나 要는 鐵筋의 組立콘크리트의 치기 鐵筋과 콘크리트와의 附着強度등을 고려하여 定하지 않으면 안된다.

- (1) 보에 있어서 鐵筋의 最小水平純間隔은 2.0cm以上이며 粗骨材最大치수의 3倍以上, 鐵筋直徑以上으로 한다. 그리고 主鐵筋을 2段으로 配置할 경우에 鉛直純間隔은 2.0cm以上 鐵筋의 直徑以上이다.
- (2) 슬래브에 있어서 主鐵筋의 中心間隔은 最大힘모멘트의 斷面에서 슬래브 두께의 2倍以下이며 30cm以下로 한다.

이 밖의 斷面에서도 슬래브 두께의 3倍以下이며 40cm以下로 한다.

(바) 鐵筋피복두께

鐵筋의 皮복두께는 構造物의 重要度 現場의 狀況등에 의하여 定해야하지만 一般的으로 콘크리트 示方書에 規定한 數值以上으로 하여야 한다.

- (1) 피복두께는 鐵筋의 表面과 콘크리트 表面과의 最短距離를 말한다.
- (2) 피복두께는 鐵筋의 直徑以上 또는 粗骨材의 最大치수의 1.25倍以上으로 한다.
- (3) 피복두께는 一般的으로 表-4. 6. 20과 같은 값 以上으로 定한다.

表-4. 6. 20最小피복

단위 : cm

	슬래브	보
풍우에 노출되지 않는 경우 은	1.0	1.5
치수가 크고 중요한 구조물 또는 풍우에 노출되는 경우	2.0	2.5
매연, 산, 기름 塩類등의 유해한 화학작용을 받을 우려가 있는 부분을 유효한 보호층으로 보호하지 않은 경우	3.0	3.5

- (4) 地中에 直接 打設되는 후우 링홀루움, 暗渠, 사이폰등의 밑판의 外側의 皮복두께는 7.5cm以上이다. 그러므로 鐵筋의 直徑에 따라 콘크리트의 表面에서 鐵筋中心까지의 距離는 다음 값을 標準으로 한다.

- 直徑 13mm以下 8.0cm
- 16~22mm 9.0"
- 25mm以上 10.0"

- (5) 이 밖의 部材로 흙을 메워서 直接 흙과 接觸하는 部分, 流水에 露出되는 경우 氣象作用을 甚하게 받은 경우의 皮복두께는 鐵筋直徑 16mm以上일때 5cm以上, 16mm未滿일 때 4cm以上으로 한다. 그러므로 鐵筋의 直徑에 따라 콘크리트 表面에서 鐵筋中心까지의 距離는 다음 값을 標準으로 한다.

- 直徑 13mm以下 6.0cm
- 16~22mm 6.0"
- 25mm以上 7.0"

但 슬래브의 下側에서는 特히 甚한 氣象作用을 받을 경우라도 皮복두께는 2.5cm以上이던 된다.

- (6) 海水의 作用을 받는 構造物에 처한 皮복두께는 7.0cm以上, 特히 모나는 部分에서는 10cm以上으로 한다.
- (7) 流水에 露出되는 경우, 流速 3.0m/sec 를 초과하는 構造物에서는 (5에서 표시한 標準值에 1.5cm를 加算한 것으로 定하고 다시 流速이 3.0m/sec 增加할때마다 1.5cm를 加算하도록 한다.

(美國開拓局의 基準)

鐵筋의 接連이음과 정착

鐵筋의 接連이음과 정착에 处해서는 콘크리트標準示方書에 따라야 한다. 一般的으로 普通鐵筋은 혹크를 붙이지만 異形鐵筋에서는 特別한 정착이 必要 없는限 혹크를 붙이지 않는다.

(1) 引張鉄筋의 겹침이음과 정착길이는 다음 식에서 구한 값 以上이며 또한 鉄筋直徑의 2C倍以上으로 한다.

혹크가 있을 때  

$$l = \frac{\phi \sigma_{sa}}{6 \tau_{oa}} \dots \dots \dots (4.6.9)$$

혹크가 없을 때  

$$l = \frac{\phi \sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}} \dots \dots \dots (4.6.10)$$

여기서  $l$  : 이음길이 (cm)  $\phi$  : 鉄筋의 直徑 (cm)

$\sigma_{sa}$  : 鉄筋의 許容引張應力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$\tau_{oa}$  : 콘크리트의 許容附着應力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

(2) 圧縮鉄筋의 겹침이음과 정착길이는 式 (4.6.1C) 에서 구한 값의 8C%以上이며 또한 鉄筋直徑의 2C倍以上으로 한다.

(3) 鉄筋의 이음은 그 位置를 한 断面에 모이지 않도록 한다. 그리고 應力이 큰 部分에는 鉄筋의 이음을 되도록 피하는 것이 바람직하다.

아. 最小 또는 溫度鉄筋量

대단히 적은 水路構造物을 除外하고 構造物에 必要한 最小 또는 溫度鉄筋量을 決定하는 基準은 우리나라 콘크리트示方書에는 壁을 除外하고는 規定되어 있지 않으므로 美国開拓局의 基準을 參考로 하여 定한 것을 標準으로 한다.

但 配力鉄筋量의 最小量은 溫度鉄筋量으로 생각한다.

다음에 나타내는 數值 (%) 는 콘크리트 部材의 全断面積에 對한 比率이나 部材두께가 45cm를 超過할 경우에는 45cm두께를 限度로 하여 鉄筋量을 計算한다.

(1) 單鉄筋의 경우

- (가) 3.5 ~ 4.5m 間隔에 이음을 한 두께 1cm 以下의 鉄筋콘크리트라이닝 C.10%
- (나) 이음의 間隔이 9m 以下로 凍結이나 直射光線에 노출되지 않는 슬래브 라이닝 C.15 ~ C.25%
- (다) 이음의 間隔이 9m 以下로 凍結과 直射光線에 노출되는 슬래브 라이닝 C.20 ~ C.30%
- (라) 이음의 間隔이 9m 以上으로  
 前記 (나) 의 경우 C.25 ~ 0.35%  
 前記 (다) 의 경우 C.30 ~ C.40%
- (미) 壁 및 其他構造部材

다음 項에서 述하는 兩面에 必要한 鉄筋量의 總量과 같은 水平鉄筋을 使用한다.

(2) 複鉄筋의 경우

- (가) 이음間隔이 9m 以下이고 흠에 接하는 面 C.10%
- (나) 이음 間隔이 9m 以下이고, 흠에 接하지 않으며 凍結이나 直射光에 노출되지 않은 面 0.15%
- (다) 이음 間隔이 9m 以下로, 흠에 接하지 않고, 凍結이나 直射光에 노출되는 面 C.20%
- (라) 이음 間隔이 9m 를 超過하는 것에 對해서는 그 方向의 鉄筋量을 各各 前記 數值에 C.5% 를 加算한다.
- (미) 萬一 슬래브가 一端이 固定되어 있을 경우에는 固定端에서 自由端까지의 길이의 2 倍가 9m 를 超過하는지 與否에 따라 前記 (2) (가) ~ (라) 에 表示된 값의 鉄筋量을 使用한다.

자. 最小部材두께

一般的으로 水路構造物의 最小部材두께는 施工上, 水密性등에 따라 定해진다.

施工上으로는 높이 2.0m 以上의 鉛直壁에서는 複鉄筋이 되므로 最小두께 20cm 로 하고 2.0m 以下에 대해서는 單鉄筋의 경우 最小두께 13cm 로 한다.

사이폰등 水圧이 걸리는 構造物에 對해서는 施工 및 水密性의 觀點에서 最小 20cm 의 벽두께가 必

要하다.

#### 차. 이음

이음은 그 목적에 따라 施工, 收縮, 伸縮의 3種으로 나눈다. 이들은 構造物의 種類, 規模, 立地 및 施工條件등에 따라 各已 適切한 位置 間隔 形式을 選定하지 않으면 안된다.

##### (1) 施工이음

構造物의 形式, 規模, 其他 施工등의 形便에 따라 連續하여 콘크리트를 칠수 없을 경우에는 施工 이음이 必要하다. 이 位置 및 構造는 原則적으로 設計圖에 나타낸다.

(가) 位置는 構造物의 形式, 規模, 其他 施工의 要素에 따라 決定되나 構造적으로 필수적 内部応力이 적은 點을 選定한다.

(나) 剪斷力에 對해서 安全을 도모할 경우에는 홈을 設置한다. 內水壓을 받는 構造 (例사이폰 管 體) 에서는 물의 흐름에 直角方向의 施工이음에 止水壁을 設置한다.

##### (2) 收縮이음

콘크리트의 收縮에 의한 균열을 防止하기 위하여 收縮이음을 設置한다. 그 位置 및 構造는 設計圖에 明示한다. 一般적으로 사이폰, 暗渠, 터널등과 같이 地表에 노출되지 않은 埋設構造物에서는 收縮이음이 主体가 된다.

(가) 位置는 構造物의 종류 基礎 其他 施工의 要素등에 의하여 定해진다. 1cm以下의 얇은 콘크리트라이닝에서는 3~5m 間隔으로 하고 其他 水路構造物에서는 壓縮性地盤 (土砂)의 경우 8.0±m, 非壓縮性地盤 (岩盤)의 경우 24.0±m를 標準間隔으로 한다.

(나) 最初에 친 콘크리트가 硬化後에 接觸面에 페인트등을 발라서 콘크리트의 接着을 防止 한다. 不等沈下時의 構造物의 移動을 防止하기 위하여 받침대 또는 다우엘 바아 (Dowel bar) 등을 設置한다.

##### (3) 伸縮이음

콘크리트의 伸縮에 의한 균열을 防止하기 위하여 伸縮이음을 設置한다. 그 位置의 構造는 設計圖에 明示한다.

一般적으로 地表에 노출되는 構造物에 設置한다.

(가) 位置는 構造物의 종류 基礎, 其他 施工의 要素등에 따라 定한다. 原則적으로 構造 断面 및 形式의 變化地點에 設置한다. 例컨데 오우퐁트린 지관의 前後는 構造의 變化地點이므로 伸縮이음을 設置한다. 홀루움등의 地表에 노출하는 一連의 構造물에서는 基礎가 壓縮性地盤의 경우 8.0±m 間隔으로 收縮이음을, 24±m 間隔으로 伸縮이음을 設置한다.

基礎가 非壓縮性인 경우는 收縮이음 대신에 施工이음으로 하고 24±m 間隔으로 伸縮이음을 한다.

(나) 이음의 空隙에는 伸縮板을 삽입하며 原則적으로 止水板을 使用한다. 不等沈下時의 構造物의 移動을 防止하기 위하여 받침대 또는 다우엘 바아를 設置한다.

#### 가. 止水壁

止水壁은 構造物의 周圍를 따라서 물의 浸透를 防止하기 때문에 普通 開水路에 接續하는 오우퐁트린 지관의 兩端에 設置한다.

##### (1) 構造의 標準치수

表-4. 6. 21

水深 (cm)	길이 (cm)	두께 (cm)
90 以下	60	15
90~180	75	20
180 以上	90	20
小構造物	45	15

(2) 鉄筋 垂直鉄筋은 오우푼 트란지손의 配力鉄筋과 같은 크기로 하고 壁의 中心에 挿入한다.  
 타, 힌지 (Hinge)

힌지는 構造物의 直角 또는 銳角의 隅角部 (節点) 에 設置하여 이 部分의 応力集中을 防止하고 또 部材의 強度를 增加시키기 위하여 設置한다.

函形断面 또는 垂直擁壁의 規模에 따라 表-4.6.22의 값을 標準으로 한다.

表-4.6.22

函子形 단면치수 (cm)	연직옹벽높이 (cm)	한치크기 (cm)
150미만	100 미만	7.5×7.5
150~240	100~200	1.5×15
240 이상	240 이상	20×20

---

비 매 품

농지개량사업 계획설계기준  
수로공 1 편

1974. 12 . 발행

발행 농 수 산 부  
감수 농업진흥공사  
편수 한국농공학회  
인쇄 서울산업사

---