建設技術情報

제 8 호 '92. 9.

■目　次■

《技術 資料》

● TOP－DOWN 공법 ·····3

● 지하 매설배관에 대한 부식의 원인과 방지법 ·····11

● TEXSOL 공법 ·····20

● SAND PACK DRAIN 공법 ·····25

● 신소재를 이용한 구조의 보수 및 보강 ·····28

● 덕트 설계 표준화 ·····37

《新 技術》

● 장대 PC 사장교 시공 ·····48

● PC 블록으로 옹벽 구축 ·····50

● 합리화, 성력화한 콘크리트 실용화 ·····51

● 이중구조의 SHEET를 사용한 특수형틀 ·····52

● 인공지반을 LIFT－UP시킨 SD공법 ·····53

《新着 資料》 ·····54

《前回 目次》 ·····55

原稿案內

기술 정보誌 第8號 發刊을 위하여 여러모로 協助하여 주신 韓逸開發 任職員 여러분께 진심으로 感謝를 드립니다.

本報는 分期 定期刊行됨에 따라 이에 必要한 原稿가 많이 要請되오니 任職員 및 協力業體 여러분께서는 보다 알찬 內容이 될 수 있도록 평소 느끼고 體驗하면서 整理하여둔 여러가지 資料(시공방법 개선안, 技術情報, 施工事例, 業務改善事項 등)를 投稿하여 相互 情報 및 技術交流가 이루어지도록 하기사항을 참조하시어 많은 參與있으시길 바랍니다.

1. 原稿는 분량에 제한없이 접수합니다.
2. 表 및 그림은 삽입되는 위치에 붙여 表題를 記入하시고 原圖를 그대로 利用할 수 있도록 圖案해 주셔야 합니다.
3. 參考文獻을 引用하실 때에는 該當하는 사항을 明記하여 주십시요.
4. 原稿는 年中 隨時 接受하며 提出處는 技術硏究所로 하시면 됩니다.
5. 揭載된 原稿에 대해서는 소정의 原稿料를 드립니다.

TOP DOWN 공법

1. TOP DOWN 공법의 배경

1. 1 도심지의 대형공사 증대

- 노후건물의 빈번한 재개발
- 도심 주차시설의 확충에 따른 지하주차장 증가

(지하층수 증가의 한국적 현황)

- 도시발달에 의한 건물의 대형화

1. 2 지하 토공사의 잦은 붕괴사고(행정규제 강화)

- 토질의 불확실성에 따른 예측불허의 붕괴사고가 빈번한 발생
- 도심지 밀집지역에서 붕괴시 대형화 사고 유발

1. 3 인근 주변에 대한 소음 및 환경공해

- 건설공사 전반에 대한 환경조건 엄중규제
- 환경에 대한 시민들의 새로운 인식
- 빈번한 민원발생으로 공사지연 사례 발생

1. 4 대형건물에 따른 공기의 장기화

- 공기단축의 효과

1. 5 건설기술의 축적

- 지하실 건설에 따른 시공방법 복잡화 및 시공 난이도의 증대
- 신공법의 시대조류에 따른 대두

2 TOP DOWN 공법의 개요

2-1 TOP DOWN 공법의 개념 및 특징

2-1-1. TOP DOWN 공법의 개념

TOP DOWN 공법이란 지하층 외부옹벽(Diaphragm Wall)과 지하기둥(R.C.D)을 토공에 앞서 시공한 후 지상층 공사가 진행되면서 단계별 토공작업과 함께 지하 구조물 시공을 반복하며 위에서 아래로 지하층을 완성해 나가는 逆打工法을 의미한다.

이 공법은 도심지에서 재래식 흙막이 공법으로는 계획하기 어려운, 지하층이 깊고 대지가 협소한 지역에서 인접 구조물에 영향을 주지않고 시공할 수 있는 방법으로 개발되었다. 또한 지하층과 지상층 공사가 동시에 진행되어 공기 단축의 효과가 크며 부지활용의 극대화로 지하층의 최대면적 시공이 가능하다.

통상 기초 터파기의 깊이가 증가함에 따라 지지점의 강성과 강도가 증가하고 반력은 깊이에 따라 그 크기가 제곱 정도로 증가하므로 기초 터파기의 깊이가 15m이상으로 증가하는 경우에는 상당한 위험부담을 안게된다.

그러나 TOP DOWN 공법은 영구 지하구조체(Diaphragm Wall + 지하 Slab)를 완성시킨 후 굴토하므로 Strut 나 Earth Anchor 시공보다 대지 주위의 지층 운동을 최소화시켜 지하층 공사의 안정성을 확보할 수 있다.

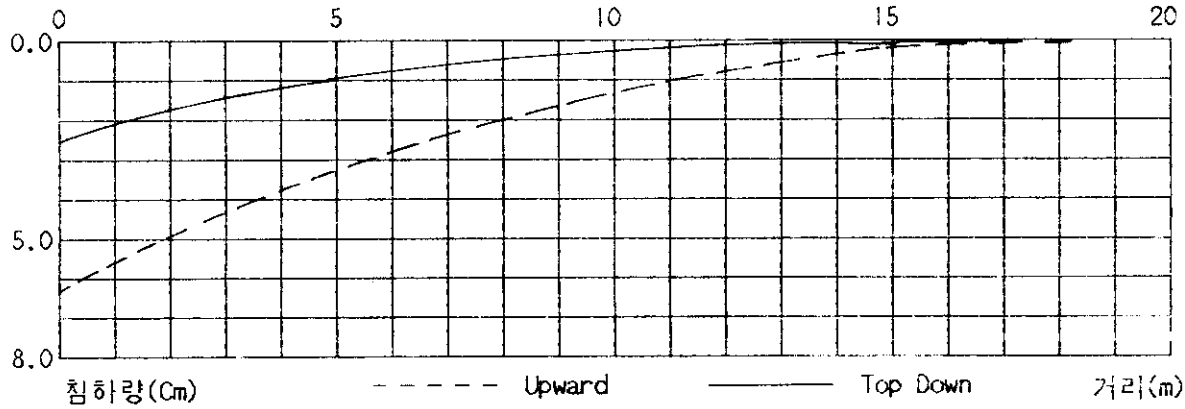
또한 지하 연속벽과 TOP DOWN 방식으로 시공되는 지하 구조물의 경우에는 지하연속벽 자체의 차수성 만으로도 외벽의 수위가 급격히 저하되어 발생하는 흙의 밀도 감소가 거의 없으므로 침하에 대한 영향이 무시되며 기초 터파기가 형성되는 곳에서는 총 침하량을 최소화 할 수 있어 유리하다.

2-1-2. TOP DOWN 공법의 특징

1) 안 정 성

- 침 하 량 – 타 공법에 비해 우월함

• 일반토암 관련 – 암반까지 도달한 지하 연속벽 자체의 차수성으로 외부쪽 흙의 밀도를 저하시킴(반력은 깊이 –10m~14m 사이에는 약 50%, –14m~ –21m 사이에서는 200% 이상 외력이 증가)



2) 시 공 성

• 전천후 시공 – 1층바닥 선시공으로 동절기나 우기에도 하부층 시공시 용이
• 작업장 확보 – 지상 1층을 작업장으로 활용
• Strut 대체 – 건물 자체의 Slab 및 Beam이 Strut 역할
– 설치, 인발의 불필요로 공기단축

3) 공 기

• 공기단축 – 상부구조물 시공을 지하 구조물과 동시 시작
– 구조적 제한이 없을 경우 공기단축 극대화 도모

4) 경 제 성 – 지하층 면적의 극대 효율화
– 공기단축; 현장관리비의 절감
– 타공법 대비 주위의 민원발생 소재 근절

2–2. 굴토공사에 관한 법규 및 규준

2–2–1. 국내의 경우

건축공사장 굴토공사로 인한 위해방지(조정)

2–2–2. 일본의 경우

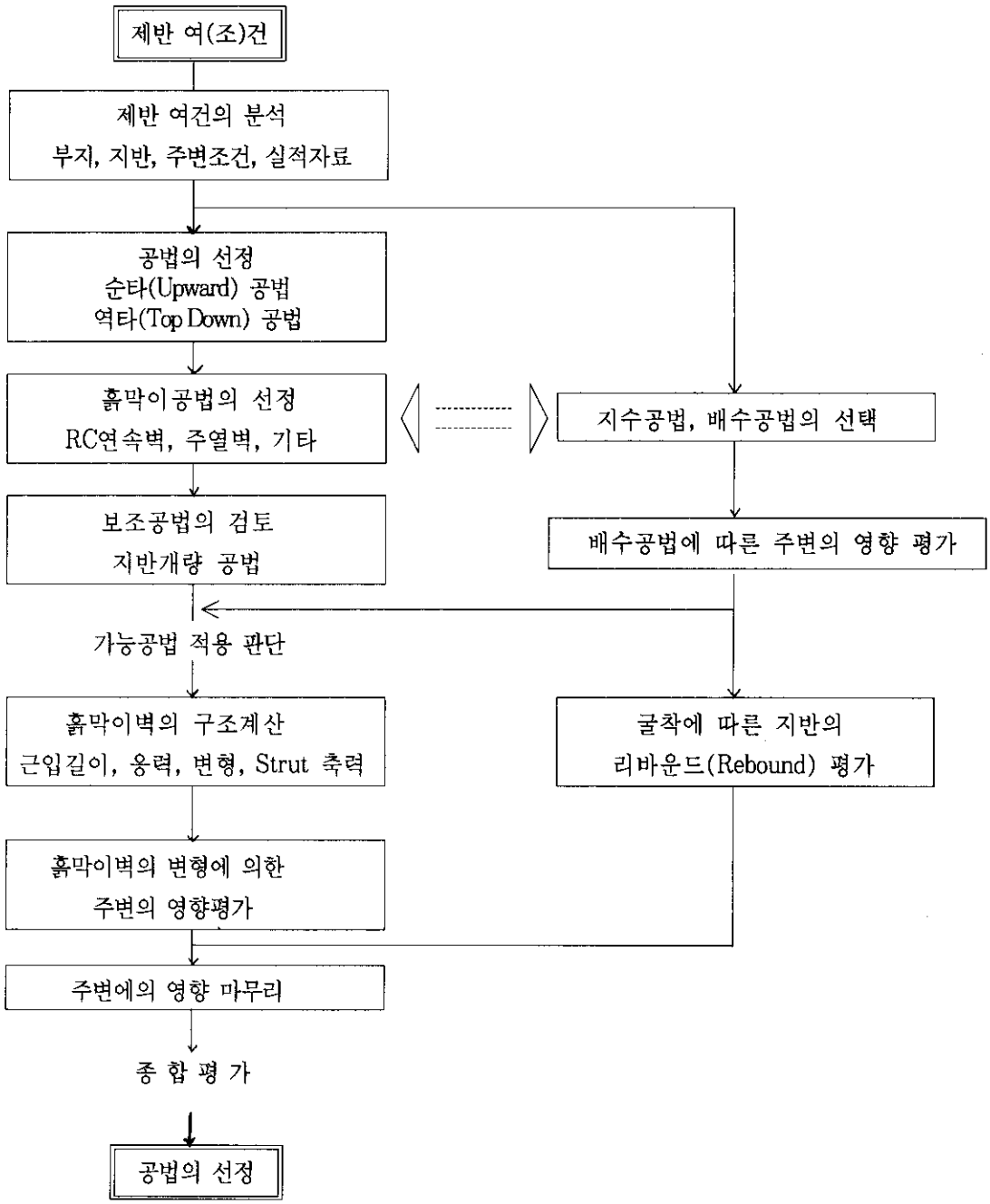
건축 기준법 제 90조(공사 현장의 위해방지)에 "당해 공사의 사고에 따른 지반의 붕괴 건축물 또는 공사용 공작물의 도괴들에 의한 위해방지에 필요한 조치를 강구하지 않으면 안된다."라고 명시되어 있으며 건축기준법 시행령 제136조 3항, 6항에 다음과 같은 규정이 있다.

(89.11.1 시행) – 별첨 대한 건축사협회 공문

– 매설관 손괴에 의한 위해발생을 방지할 것.
– 지층, 지하수 상황을 고려하여 작성한 시공도를 기준으로 시공할 것.
– 인접구조물의 구조내력 저하를 방지하고, 경사 또는 도괴를 방지할 것.
– 깊이 1.5m이상의 굴착 공사에서는 주변상황에 대하여 안전한 흙막이 공법을 강구 할 것.
– 흙막이는 인접 구조물을 고려한 토압을 산정, 구조계산을 실시하고 안전한 내력을 갖는 구조로 할 것.
– 시공중 보강해야 할 부분을 점검하여 보완하고 또 주변 지반의 침하를 방지하기 위한 조치를 강구 할 것.
– 흙막이 주변 또는 버팀대 부분에 공사용 재료를 야적하는 경우에는 예정 하중을 초과하지 말것 등이다.

2-3. 흙막이 공법의 선정요령

2-3-1. 흙막이 공법의 선정 FLOW CHART



2-3-2. 흙막이 공법 선정시 고려사항

- 현장의 규모, 주변건물, 시설, 도로, 하천, 지하 매설물등
- 굴착지반의 형상과 깊이, 넓이
- 굴착지반의 토질조건 및 지하수 상태
- 신축건물의 골조와 기초구조
- 굴착, 배수 등의 시공방법
- 그외 공기, 경제성, 소음, 진동등

2-3-3. 주변 재해 및 장애발생 방지 검토사항

- 버팀대의 압축변위나 흙막이벽의 휨변형이 주변 지반이나 근접 구조물에 유해한 변형이나 침하를 주지 않는지?
- 하부지반 주위의 침하나 흙막이벽 근입부의 변형에 의해서 주변에 유해한 침하나 변형을 야기시키지 않는지?
- 지하수위 변화에 따라 주변지반의 유해한 침하나 우물이 고갈되는 장해가 발생하지 않는지?
- 지중장애물(기존 지하실이나 기존말뚝 등) 처리시에 주변에 유해한 침하나 변형을 주지 않는지?

2-4. TOP DOWN 공법의 유형별 시공방법

2-4-1. 완전 역타공법

TOP DOWN공법의 선정방법

지하 구조물

DIAPHRAGM WALL 공사

↓

Cap Beam공사 + 기둥 기초공사 + 기둥(철골)공사
(Barrette 및 R.C.D 공법)

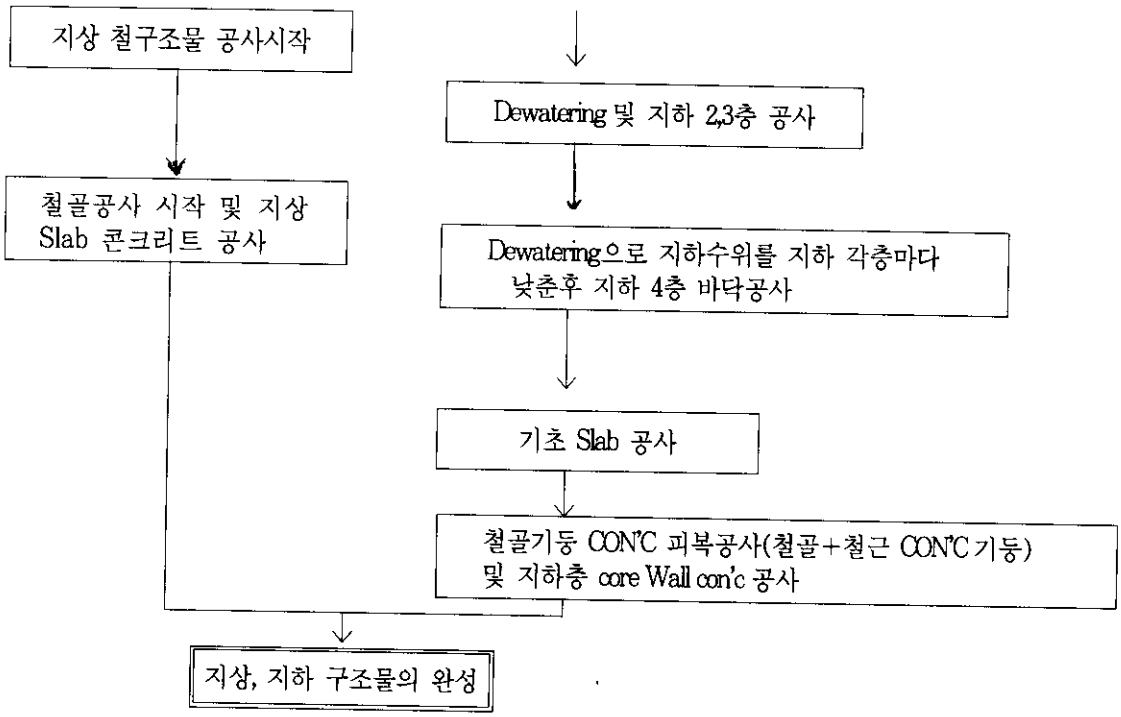
↓

1층 바닥 Slab 공사(Opening 제외)

지상구조물

↓

지하 1층까지 굴착후 지하 1층 바닥 콘크리트



2-4-2. 부분 역타공법

시공하는 방법은 완전 역타공법과 동일하나 차이점은 바닥 Slab를 부분적으로 만시고하는 것으로 다음과 같은 2가지 방법이 있다.

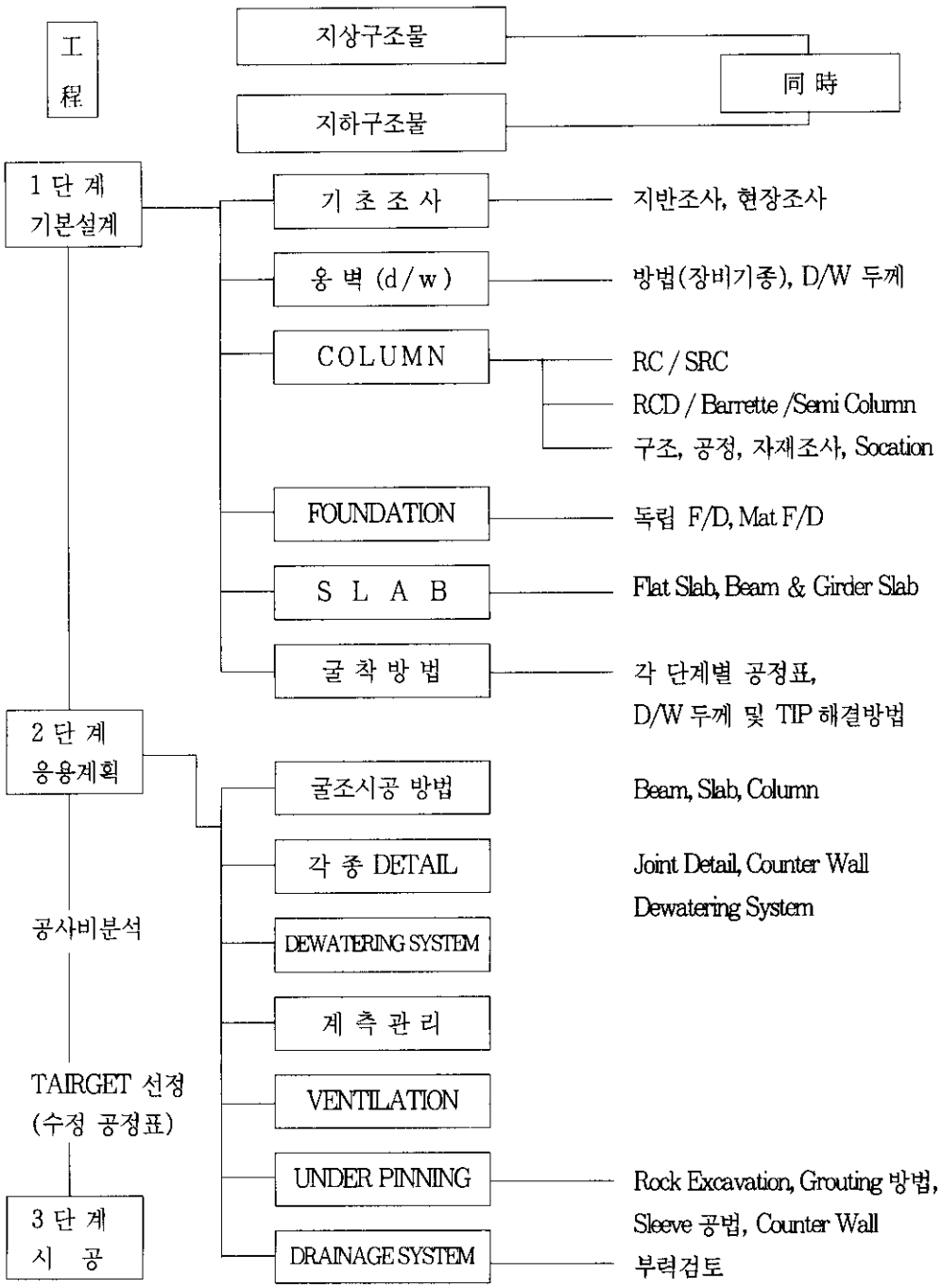
1) 전체 바닥 Slab 면적의 1/2 내지 1/3만 부분적으로 시공하여 이 Slab가 영구적 Strut 역할을 하게 한다.
2) 지하 1층과 고층만 완전역타로 하고 그외의 지하 3, 4, 5층 등 바닥 Slab는 Strut 혹은 Anchoring공법으로 지지한다.

3) 특징

a. 바닥 Slab모양이 복잡할 경우 기둥부위의 Slab만 시공함으로 간편하다.
b. 토공사가 완전역타보다 용이하고, 특별히 환기구 시설이 필요없으며, 작업조건이 양호하여 공사의 안전을 기할 수 있다.
c. 바닥 Slab Size가 클 경우 Slab 및 토공사가 빠르고 공사비가 저렴하다.

3. TOP DOWN 공법의 선정방법

3-1. TOP DOWN 공법의 선정방법



3-2. TOP DOWN 공법의 설계 및 시공시 주의사항

3-2-1. 설계시 고려사항

- 지반조사, Underpinning, Counter Wall 보강관련
- 지하연속벽 설계를 시공단계별로 해석 검토해야 함
- 건축과 충분한 협의로 지하바닥 Sab Type과 Opining 위치 및 Size결정
- 부력을 고려한 기초바닥 Slab Type 선정
- 기초바닥 Slab 및 기둥의 공사중 하중조건과 영구적 Case의 하중조건에 만족하는 설계과정
- 기둥기초 type 결정 : R.C.D, Barrette, Drilled Caisson
- 지하수위 차단과 연속벽의 암반내 근입깊이
- 설계자료 수집과 계측기기 설치 및 운용
- 시공중 기둥 및 벽체의 허용 수직도를 감안한 설계 안전도
- 주변건물의 허용침하 및 변형검토
- 토압 및 수압등 횡력에 대한 바닥 Slab의 강성검토 및 D/W 두께 결정
- 기둥 기초하중을 고려한 기초의 깊이 및 시공방법
- 장비 및 자재 수급계획
- 지하굴착 공사계획에 따른 구조검토

3-2-2. 시공시 유의사항

1) 지하연속벽(Diaphragm Wall) 공사
   - 벽체의 수직도와 Panel Joint의 슬라임 제거
   - 지지력이 충분하고 불투수층까지 연속벽 근입
   - 굴착중 Bentonite 용액관리, Tremie Con'c 공사관리 철저, Standard 철근망 제작
   - 안정액의 수위가 주변 지하수위보다 1.5m 이상 유지
2) 기둥 및 기둥기초 공사(R.C.D 공법)
   - 기둥의 수직도와 Buckling 점검(Temporary 시)
   - R.C.D 공법의 SPEC. 준수 시공
   - 바닥 Slab와 기둥 Top 채움에 Grouting
3) 지하바닥 Slab 시공
   - 연속벽과 기둥의 전단연결 철근(Dowel Bar)의 손실이 없도록 확인시공
   - 연속벽 주변의 연결부위에서 Opening은 가급적 피하고 자재, 장비 유입구 및 토사 유출구의 확보
   - 굴착의 깊이가 깊을수록 강성의 요구가 H^2으로 증가함
4) 바닥 Slab 아래의 토사굴착
   - 터파기시 규정깊이를 초과하지 말것
   - Temporary Strut 설치시는 계측기로 점검보완 준비할 것
   - 주변 지하수위의 유동과 지반변위를 조사하여 안전하고 합리적 시공관리
   - 밀폐된 지하공간에서 능률적으로 굴토작업을 할 수 있는 장비조합 선정
     (토사 반출구, 집토거리, 작업순서 고려)
   - 장비매연, 유해가스 처리용 Air Duct 설치
5) 역타공법의 Form Work

역타 Slab 시공시 통상 S.O.G(Slab On Grade)로 하여 거푸집 작업을 생략할 수 있다.

이는 지반을 정지 및 다짐 후 Lean 콘크리트를 타설하고 그 위에 철근을 배근하여 Slab 콘크리트를 타설하는 방법을 주로 사용하기 때문이다.

또 다른 방법으로는 임시 Truss를 설치, Hanging Form Metal Deck에 의한 지지 등이 있다. 지지방법은 Slab 형식이 Plat Slab Girder Beam, Waffle등

에 따라서 다르게 운용될 수 있으나 역타공법에서는 Plat Slab 형식이 유리하다.

6) 역타공법 채용범위

역타공법은 공법의 특성상 이음부분의 처리에 세심한 주의를 기울여야 한다. 따라서 Slab 와 기본 기둥은 완전 역타로 진행하고 계단, 구조벽은 순타로 시공하는 방법도 검토될 수 있다. 완전역타로 할 것인가 부분역타로 할 것인가는 설계, 시공여건을 고려하여 결정한다.

7) Slab 와 기둥의 접합

기 설치된 기둥과 역타 Slab의 접합 방법은 Stud Bolt, Angle, Twist Bar 등을 이용 할 수 있다. 일반적으로 역타기둥의 접합은 Stud Bolt를 이용하고 있다.

8) 콘크리트 타설

역타공법에서 문제가 되는 것은 선타설 콘크리트와 후타설 콘크리트와의 타설 이음부의 처리이다. 이는 구조상 응력전달에 지장이 없는 이음이 되어야 하는 문제가 따르기 때문에 중요한 사항이다.

조강재의 사용은 단시간 내에 Strut 효과, Shrinkage 최소화라는 장점이 있지만 조강재 내의 재료는 부식시키는 유해성분 함유 여부는 반드시 점검해야 한다.

지하매설 배관에 대한 부식의 원인과 방지법

전기차장 김 남 진

1. 서 론

각종 구조물과 장치를 구성하는 구조재는 동일 금속, 이종금속이나 금속과 비금속을 조합한 경우 등이 일반적이다.

금속 구조물이 부식환경에 놓여 있을때는 방식이 충분히 고려되어야 한다. 이에 대하여 원인과 대표적인 예를 들고 대책을 논하고자 한다.

2. 금속부식

어떤 금속을 다른 금속과 함께 전해매질에 있도록 하면 어떤 한쪽의 금속에서 부식이 촉진되는데 이현상을 금속부식(Galvanic Corrosion) 이라고 한다. 이는 한금속이 양극으로 이온화 되어 전해질을 통해여 다른 금속인 음극으로 이동하였기 때문이다.

3. 각종 금속의 부식 전위열

금속이 전해질중에 존재할때 표1에서와 같이 부식 전위열 (Galvanic Series) 이 형성되는데 위쪽부분의 금속순열이 양극이 되어 부식하게 된다. 어느쪽 금속이 양극이 되는가 하는것은 각종 금속의 부식전위열에 의하여 추정할 수 있다.

각종 금속의 부식전위열은 전기화학 계열과 관련이 있기는 하나, 상이 하며 실 구조물의 실환경속에서의 자연전위에 따라서 부식 경향을 추정할 수가 있다.

금속 및 합금을 해수속을 담갔을때의 전위 계열을 부식전위열이라고 부른다.

이들의 순열은 실제로 금속구조물의 부식 또는 방식상 극히 중요한 정보가 된다.

Galvanic Series

표1

	ANODIC OR CORRODED END OF THE SERIES
1)	Magnesium (galvomag alloy)
2)	Magnesium (H−1 alloy)
3)	zinc
4)	Aluminum (Alocad 3003)
5)	Aluminum (3003−H18)
6)	Aluminum (6061−T6)
7)	Aluminum (5052−h38)
8)	Cast Iron
9)	Carbon Steel
10)	Stainless Steel Type 430, 17% Cr (active)
11)	Ni−resist cast iron, 20% Ni
12)	Stainless Steel Type 304, 18% Cr, 8% Ni (active)
13)	Stainless Steel Type 410, 13% Cr (active)
14)	Ni−resist cast iron, 30% Ni
15)	Ni−resist cast iron, 30% Ni+Cu
16)	Naval Rolled Brass
17)	Yellow Brass
18)	Copper
19)	Red Brass
20)	Composition G Bronze
21)	Admiralty Brass
22)	90−10 Cupro−nickel 0.8% iron
23)	70−30 Cupro−nickel 0.06% iron
24)	70−30 Cupro−nickel 0.47% iron
25)	Stainleess Steel Type 430, 17% Cr (passive)
26)	Nickel
27)	Stainless Steel Type 316, 18% Cr, 12% Ni, 3% MO (active)
28)	Inconel
29)	Staninless Steel Type 410, 13% Cr (passive)
30)	Titanium(commercial)
31)	Silver
32)	Titanium(high purity from iodide)
33)	Stainless Steel Type 304, 18% Cr, 8% Ni (passive)
34)	Hastelloy C
35)	Monel
36)	Stainless Type 316, 18% Cr, 12% Ni, 3% MO (passive)
	CATHODIC OR PROTECTED END OF THE SERIES

표 1에 해수속에서의 각종 금속 및 합금의 부식 전위를 나열한다. 이것을 보면 전위의 양극측 금속은 위쪽에 전위의 음극측 금속은 아래쪽에 나타내고 있다.

4. 금속부식에 미치는 각종인자

부식 전위열에 있어 금속 및 합금의 위치는 그것들을 조합시켰을때에 발생하는 부식 경향을 나타낸다.

그러나 실제로 발생하는 부식속도의 크리는 양극에서 발생하는 전류의 크기에 따라 좌우 된다. 금속부식을 촉진시키는 인자로서는 금속이 접촉하는 전해질의 전도성, 금속의 양극과 음극의 면적, 전해질의 용존산소 농도, 금속극이 가지는 전위차 등을 들수 있다.

4-1 금속이 접촉하는 전해질의 전도성

금속부식을 일으키려면 전도성 금속이어야 하며 전해질도 전도성을 지녀야 한다. 전도성이 크던 작던간에 부식은 발생한다. 대기중에서도 금속이 전해질중에 접촉된 기간은 금속부식이 일어난다. 특히 염소이온 (Cl^-)이 농축된 부분 또는 해수와 같이 전기 전도성이 높은 경우에 금속부식은 심해진다.

금속부식 속도는 부식전류의 크기에 따라 결정되며 다음식에 의해 표시된다.

$$I = \frac{Ec - EA}{Rm + Rs} \quad \text{①}$$

I = 부식전류(A)
Ec = 분극후의 음극전위 (V)
EA = 분극후의 양극전위(V)
Rm = 금속부분의 전기저항(Ω)
Rs = 전해질의 전기저항(Ω)
일반적으로 Rm<<Rs 가 되기 때문에 식 ① 은 ② 와 같다.

$$I = \frac{Ec - EA}{Rs} \quad \text{②}$$

따라서 부식속도는 분극후의 양극속의 전위차가 클수록 커진다.

즉, 양금속의 부식전위의 전위차는 개로(開路) 전위차이므로 실제로는 분극한 금속간의 전위차에 따라 부식전류의 크기가 결정된다. 또한 회로저항 즉 전해질액의 저항이 작을수록 커진다. 해수와같이 전도성이 높은 액중에서는 금속 양극의 분극은 크며 전위분포는 크며 전위분포는 구배가 완만하다. 즉 전류분포와 부식분포가 다 같이 양극 전면에 똑같이 일어난다. 전도도가 낮은 증류수와 같은 경우에는 전위분포는 급구배가 된다. 따라서 전류분포도 접촉점과 떨어질수록 급격히 감소하며 부식의 분포도 마찬가지 형태가 되며, 접촉부에 가까운 곳에서는 국부부식이 일어난다. 수도물이나 하천수와 같은 전해질의 경우에는 중간 정도의 부식 분포가 되며, 부식도 접촉부 근방으로 꽤 떨어진 거리에 까지 미치게 된다.

표 2는 여러금속의 연간 부식량을 나타낸다.

표 2 Electrochemical Equivalents fo Common Structural Metals

Metal	Weight Loss Kgs per Ampere-Year
Iron	9.1
Aluminum	2.9
Lead	33.8
Copper	10.3
Zinc	10.7
Magnesium	4.6
Nickel	9.6
Tin	19.0
Silver	35.2
Carbon	1.0

4-2 양극부와 음극부의 금속면적

금속은 양극이 되는 금속면적 음극이 되는 금속면적과의 비해 따라서 부식속도는 영향을 받게 된다. 표면적이 큰 양극이 표면적이 작은 음극에 접촉하는 경우는 부식에 의한 문제는 작지만 표면적이 작은 양극과 표면적이 큰 음극이 접촉했을 경우는 양극의 금속은 큰 양극 전류를 부담해야 하기 때문에 부식이 심해진다. 따라서 볼트 넛트 등은 양극계열 금속보다는 음극계열 재질을 선택해야 한다. 이들 음극과 양극계열 금속에 있어서 사용중에 전위가 역전하는 경우도 있으므로 선택에 유의를 해야 한다.

반응이 일어나 부식을 촉진하게 된다.

음극반응에서 중요한 인자는 음극복극제(復極制)로서 작용하는 용존산소이다. 이제 같은 치수의 강편과 동편을 산소가 충분히 존재하는 식염수중에 담그었을 때 양극반은은 강편상에, 음극반응은 강편과 동편위에서 일어난다.

강편의 부식은 동편에서 생기는 음극 반응분 만큼 커져 약 2배가 된다.

금속의 접촉에 있어 용존산소는 금속면으로의 확산이 비교적 늦으며 그과정이 일정한 속도를 갖은 수중과 같은 경우에는 음극 금속종류에 관계없이 접촉에 의한 부식전류의 크기는 산소의 확산속

4-3 금속부식에 미치는 용존산소의 영향

표 3 유동해수중에 있어서의 금속접촉에의한 부식가속율

접촉금속	단독부식속도	가 속 율														
		탄 소			치 탄(Ti)			동 (Cu)			연 강 (Ms)			알미늄 (A)		
	(mm/year)	10:1M	1:1M	1:10:	10:1M	1:1M	1:10M	10 1M	1:1M	1:10M	10:1M	1:1M	1:10M	10:1M	1:1M	1:10M
아 연	0.05	35	20	5	35	4	2	20	10	3	20	10	3	5	2	1
알미늄	0.008	200	60	10	30	30	2	100	20	2	80	20	2	1	1	1
연 강	0.15	10	4	2	5	2	1	7	3	1	1	1	1	2AI	20AI	80AI

표 3은 유동해수중에 있어서 금속부식 가속율을 나타낸것이다.

2종류의 금속재료를 면적비로 조합했을 경우 양극쪽의 금속 부식 가속율을 종합한것이다.

예를 들어 연강과 탄소를 조합했을 경우 연강/탄소 면적비가 1/10일 경우 부식가속율은 10이고 1/1에서는 4/10배 10/1에서는 2/10배 정도로 연강의 부식이 줄어들게 된다.

금속을 전해질중에 담그게 되면 양극 금속에서의 반응에 의해 용해되며, 음극금속에서의 음극

도에 의해 결정되는 일정치가 된다.

이와 같은 현상을 유역(流域)의 원리 (Catchment Area Principle)라고 하며 양극면 위의 산소를 소비하는 지역이 되어 양극면위의 부식을 촉진하게 된다.

표4에 1% NaCl중에서 철과 타금속과의 부식량을 표시한다.

여러종류의 금속과 접촉시킨 철의 부식은 음극과의 전위차에 관계없이 거의 일정하다.

표 4 1% NaCl중에서의 Fe와 타금속과의 접촉부식량

카소드금속	전위차 (mV)	Fe의 부식량 (mg)
Cu	550	183.1
W	505	176.0
Ni	480	181.1
Sb	410	153.1
Sn	250	171.1
Pb	240	183.2

5. 금속 부식 속도의 변화

금속의 부식속도는 자연부식과 접촉부식의 합계가 된다.

표5은 탄소강에 같은 면적의 스테인레스강, 치탄, 동 니켈을 접촉시켰을때 탄소강의 부식량을 변화를 나타낸것이다.

강과 스테인레스강(304)을 조합했을때 유속 0.15 m/s에서의 부식속도는 141이며 이종 금속 접촉에 의한 증가분은 81이다.

또한 유속 2.4m/s에서의 부식속도는 195이며 이종금속 접촉에 의한 증가분은 25로써 자연부식은 증가되지만 접촉에 의한 부식은 줄어든다.

표 5 해수중의 저탄소강 부식에 미치는 이종금속접촉의 영향(온도 10℃, 18일간시험)

조 합	유 속 0.15m/s		유 속 2.4m/s	
	부식속도	접촉에의한증가	부식속도	접촉에의증가
강-강	60	-	170	-
강-스테인레스	141	81	195	25
강-치탄	139	79	224	54
강-동	119	59	525	335
강-니켈	117	57	607	437

* 부식속도의 단위는 mg/dm². day

6. 금속부식의 예

6-1 밀스케일에 의한 영향

밀스케일은 강재의 제조과정에서 생기게 되는데 고온의 공기중에서 가열한 철면에 두텁게 성장한 산화물층이다. 그림1에 밀스케일의 조성을 표시한다.

강표면상의 밀스케일은 강의 부식 원인이 될수 있다. 강과 밀스케일과는 엄밀한 의미에서는 두금속은 아니지만 전위의 양극측강과 음극측 산화철은 환경에 따라 0.3V 정도의 전위차가 발생한다.

강재의 90%가 밀스케일로 덮혔다고 치면 양극부와 음극부와의 면적비는 1:9가 되며 저항율이 작은 해수중에서는 강의부식을 촉진시키는 원인이 된다.

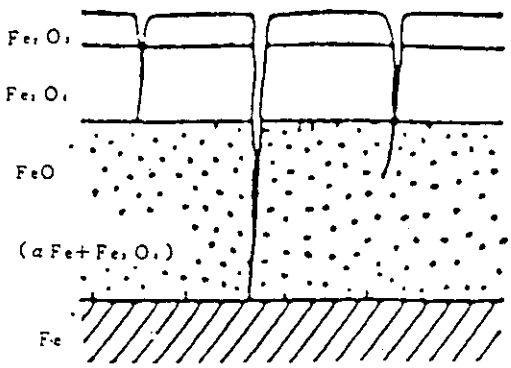


그림 1 밀스케일의 조성

이와 유사한 예로서 부착생물에 의한 국부부식을 들수가 있다.

갈바닉부식에 의해 생긴 부식생성물은 일반적으로 위쪽계열의 금속위에 부착한다. 탄소강과 스테인레스강의 갈바닉부식에 있어서는 탄소강으로부터의 부식생성물이 스테인레스강 위에 부착해서 스테인레스강의 국부부식의 원인이 된다. 토양중에서도 비교적 저항이 낮은 환경에서는 밀스케일의 영향을 받는다. 압연 스케일이 있는 강관과 보통강관이 접촉하면 보통강관은 압연스케일에 대해 양극이 되어 심한 갈바닉 부식의 가능성이

있으므로 양호한 피복이나 전기방식법 등의 대책이 필요하게 된다.

6-2 용접에 의한 영향

갈바닉부식을 막기 위해 용접금속은 항상 모재에 비해 근소하게 음극쪽 전위로 하든가 아니면 적어도 모재와 대등한 전위로 해야만 한다.

그림2는 수도관 신축부에 쓰인 베로즈(sus 304)와 후렌지(연강)와의 용접부이다. 스테인레스 용접 금속에 인접한 연강열 영향부가 수도물에 의해 국부적으로 부식해 관후(板厚)를 관통 누설사고를

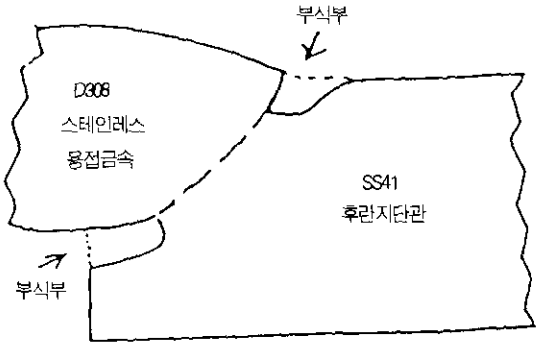


그림 2 연강을 D 308 스테인레스 용접봉으로 용접한 이종금속 용접부의 갈바닉부식(수도물)

야기시켰다. 그리고 후렌지관 내면의 쇠모(衰耗)는 경미했다. 수도물과 같이 부식성이 적은 환경에서도 이와 같은 현상은 일어 날수 있다. 전기저항 가열에 의해 용접되는 전봉강관의 용접부가 선택적으로 부식하는 수가 있다.

전봉강관의 용접부가 모재에 비해 양극전위가 되어 양극부의 면적이 음극부의 면적보다 작기 때문에 접하는 환경에 따라서 전위차가 작더라도 부식을 촉진하게 된다.

6-3 발청의 영향

방식을 하지 않는 발청된 낡은 강관과 발청되지 않는 새강관이 접속 되었을 경우 새광관쪽이 양극이 되어 금속부식이 발생한다.

그림3은 낡은 강관과 접촉하는 새강관의 부식상황을 표시한다.

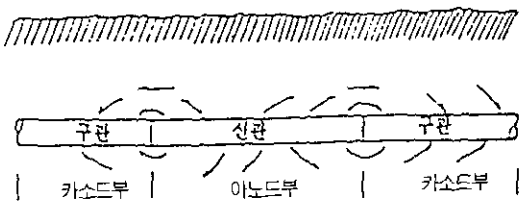


그림 3 낡은 강관과 접촉하는 새강관의 부식

표6은 토양중에 있어서의 각종 금속 합금의 실용적 갈바닉 시리즈를 표기한 것이다. 표를 보면 발청연강은 −0.2 − 0.5V($Cu/CuSo_4$)이고, 통상연강은 −0.5 − 0.8V이며 양극부와 음극부의 면적비에 따라 접촉 전류가 크다는 것을 알 수 있다.

(표 6 중성토양중에 있어서의 각종금속, 합금의 갈바닉시리즈 (Cu/CuSo4)

금 속	전위(V)
1. 시판용 순마그네슘	−1.75
2. 마그네슘합금 (6% al, 3%Zn, 0.15%Mn)	−1.6
3. 아연	−1.1
4. 알미늄합금(5%Zn)	−1.06
5. 시판용 순알미늄	−1.8
6. 연강(청결 유광택)	−0.5에서 −0.8
7. 연강(녹슨것)	−0.2에서 −0.5
8. 주철(흑연화하지않음)	−0.5
9. 연	−0.5
10. 콘크리트의중의연강	−0.2
11. 동, 놋쇠, 청동	−0.2
12. 고실리콘주철	−0.2
13. 강표면의 압연스케일	−0.2
14. 탄소, 흑연, 코코스	+0.3

7. 금속 부식의 방지대책

금속부식을 방지하기 위해서는 접촉전류를 작게 하므로써 부식속도를 감소시킬수 있으며 방지하는 구체적 수단으로서 다음과 같다.

1) 구성된 구조물 장치를 될수 있는한 단일재료로 해서 복합재료의 조합을 피한다.
2) 갈바닉 시리즈를 참고로 해서 될수 있는한 단일재료로 해서 복합재료의 조합을 피한다.
3) 용접재로, 리베트, 볼트, 넛트의 자재는 음극계열 금속으로 제작된것을 선택한다.
4) 작은 양극부 면적과 큰 음극부 면적과의 재료 접촉을 피한다.
5) 양극쪽 재료의 표면적을 증가 시킨다.
6) 접촉하는 금속사이를 절연재를 사용해서 전기적으로 절연시킨다.
7) 도장을 한다. 될수 있는한 전면을 도장하거나 음극금속을 도장한다.
양극부만을 도장하는 시공은 피한다.
8) 표면에 부착물이나 흡착물이 생기지 않도록 환경상 배려를 한다.
9) 복극제(復極制)의 가장 일반적인 인자는 용조산소이므로 전해액으로 부터 용존산소를 제거하는 것은 금속부식에 있어서의 음극분극을 크게 해서 부식을 경감시킨다.
10) 구조 설계상 쉽게 대체할 수 있는 희생재료를 부착한다.
11) 아연도금 아연－알미늄 합금도금 아연 확산처리를 해서 아연의 희생 양극작용을 이용한다.
12) 양극쪽 금속의 내식성을 높이기 위해 음극계열 금속과 접촉시킨다.
13) 전기 방식법을 적용한다.

8. 전기방식법은 각종재료와 복잡한 구조물에 대해서도 손쉽게 적용할수가 있다.

다른방법으로는 금속부식의 감소가 불충분한 경우에도 이 전기방식법으로는 큰 효과를 얻을수 있기 때문에 그 실예를 들어 보기로 한다.

8－1 설계조건

1) 배관재 : ϕ100mm 인 Steel pipe
2) 설치길이 : 3,500m
3) 파이프 매설깊이 : 지하 0.6m
4) 파이프와 양극간 설치거리 : 2m
5) 양극 설치 깊이 : 지하 2－3m
6) 양극재료 Mg 합금 (그림 4 및 표 7 참조)

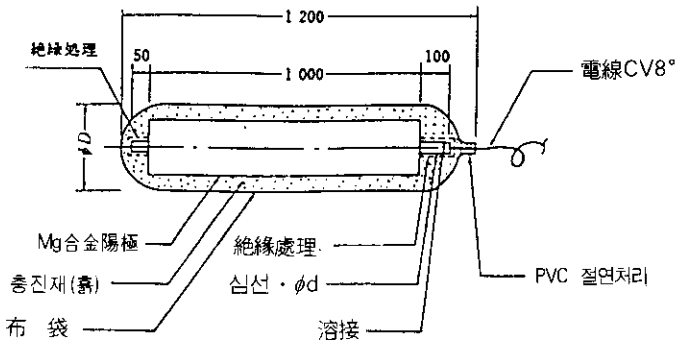
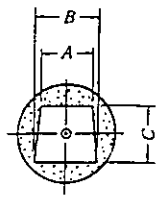


그림 4 양극상세도



8) 대지저항율 : 200Ω. m (표 9에서 발)

표 9 대지저항율

지 형	저 항 율 (Ω. m)
논 (물이차있는곳)	150
밭	10 － 200
논 (물이없는 표층부분)	100 － 1000
산지(일반장소)	200 － 2000
산지(암반지대)	2000 － 5000
강 가	1000 － 5000

9) 전원장치
1차 : 1 220v 60 HZ
2차 : DC 40v 30A (8 － 3 － 6)참조

표 7 양극 칫수(標準品)

形式	陽極(mm)				심선x길이	重 量 (kg)			有效電氣量	備考
	A	B	C	φD	φdx1(mm)	양극봉	충진재	계	(A. Y)	
MG－4	26	37	33.5	150	φ6x 1150	2.1	21.0	123.1	0.22	
MG－5	29	40	41	150	φ9x 1150	3.0	20.6	23.6	0.30	
MG－7	35	50	44	150	φ9x 1150	3.8	20.1	23.9	0.40	
MG－9	37	53	53	150	φ13x 1150	5.2	19.6	24.8	0.50	
MG－11	40	60	60	150	φ13x 1150	5.3	18.8	25.1	0.63	
MG－17	50	73	72	200	φ13x 1150	8.9	34.5	43.1	0.96	
MG－19	64	87	67	200	φ13x 1150	10.0	32.5	42.5	1.11	
MG－25	80	94	74	200	φ13x 1150	12.5	31.0	43.5	1.41	
MG－27	80	96	80	200	φ16x 1150	14.1	30.4	44.5	1.53	
MG－29	75	84	93	200	φ16x 1150	15.1	31.3	46.4	1.66	
MG－38	90	121	94	200	φ16x 1150	19.3	27.7	47.0	2.18	
MG－54	105	128	120	200	φ16x 1150	26.9	24.1	51.0	3.03	
MG－71	122	156	131	240	φ19x 1150	34.6	36.7	71.0	4.00	
MG－140	193	224	173	330	φ19x 1150	66.3	68.0	134.3	7.96	

7) 방식전류밀도 : 0.0161 A/m² (표8에서 Neutral soil)

표 8 Current Density Requirements For Bare Steel Structures

Environment	Milliamperes per square m
Neutral soil or water(pH 7)	4.4 – 16.1
Well aerated neutral soil or water(pH 7)	12.5 – 32.3
Sea Water	32.3 – 100.8
Moving fresh water (Velocity over 5 ft/sec)	96.9 – 269.1
Wet soils	10.8 64.6
Heated, in soil or moist concrete	32.3 – 269.1
Highly acid soil	32.3 – 161.5
Anaerobic soil with active sulfate reducing bacteria	64.5 –452.1
Frest water that is relatively still	10.7 – 64.5

Fresh water that is highly turbulent and with much dissoled oxyen	53.8 – 161.5
Hot Water	53.8 – 161.5
Mildly acid or alkaline solution in process tanks depending on temperature and turbulence	10.8 – 269.1
Brine	86.1 – 107.6

8–3 설계에 요하는 수량 계산

1) 총소요 방식 전류(A) = 파이프 단위 m당 표면적 x 방식전류밀도 x 설치길이

$= 100 \times 10^{-3} \times 3.14 \times 0.0161 \times 3500 \fallingdotseq 17.7(A)$

2) 1개당 양극전류 = 2차인가 전압 ÷ 대지저항

$= 40 \div 200 \times 2 = 0.1(A)$

3) 소요양극수 = 총소요 방식전류 ÷ 1개당 양극전류

$= 17.7 \div 0.1 = 177$개

4) 양극설치간격 = 설치길이 ÷ 소요양극수

$= 3500 \div 177 \fallingdotseq 20M$

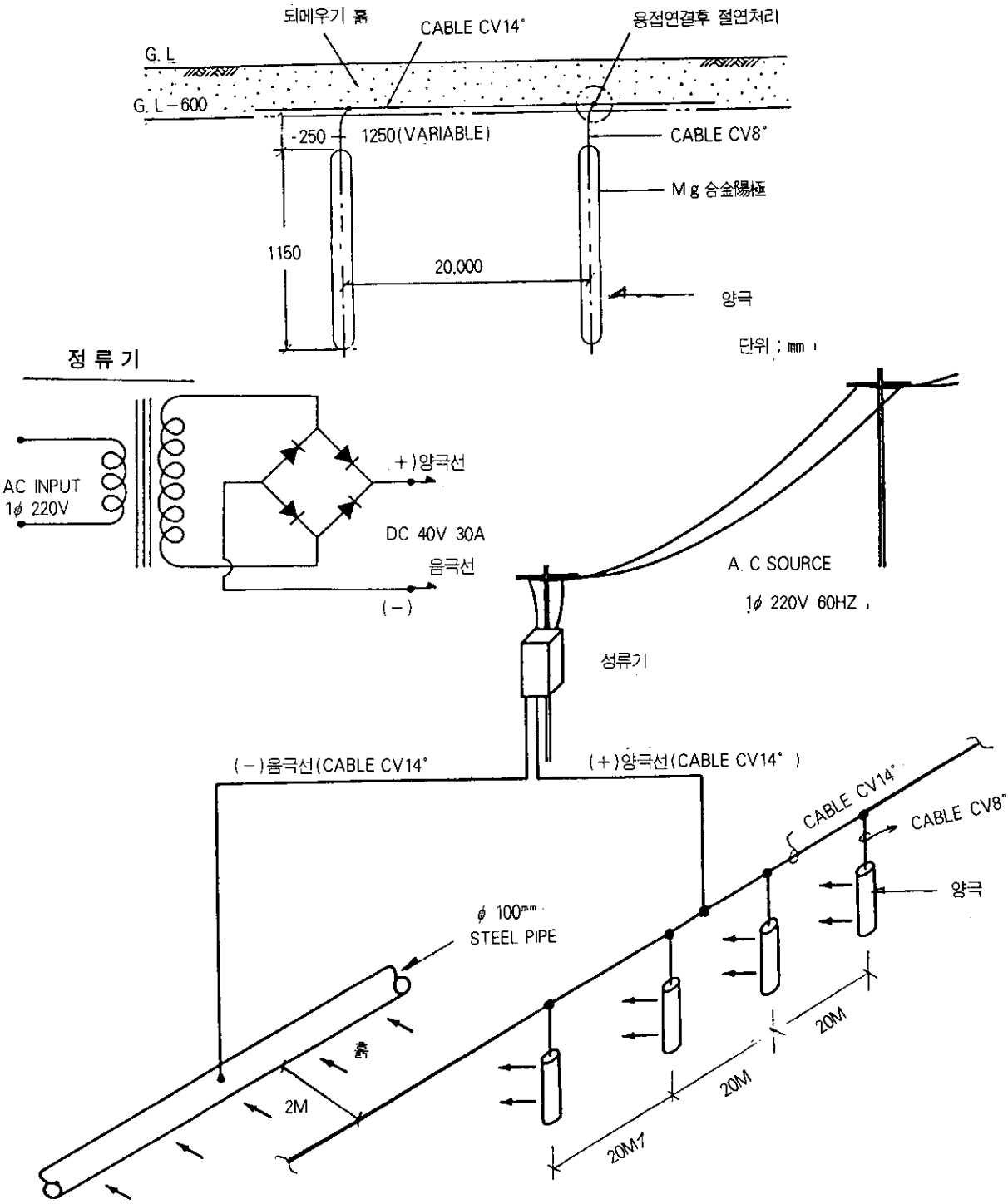
6) 전원장치는 2차 총소요 전류가 17.7(A)이므로 계통안전을 고려하여 30(A)로 결정했다.

8–4 설치도면 뒤면참조

9. 결 론

각종 구조물의 장기내용과 안전성 확보를 위해서도 부식을 방지하는 전기방식법을 비롯한 적극적인 대책을 세울 필요가 있다.

8-4 설치도면


되메우기 흙
CABLE CV14°
용접연결후 절연처리
G. L
G. L-600
250
1250(VARIABLE)
CABLE CV8°
Mg 合金陽極
1150
20,000
양극
단위 : mm
정 류 기
AC INPUT
1φ 220V
+)양극선
DC 40V 30A
음극선
(-)
A. C SOURCE
1φ 220V 60HZ
정류기
(-)음극선(CABLE CV14°
(+)양극선(CABLE CV14°)
CABLE CV14°
CABLE CV8°
양극
φ 100mm
STEEL PIPE
흙
2M
20M
20M
20M

TEXSOL 공법(연속 長纖維 보강토공법)

1. 개요

TEXSOL공법은 모래와 화학섬유를 모래입자 사이에 혼합시켜 모래와 점착력을 증가시켜 안정적인 사면보호공을 구축 할 수 있는 공법임.

이공법은 나무의 뿌리가 흙속에 網狀으로 근입되어 흙의 보강효과를 주고있는것에 착안하여 프랑스의 국립중앙토목연구소의 Elefsaive박사가 개발하였다.

TEXSOL의 구성재료는 모래와 Polyester 長纖維로 되어있으며, 섬유 혼입률은 모래건조 중량에 대해 0.1−0.2%정도이나 시험을 통하여 정확한 함량을 결정한다.

2. 공법의 특성

1) 급경사에도 구조물구축이 가능하여 부지점유면적이 감소된다.
2) 모래와 실을 사용하여 현장에서 직접형성하므로 형상을 자유롭게 할 수 있다.
3) 시공속도가 빠르고 시공능력이 우수하다.
4) 양생기간이 필요없으므로 긴급공사에 적합하다.
5) 표면에 稙生이 가능하므로 법면녹화및 보강효과가 크다.

3. 타 공법과 비교

구 부	콘크리트 옹벽	텍솔옹벽
경제성	자재의 종류가 많고 인건비 상승으로 인한 공사비 증가	자재의 종류가 적고 기계화 시공이므로 비용절감효과
내구성	100년 이상	100년이상
안정성	부등침하로 인한 구조물 균열 및 파괴	구조체 자체가 유동성을 가지고 있어 어느정도 부등침하에 대처
시공속도	공정의 순서가 많아 장기간 소요	타설 즉시 강도 발휘 할 수 있고 단기간에 시공이 가능
인력수급	현장인원 투입이 많고, 직종이 많다.	기계화 시공이나 전문인력이 필요하다.
유지보수	부분보수가 어렵고, 장기간소요	부분보수가 가능하며, 단기간 소요

4. TEXSOL의 설계

1) 구성재료

(1) 모래 : 유기물이 없고 깨끗한 것으로서 최대 입경은 20mm이내이고 점토 또는 실트 함유량이 5%이내로서 균등계수가 큰것.

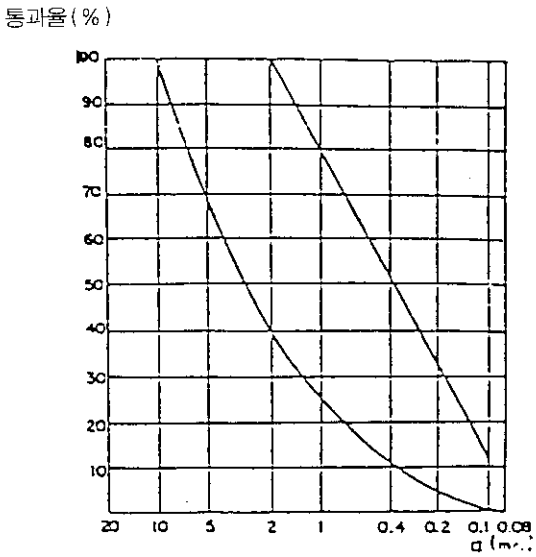


그림 1 모래의 입도 범위

(2) 섬유 : Polyester 합성섬유

섬 유 의 굵 기 : d ≤ 1,200 d tex

인 장 강 도 : $\sigma \geq 3.5$ g/d tex

신 장 율 : $\zeta \leq 30\%$

비 중 : 1.3

2)시험방법

– 압밀 배수조건하에서 삼축압축시험

(1) 공시체규격 D=10cm H=20cm

(2) 섬유혼합율: 모래건조중량의 0%, 0.1%, 0.2%

(3) 횡방향속도: 0.5%/min

(4) 측압: 0.5, 1.0, 2.0, 3.0kgf/cm2

SAMPLE 試料으로 三軸壓縮(CD)試驗에 依한 試驗結果는 다음표와 같다.

三軸壓縮試驗結果

纖維의 混入率	飽和前의 初期 狀態			強度 定數	
	含水比 wn (%)	濕潤 密度 rt(g/cm³)	飽和度 Sr(%)	粘着力 Cd(kgf/cm²)	전斷抵抗角 φcd(°)
0	10.0	1.634	32.4	0.09	38.3
0.1	9.9	1.634	32.1	0.97	40.1
0.2	9.8	1.634	32.0	1.47	40.7

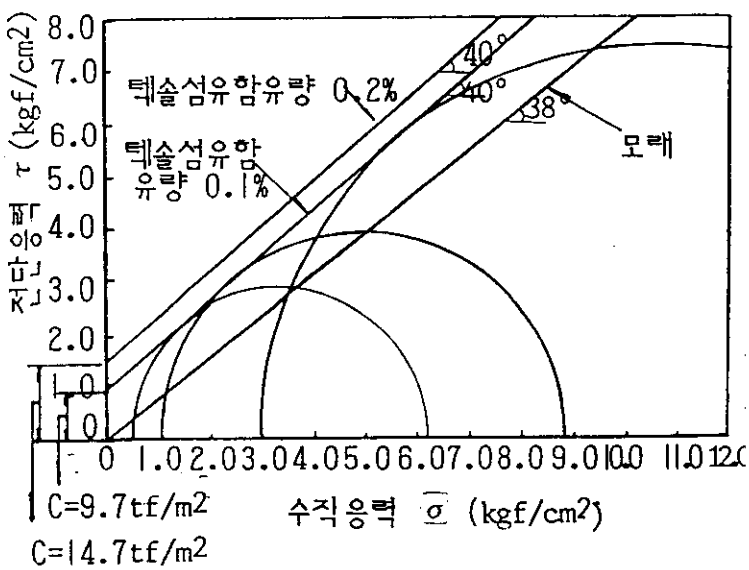
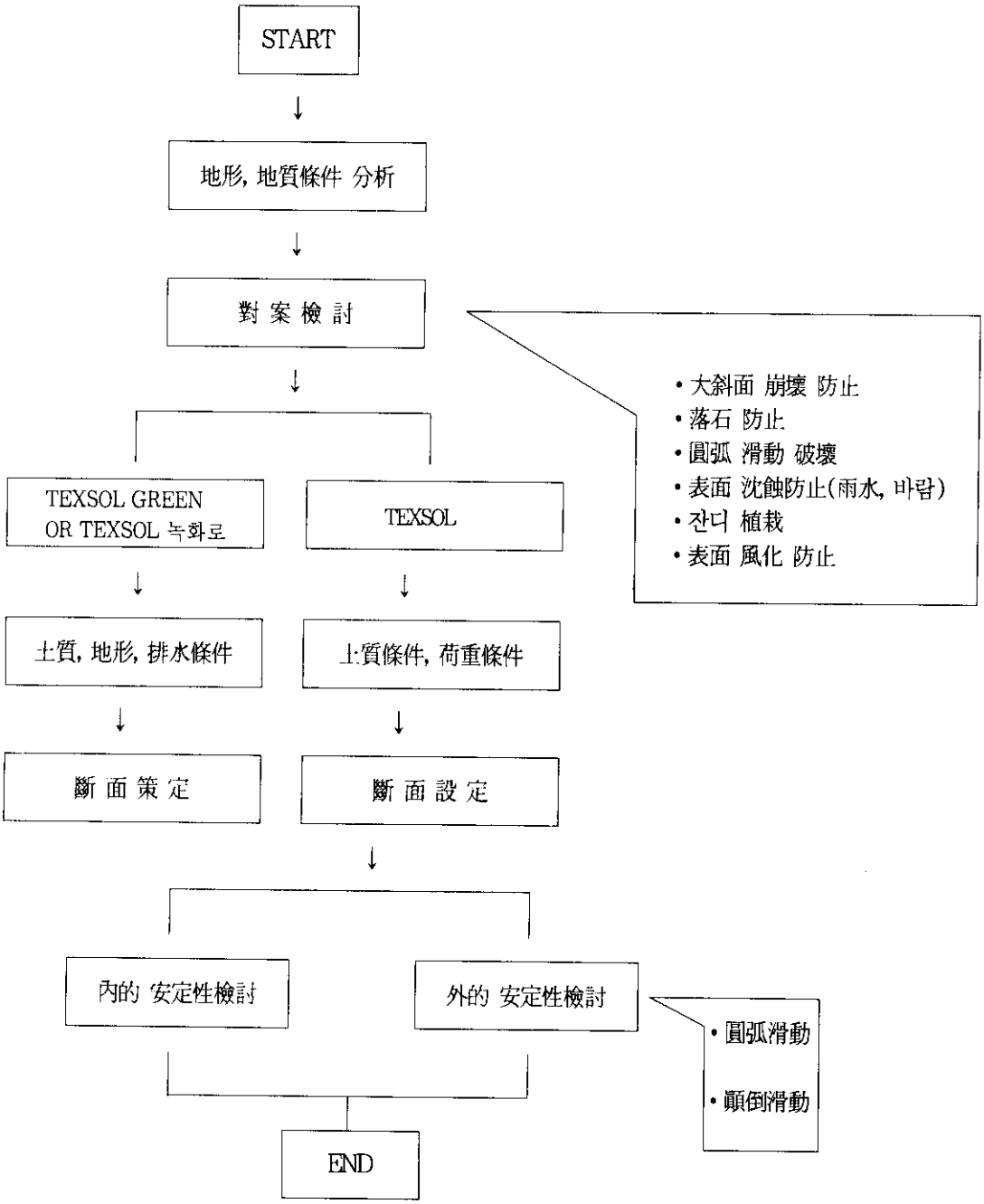


그림 2 垂直應力－剪斷應力 關係

3) 설계방법


START
地形, 地質條件 分析
對 案 檢 討
• 大斜面 崩壞 防止
• 落石 防止
• 圓弧 滑動 破壞
• 表面 沈蝕防止(雨水, 바람)
• 잔디 植栽
• 表面 風化 防止
TEXSOL GREEN
OR TEXSOL 녹화로
TEXSOL
土質, 地形, 排水條件
土質條件, 荷重條件
斷 面 策 定
斷 面 設 定
內的 安定性檢討
外的 安定性檢討
• 圓弧滑動
• 顚倒滑動
END

5. 시공법

TEXSOL의 시공은 현장에서 특수기계를 사용하여 모래와 長섬유를 고르게 혼입, 섬유의 공급은 고압의 물 또는 공기에 의해 이루어지고 모래는 압축공기 또는 고속의 콘베어벨트로 공급하며, 15-30cm두께로 타설후 다짐장비로 다져야 하며 용수나 지하수가 있는 지역배수처리를 하여야 한다.

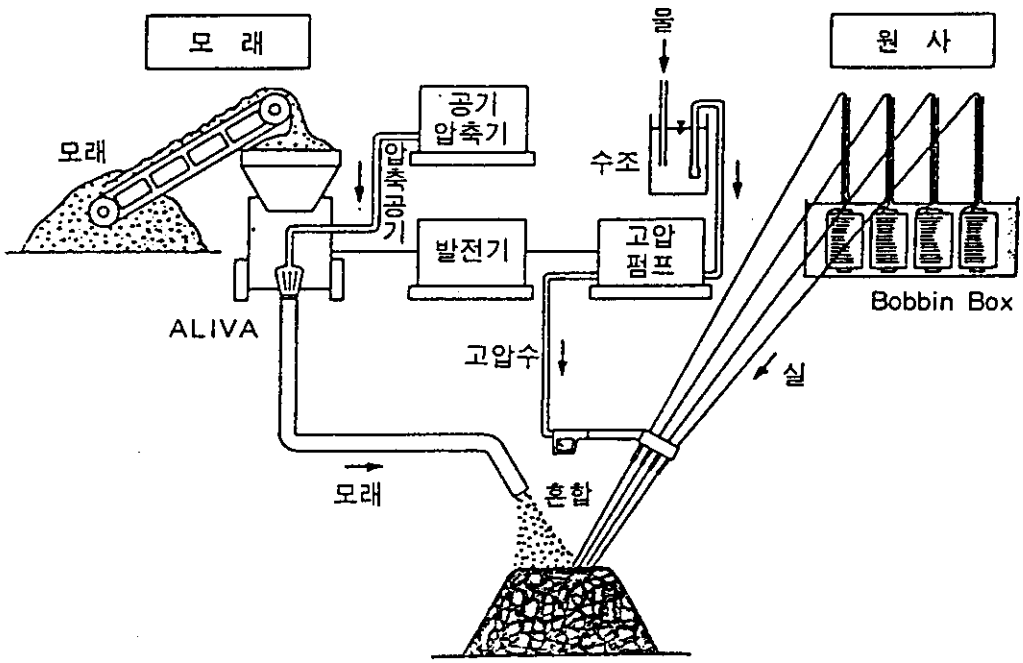
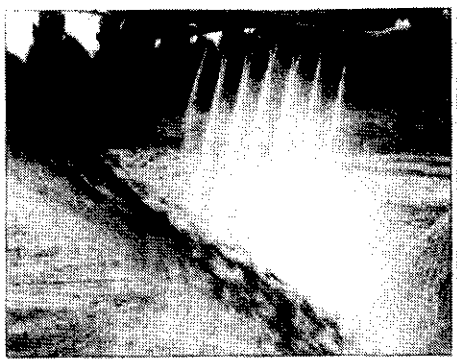
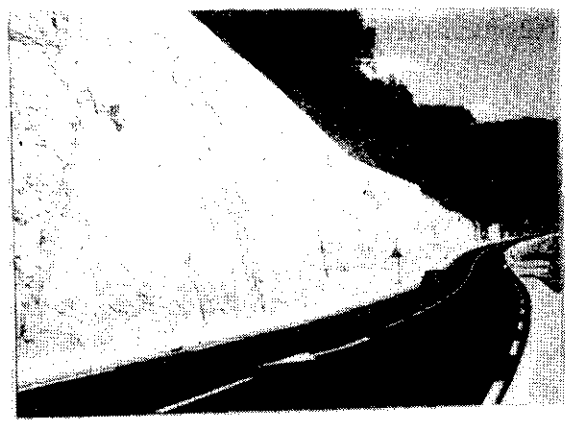


그림 2 TEXSOL 施工圖



시공장면



시공완료

6. 시공상 유의점

1) 소구간으로 나누어 시공하고, 굴착후 지반이완을 방지하기 위하여 5일이내 시공하여야 함.
2) 지하수나 용수가 있는 곳은 필히 배수처리시설을 하여야 함.
3) 사용될 모래는 흙의 혼입 및 비를 피할 수 있는 장소에서 건조상태를 유지하여야 함.
4) 섬유보관은 햇빛이나 비를 피할 수 있어야 하며, 섬유가 흐트러짐이 없도록 하여야 함.
5) 장비 진입로 및 작업로를 확보하여야 함.
6) 다짐은 소형다짐기로 하며 옹벽 안쪽에서 표면쪽으로 시공한다.
7) 1회 시공 높이는 균등하게 시공하여야 함.

7. 시공장비

가. TEXSOLETTE

手動式 小型 TEXSOL 施工裝備로서, 小規模의 作業場 또는 裝備의 進入이 不可能한 地域 使用된다.

- THREAD SUPPLIER (Hand gun) : 1組
- BOBBIN STORAGE (8 bobbin) : 1組
- GUNITE MACHINE (TEXSOL ALIVA): 1組
- BELT CONVEYOR : 1組
- HIGE PRESSURE WATER PUMP (200 bar, 34L/min) : 1組
- AIR COMPRESSOR (5−7 bar, 600 CFM) : 1組
- GENERATOR (35 KVA, 75KW) : 1組
- WHEEL LOADER (1.34m³) : 1組
- PLATE COMPACTOR (DPV 2440F) : 1組
- WATER TANK/ TRUCK : 1組
- TRAILER(裝備運搬用) : 1組

나. SUPER−TEXSOLETTE

中型 TEXSOL施空 裝備로서, 裝備의 進入이 원활한 地域에 適合하다.

長纖維나 모래의 噴射를 一體의 機械에서 遂行함으로서, 纖維와 모래를 一率的으로 混合이 可能하도록 한 것이 特徵이다.

- THREAD SUPPLIER : 1組
- BOBBIN STORAGE(16 bobbin) : 1組
- GUNITE MACHINE (TEXSOL ALIVA) : 1組
- BELT CONVEYOR : 1組
- HIGH PRESSURE WATER PUMP (200bar, 34L/min) : 2組
- AIR COMPRESSOR (5−7 bar, 740CFM) : 1組
- GENERATOR (35 KVA, 75 KW) : 1組
- MAN LIFT OR BACJHOE : 1組 (thread supplier 탑재용)
- WHEEL LOADER (1.34 m³) : 1組
- PLATE COMPACTOR (DPU 2440 F) : 2組
- WATER TANK / TRUCK : 1組
- TRAILER(裝備運搬用) : 1組

Sand Pack drain 공법

1. 개요

sand pack drain 공법은 연약지반 개량공법의 하나인 vertical drain공법의 일종으로 sand drain공법과 유사하나 Sand drain공법의 결점인 지중타설부의 중간부분이 절단 또는 잘룩해지는 것을 방지하기위해 합성섬유로된 (net pack)에 모래를 넣어 배수를 시키는 것이 특징이다.

장기적으로 확실한 배수가 가능한 이 공법은 paper drain과 sand drain공법의 단점을 보완한 신뢰도가 높은 공법으로 시공비가 저렴하여 향후 국내 연약지반 개량공사에 많이 이용 될것으로 보인다.

2. 공법의 특징

1) 합성섬유로 된 모래를 채워서 배수를 하기 때문에, 기존의 sand drain보다 작은 직경으로 시공하여도 배수효과가 양호하며 신뢰도가 높다.
2) 배수재가 지표면으로 노출되기 때문에 식별이 가능 시공관리가 용이하다.
3) 직경이 작기때문에 본수가 종래 sand drain의 약 2-4배 필요하지만 2축 혹은 4축을 동시에 시공하므로 시공기간이 단축된다.
4) 직경이 작은 sand pack으로 시공되기 때문에 종래의 sand drain과 비교 할 때 모래사용량과 손실률이 적어 경제적이다.

3. 타 공법과의 비교(4축 기준)

구 분	sand pack drain (직경 12cm)	sand drain (직경 40cm)	paper drain (직경 5cm등가)	비 고
1. 개량면적 당 필요본수의 비율(정방형 배치)	1.0	약 0.55	약 1.6	
2. 개량면적 당 모래의 비율	1.0(합성섬유망)	약 4.0	drain board	
3. 횡력에 대한 배수의 절단 유무	거의 없음	있음	굽거나 파손 가능성 있음	
4. 동일면적에 대한 시간 비율	1.0	약 1.3	약 1.0	
5. 동일면적에 대한 공사비 비율	1.0	약 1.5	약 1.0-0.7	일본의 경우
6. 시 공 관 리	용이	곤란	용이	
7. 배 수 효 과	양호	양호하지만 중간 절단 위험 내재	설계치보다는 효과가 늦음	

4. 시공순서

장 비 설 치

↓

CASING 삽입

↓

PACK 타입

↓

모 래 주 입

↓

CASING 인발

↓

완 료

↓

이 동

* Sand Pack drain 설치위치에 장비설치, 무한궤도식.

* CASING의 밑 뚜껑을 폐쇄하여 수직을 유지한채로 Vibro-hammer 진동력에 의해 CASING의 타입을 개시

* CASING 타입을 마치면 미리소정의 길이로 절단된 PACK의 선단에 소량의 모래를 넣고 추를 낙하시켜 CASING내에 투입하고 PACK상단에 Hopper설치 모래투입준비

* Hopper의 하부 마개를 열고 모래를 Vibro hammer로 진동시키면서 Casing내로 동시에 투입시킴.

* 모래가 Pack상단까지 충진되면 Casing의 상부뚜껑을 닫고 Compressor로 압축공기를 Casing내부에 강제주입, 모래를 압입하면서 인발

* casing 인발을 마치면 Pack drain의 형성이 완료됨.

5. 시공 장비 (4축)

(4축 기준) **심도에 따른 시공 기계의 조합**

호 칭 / 기 계 명	PDM-10	PDM-20	PDM-30	PDM-40
심 도(M)	10M정도	20M정도	30M정도	40M정도
CRANE(크롤러형)	40 TON	50TON	70TON	100TON
VIRBRO HAMMER	45 KW	60KW	90KW	120KW
GENERATOR	150 KW	200KW	350KW	450KW
COMPRESSOR	250 CFM	250CFM	365CFM	365CFM
HOPPER	1.2m³	2.4m³	3.5m³	4.5M³
LEADER	22M	32M	42M	52M
CASING	11.5M	21.5M	31.5M	41.5M
자동기록장치	1식	1식	1식	1식
SHOVEL	1.34m³	1.72m³	1.72m³	1.72m³

*자동기록장치의 심도기록은 80M까지 가능한 기록계 사용.

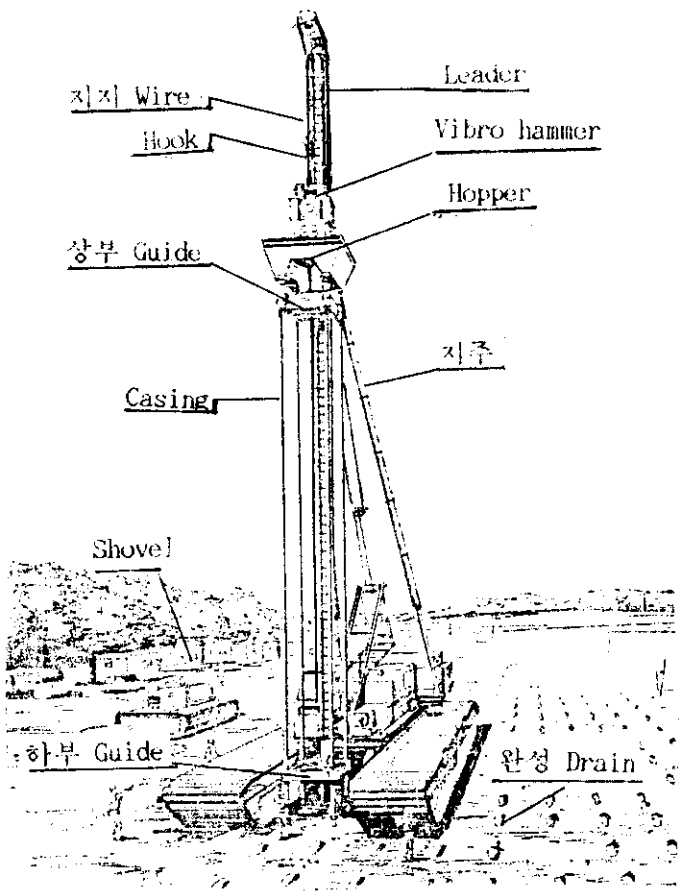
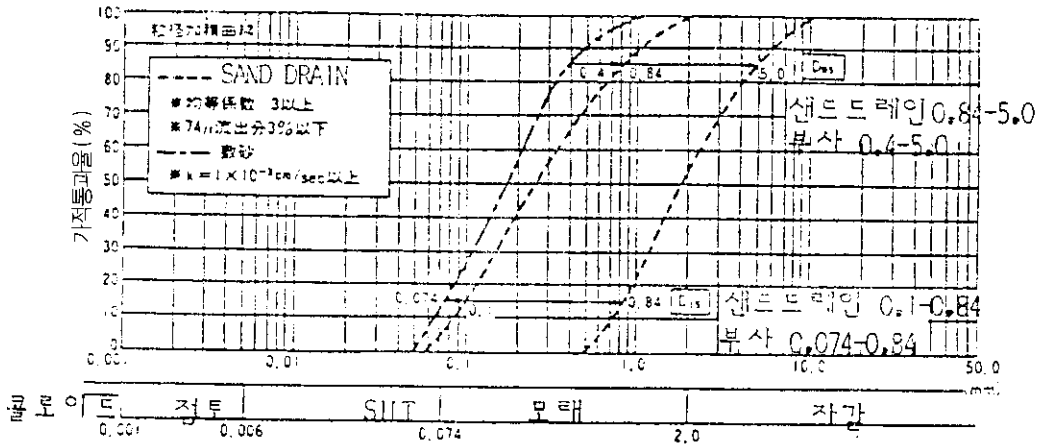


그림 1 장비 명칭

6. 사용재료

1) 합성 섬유망 (직경 120mm Polyethlene 100%)
2) 모래 : 세립토로 입도분포가 적당하고, 불순물이 함유되지 않은 청정모래 사용

그림 2 SAND DRAIN용 모래및 깔모래의 입도 분포도



7.결론

Sand Pack drain은 Sand drain 이나 Paper drain보다 압밀효과가 우수하며, 시공관리도 용이하다. 그러나 이 공법은 국내에서 시공한 경험이 없고, 현재 2건의 공사가 진행중에 있을 뿐이다.

향후 국내 연약지반개량공사에 많이 적용 될 것으로 기대되나, 공법선정 전 충분히 검토하여 적정성여부를 판단하는 것이 중요하다.

신소재를 이용한 콘크리트 구조의 보수 및 보강 (Ⅰ)

-폴리머 콘크리트를 중심으로-

Ⅰ 개요

최근 콘크리트의 활용분야가 다변화됨에 따라 콘크리트 구조물의 설계 및 해석분야와 함께 콘크리트 구조물의 내구성, 안전성 및 사용성을 증진시키기 위한 보수 및 보강기번에 대한 관심이 증대되고 있다. 콘크리트 구조물에 발생하는 결함, 손상 및 열화현상은 그 원인이 매우 다양하기 때문에 구조물별로 효과적인 보수 및 보강대책을 수립하기 위해서는 대상구조의 하중조건, 구조거동, 환경조건 및 시공사의 문제점 등을 파악하여 보수재료의 선정, 보수 및 보강범위, 보강기법의 결정에 반영하여야 한다. 지금까지 개발되어 콘크리트 구조물의 보수 및 보강에 사용되는 재료는 무기계와 유기계로 구분되며, 콘크리트의 강도, 연성, 인성, 내구성을 증진시키므로서 구조물의 사용성과 미관을 모두 향상시킬 수 있는 보수재로서의 개발을 위하여 많은 연구가 계속되고 있다.

본고에서는 이들 보수 및 보강재료 중 신소재로 각광받고 있는 유기계 고분자폴리머를 중심으로 콘크리트 구조물의 균열 및 spalling의 보수공법, 강도 및 내구성 증진을 위한 보강공법 그리고 교량 바닥판 및 포장 슬래브의 덧씌우기공법 등을 소개하고 그 실용화 방안을 제안하고자 한다.

Ⅱ 콘크리트 구조의 건전성 평가방안

1. 콘크리트 구조의 결함원인 및 종류

콘크리트 구조물에 발생하는 결함(defects),손상(damage)및 열화(deterioration) 현상은 구조형식, 사용재료, 환경조건 및 사용조건에 따라서 다소 차이가 있으나 일반적으로 표면균열, 박리, 철근의 노출과 부식, 누수, 변색, 변형 및 처짐 등이 대표적이다. 이들 현상이 사용중인 콘크리트 구조물에 발생하면 구조물의 건전성은 물론 구조의 기능과 미관을 크게 저하시킨다. 일반적으로 콘크리트 구조물의 결함, 손상 및 열화를 발생시키는 주요요인은 〈표1〉에 제시한 바와같이 설계, 시공 및 외적인 요인으로 구분된다.

〈표1〉

콘크리트 구조물의 결함, 손상 및 열화의 주요요인

주요요인	세부내용	주요검토항목
설계요인	구조 형식의 부적합	구조종류, 형식, 지간분할, 단면형상의 부적합
	구조계산의 오차	설계기준, 설계조건의 적용오차, 응력해석의 오차, 전체구조의 안전도 검토부족
시공요인	재료의 불량	콘크리트의 품질불량, 철근 및 PC강재의 재질불량, 부적절한 재질의 사용
	시공의 불량	시공방법과 시공순서, 가설공(거푸집 지보공)의 검토부족, 시공관리의 부족, 자재의 보관 방법 불량
외적요인	교통량의 증가, 차량의 대형화	
	재해(충돌, 낙하 화재, 염해, 동해, 지진, 홍수, 침하, 세굴, 폭발)	
	근접공사의 영향 및 전기누전 등	
	화학적 작용(해수, 오수, 기름성분)	

〈표 2〉

균열의 발생원인

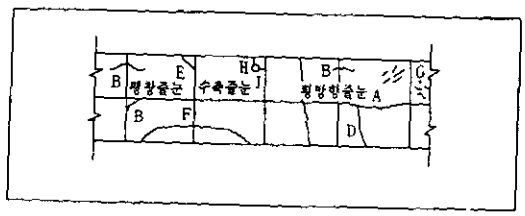
발생시기	구 분	주요 발생 원인
콘트리트의 타설후부터 경화되기전 까지의 기간	물리적 원인	골재의 체적변화, 시멘트의 수화반응으로 인한 건조수축, 수화열
	화학적 원인	철근의 부식, 알칼리골재반응, 시멘트의 산화
	열적 원인	동결융해작용, 계절적 온도변화, 수화반응으로 인한 단면의 온도구배 발생(재료의 단면 수축 또는 구속조건의 존재)
	구조적 원인	충격하중 및 사고로 인한 과재하중, 설계하중, 크리프
콘트리트의 경화후부터 양생기간	콘트리트의 소성	소성 건조수축, 소성 침하
	시공중의 이동	거푸집의 이동, 지반의 침하 및 이동
경화과정 초기의 동해에 의한 손상		

콘크리트 포장구조의 주요 손상 및 원인

〈표 3〉

주요손상	주 요 원 인	기호
종방향 균열	• 차량하중과 온도변화에 의한 온도응력 및 변형 • 줄눈부의 불량 및 줄눈부의 이물질	A B
횡방향 균열	• 차량하중과 온도변화에 의한 온도응력 및 변형, 지반의 열화 및 지반지지력 저하 • 펌핑현상	C D
우각부 균열	• 차량하중에 의한 과대응력 • 지반지지력의 불균일, 노상과 지반의 침하	E F
수축 균열	• 소성건축·균열, 콘크리트 표면의 급격한 건조	G
구속 균열	• 건조 및 온도변화에 의한 콘크리트의 체적변화, 차량하중과 온도변화에 의한 온도응력 및 변형	H
기타의 결함	• 사용재료, 배합 및 시공불량에 의한 망상균열, 국부적 과대응력에 의한 spalling, scaling, 표면박리 및 pothole등	I

또한 포장구조의 경우, 반복재하되는 차량하중과 환경적인 원인으로 공용개시 이후부터 내구성 및 사용성이 서서히 저하된다. 도로포장 및 공항활주로의 콘크리트 포장구조에서 발생하는 주요 손상원인으로는 제빙용 염화물의 살포, 콘크리트 피복두께 부족, 철근의 부식, 동결융해, 지반의 침식, 줄눈부의 시공불량, 재료의 부적합, 시공중의 품질관리 소홀 및 과재하중 등을 들 수 있다. 이들에 의하여 발생하는 주요 손상을 체계적으로 분석하면 〈표3〉및 〈그림1〉과 같다.



〈그림1〉 콘크리트 포장구조의 각종 손상 예

2. 콘크리트 구조의 상태점검 및 판정

상태조사에 의하여 분석된 콘크리트 구조물의 결함, 손상 및 열화상태별로 점검하여야 할 조사 내용은 〈표4〉와 같다.

〈표 4〉

콘크리트 구조의 상태점검 항목 및 조사내용

상태점검 항목	조 사 내 용
콘크리트의 균열	• 균열폭, 균열의 진행방향, 균열의 위치 및 간격 • 작용하중에 의한 균열의 개폐 유무 • 균열면의 누수 상태 및 변색 정도
구조물의 변위 및 변형	• 변위 및 변형의 측정 • 균열발생 위치 및 간격 • 철근의 응력 및 변형률
콘크리트의 열화	• 중성화 및 열화깊이 • 비파괴강도 및 코아강도 • 콘크리트의 유효단면 및 균열상태 조사
철근의 노출 및 부식	• 콘크리트의 변색상태 • 철근의 부식상태, 응력 및 변형률

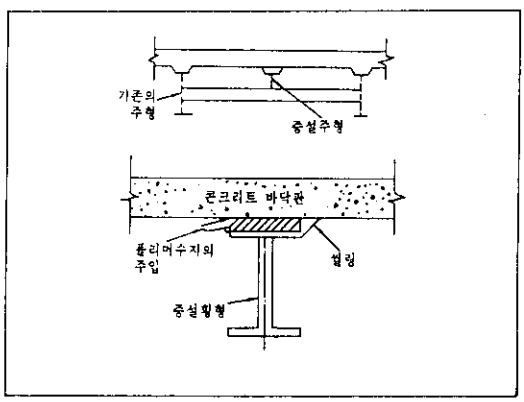
상태점검 항목	조 사 내 용
PC강재의 부식	• 콘크리트의 균열상태의 점검 • 비파괴시험법에 의한 PC강재의 배치현황
프리스트레스의 부족	• 재하시험
구조물의 단면력 부족	• PC강재의 인장강도시험(가능한 경우) • 구조계산에 의한 검토 • 재하시험 및 진동시험

3. 기존의 보수 및 보강대책

(1) 강재를 이용한 보수공법

① 세로보의 증설공법

본 공법은 〈그림2〉와 같이 I형강을 이용하여 세로보나 가로보를 증설하므로서 바닥판의 지간을 감소시켜 작용하는 단면력을 감소시키는 공법이다. 교량구조나 건축구조의 보수공법으로 널리 적용되고 있으며, 바닥판 콘크리트의 균열이나 파손의 진행을 억제하는데 효과적이다. 세로보의 증설시 콘크리트 바닥판과 I형강의 접촉면에는 에폭시수지나 고성능의 충전제를 주입하여 완전 밀착시켜야 한다.



〈그림2〉 강재 세로보의 증설공법

② 강판접착공법

본 공법은 에폭시수지를 이용하여 두께 4.5~6.0mm의 강판을 콘크리트의 인장부와 일체가 되도록 접착시키므로서 콘크리트 부재의 저항력을 증진시키고 표면의 박리를 억제하는 보강공법이다. 일반적으로 교량의 바닥판, 주형,교각 및 건축구조물의 슬래브 및 거어더의 보강에 적용되며, 부재치수가 작은 구조의 국부 보강용으로 효과적이다. 시공방법에 따라서 鋼板壓着工法과 鋼判注入工法으로 분류된다.

• 강판압착공법

본 공법은 강판의 접착면에 에폭시수지를 1~2mm 도포한 후 인장부 콘크리트에 강판의 고정용 앵커볼트를 타입하여 강판을 콘크리트와 일체로 접착시킨다. 콘크리트 면이 국부적으로 평탄하지 않는 경우에는 강판을 접착하기 전에 putty 형태의 에폭시수지를 이용하여 콘크리트면의 요철을 제거시켜야 하며, 이때 사용되는 에폭시수지는 경화후 탄성계수가 높은 고점도의 제품을 사용하는 것이 바람직하다.

• 강판주입공법

본 공법은 콘크리트 면과 강판의 간격이 2~6mm 정도가 되도록 설치한 후, 점도가 낮은 에폭시수지를 완전 주입하여 접착하는 공법이다. 강판압착공법에 비하여 작업시간이 많이 소요되는 단점이 있으나 곡면 부재나 인장부 콘크리트의 요철이 심한 경우에 효과적이다. 강판의 고정을 위하여 타입되는 앵커볼트는 직경 5~10mm 이상, 배치간격은 50~60cm 정도가 되도록 하며, 에폭시수지의 주입공 간격은 50~100cm가 바람직하다.

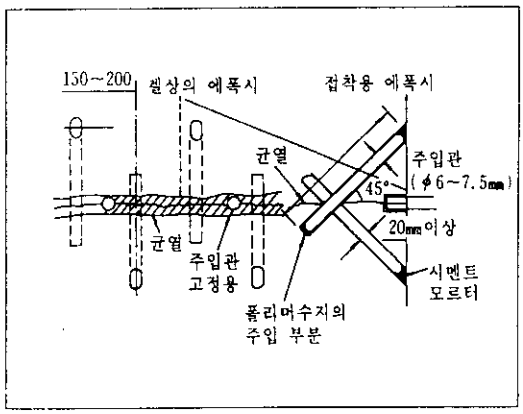
(2) 강화플라스틱을 이용한 보수공법

본 공법은 강판 대신 섬유 강화플라스틱(fiber-reinforced plastics : FRP)판을 이용하여 콘크리트와 일체화시키는 공법이다. 일반적으로 두께 0.6~0.8mm, 폭1m 내외의 유리섬유 강화플라스틱 판이 많이 사용되고 있으며, 부착성이 양호하고 강판에 비하여 자중이 작아 시공과 취급이 용이한 장점은 있으나, 탄성계수가 콘크리트에 비하여 매우 작으므로 균열성장의 억제효과나 하중저항능력의 증

진효과는 기대하기 어렵다. 단지 콘크리트의 표면박리 방지 및 유해한 환경과의 직접적인 접촉을 억제하기 위한 목적으로 시공되며, 세굴,동결융해 및 염해와 같이 콘크리트의 표면 보강에 효과적인 공법이다.

③ 앵커공법

본 공법은 강봉을 이용하여 균열면을 일체로 연결하므로서 단면의 하중저항능력을 증진시키는 공법으로 재료 자체의 결함이나 콘크리트의 경화과정에서 건조수축에 의하여 균열이 발생된 경우에는 적용할 수 없다. 〈그림4〉에 나타난 바와같이 균열면에서 100㎜ 정도 떨어진 위치에서 45 °의 각도로 강봉을 타입하여 균열면을 상호 연결시키는 공법으로 강봉의 직경, 타입길이, 위치, 간격 및 강봉의 형상은 대상 구조물의 거동특성, 콘크리트의 강도, 철근 덮개(cover depth)등을 고려하여 결



〈그림4〉 앵커공법에 의한 콘크리트 구조물의 보강

정하여야 한다. 일반적으로 강봉의 타입길이는 강봉 직경의 10배 이상이 되도록 한다. 강봉의 타입이 완료되면 균열표면에 putty 형태의 에폭시수질 주입하여 강봉의 부식 및 표면박리를 억제시킨다.

(3) 프리스트레스를 이용한 보수공법

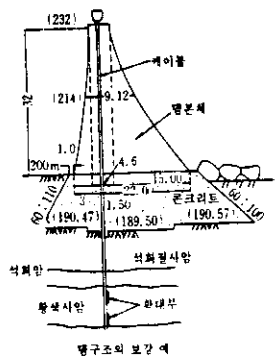
본 공법은 강판접착공법이나 앵커공법에 비하여 보다 적극적인 보강공법이다. 프리스트레스의 도입을 위한 장착장치의 설치공간이 요구되고, 시공과정이 복잡하므로 규모가 큰 작은 구조물의 경우에는 경비가 많고 소요되는 단점이 있으나, 프리스트레스 힘이 구조물에 발생한 초과응력을 부담하므로 PC강재의 배치로 부재의 파괴안전율을 크게 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 일반적으로 콘크리트 구조물에 2방향 균열이 발생한 교량구조나 전도(overturning)에 대한 안정이 요구되는 댐 구조에 효과적인 보강공법이다.

(4) 단면증가에 의한 보강공법

본 공법은 〈그림6〉과 같이 기존 콘크리트 구조물의 단면을 증설 또는 증가시켜 보강하는 공법이다. 기존 콘크리트와 새로 타설한 콘크리트의 경계면은 접착성이 우수한 에폭시수지나 SBR-latex (styrene butadiene rebber-latex)를 이용하여 일체화시키며, 보다 확실하게 경계면을 접착하기 위해서는 PC 케이블을 이용하는 것이 효과적이다.

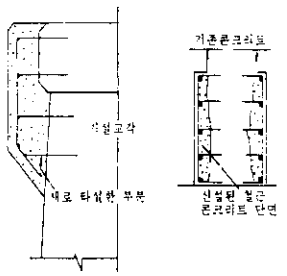
(5) 국부 치환공법

본 공법은 비교적 열화 또는 손상범위가 작고 그 정도가 경미할 때 적용하는 보수공법으로 〈그림7〉에 도시된 바와같이 대상 부분의 콘크리트를 국부적으로 제거한 후 접착성이 좋은 무기계 또는 유기계 재료를 이용하여 치환하는 공법이다. 교량

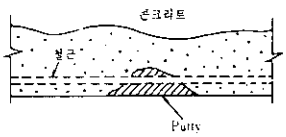


〈그림5〉 프리스트레스를 이용한 보수공법

구조, 포장구조 및 건축구조 등에서 사용되는 무기계 재료로는 보통시멘트, 팽창시멘트, 급결시멘트 및 초속 경시멘트 등이 있으며, 유기계 재료는 아크릴수지, 에폭시수지, 폴리에스터수지 및 합성고무 라텍스 등을 응용한 폴리머콘크리트 복합체가 대표적이다.



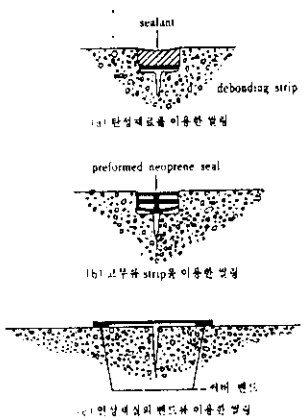
〈그림6〉 단면증가에 의한 보강공법



〈그림7〉 국부 치환공법

(6) 주입 및 충전공법

본 공법은 콘크리트 구조물의 균열보수 및 철근의 부식방지에 효과적인 보수공법이다. 〈그림8〉에 도시된 바와같이 유기계 또는 무기계의 주입재를 균열부에 주입시키거나, 주입후 연성이 큰 고무류의 마감재로 표면을 보호하는 보수공법이다.



〈그림8〉 주입 및 충전공법을 이용한 균열의 보수

Ⅲ 폴리머－콘크리트 복합체의 특징

1. 폴리머－콘크리트 복합체의 분류

콘크리트 구조체를 결합재(matrix), 충전재(filler) 및 보강재(fiber)로 구성되는 복합재료로 정의할 경우, 폴리머콘크리트 복합체는 시멘트풀의 일부 또는 전부를 폴리머로 치환하여 폴리머가 직접 결합재의 역할을 하도록 한 신소재콘크리트이다. 폴리머콘크리트 복합체는 결합재의 구성 및 제조방법에 따라서 다음과 같이 크게 3분야로 분류된다.

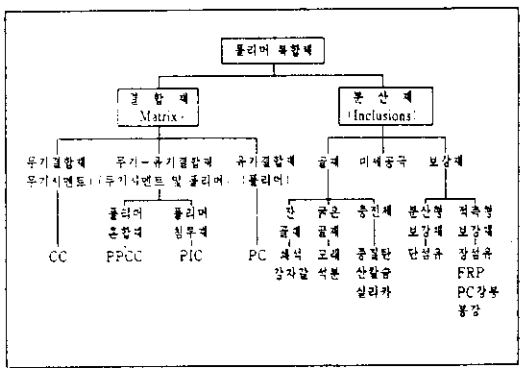
- 폴리머 시멘트콘크리트
- 폴리머 침투콘크리트
- 폴리머 콘크리트

폴리머 시멘트콘크리트는 보통시멘트와 수용성 또는 분산형 폴리머와 혼합하여 콘크리트를 타설한 후 양생과정에서 폴리머 피막을 형성하도록 한 것으로 무기계 시멘트와 유기계의 폴리머가 골재의 결합재로 작용하게 된다. 폴리머침투콘크리트는 경화된 기존 콘크리트 표면에 폴리머 침투제를 침투시킨 후, 콘크리트내에서 중합공정을 통하여 일체화시킨 콘크리트이다. 폴리머 콘크리는 시멘트풀의 전부를 폴리머로 치환하여 폴리머가 직접 골재의 결합재 역할을 하도록 한 것으로 결합재로 시멘트를 전혀 사용하지 않는 콘크리트이므로 "플라스틱 콘크리트" 또는 "수지 콘크리트"로 불려지고 있다. 폴리머콘크리트 복합체의 분야별 구조체계 및 특징은 〈표5〉, 〈그림9〉와 같다.

폴리머-콘크리트 복합체의 분야별 특징

〈표5〉

물성	보통시멘트 콘크리트 (CC)	폴리머 시멘트 콘크리트 (PCC)	폴리머침투 콘크리트 (PIC)	폴리머 콘크리트 (PC)
압축강도(kg/㎠)	280-350	280-560	995-1500	400-1500
인장강도(kg/㎠)	0-252	40-65	85-115	70-140
파괴계수(kg/㎠)	33-37	100-125	-	85-210
탄성계수(kg/㎠)	1.96-2.52	0.98-1.47	3.5-3.99	0.7-3.5
흡수율(%)	5-5	-	0.3-0.6	-
동결융해저항 (작용회수/단위손실)	700/25	-	2000-4000/0-2	1500/0-1
내산성(PC/CC)	-	1-6	5-10	8-10
내마모성 (PC/CC)	-	10	2-5	5-10

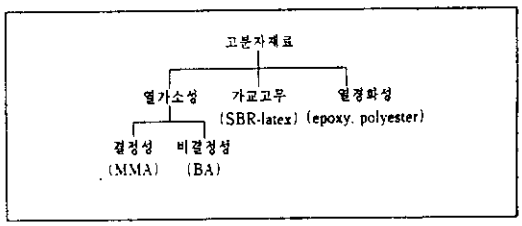


〈그림 9〉 폴리머 콘크리트 구조체의 체계 및 분류

2. 고분자폴리머의 특성

분자량이 10,000 이상인 재료를 고분자라고 부르며, 구조적으로는 탄소, 산소, 수소 원소와 치환기가 기본단위를 이루어 반복연결됨으로서 장대분자를 형성하고 있다. 고분자재료는 반응계의 분자구조 배열, 규칙성, 결정성 및 열적특성에 따라서 〈그림10〉 과 같이 열가소성(thermoplastics), 열경화성(thermosets), 가교고무(cross-linking rubbers)로 분류된다.

이중 열경화성 고분자는 에폭수지와 같이 고분자모노머가 폴리머반응시 화학적 변화를 수반하면서 연화하여 망상구조체를 형성하기 때문에 경화 후 불융, 불용의 성질을 갖게 되는 고분자이다. 열가소성 고분자는 아크릴수지, 폴리에틸렌수지, 폴리스타이렌수지, 염화비닐수지 및 나이론수



〈그림 10〉 고분자재료의 분류

지 등과 같이 가열하면 용융되나 냉각하면 고화되는 고분자로서 반응고리의 구성에 따라서 결정성(crystalline)과 비결정성(amorphous)으로 구분된다. 일반적으로 결정성 고분자폴리머는 강성이 크고 취성을 보이는 반면, 비결정성 고분자폴리머는 연성이 크기 때문에 콘크리트구조물의 강도와 연성증진을 위하여 결정성 고분자재료와 비결정성 고분자재료를 혼합한 공중합체(copolymer)를 사용하기도 한다.

3. 폴리머콘크리트 복합체의 개발 동향

(1) 폴리머 시멘트콘크리트

① 개발동향

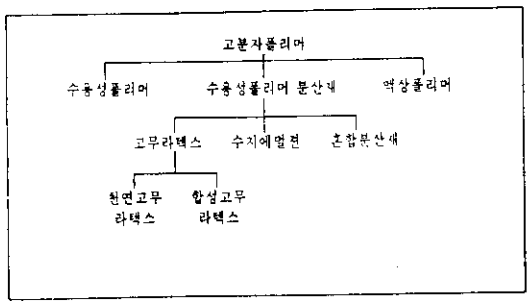
1950년대 초반 선박의 바닥판에 활용하기 위하여 미국에서 폴리머 시멘트모르터에 대한 연구가 시작된 이후, 폴리머 시멘트콘크리트는 토목, 건축분야의 보수 및 보강재료로 널리 사용되고 있다. 현재 미국의 경우에는 교량구조의 바닥판과 콘크리트 포장구조의 표면 덧씌우기, patching재 및 기타 보수용 재료로 연간 120만㎡ 이상의 폴리머 시멘트콘크리트가 제조되고 있으며, 일본의 경우 1964년 동경 올림픽 이후 폴리머 시멘트모

르터의 사용이 본격화되어 1974년 일본공업규격(JIS)에서 폴리머 시멘트 모르터의 시험방법 및 품질에 대한 관련 규정이 제정된 바 있다. 폴리머 시멘트콘크리트 및 폴리머 시멘트모르터의 제조에 사용되는 주요 혼화용 고분자폴리머로는 epoxy, stryene butadiene rubber latex(SBR－latex), ethylene vinyl acetate(EVA) 및 poly acrylic acid ester(PAE)emulsion과 같은 분산상의 폴리머가 대표적이며, 굳지 않은 폴리머 시멘트모르터의 워커빌리티 및 접착성을 개선하기 위하여 EVA와 같은 재유화성 분말수지(powdered emulsion) 및 methylcellulose(MC), polyvinyl alchol(PVA) 등의 수용성 폴리머가 널리 활용되고 있다. 이들 고분자폴리머를 이용하여 미국과 유럽에서는 latexmodified concrete(LMC)와 epoxy modified concrete(EMC)가 개발되어 손상을 입은 교량구조의 내구성 증진 및 덧씌우기, 패칭재로 활용하고 있다. 특히 일본에서도 SBR－latex, EVA, PAE, MC 등의 고분자폴리머가 건설분야8에서 연간 10만톤 이상, 소비되는 추세에 있다.

폴리머 시멘트콘크리트 (Polymer Cement Concrete : PCC)의 제조방법은 기존 보통콘크리트의 배합설계 방법과 유사하나, 콘크리트의 경화과정에서 외부로부터 열이나 기타 촉배를 이용하여 시멘트의 수화반응과 고분자폴리머의 중합반응을 동시에 유도하는 점이 다소 상이하다. 그러나 PCC는 보통콘크리트와는 달리 폴리머 피막이 형성된 이후에는 수분 증발을 차단하는 효과가 있어 건조양생으로도 높은 조기강도를 발현시킬 수 있는 장점이 있다. PCC는 사용목적으로 볼 때 강도 특성보다는 내염성, 신축성, 부착성, 수밀성 및 내약품성 등의 내구성 향상을 위주로 하며, 고분자 폴리머가 갖고 있는 유동성의 영향으로 낮은 W/C(물/시멘트비)비에서도 슬럼프 및 워커빌리티가 증가하는 특징이 있다. 따라서 슬럼프의 증가분을 고려하여 사용수량을 감소시키면 인장 및 휨강도의 증진효과도 기대할 수 있다 그러나 PCC의 재료특성은 폴리머의 종류와 폴리머/시멘트의 중량비에 따라 크게 변화하므로 구조물의 거동, 보수범위, 보수위치, 작업조건, 환경조건 및 시공특성을 고려하여 배합비를 결정하여야 한다. 일반적으로 콘크리트 구조물의 보수에 사용되는 폴리머/시멘트의 중량비는 5～30%범위이다.

최근 폴리머 시멘트콘크리트의 휨강도 및 파괴인성을 향상시키기 위하여 강섬유, 유리섬유 및 탄소섬유 등을 혼입한 섬유보강 폴리머 시멘트콘크리트, 페로(ferro) 시멘트 또는 초속 경폴리머 시멘트콘크리트, 수중 폴리머 시멘트콘크리트 등이 연구 개발되고 있다. 이중 초속 경폴리머 시멘트콘크리트는 최근 4～5년 사이에 일본에서 개발된 것으로 상온에서 시멘트와 급속히 중합반응을 일으키는 초속 경고분자폴리머를 사용하는 공법과 초속경 시멘트를 이용하는 공법으로 구분된다. 초속경 고분자폴리머로는 acrylic acid magnesuim이 주로 사용되며, 분사 후 1초 이내에 경화하는 특성이 있으므로 터널, 공항 및 도로의 긴급보수공사에 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한 콘크리트의 중성화, 염화이온(Cl^-)의 침투, 알칼리골재반응을 억제하고 정전기 효과 및 접착성 등을 개선하기 위하여 계면활성제를 포함한 각종 합성수지 고분자의 이용방안이 활발히 연구되고 있다.

② 고분자폴리머의 선정



〈그림 11〉 폴리머시멘트콘크리트에 사용되는 고분자폴리머의 분류

폴리머 시멘트콘크리트의 제조에 사용되는 고

분자폴리머는 〈그림11〉에 도시된 바와같이 수성 폴리머분산재, 수용성폴리머, 액상폴리머로 구분된다. 이들 고분자폴리머는 종류에 따라서 반응특성과 폴리머 시멘트콘크리트의 재료특성에 미치는 영향이 상이한 것으로 알려져 있다. 따라서 폴리머 시멘트콘크리트의 제조를 위해서는 고분자폴리머의 선정이 매우 중요하며, 이를 위하여 고분자폴리머의 물성, 재료특성의 개선효과 및 대상구조의 거동특성을 고려하여야 한다.

일반적으로 콘크리트 포장구조, 교량 바닥판및 일반 도로구조물의 덧씌우기와 보수재의 경우에는 고무라텍스, 폴리에스터 및 HMWM를 사용한 폴리머 시멘트콘크리트가 효과적이며, 균열 및 표면박리의 보수에는 에폭시계의 액상 폴리머수지가 효과적인 것으로 알려져 있다. 이중 고무라텍스는 크게 천연고무 라텍스(natural rubber latex)와 합성고무 라텍스(sythetic rubber latex)로 구분되며, 천연고무 라텍스는 열대지방에서 서식하는 고무나무의 줄기에서 채취되는 백색의 유액으로 채취 직후에는 고무성분이 30~45%, pH가 7.0~7.2로 중성이지만, 자아기간 보관을 위하여 원심분리법으로 농축시킨후 고무성분을 60% 정도로 증가시키고, pH 10.0~10.5를 갖는 알칼리성 재료이다. 합성고무 라텍스는 제조방법에 따라서 chloroprene rubber latex(CR-latex), styrene butadiene rubber latex(SBR-latex) 및 acrylonitrile butadiene rubber latex(ABR-latex)로 세분되나, 이중 SBR-latex가 콘크리트의 내구성 및 제물성 개선 효과가 우수한 것으로 알려져 있다. SBR-latex는 20~30%의 styrene과 70~80%의 butadiene으로 구성되며 접착성 및 부착강도가 우수하므로 콘크리트용 보수재로 널리 활용되고 있다.

③폴리머 시멘트콘크리트의 배합

폴리머 시멘트콘크리트는 물/시멘트 비, 골재/시멘트 비 및 폴리머/시멘트비에 따라 물성과 역학적 특성이 변화하므로 사용목적에 따라 인장강도, 수밀성, 접착성 및 내약품성 등을 고려한 배합설계를 실시하여야 한다. 폴리머 시멘트콘크리트의 물/시멘트 비는 30~60%, 폴리머/시멘트 비는 5~30% 범위가 일반적이며, 폴리머/시멘트 비가 증가하면 접착성, 방수성, 내마모성, 내충격성, 탄력성 및 내화학성은 크게 향상되지만 작업성과 표면강도가 낮아지는 단점이 있으므로 대상구조의 거동을 고려하여 결정하여야 한다. 콘크리트 구조물의 보수에 사용되는 폴리머 시멘트모르

〈표 6〉

폴리머 시멘트모르터의 용도별 배합예

용도		표준배합 시멘트 : 모래 (중량비)	표준배합 폴리머:시멘트 %	두께 (㎜)
포장구조의 바닥판		1 : 3.0	10~30	5~10
좌판재	하 도	1 : 2.0~2.5	10~20	1~2
	중 도	1 : 2.5~3.0	5~20	5~10
	상 도	1 : 2.5~3.0	5~20	5~10
접착재	일반타일용	1 : 1.0~2.5	5~20	-
	모자이크타일용	1 : 0~2.0	5~20	-
	조립식타일용	1 : 0.5~1.0	5~20	-
	콘크리트연속타설용	1 : 0~2.0	5~20	-
	일반용	1 : 0~3.0	5~30	-
방수재	하 도	1 : 0~1.5	10~30	5~10
	상 도	1 : 2.0~2.5	10~30	5~10
방식재	하 도	1 : 0~1.0	10~30	5~10
	상 도	1 : 1.5~2.5	10~30	5~10
교량 바닥판의 덧씌우기	하 도	1 : 2.0~3.0	20~30	1~2
	중 도	1 : 3.0	20~25	5~6
	상 도	1 : 3.0	20~25	3~4

〈표 7〉

폴리머 시멘트콘크리트의 배합 예(슬럼프 18㎝ 경우)

콘크리트 종류	물시멘트 시멘트비 (%)	물시멘트 비 (%)	잔골배율 (%)	단위수량 (㎏/㎥)	중량배합(㎏/㎥) 시멘트	모래	자갈	폴리머
보통시멘트 콘크리트	0	60.0	47.4	190	316	861	957	0
SBR 콘크리트	5	53.3	40.0	160	300	734	1,104	15
	10	48.3	40.0	145	300	734	1,105	30
	15	44.3	40.0	133	300	730	1,099	45
	20	40.3	40.0	121	300	724	1,096	60

터와 폴리머 시멘트콘크리트의 표준배합 예는 〈표 6, 7〉과 같다.

(2) 폴리머 침투콘크리트

① 개발동향

폴리머 침투콘크리트는 폴리머 시멘트콘크리트나 폴리머 콘크리트와는 달리 기존의 경화된 보통콘크리트의 표면으로부터 유기계 폴리머침투제를 침투(또는 함침이라고도 함)시켜 제조된다. 폴리머 침투콘크리트는 1960년대 중반 담수화시설에 이용하고자 개발되기 시작하였으나, 1965년말 미국 Brookhaven National Laboratory(BNL)와 미개척국(USBR)의 공동으로 폴리머침투제의 구성, 제조기법, 재료특성 및 실용화 방안이 본격적으로 연구되기 시작하였다. 개발 초기에는 고성능 프리캐스트 제품의 제조에 주로 적용되었으나, 이후 현장제조공법이 개발됨에따라 프리캐스트구조 이외에도 교량구조, 포장구조, 건축구조, 수공구조 및 항만구조의 강도증진 및 내구성 증진에 광범위하게 활용되고 있다.

지금까지 국내외의 연구진에 의하여 개발된 침투기법으로는 진공법, 압력법, 함침기법, 그루빙(groving)기법 및 살포법 등이 있으며, 중합기법으로는 방사중합법, 열촉매중합법 및 초음파중합법 등이 대표적이다. 현재 methyl methacrylate (MMA), buthyl acrylate(BA), styrene 및 기타 점도가 낮은 열가소성 고분자폴리머를 중심으로 폴리머침투제가 개발되고 있다. 또한 다소 침투효과는 저하되지만 열경화성의 에폭시수지, 무기계재료 및 점도가 큰 고분자재료를 이용하는 방안도 연구되고 있다. 현장 폴리머침투공법은 폴리머침투제의 부분침투만으로도 기존 콘크리트의 표면강도, 강성, 마모성, 수밀성, 내약품성 및 동결융해 저항성을 크게 개선시킬 수 있기 때문에 콘크리트 구조물의 강도증진, 프리캐스트 암거, 터널 lining,, 표면코팅, 교량 바닥판 및 포장구조의 덧씌우기, 콘크리트 구조물의 영구거푸집, 기계기초, 흡관, 방사성폐기물 저장용기, 제진 및 방진구조 등에 활용하기 위한 연구가 계속되고 있다. 폴리머 침투콘크리트는 폴리머－콘크리트 복합체 중에서 가장 강도증진 및 내구성 증진효과가 뛰어나므로 열화 또는 손상을 입은 각종 콘크리트 구조물의 보강에 매우 효과적인 재료로 알려져 있다.

참고자료 : 월간건설 92.8 P43~50 (이자료는 92. 7.14 건설 협회에서 주관한 건설기술세미나 중 연세대 변근주교수의 "신소재를 이용한 콘크리트 구조의 보수 및 보강"에 대한 내용을 게재함)

덕트 설계 표준화

환경기사 고 영 수

1. 덕트설계의 개략

덕트(Duct)는 오염된 공기를 오염원으로부터 방지시설까지 또는 방지시설로부터 최종 배출구까지 운반하는 도관이다.

금속표면처리시설인 도금시설의 덕트설계는 도금공정에서 발생되는 오염물질의 종류 및 특성을 고려하여 설계하여야 하며, 설계시에는 도금공정의 평면도 및 입면도상에 포집후드의 설치위치 및 방지시설의 위치를 표시하고, 실제 덕트(Duct)가 설치된 경로를 따라 포집후드와 방지시설의 연계덕트를 연결하고 주관(Mian Duct)과 지관(Branch Duct)의 접속점 및 후드와 지관의 접속점에 고유번호를 부여하고 각 부위마다 덕트 설계표(표 1-10)를 작성한다.

※참고 : 도금시설의 도면은 축적이 명시된 도면이어야 하며, 덕트 길이 등의 검산이 가능하여야 함.

2. 이송 속도의 결정

대부분의 도금공정에서 발생되는 오염물질인 Mist는 액체의 분산 또는 가스상태로 부터의 응축에 의하여 형성되어지는 액체 입자상 물질이며 Mist의 크기는 0.01~10.0㎛인데, 이와같은 Mist를 이송하는데 필요한 속도는 다음표 (표1-1)에 의하여 609.6~914.4m/min 으로 결정할 수 있으며 Mist는 Fumes보다는 조금 크고 Light Dust보다는 조금 작으므로 별 문제가 없다.

〈표 1〉

최소 덕트 설계 속도의 범위

오염물질의 성상	예	경제적설계속도
증기, 가스상물질, 연기	모든 증기, 가스와 연기	304.8~609.6m/min
흄(Fumes)	용접	609.6~762 mmin
매우작고 가벼운 먼지	천, 목분, 석분	762~914.4m/min

※참고, 출전 : Industrial Ventilation pp.3~18(20th)

3. 덕트의 재질

도금공정에서 배출되는 오염물질은 산 Mist 또는 알칼리 Mist가 대부분이므로 덕트의 부식을 방지할 수 있도록 내산·내알칼리 및 내부식성 재료를 선택하여 설치하여야 한다.

4. 덕트의 부속시설

각 덕트를 연결할 경우 덕트길이 및 곡관에 의한 압력손실 차이로 인하여 각 후드에서 설계 당시의 유량을 흡입하지 못하므로, 이를 조정하기 위하여 설계시에 유속조절 평형법과 댐퍼(Damper)시설등을 필히 고려하여야 한다.

5. 덕트직경 계산

전술한 배출가스량 산정에 의한 배출가스량과 이송속도를 감안하여 덕트의 관경을 산정한다.

$$A = \frac{Q}{V \times 60}$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2}$$

여기서, A = 관의 단면적(m^2)
Q = 배출가스량(m^3/min)
V = 덕트내 유속(m/sec)
D = 덕트 직경(m)

6. 압력손실의 산정

압력손실은 후드에서 흡입된 배기가스가 방지시설을 통하여 외부로 방출되는 동안에 기류가 가지고 있는 기계적 에너지가 덕트 내벽면으 마찰 또는 덕트 내벽면의 상태와 관의 모양(곡관, 관수축, 관확대등)에 의해 발생되는 손실을 총칭한다.

가. 원형 직관의 압력손실

1) 식에 의한 방법

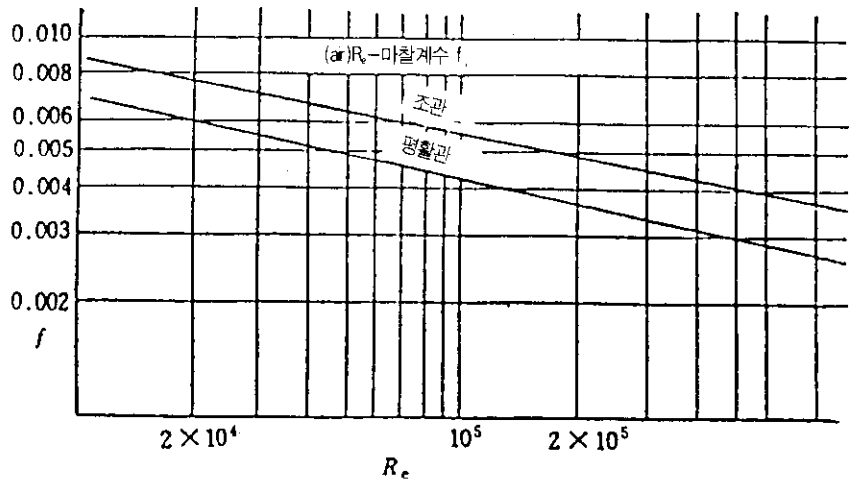
$$P = 4f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{ru^2}{2g} = 4f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot Pv$$

여기서 f = 마찰계수〔그림 1-1〕
ℓ = 관의 길이(m)
D = 관의 직경(m)
g = 중력가속도(m/sec^2)
r = 공기밀도(kg/m^3)
u = 유속(m/sec)
△P = 압력손실(mm.Aq)
Pv = 속도압(표 Ⅰ-3)

여기서, 마찰계수는 Reynold수의 함수로 나타내며, 〔그림 1-1〕은 이런 관계를 나타낸 것이다.

참고로, $R_e = \frac{V \cdot D}{\nu}$

R_e = Reynold수
ν = 동점성계수〔m^2/sec〕
V = 속도〔^{m}/sec〕
D = 직경(m)



〔그림 1-1〕 Reynold수와 마찰 계수와의 관계

〈표 1-2〉

속도변화에 따른 속도압-표준공기

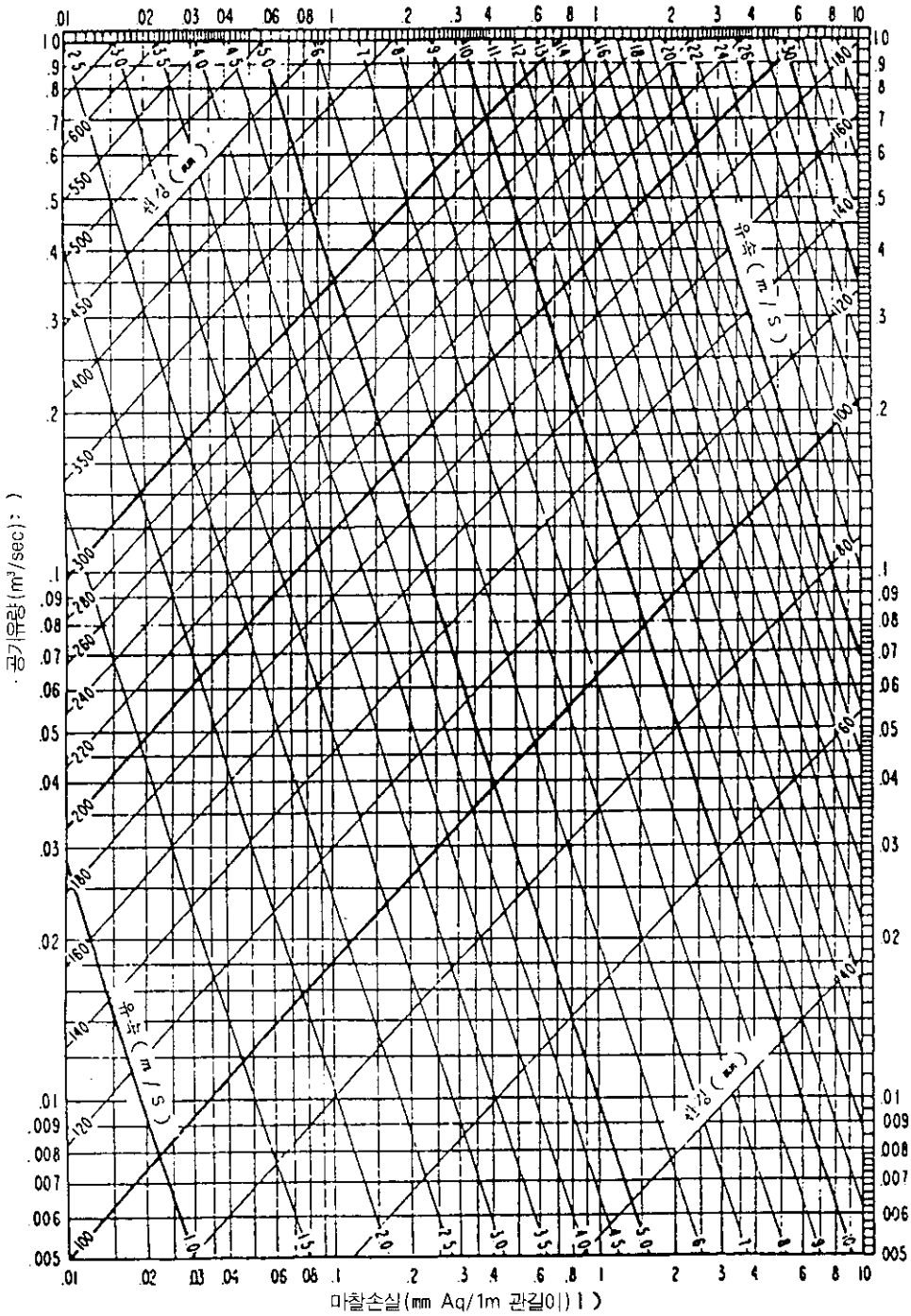
$V = 4.043\sqrt{VP}$

V = 속도(m/sec)
VP = 속도압(mmH₂O)

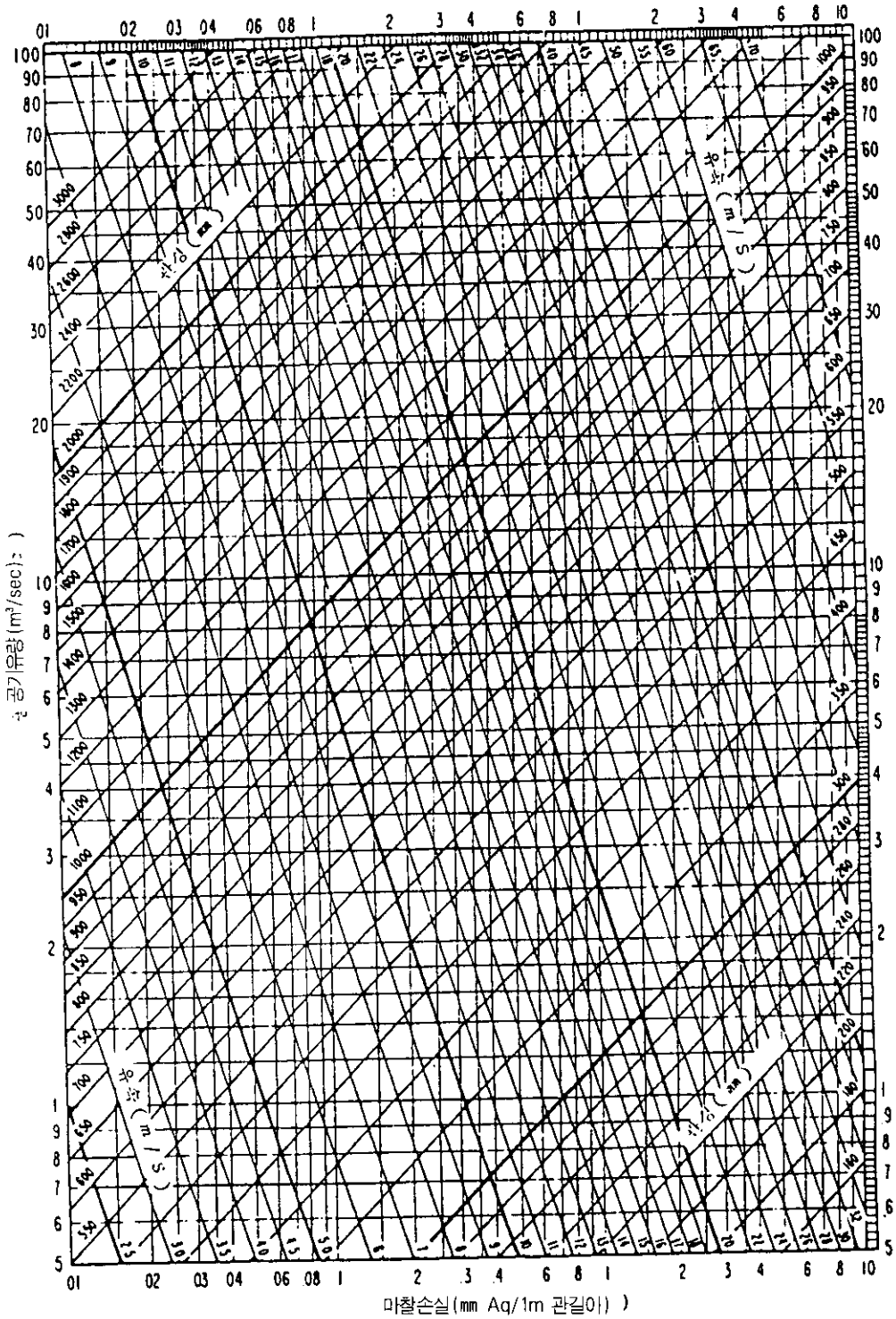
VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.1	1.28	5.1	9.13	11.0	13.41	61.0	31.58	111.0	42.59	161.0	51.30
0.2	1.81	5.2	9.22	12.0	14.00	62.0	31.83	112.0	42.79	162.0	51.46
0.3	2.21	5.3	9.31	13.0	14.58	63.0	32.09	113.0	42.98	163.0	51.62
0.4	2.56	5.4	9.39	14.0	15.13	64.0	32.34	114.0	43.17	164.0	51.77
0.5	2.86	5.5	9.48	15.0	15.66	65.0	32.59	115.0	43.35	165.0	51.93
0.6	3.13	5.6	9.57	16.0	16.17	66.0	32.84	116.0	43.54	166.0	52.09
0.7	3.38	5.7	9.65	17.0	16.67	67.0	33.09	117.0	43.73	167.0	52.24
0.8	3.62	5.8	9.74	18.0	17.15	68.0	33.34	118.0	43.92	168.0	52.40
0.9	3.84	5.9	9.82	19.0	17.62	69.0	33.58	119.0	44.10	169.0	52.56
1.0	4.04	6.0	9.90	20.0	18.08	70.0	33.82	120.0	44.29	170.0	52.71
1.1	4.24	6.1	9.99	21.0	18.53	71.0	34.07	121.0	44.47	171.0	52.87
1.2	4.43	6.2	10.07	22.0	18.96	72.0	34.30	122.0	44.65	172.0	53.02
1.3	4.61	6.3	10.15	23.0	19.39	73.0	34.54	123.0	44.84	173.0	53.18
1.4	4.78	6.4	10.23	24.0	19.81	74.0	34.78	124.0	45.02	174.0	53.33
1.5	4.95	6.5	10.31	25.0	20.21	75.0	35.01	125.0	45.20	175.0	53.48
1.6	5.11	6.6	10.39	26.0	20.61	76.0	35.24	126.0	45.38	176.0	53.63
1.7	5.27	6.7	10.46	27.0	21.01	77.0	35.48	127.0	45.56	177.0	53.79
1.8	5.42	6.8	10.54	28.0	21.39	78.0	35.71	128.0	45.74	178.0	53.94
1.9	5.57	6.9	10.62	29.0	21.77	79.0	35.93	129.0	45.92	179.0	54.09
2.0	5.72	7.0	10.70	30.0	22.14	80.0	36.16	130.0	46.10	180.0	54.24
2.1	5.86	7.1	10.77	31.0	22.51	81.0	36.39	131.0	46.27	181.0	54.39
2.2	6.00	7.2	10.85	32.0	22.87	82.0	36.61	132.0	46.45	182.0	54.54
2.3	6.13	7.3	10.92	33.0	23.22	83.0	36.83	133.0	46.62	183.0	54.69
2.4	6.26	7.4	11.00	34.0	23.57	84.0	37.05	134.0	46.80	184.0	54.84
2.5	6.39	7.5	11.07	35.0	23.92	85.0	37.27	135.0	46.97	185.0	54.99
2.6	6.52	7.6	11.15	36.0	24.26	86.0	37.49	136.0	47.15	186.0	55.14
2.7	6.64	7.7	11.22	37.0	24.59	87.0	37.71	137.0	47.32	187.0	55.28
2.8	6.76	7.8	11.29	38.0	24.92	88.0	37.93	138.0	47.49	188.0	55.43
2.9	6.88	7.9	11.36	39.0	25.25	89.0	38.14	139.0	47.66	189.0	55.58
3.0	7.00	8.0	11.43	40.0	25.57	90.0	38.35	140.0	47.84	190.0	55.73
3.1	7.12	8.1	11.51	41.0	25.89	91.0	38.57	141.0	48.01	200.0	57.17
3.2	7.23	8.2	11.58	42.0	26.20	92.0	38.78	142.0	48.18	210.0	58.59
3.3	7.34	8.3	11.65	43.0	26.51	93.0	38.99	143.0	48.35	220.0	59.96
3.4	7.45	8.4	11.72	44.0	26.82	94.0	39.20	144.0	48.51	230.0	61.31
3.5	7.56	8.5	11.79	45.0	27.12	95.0	39.40	145.0	48.68	240.0	62.63
3.6	7.67	8.6	11.86	46.0	27.42	96.0	39.61	146.0	48.85	250.0	63.92
3.7	7.78	8.7	11.92	47.0	27.72	97.0	39.82	147.0	49.02	260.0	65.19
3.8	7.88	8.8	11.99	48.0	28.01	98.0	40.02	148.0	49.18	270.0	66.43
3.9	7.98	8.9	12.06	49.0	28.30	99.0	40.23	149.0	49.35	280.0	67.65
4.0	8.09	9.0	12.13	50.0	28.59	100.0	40.43	150.0	49.51	290.0	68.85
4.1	8.19	9.1	12.20	51.0	28.87	101.0	40.63	151.0	49.68	300.0	70.02
4.2	8.29	9.2	12.26	52.0	29.15	102.0	40.83	152.0	49.84	310.0	71.18
4.3	8.38	9.3	12.33	53.0	29.43	103.0	41.03	153.0	50.01	320.0	72.32
4.4	8.48	9.4	12.40	54.0	29.71	104.0	41.23	154.0	50.17	330.0	73.44
4.5	8.58	9.5	12.46	55.0	29.98	105.0	41.43	155.0	50.33	340.0	74.55
4.6	8.67	9.6	12.53	56.0	30.25	106.0	41.62	156.0	50.40	350.0	75.63
4.7	8.76	9.7	12.59	57.0	30.52	107.0	41.82	157.0	50.66	360.0	76.71
4.8	8.86	9.8	12.66	58.0	30.79	108.0	42.01	158.0	50.82	370.0	77.77
4.9	8.95	9.9	12.72	59.0	31.05	109.0	42.21	159.0	50.98	380.0	78.81
5.0	9.04	10.	12.78	60.0	31.32	110.0	42.40	160.0	51.14	390.0	79.84

2) 그림에 의한 방법

그림 1-2는 관의 길이 1m당 압력손실과 유량, 송풍관, 직경, 유속관의 관계를 나타낸 것으로 이 그림에 의해 압력손실을 구할 수 있다.



〔그림 1-2〕 1m당의 마찰손실



〔그림 1-2〕 1m당의 마찰손실

나. 장방형 직관의 압력손실

장방형 직관의 압력손실은 장방형 관의 상당직경 〈표 1-3〉을 구한 다음 원형직관 압력손실 계산과 같은 방법으로 압력손실을 계산한다.

다음식은 상당직경을 구하는 공식이다.

$$D_{eq} = 1.3 \times 8\sqrt{\frac{(AB)^5}{(A+B)^2}} = 1.3 \times \frac{(A \times B)^{0.625}}{(A+B)^{0.25}}$$

여기서, D_{eq} = 상당 직경(m)

A = 장방형 닥트의 가로(m)

B = 장방형 닥트의 세로(m)

〈표 1-3〉

장방형 직관에 대한 상당직경 환산표

A \ B	4.0	4.5	5.0	5.5	5.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0
3.0	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
3.5	4.1	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.7	5.8	6.0	6.1	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.5	7.6	7.7
4.0	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.4	6.6	6.7	6.9	7.0	7.2	7.3	7.4	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.2	8.3
4.5	4.6	4.9	5.2	5.4	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.9	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	7.9	8.1	8.2	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8
5.0	4.9	5.2	5.5	5.7	6.0	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.8	8.0	8.1	8.3	8.4	8.6	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	9.4
5.5	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.5	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.7	8.9	9.0	9.2	9.3	9.5	9.6	9.8	9.9

A \ B	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	54.0	58.0	62.0	66.0	70.0	74.0	78.0	82.0	86.0	90.0
6.0	6.6																																							
7.0	7.1	7.7																																						
8.0	7.6	8.2	8.7																																					
9.0	8.0	8.7	9.3	9.8																																				
10.0	8.4	9.1	9.8	10.4	10.9																																			
11.0	8.8	9.5	10.2	10.9	11.5	12.0																																		
12.0	9.1	9.9	10.7	11.3	12.0	12.6	13.1																																	
13.0	9.5	10.3	11.1	11.8	12.4	13.1	13.7	14.2																																
14.0	9.8	10.7	11.5	12.2	12.9	13.5	14.2	14.7	15.3																															
15.0	10.1	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	14.6	15.3	15.8	16.4																														
16.0	10.4	11.3	12.2	13.0	13.7	14.4	15.1	15.7	16.4	16.9	17.5																													
17.0	10.7	11.6	12.5	13.4	14.1	14.9	15.6	16.2	16.8	17.4	18.0	18.6																												
18.0	11.0	11.9	12.9	13.7	14.5	15.3	16.0	16.7	17.3	17.9	18.5	19.1	19.7																											
19.0	11.2	12.2	13.2	14.1	14.9	15.7	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8																										
20.0	11.5	12.5	13.5	14.4	15.2	16.0	16.8	17.5	18.2	18.9	19.5	20.1	20.7	21.3	21.9																									
22.0	12.0	13.0	14.1	15.0	15.9	16.8	17.6	18.3	19.1	19.8	20.4	21.1	21.7	22.3	22.9	24.0																								
24.0	12.4	13.5	14.6	15.6	16.5	17.4	18.3	19.1	19.9	20.6	21.3	22.0	22.7	23.3	23.9	25.1	26.2																							
26.0	12.8	14.0	15.1	16.2	17.1	18.1	19.0	19.8	20.6	21.4	22.1	22.9	23.5	24.2	24.9	26.1	27.3	28.4																						
28.0	13.2	14.5	15.6	16.7	17.7	18.7	19.6	20.5	21.3	22.1	22.9	23.7	24.4	25.1	25.8	27.1	28.3	29.5	30.6																					
30.0	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3	20.2	21.1	22.0	22.9	23.7	24.4	25.2	25.9	26.6	28.0	29.3	30.5	31.7	32.8																				
32.0	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8	19.8	20.8	21.8	22.7	23.5	24.4	25.2	26.0	26.7	27.5	28.9	30.2	31.5	32.7	33.9	35.0																			
34.0	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.4	21.4	22.4	23.3	24.2	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	29.7	31.1	32.4	33.7	34.9	36.1	37.2																		
36.0	14.7	16.1	17.4	18.6	19.8	20.9	21.9	22.9	23.9	24.8	25.7	26.6	27.4	28.2	29.0	30.5	32.0	33.3	34.6	35.9	37.1	38.2	39.4																	
38.0	15.0	16.5	17.8	19.0	20.2	21.4	22.4	23.5	24.5	25.4	26.4	27.2	28.1	28.9	29.8	31.3	32.8	34.2	35.6	36.8	38.1	39.3	40.4	41.5																
40.0	15.3	16.8	18.2	19.5	20.7	21.8	22.9	24.0	25.0	26.0	27.0	27.9	28.8	29.6	30.5	32.1	33.6	35.1	36.4	37.8	39.0	40.3	41.5	42.6	43.7															
42.0	15.6	17.1	18.5	19.9	21.1	22.3	23.4	24.5	25.6	26.6	27.6	28.5	29.4	30.3	31.2	32.8	34.4	35.9	37.3	38.7	40.0	41.3	42.5	43.7	44.8	45.9														
44.0	15.9	17.5	18.9	20.3	21.5	22.7	23.9	25.0	26.1	27.1	28.1	29.1	30.0	30.9	31.8	33.5	35.1	36.7	38.1	39.5	40.9	42.2	43.5	44.7	45.8	47.0	48.1													
46.0	16.2	17.8	19.3	20.6	21.9	23.2	24.4	25.5	26.6	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.5	34.2	35.9	37.4	38.9	40.4	41.8	43.1	44.4	45.7	46.9	48.0	49.2	50.3												
48.0	16.5	18.1	19.6	21.0	22.3	23.6	24.8	26.0	27.1	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.1	34.9	36.6	38.2	39.7	41.2	42.6	44.0	45.3	46.6	47.9	49.1	50.2	51.4	52.5											
50.0	16.8	18.4	19.9	21.4	22.7	24.0	25.2	26.4	27.6	28.7	29.8	30.8	31.8	32.8	33.7	35.5	37.2	38.9	40.5	42.0	43.5	44.9	46.2	47.5	48.8	50.0	51.2	52.4	53.6	54.7										
54.0	17.3	19.0	20.6	22.0	23.5	24.8	26.1	27.3	28.5	29.7	30.8	31.8	32.9	33.9	34.9	36.8	38.6	40.3	41.9	43.5	45.1	46.5	48.0	49.3	50.7	52.0	53.2	54.4	55.6	56.8	59.0									
58.0	17.8	19.5	21.2	22.7	24.2	25.5	26.9	28.2	29.4	30.6	31.7	32.8	33.9	35.0	36.0	38.0	39.8	41.6	43.3	45.0	46.6	48.1	49.6	51.0	52.4	53.8	55.1	56.4	57.6	58.8	61.2	63.4								
62.0	18.3	20.1	21.7	23.3	24.8	26.3	27.6	28.9	30.2	31.5	32.6	33.8	34.9	36.0	37.1	39.1	41.0	42.9	44.7	46.4	48.0	49.6	51.2	52.7	54.1	55.5	56.9	58.2	59.5	60.8	63.2	65.5	67.8							
66.0	18.8	20.6	22.3	23.9	25.5	26.9	28.4	29.7	31.0	32.3	33.5	34.7	35.9	37.0	38.1	40.2	42.2	44.1	46.0	47.7	49.4	51.1	52.7	54.2	55.7	57.2	58.6	60.0	61.3	62.6	65.2	67.6	69.9	72.1						
70.0	19.2	21.1	22.8	24.5	26.1	27.6	29.1	30.4	31.8	33.1	34.4	35.6	36.8	37.9	39.1	41.2	43.3	45.3	47.2	49.0	50.8	52.5	54.1	55.7	57.3	58.8	60.3	61.7	63.1	64.4	67.1	69.6	72.0	74.3	76.5					
74.0	19.6	21.5	23.3	25.1	26.7	28.2	29.7	31.2	32.5	33.9	35.2	36.4	37.7	38.8	40.0	42.2	44.4	46.4	48.4	50.3	52.1	53.8	55.5	57.2	58.8	60.3	61.9	63.3	64.8	66.2	68.9	71.5	74.0	76.4	78.7	80.9				
78.0	20.0	22.0	23.8	25.6	27.3	28.8	30.4	31.8	33.3	34.6	36.0	37.2	38.5	39.7	40.9	43.2	45.4	47.5	49.5	51.4	53.3	55.1	56.9	58.6	60.2	61.8	63.4	64.9	66.4	67.9	70.6	73.3	75.9	78.4	80.7	83.0	85.3			
82.0	20.4	22.4	24.3	26.1	27.8	29.4	31.0	32.5	33.9	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.8	44.1	46.4	48.5	50.6	52.6	54.5	56.4	58.2	59.9	61.6	63.3	64.9	66.5	68.0	69.5	72.3	75.1	77.8	80.3	82.8	85.1	87.4	89.6		
86.0	20.8	22.9	24.8	26.6	28.3	30.0	31.6	33.1	34.6	36.1	37.4	38.8	40.1	41.4	42.6	45.0	47.3	49.6	51.7	53.7	55.7	57.6	59.4	61.2	63.0	64.7	66.3	67.9	69.5	71.0	74.0	76.8	79.6	82.2	84.7	87.1	89.5	91.8	94.0	
90.0	21.2	23.3	25.2	27.1	28.9	30.6	32.2	33.8	35.3	36.7	38.2	39.5	40.9	42.2	43.5	45.9	48.3	50.5	52.7	54.8	56.8	58.6	60.7	62.5	64.3	66.0	67.7	69.4	71.0	72.6	75.6	78.5	81.3	84.0	86.6	89.1	91.5	93.9	96.2	98.4

$$D_{equiv} = 1.3 \frac{(A \times B)^{0.625}}{(A + B)^{0.25}}$$

여기서

D_{equiv} = 장방형 직관에 대한 상당직경(in)

A = 장방형 닥트의 가로(in)

B = 장방형 닥트의 세로(in)

다. 곡관의 압력손실

곡관의 압력손실은 덕트의 크기, 모양, 속도, 관경과 곡률반경의 비(R/D), 그리고 곡관에 연결된 송풍관의 상태에 따라 달라지며, 원형곡관과 장방형곡관으로 나눌수 있다.

1) 원형곡관의 압력손실

원형곡관의 압력손실은 곡관의 반경비에 따른 압력손실계수를 〈표 1-4〉에서 구하여, 여기에 속도압을 곱하여 압력손실을 구하거나, 곡관에 대한 상당길이(Equvalent Length)를 구하여 원형직관의 압력손실로 구한다.

가) 곡관의 반경비와 압력손실계수에 의한 압력손실 계산

압력손실 △P와 압력손실계수 ζ는 다음과 같은 관계가 있다.

$$\zeta = \frac{\triangle P}{Pv}$$

$$\therefore \triangle P = \zeta \times Pv$$

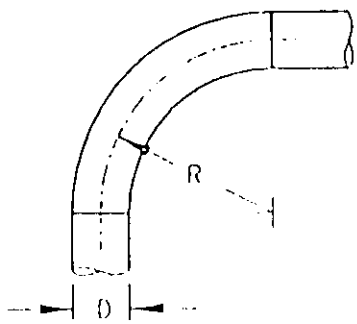
여기서, ζ = 압력손실계수

Pv = 속도압

△P = 압력손실(㎜ Aq)

〈표 1-4〉

곡관의 반경비와 압력손실 계수



R/D	$\zeta = \frac{\triangle P}{Pv}$
2.75	0.26
2.50	0.22
2.25	0.26
2.00	0.27
1.75	0.32
1.50	0.39
1.25	0.55

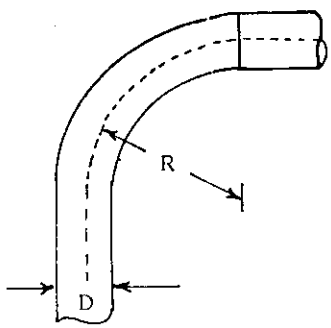
원형 ELBOWS

나) 상당 길이에 의한 압력손실

곡관에서 관경과 중심반경에 따른 상당길이(Equvalent Length) 〈표 1-5〉를 구하고, 이 길이에 대한 원형직관의 압력손실을 구하여 이 값을 원형곡관의 압력손실로 한다.

〈표 1-5〉

관경과 중심반경에 따른 상당길이(Feet)



〈표 1-5〉

관경	90° Elbow 중심반경(R)			60° Elbow (90°Elbow × 0.67)			45° Elbow (90°Elbow × 0.5)			30° Elbow (90°Elbow × 0.33)		
D	1.5D	2.0D	2.5D	1.5D	2.0D	2.5D	1.5D	2.0D	2.5D	1.5D	2.0D	2.5D
3〃	5	3	3	3.35	2.0	2.0	2.5	1.5	1.5	1.67	1	1
4〃	6	4	4	4	2.68	2.68	3	2	2	2	1.33	1.33
5〃	9	6	5	6	4	3.33	4.5	3	2.5	3	2	1.67
6〃	12	7	6	8	4.67	4	6	3.5	3	4	2.33	2
7〃	13	9	7	8.67	6	4.67	6.5	4.5	3.5	4.33	3	2.33
8〃	15	10	8	10	6.67	5.33	7.5	5	4	5	3.33	2.67
10〃	20	14	11	13.33	9.33	7.33	10	7	5.5	6.67	4.67	3.67
12〃	25	17	14	16.67	11.33	9.33	12.5	8.5	7	8.33	5.67	4.67
14〃	30	21	17	20	14	11.33	15	10.5	8.5	10	7	5.67
16〃	36	24	20	24	16	13.33	18	12	10	12	8	5.67
18〃	41	28	23	27.33	18.67	15.33	20.5	14	11.5	13.67	9.33	7.67
20〃	46	32	26	30.67	21.33	17.33	23	16	13	15.33	10.67	8.67
24〃	57	40	32	38	26.67	21.33	28.5	20	16	19	13.33	10.67
30〃	74	51	41	49.33	34	27.33	37	25.5	20.5	24.67	17	13.67
36〃	93	64	52	62	42.67	34.67	46.5	32	26	31	21.33	17.33
40〃	105	72	59	70	48	39.33	52.5	36	29.5	35	24	19.67
48〃	130	89	73	86.67	59.33	48.67	65	44.5	36.5	43.33	29.67	24.33

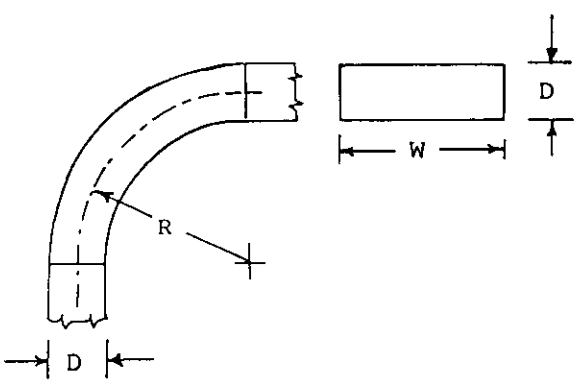
2) 장방형 곡관의 압력손실

장방형 곡관의 압력손실은 면비(W/D)와 반경비(R/D)에 따른 압력손실계수를 〈표 1-6〉에 의해 구하고 여기에 속도압을 곱하여 압력손실을 구한다.

$\triangle P = \zeta \times Pv$

〈표 1-6〉

장단면비와 반경비에 따른 압력손실 계수



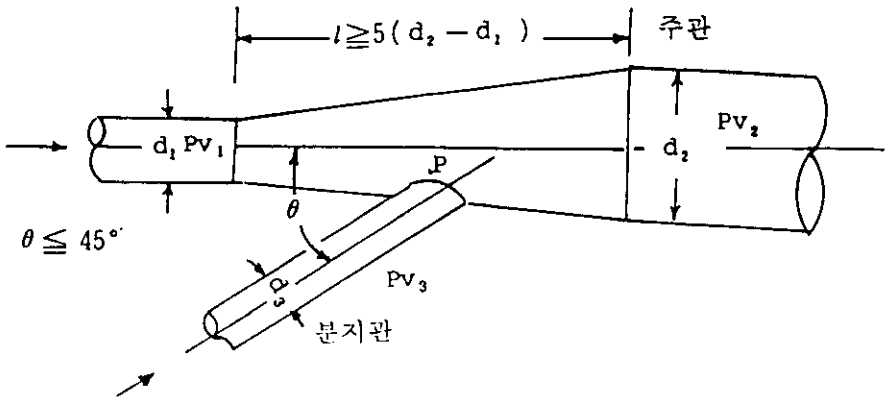
R/D \ 면비W/D (ζ)	ζ = △P/Pv					
	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
0.0(Mitre)	1.50	1.32	1.15	1.04	0.92	0.86
0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.84	0.79
1.0	0.45	0.28	0.21	0.21	0.20	0.19
1.5	0.28	0.18	0.31	0.13	0.12	1.12
2.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10
3.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10

SOUARE & RECTANGULAR ELBOWS

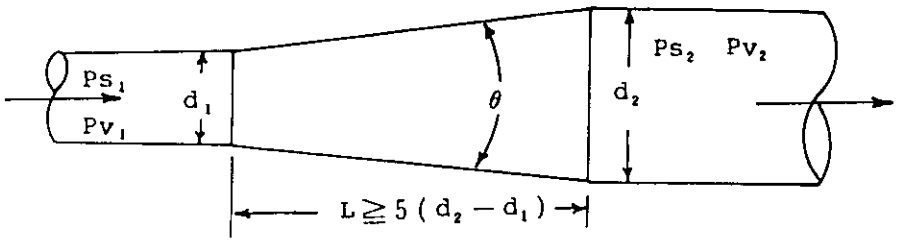
라. 합류관의 압력손실

합류관에서 합류점 P부분의 압력손실은 다음표 〈표 1-7〉에서 주관과 지관의 압력손실계수를 구하고, 이 계수에 속도압(Pv)를 곱하여 주관과 지관의 압력손실(△P)를 구해 두 값을 합산한다.

- 주관의 압력손실
  $\triangle P_1 = \zeta \times P_{v1}$
- 지관의 압력손실
  $\triangle P_2 = \zeta \times P_{v2}$
- 합류점의 압력손실
  $\triangle P = \triangle P_1 + \triangle P_2$



〔그림 1-3〕 합류관의 약도



〔그림 1-4〕 원형확대관의 약도

〈표 1-7〉

원형 합류관의 압력손실 계수

θ(각도)	기 닥 트	주 닥 트	θ(각도)	기닥트	주 닥 트
	$\zeta = \triangle P/Pv_2$	$\zeta = \triangle P/Pv_1$		$\zeta = \triangle P/P_{v2}$	$\zeta = \triangle P/P_{v1}$
10	0.06	0.2	40	0.25	0.2
15	0.09		45	0.28	
20	0.12		50	0.32	0.2
25	0.15		60	0.44	
30	0.81		90	1.00	0.7
35	0.21				

마. 확대 · 축소관의 압력손실

1) 확대관의 압력손실

〔그림 1-4〕와 같은 원형확대관의 압력손실(△P)과 정압회복량($P_{s2}-P_{s1}$)은 다음 〈표 1-8〉에 의하여 구한다.

속도압차 ($P_{v1}-P_{v2}$)중의 일부는 압력손실이 되고 그밖에는 정압회복량이 된다. 이를 수식화하면 다음과 같다.

$$P_{s2}-P_{s1} = (P_{v1}-P_{v2}) - \zeta(P_{v1}-P_{v2}) = \zeta^1(P_{v1}-P_{v2}) \quad \zeta^1 = (1-\zeta)$$

여기서, P_{s2} = 확대측의 정압(mmH₂O)
P_{s1} = 유입부의 정압(mmH₂O)

〈표 1-8〉

원형확대관의 압력손실계수

각 도(A °)	$\zeta \frac{\triangle P}{P_{v1}-P_{v2}}$	$\zeta' = \frac{P_{s2}-P_{s1}}{P_{v1}-P_{v2}}$ (정압회복계수)
5	0.17	0.83
7	0.22	0.78
10	0.28	0.27
15	0.37	0.63
20	0.44	0.56
25	0.51	0.49
30	0.58	0.42
35	0.65	0.35
40	0.72	0.28
45	0.80	0.20
50	0.87	0.13
55	0.93	0.07
60 이상	1.00	0.00

2) 축소관의 압력손실

〔그림 1-5〕와 같은 원형축소관의 압력손실(△P)은 다음 〈표 1-9〉에서 구한 압력손실계수에 속도압(P_v)를 곱하여 구한다.

$\triangle P = \zeta(P_{v2} - P_{v1})$

$P_{s2} - P_{s1} = -(P_{v2} - P_{v1}) - \zeta(P_{v2} - P_{v1})$

〈표 1-9〉

원형축소관의 압력손실계수

θ(도)	$\zeta = \triangle P / P_{v2} - P_{v1}$
5	0.04
10	0.05
20	0.06
30	0.08
40	0.10
50	0.11
60	0.13
90	0.20
120	0.30

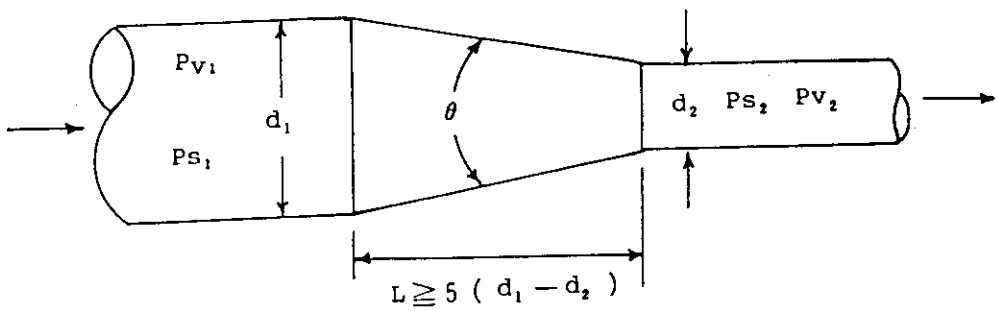
7. 송풍기 용량 결정(KW와 ℙ 표기)

송풍기 용량은 덕트의 압력손실과 방지시설의 압력손실을 더하여 총압력 손실을 구한후 다음 (식 1-1, 2)에 의하여 결정한다.

$$kw = \frac{Q \times P}{102 \times 60 \times \eta} \times \alpha \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (식\ 1-1)$$

$$\mathbb{P} = \frac{Q \times P}{75 \times 60 \times \eta} \times \alpha \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (식\ 1-2)$$

여기서, Q = 유량(m³/min)
P = 총압력손실(mmH₂O)
η = 송풍기 효율(50~70%)
α = 안전율(여유율 ≒ 1.2)



〔그림 1-5〕 원형축소관의 약도

〈표 1-10〉

덕트 설계표

속도압계 계산서식

(Velocity Pressure Method Calculation Sheet)

공 장 명 : _____ 위 도 : _____ 날 자 : _____

위 차 : _____ 온 도 : _____ 공장내배치도 : _____

작업부서 : _____ 요 인 : _____ 설계자 : _____

1	지관 또는 주관수									
2	유량 m^3/min									
3	슬로트	슬로트면적 m^2/min								
4	또는	슬로트 속도 m/min								
5	균질	슬로트 속도압 mmH_2O								
6	혼합	슬로트 유입손실								
7	손실의	가속계수 100Vp								
8	경우	균질혼합실 손실계수 항 6+7								
9		균질혼합실 SP : 항 5×8mmH_2O								
10	지관경 cm									
11	지관단면 m^2									
12	지관속도 m/min									
13	지관속도압(VP) mmH_2O									
14	직관의 길이 m									
15	직관의 압력손실 VP/30.48m									
16	직관손실계수 항 14×15/30.48									
17	후드유입구손실									
18	가속계수 1.00 VP									
19	엘보손실계수 : 엘보수×손실계수									
20	유입손실									
21	특수부속									
22	관내손실계수 항 16에서 21까지 합									
23	관정압손실 항 13×22mmH_2O									
24	기타손실									
25	지관 또는 주관손실 : 항 9+23+24mmH_{2O}									
26	연결부지배정압 mmH_2O									
27	교정유량 m^3/min									
	송풍기정압 = $SP_{out} + SP_{tm} - VP_{tm}$ = 41.66 + 5.08 + 12.19 + 85.09 + 7.1 − 25.4 = 125.73 송풍기정압(F_{mp}) = 125.73mmH_2O									
28	후드정압 항[9+13×(17+18)]mmH_2O									

장대형 PC斜張橋시공 效率化
新型 가설作業車 개발

가지마 건설(日本)

가지마社는 PC斜張橋 건설공사때 1회의 콘크리트打設로 종전의 2배 크기인 6~8m의 長大블록을 시공할 수 있는 고성능 新型 架設作業車 'FL웨건'을 실용화했다.

이는 本 斜材케이블을 이용, 시공블록을 밑에서 떠받쳐 매다는 下弦式으로 돼있는데 웨건자체가 가벼워 工事費절약 및 급속시공이 가능하다.

가지마社는 앞으로 10m이상의 大型블록을 시공할 수 있는 웨건도 개발, 갈수록 長大化되고 있는 PC사장교의 건설에 대비하기로 했다.

이번에 선을 보인 FL웨건은 거더型의 主桁斷面 형상에 적용할 수 있는 方式으로 돼있다.

이 方式은 凹字를 뒤집은 형태로 돼있는데 지금까지 PC사장교에 많이 사용돼온 상자형 斷面에 비해 시공효율이 뛰어난 것으로 평가됐다.

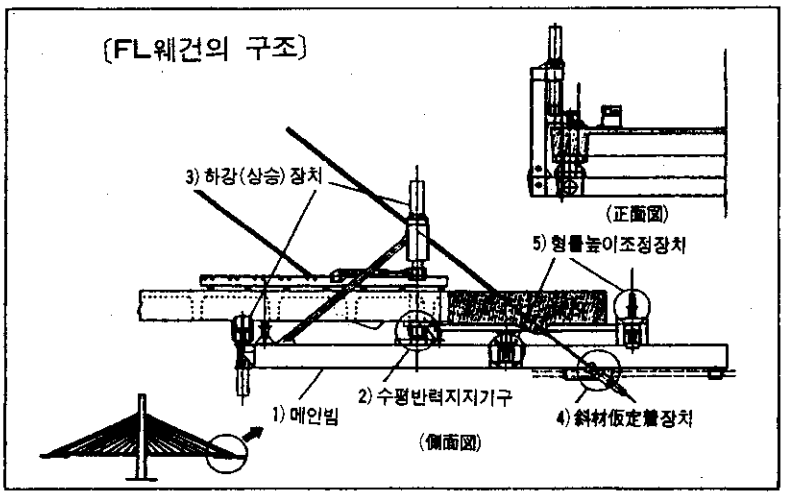
일반적인 PC斜張橋의 블록시공은 主塔쌓기와 병행해 架設작업차로 主桁을 시공하고 이어 斜材를 가설·긴장시키는 방법을 사용했다.

반면 FL웨건은 시공블록을 밑에서 떠받치고 웨건의 끝부분에 本斜材케이블을 假定着, 긴장시키도록 돼있다.

특히 FL웨건은 타설한 콘크리트를 既設블록으로 지지하는 종전 方式과는 달리 웨건끝부분의 本斜材와 既設블록으로 지지하기 때문에 웨건의 自重을 크게 경감시키고 콘크리트의 重量을 효율적으로 떠받칠 수가 있다.

이에 따라 종전의 웨건으로는 1회의 콘크리트打設로 3~4m밖에 블록을 시공하지 못했던 것을 6~8m로 약2배 크기의 長大블록을 시공할 수 있게 됐다.

뿐만아니라 本斜材를 이용, 경량화함에 따라 軀體부분의 應力도 저감시킬 수 있어 공사비도 크게



줄일 수가 있다.

이번에 FL웨건을 처음으로 적용키로 한 히로시마市 新渡橋는 2경간(支間 2×9.7m) 연속PC사장교로 전체폭 12.55m 주탑높이 58m의 규모이다.

가지마는 FL웨건을 사용함으로써 시공블록길이가 짧아 공정상 문제가 있는 것으로 알려져온 PC사장교를 신속히 시공할 수 있게 됐다고 밝혔다.

가지마는 앞으로 10m이상급의 대형블록에도 대응할 수 있는 웨건도 개발할 방침인데 신속시공과 省力化라는 관점에서 技術開發을 추진, 점점 長大化되고 있는 PC사장교의 시공성과 경제성을 향상시킬 계획이다.

PC블록으로 擁壁 구축

新井組 (日本)

프리캐스트 콘크리트블록으로 옹벽을 구축하는 新工法이 개발돼 관심을 모으고 있다.

日 아라이구미(新井組)는 木製형틀 대신에 프리캐스트 콘크리트블록을 사용해 옹벽을 쌓는 APG工法을 개발했다.

이 工法은 프리캐스트 콘크리트블록을 조립한 다음 內部로 콘크리트를 흘려 채우기만 하면 擁壁을 쌓을 수 있어 종전 工法에 비해 工期를 1/3~1/4로 단축하고 공비도 크게 절감할 수 있는 것으로 평가되고 있다.

또 이 工法은 콘크리트패널이 필요없음에 따라 건설폐기물의 발생도 크게 억제, 환경보호성이 뛰어난 것으로 알려지고 있다.

프리캐스트 콘크리트블록은 前面블록과 背面블록(표준형 및 모서리부분용 각각3종류), 이음블록으로 구성돼 있는데 두께는 모두 80mm이다.

이 工法의 시공은 높이 5m 길이 10m인 표준형으로 굴삭·바닥파기에 1일, 基礎자갈과 콘크리트 고르기에 1일, 크레인을 사용한 콘크리트블록조립과 콘크리트打設에 2일로 총 4일이면 가능하다.

APG工法은 외부에 비계를 설치하는 종전공법과는 달리 프리캐스트 콘크리트블록 內部에 비계를 설치하고 파이프를 통해 발판을 설치하므로 안정성 및 시공성이 뛰어나다고 밝혔다.

특히 APG工法은 전문기능공이 아닌 보통인부로도 시공이 가능하며 工期도 크게 단축할 수 있는데다 프리캐스트 콘크리트블록을 공장에서 제작함에 따라 옹벽의 마무리品質이 균일하다고 한다.

이밖에 이 工法은 옹벽표면의 컬러化 및 디자인化등에도 유연하게 대응할 수 있는 특징을 지니고 있다.

合理化, 省力化한 콘크리트 실용화

奧村組(日本)

일반적으로 콘크리트 공사는 형틀에 콘크리트를 타설한후 진동기 (vibrator)라고 불리는 진동봉에 의한 다짐작업이 필요하다. 진동기는 콘크리트를 형틀내에서 균일하고 조밀하게 충진시키고 철근과의 부착을 위하여 불가피한 것이지만 진동작업이 충분히 실시되었는지의 확인은 숙련된 기능공의 경험기 의존할수밖에 없는것이 현실이다. 그러나 숙련기능공의 부족함에 따라 충분으로 vibrating 작업이 이루어졌는지를 확인하는것에 매우 어려움이 있다.

일본의 오꾸무라구미(奧村組)社는 최근 콘크리트공사의 合理化, 省力化를 추진, 실용화가 기대되고 있는「진동이 필요없는 콘크리트」를 개발 실제 규모의 모형시험을 실시하였다.

오꾸무라꾸미社가 개발한 콘크리트는 진동을 하지 않아도 형틀내를 자연적으로 흘러 골고루 충진되므로 고품질의 콘크리트제품을 얻을 수 있으며 공사의 성력화도 도모할 수 있다. 콘크리트 타설을 쉽게하기 위해서 단순히 물이나 고성능 감수제를 첨가하는것 만으로는 콘크리트의 흐름이 곧 멈추어져 형틀의 구석구석까지 충진이 되지 않으며, 또 첨가제 분량이 너무 많으면 골재분리현상이 일어나기도 한다.

이상적인 유동화를 실현하기 위해서는 콘크리트의 유동초기의 저항력을 줄이고, 가능한한 멀리 흘러가게 하기 위해서는 적정한 점도를 유지할 필요가 있다. 이번에 실시한 현장시험은 아파트나 사무실을 가정한 가로 8.3m 세로 4.6m, 높이 3.4m의 실물크기 우 모델에 기둥, 보, 벽체, Slab, 그리고 개구부를 설치하고 콘크리트의 유동을 외부에서 직접 관할할 수 있도록 투명한형틀을 사용하였다. 철근량은 통상 배근보다 약 두배정도로 하였으며 사용된 콘크리트는 유동성을 얻기 위해서 추가로 석탄재, 고성능 감수제, 점성 증가제를 혼합하여 사용하였고 타설시험에서는 진동기를 사용하지 않았다.

그 결과 콘크리트는 철근의 주위나 형틀의 구석구석까지 충분히 도달하였으며 개구부의 하단을 포함한 전 부위를 충진시켰다. 콘크리트의 유동경사는 13 °정도이었으며, 1m 높이에서 타설하였을 때 횡방향으로 약 4m 정도 흘러갔다. 압축강도는 1주일 경과 후 300kg/cm², 약 1개월 경과 후450kg/cm²의 높은 강도를 얻을 수 있었다.

이중구조의 Sheet를 사용한 투수형틀공법

竹中(日本)

투수형틀 공법은 타설한 콘크리트의 유리수를 제거함으로서 콘크리트 표면의 물시멘트比를 낮추어 강도를 증가시킴과 동시에 공극을 제거, 중성화에 대한 내구성을 대폭 향상시키는 공법의 하나이다.

일본 다케나카(竹中)社는 도오레이, 다케나카토목과 공동으로 성력화 투수형틀 공법인 「Fitness Form」를 개발 실용화하였다.

이 공법은 콘크리트 형틀표면에 투수기능을 가진 Sheet인 「프레스텍스」를 내장재로 사용, 콘크리트 속의 기포나 잉여수분을 Sheet를 통하여 형틀 외부로 배출시키는 공법이다. 따라서 경화후 콘크리트 표면에 발생하기 쉬운 "곰보현상"을 줄이고 콘크리트를 치밀하게 하여 표면 강도 및 내구성의 향상을 도모하는 공법이다.

종래의 투수공법에서는 콘크리트 속의 기포나 잉여수분을 형틀 밖으로 배출시키기 위해서 형틀에 다수의 구멍을 만드는것이 필요하였으나 이 공법에서는 Sheet가 Filter층과 탈수층의 2층 구조로 되어있어 잉여수분이나 기포는 Sheet 내의 탈수층을 통하여 외부로 배출된다.

또 脫氣性이 우수하여 콘크리트 "곰보"의 원인이 되는, 타설시에 발생하는 기포가 없어져 매끄러운 표면을 얻을수 있다. 더우기 탈기성 뿐만아니라 탈수성도 우수하여 콘크리트 표면을 치밀하게 한다. 따라서 콘크리트 표면의 硬度가 향상되어 염해에 의한 중성화를 방지하여 내구성이 좋은 콘크리트 제품을 만들수있다.

Sheet부착방법은, 종래에는 공업용 스태플러로 부착하였으나 이 Sheet는 탈수층이 있기때문에 Sheet 이면에 점착가공을 하여도 탈수,탈기 기능은 손상되지 않아 그대로 형틀에 접착할 수 있다. 따라서 Sheet의 주름이나 들뜸이 거의 없으며, Sheet는 형틀에 접착시킬 수 있으므로 강제형틀에도 적용이 가능하다.

Sheet는 특수한 2층구조로 되어 있어 종래의 Sheet에 비하여 Filter층이 고밀도로 되어있으므로 시멘트 입자에 의한 막힘이나 콘크리트와 Sheet가 붙어버리는 경우가 없어서 5회 이상의 반복사용이 가능하여, 현장에서의 거푸집을 절감할 수 있다. 형틀의 탈형작업도 간단해 지며, 장기간 양생이 필요한 경우에도 용이하게 탈형할 수 있다. 또한 표면이 매우 양호하며 콘크리트의 경화 후에도 수분을 保持하는 성질을 가지고 있기 때문에 살수양생이 필요없다.

인공지반을 LIFT－UP 시킨 SD공법

清水건설(日本)

1960－70년대에 건설되었던 일본의 중, 고층 건물은 구조 설비가 노후화되어 개축이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 경기가 후퇴하고 있는 등 건축주에게는 사업에 착수하기가 어려운 여건과 도심지에서 개축공사를 하기 위해서는 건설 폐자재의 처리나 소음, 진동 문제등이 제기되어 최근 일본의 시미즈(清水)건설은 도심지의 중, 고층 건물 개축공사에 대폭적인 공기단축을 실현시킬 수 있는 공법인 「SPEEDY & DYNAMIC 공법(SD공법)」을 동경의 한 현장에 적용하여 인공지반의 Lift up 공사를 진행시키고 있다.

(1) 약 2시간에 저층부를 한번에 건설

SD 공법은, 기존건물의 지하부분은 그대로 남겨두고 새로 4개의 거대한 기둥과 이에 의해 지지되는 인공지반으로 구성된 건물의 저층 구조체를 구축하고 그 위에 빌딩을 건설하는 것이다. 지하부분의 해체공사를 실시하지 않음으로서 대폭적인 공기단축이 이루어 지며, 조기에 건물을 완공하거나 임대사업의 개시등 발주자측의 원활한 사업활동의 추진을 가능케 함과 동시에 해체 공사에 따른 폐기물의 발생이나 소음, 진동등의 공해문제도 발생되지 않는 공법이다.

이 공법을 도입함으로써, 특히 임대빌딩의 경우, 임대수입에 의한 공사비의 조기회수가 가능하여 사업채산성이 비약적으로 향상될 수 있다.

또한 공사비는 저층부분 구조체에 소요되는 비용 증가분이 지하부분 해체공사 불필요에 따른 감소분과 상쇄되어 재래공법과 동등수준의 공사비로 시공이 가능하다.

이 현장의 경우 인공지반이 건물의 4층부분에 상당하고 하부는 일반적인 중고층 빌딩 3층 정도 되는 대공간이며, 상부는 10층분의 임대 공간으로 되어있다. 지하부분에 남겨진 주차장은 개수공사를 실시하여 그대로 이용하고 있다. 공기는 재래공법으로 34개월이 소요되나 24개월로 단축되어 준공이 10개월 앞당겨지게 된다.

이번의 Lift up 공사는 지상에서 조립한 총중량 1,100톤 정도의 철골조 인공지반을 16대의 유압 Jack을 이용하여 약 2시간만에 지상 18m 까지 Lift up하여 건물의 저층부분 구조체를 완성시켰다.

작업공정은 먼저 직경 5m, 길이 11.5m 의 4개의 큰 Pile을 지하 25m까지 구축후 각각의 Pile 상부에 가로, 세로 2.4m 길이 25m의 철근철골 콘크리트 기둥을 지상 18m 높이까지 세우고 이 Pile과 SRC 기둥을 지하에서 거대한 지중보에 의해 연결시킨다.

그리고 면적 1,300m2 높이 6.5m 총중량 1,100톤의 철골조 인공지반을 지상면에서 조립한다.

조립한 인공지반은 16대의 유압 Jack에 의해 지상 18m 까지 Lift up 시키고, SRC 기둥의 최상부에 설치한다. Lift up은 유압 Jack을 중앙감시실의 Digital 표시판에 연결하여 1분간에 7.5cm의 속도로 상승하도록 Jack의 출력을 조정하면서 실시하며 Lift up 후에는 통상의 공사와 같이 건물을 시공한다.