

목 차

■ 기술자료	■ 매스콘크리트의 온도균열 제어 대책	사능-호평도로 최대규	1
	■ CM 제도의 도입과 대응방안	건축지원소팀 하춘태	14
	■ SOIL NAILING에 대하여	기술연구팀 조성용	28
	■ 건물의 결로에 대해서	기술연구팀 박정우	42
	■ 연약지반 성토공사에서의 장래 침하예측과 안정관리 기법	기술연구소팀 한선진	54
■ 시공사례	■ 통영대교 건설공사현장	현장소장 남궁 경	64
■ 기술단신	■ 지적재산권 등록 및 출원		76
	■ 혼동하여 사용하기 쉬운 용어		82

매스콘크리트의 온도균열 제어방법

사능-호평도로현장 토목차장 최대규

1. 서 론

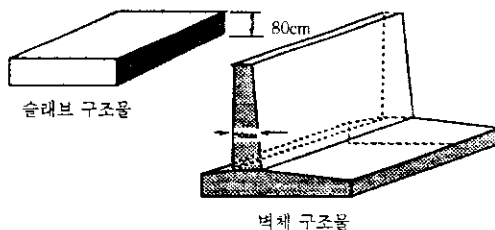
콘크리트에 발생하는 균열은 설계·시공·사용단계에서의 결함으로 인하여 콘크리트구조물에 균열이 발생하게 된다. 균열발생 원인을 각 단계별로 보면 설계단계에서는 부적합한 철근배근과 하중계산 잘못 등이 있고, 시공단계에서는 가수와 부적합한 재료의 선정 및 양생부족 등이 있고, 유지관리단계에서는 초과하중 등이 있으며 기타 원인으로는 화재에 의한 균열, 수화열에 의한 균열, 침하균열 등이 있다. 최근에는 콘크리트 구조물의 대형화 및 시공방법의 발전으로 대량급속시공의 증가로 수화열에 의한 온도응력으로 인한 균열이 문제점으로 등장하고 있다.

이러한 원인을 사전에 예방하기 위해서는 각 단계별 세밀한 검토가 필요하다. 본 내용에서는 온도균열의 원인 및 대책에 대하여 기존자료를 중심으로 소개하고자 한다.

2. 매스콘크리트와 수화열

2.1 매스콘크리트

구조물의 부재치수는 일률적으로 정하기는 어렵지만, 대체적으로 넓이가 넓은 슬래브에서는 두께 80 ~ 100cm 이상, 하단이 구속된 벽에서는 두께 50cm 이상의 콘크리트 구조물에 타설되는 콘크리트를 말한다. 그러나 프리스트레스트 콘크리트 구조물 등 부배합의 콘크리트에 쓰이는 경우에는 더 얇은 부재라도 구속조건에 따라 매스콘크리트의 규정에 따라 시공하여야 한다.



<그림 2-1> 매스콘크리트의 정의

2.2 수화열

포틀랜드 시멘트를 만드는 원료인 석회석, 점토, 규석, 산화철 등은 분쇄 또는 혼합한 후, 물과 혼합하여도 반응은 일어나지 않는다. 이는 시멘트가 활성상태에 놓여 있지 않기 때문이다. 시멘트의 활성상태는 이들 원료를 1,450 ~ 1,500℃의 고온으로 소성하면 시멘트 크랑커가 450cal/g의 열에너지를 얻게 되고 시멘트는 활성상태로 놓이게 된다. 활성상태에서 시멘트에 물을 부어서 자극을 주면 화학반응하여 120kcal/kg 정도의 열이 발생한다. 이때에 발생하는 열을 수화열이라 한다. 따라서 콘크리트는 열전도율이 상대적으로 작기 때문에 매스콘크리트에서의 수화열은 내부온도를 상승시키게 된다.

일반적으로 콘크리트의 열이 빠져나가는 시간은 보통 15cm 두께의 콘크리트 벽이 열적으로 안정된 상태에 도달 할 때까지 약 1.5시간이 소요되며, 150cm 두께의 벽은 약 7일 정도가 1,500cm 두께의 벽은 약 2년이 소요되는 것으로 알려지고 있다.

3. 온도균열의 원인과 특징

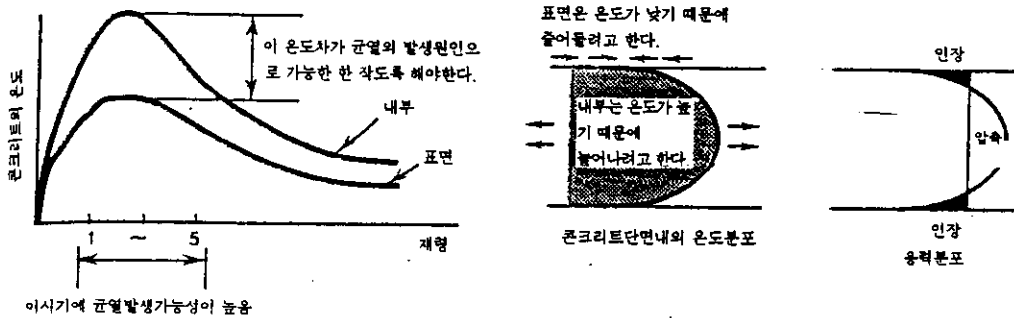
3.1 내부구속 응력에 의한 균열

매스콘크리트의 온도균열 발생원인은 내부구속에 의한 것과 외부구속에 의한 것이 있다. 내부구속균열은 콘크리트의 내부와 표면과의 온도가 다른 것에 의해 생기는 것으로서 <그림 3-1>에서 보는 바와 같이 시멘트의 수화열에 의해 콘크리트의 내부는 온도가 높아지지만 표면은 바깥공기에 의해 식혀지고, 이 온도차가 균열의 원인이 된다. 즉 상대적으로 온도가 낮은 표면 부분의 콘크리트가 수축하려고 하는 것을 상대적으로 온도가 높은 내부의 콘크리트가 구속되어 표면부에 인장응력이 작용하여 균열이 발생한다. 이 균열은 0.1 ~ 0.3mm정도이며 규칙성이 없다.

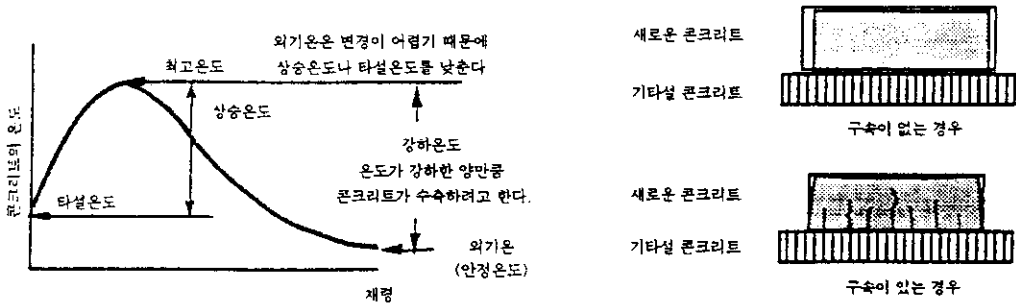
3.2 외부구속 응력에 의한 균열

외부구속에 의한 균열은 타설한 열변형이 지반 또는 기 타설한 콘크리트에 의해 구속되어 발생한다. <그림 3-2>와 같이 타설된 콘크리트는 온도가 최고에 도달한 후에 최종적으로 외기 온도와 같을 때까지 온도가 내려간다. 이 온도강하에 의해 콘크리트의 체적은 수축하지만 이것이 하층의 콘크리트 혹은 지반에 구속되

어 외부구속균열이 발생하게 된다. 외부구속균열은 균열의 폭이 0.2 ~ 0.5mm 혹은 그 이상이 되고 많은 경우에는 세로로 곧장 뻗은 관통균열이 발생한다.



<그림 3-1> 내부구속응력의 발생기구



<그림 3-2> 외부구속응력의 발생기구

[표 3.1] 온도균열의 발생위치 및 시기

지배응력	균열발생위치	균열발생시기
내부구속응력이 탁월한 경우	표면에 분산해서 발생	1~ 3일
내부구속응력과 외부구속응력이 공존	표면에 분산 또는 구조물 관통	8~15일
외부구속응력이 탁월한 경우	구조물 관통	15일 이후

4. 온도균열발생의 검토

4.1 기왕의 실적에 의한 평가

중요성이 낮은 구조물, 높이가 낮은 옹벽 등은 이제까지 수많은 시공 경험에서 문제가 없었던 사실이 인정되는 구조물 및 중요성이 큰 구조물이라도 철도나 도로의 철근콘크리트 고가교 등과 같은 종류의 구조물이 수없이 많이 시공되어 있고, 시공되는 구조물이 기왕의 조건하에 이루어질 때 균열이 발생하지 않는다는 사실이 인정되는 경우에는 특별히 검토를 하지 않아도 된다.

4.2 온도균열 지수에 의한 평가

온도균열 지수에 의한 평가는 다음식으로 표시하는 콘크리트의 강도와 응력의 비로서 구하는 것이 원칙이나 이 방법이 여러가지 조건 검토가 필요하고, 다소 구하기가 어려우므로 간이법을 쓰는 경우가 있다.

$$\text{온도균열지수 } I_{\sigma}(t) = \sigma_1(t) / \sigma_x(t)$$

여기서 $\sigma_1(t)$: 재령 t일에서의 수화열에 의하여 생긴 부재내부의 온도응력 최대값

$\sigma_x(t)$: 재령 t일에서의 콘크리트의 인장강도로서, 재령 및 양생온도를 고려하여 구함.

4.2.1 간이법

1) 온도만으로 구하는 온도균열지수

온도균열지수가 클수록 균열이 생기기 어렵고, 값이 작을수록 균열이 생기기 쉽다. 일반적으로 온도균열지수가 작으면 발생하는 균열도 수도 많고 균열폭도 크게 되는 경향이 있다.

가) 내부구속응력이 지배적인 경우

$$\text{온도균열지수} = 15 / \Delta T_i$$

나) 외부구속응력이 지배적인 경우 (<그림 4-1> 참조)

$$\text{온도균열지수} = 10 / (R \cdot \Delta T_o)$$

여기서 ΔT_i : 내부온도가 최고일 때의 내부의 표면과의 온도차 (°C)

ΔT_o : 부재평균최고온도와 외기온도와 균형시의 차이 (°C)

R : 외부구속의 정도를 표시하는 계수로서 다음과 같다.

비교적 연한 암반 위에 콘크리트를 칠 때 : 0.5

중간정도의 경도를 받는 암반 위에 콘크리트를 칠 때 : 0.65

경암 위에 콘크리트를 칠 때 : 0.8

이미 경화된 콘크리트 위에 칠 때 : 0.6

2) 온도 및 탄성계수 등으로 구하는 온도균열지수

가) 내부구속응력이 지배적인 경우

$$\sigma_1 = 2/3 \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T > \sigma_{ca} : \text{균열발생}$$

E : 탄성계수 ($15,000\sqrt{\sigma_{ck}}$ kg/cm²)

α : 열팽창계수 ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

ΔT : 내외부온도차 ($^{\circ}\text{C}$)

σ_1 : 내부구속응력 (kg/cm²)

σ_{ca} : 콘크리트인장강도 ($0.4\sigma_{ck}$ kg/cm²)

나) 외부구속응력이 지배적인 경우

$$\sigma_2 = R \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T > \sigma_{ca} : \text{균열발생}$$

R : 구속도

E : 탄성계수 ($15,000\sqrt{\sigma_{ck}}$ kg/cm²)

α : 열팽창계수 ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

ΔT : 부착된 지점에서의 온도변화 ($^{\circ}\text{C}$)

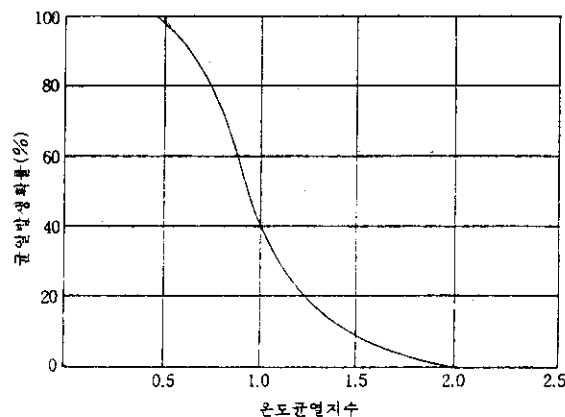
σ_2 : 외부구속응력 (kg/cm²)

σ_{ca} : 콘크리트인장강도 ($0.4\sigma_{ck}$ kg/cm²)

균열을 방지할 경우 : 1.5 이상

균열발생을 제한할 경우 : 1.2 이상 1.5 미만

유해한 균열발생을 제한할 경우 : 0.7 이상 1.2 미만

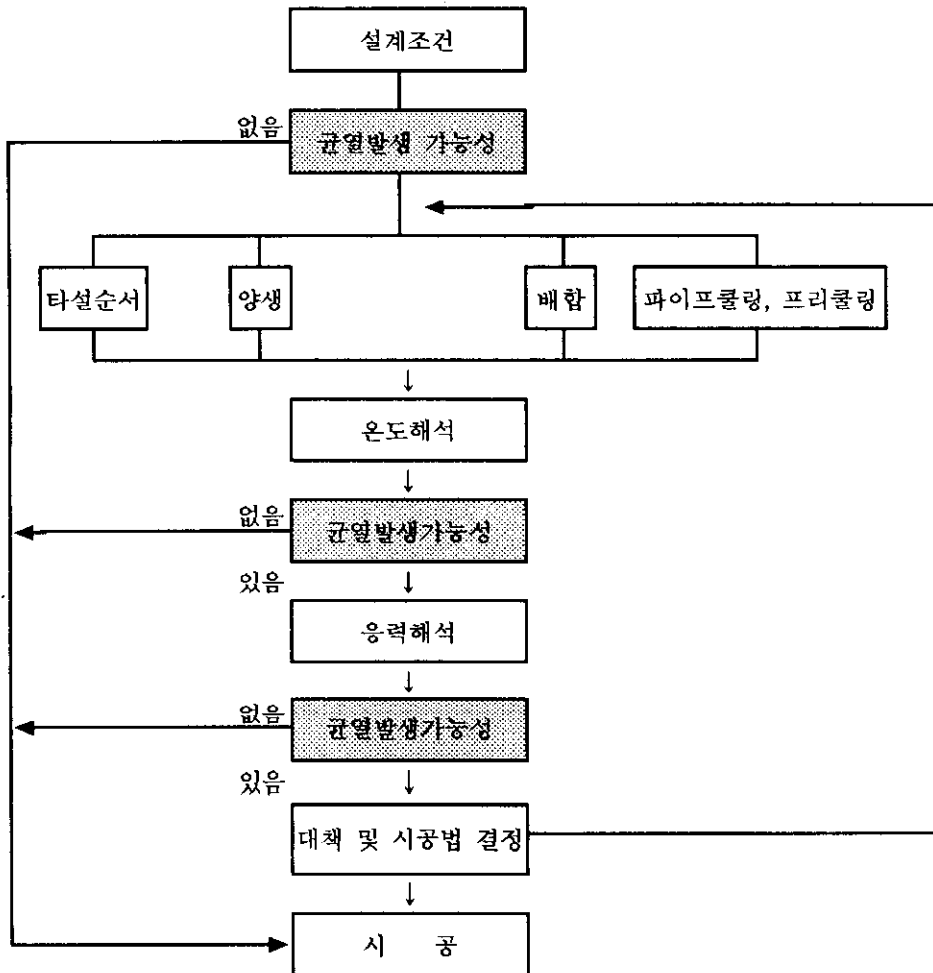


<그림 4-1> 온도균열지수와 발생확률

4.2.2 수치해석법

온도균열지수를 산출하기 위해서는 온도해석과 온도응력해석 등 2단계로 이루어진다. 일반적으로 온도해석은 수화열에 기인하는 콘크리트의 발열특성, 타설온도, 외기온 등이며 온도응력해석은 온도해석에서 구해진 온도분포에 선팡창계수와 탄성계수를 곱하여 응력을 구하는 것이다.

<그림 4-2>는 온도응력해석순서를 나타낸 것이다. 이러한 온도응력해석의 수치적인 방법에는 유한요소법, 슈미트법, CP(Compensation Plane)법, CL(Compensation Line)법 등이 있다.



<그림 4-2> 온도응력해석의 순서

[표 4.1] 온도해석방법

분류	온도해석방법	적용범위	특징
엄밀해석	Boulder법	1~3차원 문제	발열이 고려되지 않음. 장기적인 온도상태를 해석하는데 계산이 간단함
	McHenry법	1차원문제	발열이 고려됨. 급수해로 주어지므로 계산이 간단함. 경계조건이 $x=0$ 에서 $\theta=0$ 이므로 표면온도의 해석 정밀도가 낮음
도식해법	Glover법	1차원문제	도식해법. 해석결과에 편차가 큼.
수치해법	Schmidt법	1~3차원 문제	계산이 간단하여 널리 사용됨. 경계조건이 충분히 고려되지 않음. 당사 영종도 신공함 연육교에서 사용되고 있음
	Carlson법	1차원 문제	계산이 간단하여 널리 사용됨. 경계조건이 충분히 고려되지 않음.
	유한차분법(FDM)	1~3차원 문제	적용범위가 넓고 경계조건도 거의 고려가 간단함.
	유한요소법(FEM)	1~3차원 문제	적용범위가 넓고, 거의 모든 문제의 해결이 가능함. 계산이 많음.

5. 온도균열의 제어

일반적으로 온도균열을 제어하는 방법에는 콘크리트 타설전, 타설시, 타설후로 나눌 수 있다. 콘크리트 타설전 제어방법으로는 재료의 냉각, 혼화재료 사용, 타설 시간 등을 들 수 있고 콘크리트 타설후 제어 방법으로는 적절한 양생방법과 균열 유발줄눈 설치방법이 있다.

5.1 프리쿨링(Pre - Cooling)에 의한 방법

서중콘크리트 타설시 콘크리트의 온도가 통상 35℃이하로 하며, 가능한 한 콘크리트온도가 30℃이하가 되도록 한다.

콘크리트의 온도를 사전에 저감하는 방법으로는 일반적으로

- 1) 골재 저장소에 직사량이 닿지 않도록 방호한다.
- 2) 저열시멘트를 사용한다.
- 3) 굵은골재에 살수한다.
- 4) 기온이 낮은 시간에 콘크리트를 타설한다.
- 5) 배합수로는 가능한 한 저온의 물을 사용한다.
- 6) 지연형 유동화제 등을 사용한다.

[표 5.1] 매스콘크리트 온도균열제어 대책

목적	대			책	적용성
콘크리트 온도저감	시멘트량 저감	단위수량 감소	슬럼프저감	◎	
			조골재 최대치수 증대	○	
			세골재율 저감	○	
			감수제 사용	◎	
			유동화제 사용	◎	
		설계기준강도 저감			◎
	저열시멘트 사용	설계재령 늘림			◎
	타설온도 저감	하절기 타설지양			×
		주간 타설지양			×
		사전 냉각실시			◎
동절기 시공			○		
타설두께저감				◎	
강제온도 저감	파이프쿨링 실시			○	
온도응력 완화	외부구속도 저감	블럭치수줄임	컨트롤 조인트 설치	◎	
			수축·신축이음간격줄임	◎	
	신구콘크리트온도차 감소	타설간격줄임			×
		구 콘크리트 온도 증가			○
	부재내외의 온도차 감소	보온 양생 실시	보온 거꾸집 사용	◎	
			부재 표면 열선 설치	○	
			표면 살수	○	
			단열재 사용	○	
양생기간 늘림			○		
저항력 증대	프리스트레스트	팽창제 사용			○
		기계적 프리스트레스 채택			○
	철근간격 조절				◎
	인장저항력 증대	수지보강			○
섬유보강		강섬유·유리섬유사용			○

◎ : 우수 ○ : 보통 × : 열등

[표 5.2] 각 재료가 콘크리트온도에 미치는 영향

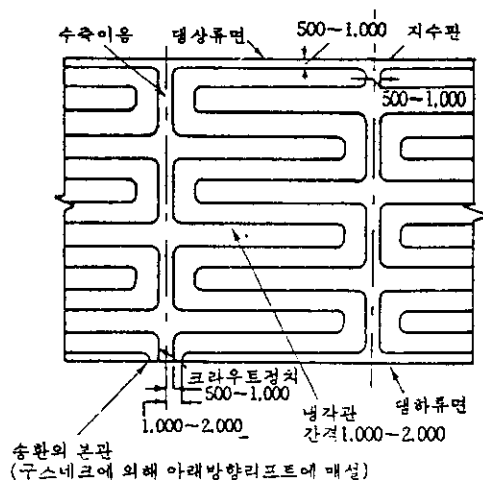
구 분	재료의 온도	콘크리트에 미치는 온도
시 멘 트	± 8℃	± 1℃
골 재	± 2℃	± 1℃
물	± 4℃	± 1℃

[표 5.3] 재료의 냉각방법

냉각단계	냉각대상	냉각수단			
		냉수	얼음	냉풍	액화질소
혼합전 재료의 냉각	물	○			
	일부 또는 전체를 얼음으로 대체		○		
	모래	○		○	○
	자갈	○		○	○
	시멘트			○	○
혼합시 콘크리트의 냉각	콘크리트				○
혼합후 콘크리트의 냉각	콘크리트			○	○

5.2 파이프쿨링(Pipe - Cooling)에 의한 방법

파이프쿨링은 새로운 콘크리트를 치기전 냉각관을 수평으로 배치하고 그 속에 냉각수 또는 자연하천수, 해수, 액화질소 등을 통하게 하여 수화열을 저감시키는 방법이다. 냉각관은 보통 직경 25mm정도의 강관을 사용하며, 콘크리트의 강도특성 및 열적특성 등을 고려하여 관의 지름 및 간격, 통수량, 통수의 시기 등을 결정한다. 일반적으로 댐 콘크리트에서는 냉각관 1코일의 길이는 200 ~ 300m이고, 통수량은 1코일당 13 ~ 15 ℓ/분 정도가 일반적이며, 냉각관의 표준간격은 1.5m정도이며, 통수기간은 통상 2 ~ 4주 정도이다.



<그림 5-1> 댐의 경우 냉각관 표준배치도 단위(mm)

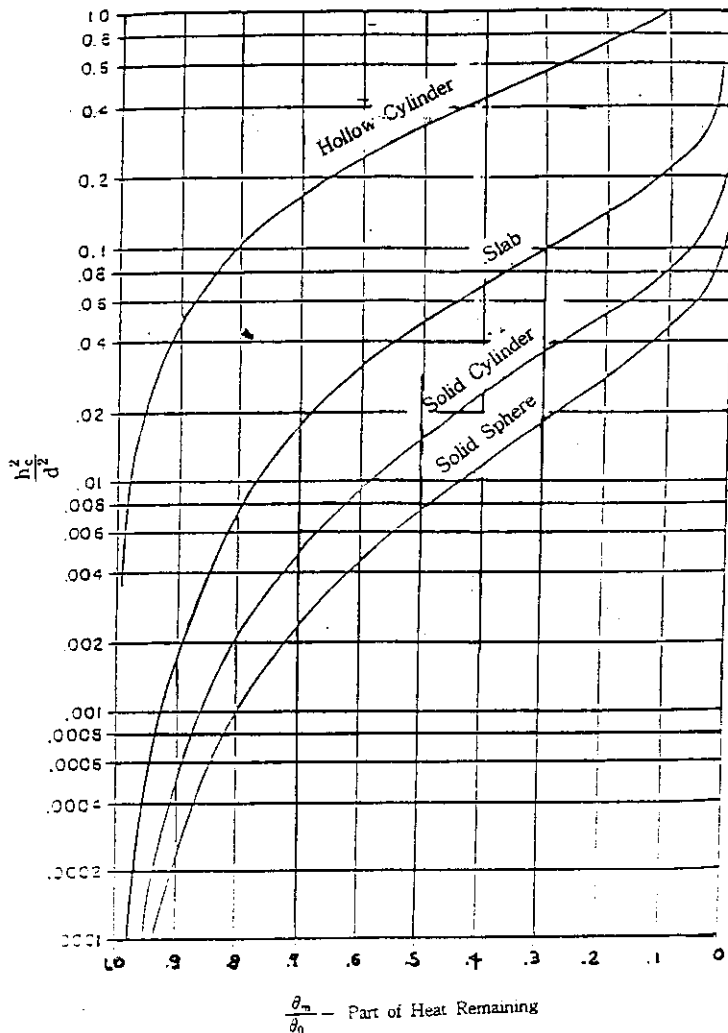
5.2.1 파이프쿨링(Pipe - Cooling)에 의한 냉각관 배치간격 계산 예

1) 조 건

- 콘크리트타설두께 : 200cm
- 중심부 최고상승온도 : 40℃
- 콘크리트 타설온도 : 19℃
- 콘크리트 중심부 최고온도 : 59℃
- 대기온도 : 25℃
- 부재내외부 온도차 : 34℃
- 파이프쿨링 기간 : 14일
- 콘크리트 부재내 목표온도 : 30℃
- 냉각수온도 : 15℃

2) 배치간격 계산예

냉각관 결정을 하기 위하여 ACI 207.1R에서 제시한 Hollow Cylinder 곡선을 이용한다(<그림 5-2> 참조).



<그림 5-2> 부재에서의 열손실

- 열확산율(hc^2) : 0.003 ~ 0.004m²/h임.

여기서는 0.004m²/h로 본다. 따라서 0.096m²/day임

- 초기온도차 (θ_0) = 콘크리트중심부 최고온도(59℃) - 냉각수온도(15℃) = 15℃
- 최종온도차 (θ_m) = 콘크리트부재내 목표온도(30℃) - 냉각수온도(15℃) = 44℃
- $\theta_m / \theta_0 = 15℃/44℃ = 0.34$ <그림 5-2>로부터

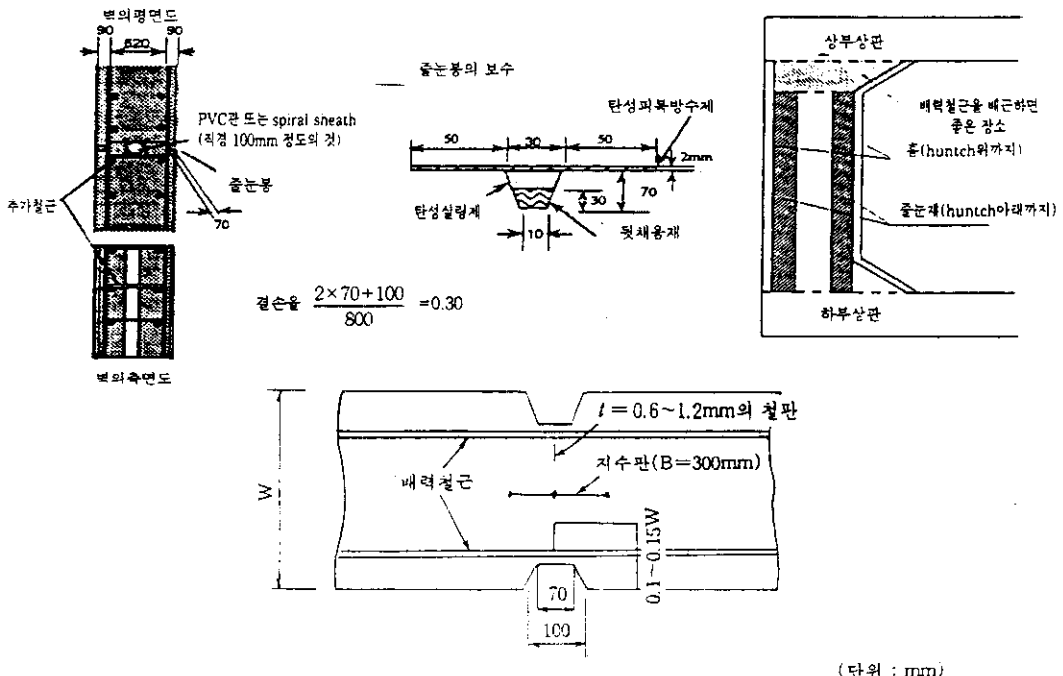
$$\therefore hc^2 / D^2 = 0.51 \quad \therefore D^2 = hc^2 / 0.51 = (0.096m^2/day \times 14day) / 0.51 = 2.63m^2$$

$$\therefore \text{냉각관 간격}(\ell) = \sqrt{\pi \times D^2 / 4} = \sqrt{\pi \times 2.63 / 4} = 1.43m$$

냉각관의 배치간격은 1.43m 이나 콘크리트타설 두께를 고려하여 1.0m 간격으로 배치함.

5.3 균열유발줄눈 설치

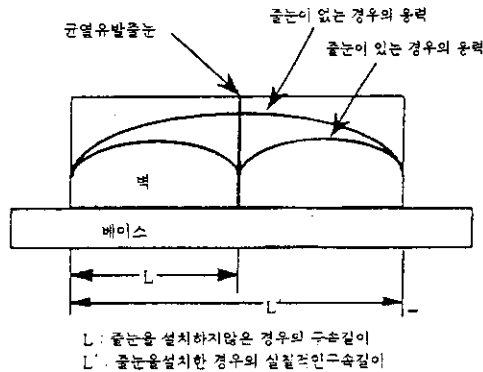
온도균열을 재료 또는 배합으로 방지하기 어려운 경우 인위적으로 일정한 간격으로 단면감소개소를 만들어 그 부분에 균열을 유발시켜 타 부분에 균열발생을 방지할 목적 및 균열의 보수를 쉽게 하기 위하여 설치한다. 보통 타설높이의 1.5 ~ 2.0배와 균열유발 줄눈은 4 ~ 5m정도로 설치한다. 단면감소율은 20% 이상 할 필요가 있고, 보통 30%정도가 적절하다.



<그림 5-3> 균열유발줄눈 설치예

5.4 콘크리트 양생시 유의사항

- 1) 거푸집에 이용되는 재료의 선정 및 탈형시기, 부재의 표면부근 온도 경사가 커지지 않도록 배려한다.
- 2) 콘크리트 타설후에는 직사광선, 바람, 급격한 건조 및 한기에 대하여 보호한다.
- 3) 부재의 내외부의 온도차가 급격히 변하지 않도록 조치한다.



<그림 5-4> 벽의 길이방향의 인장응력 분포

6. 맺음말

온도균열에 대한 대책은 기존에는 댐 콘크리트에 국한되어 왔으나, 근래에는 구조물의 대형화로 교량, 대형건물 등에도 온도균열에 대한 균열 억제대책의 요구가 많아지고 있는 추세이다. 일반적으로 현장에서 비교적 쉽게 할 수 있는 온도균열 억제방법은 배합비 조정, 사전재료의 냉각, 보온거푸집이나 양생시트 등을 덮어 급격한 온도감소를 줄여 주는 방법이 있다.

콘크리트 구조물에 발생하는 균열은 구조물의 내구성에 미치는 영향이 크므로 이에 대한 대책이 필요하고 또한 매스콘크리트로 적용되는 구조물은 일반콘크리트 구조물과 달리 수화열에 의한 온도응력으로 균열이 발생하므로 이를 억제하기 위해서는 사전에 충분한 대책을 수립하여 구조물 시공에 임하여야 할 것이다.

[표 5.4] 균열보수방법

종 류		시 공 방 법
표면처리 공법 (균열폭이 0.2mm 이하)	균열이 정 지한 경우	균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어브러쉬로 닦아낸 후 폴 리머 시멘트 페이스트나 모르터(두께2mm정도)로 도포. 이 공법 균열내부를 처리할 수 없음.
	균열이 진행되는 경우	균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어브러쉬로 닦아낸 후 균 열선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프 중심 으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm로 시일재로 도포. 이때에 사용하는 재료는 변형성, 신장성이 큰 재료를 사용함.
주입공법 (균열폭이 0.2 ~ 1mm정도)		균열내부에 파이프를 설치하여 에폭시 수지를 주입, 균열이 진 행되는 경우에는 가용성 에폭시 수지를 사용함.
충전공법 (균열폭이 0.5mm 정도)	철근이 부식하지 않은 경우	균열선을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절단한 후, 절단 부분을 모르터나 폴리머 시멘트 모르터를 충전.
	철근이 부식된 경우	균열선을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절단한 후, 철근 부식 부분을 제거하고 철근에 방청처리를 한 다음 모르터나 폴리머 시멘트 모르터를 충전
	균열이 정지된 경우	균열선을 따라 약 10mm를 한변으로 하는 정삼각형(V형)으로 절단한 후, 겔 상태의 에폭시 수지를 주입함.
	균열이 진행되는 경우	균열선을 따라 약 10mm를 한변으로 하는 정삼각형(V형)으로 절단한 후, 탄성 접착제를 사용함.
	누수 또는 용출수가 있는 경우	균열선을 따라 약 50~70mm 폭 및 깊이로 콘크리트를 V형으로 절단한 후, 절단부 구석에 투수성 스폰지, 집수용 파이프와 호스 를 장진하고 급결성 시멘트 페이스트로 임시로 막아 놓은 다음 몇 군데 설치된 파이프를 한곳으로 모아 배수시킴으로써 균열부 에서의 누수와 용수를 처리함. 수압이 강하지 않을 경우에는 보 수 후 파이프구멍을 막음.

<참고문헌>

- 1) 콘크리트표준시방서 (건설교통부, 1996)
- 2) 콘크리트 학회지 제6권 4호(한국콘크리트학회, 1994.8)
- 3) 콘크리트 학회지 제9권 3호(한국콘크리트학회, 1997.6)
- 4) 럭키개발 기술정보지 (럭키개발)
- 5) 콘크리트 지침서 (한진건설, 1997.3)
- 6) 기술 365 (동부건설, 1995.6)

건설사업관리(CM) 제도의 도입과 대응방안

건축지원소팀 건축과장 하준태

1. 서 론

IMF시대라는 건국 이래 최대 난국의 특수한 환경에 처한 우리나라는 여러 분야에서 실로 어려운 여건 속에서도 생존을 위한 필사의 노력을 경주하고 있다. 한국 경제가 WTO 체제 및 IMF 프로그램에 의하여 국내시장이 무차별 개방되어 이제 우리 시장체제는 급기야 국내경쟁체제에서 국제경쟁체제로 전환되었고, 무한경쟁 시대에 살아남기 위한 국가적인 생존전략과 기업의 국제 경쟁력 강화가 절대적으로 필요한 시기에 우리의 위치는 과연 어디에 있는지 심각히 고려하지 않을 수 없다. 또한 국가경제의 침체와 함께 한국경제발전의 선도적인 역할을 해온 우리의 건설산업도 예외가 될 수 없어 주지하다시피 하루에도 수많은 건설업체가 무너져 가고 있는 실정이다.

이러한 최근의 국내 건설산업의 환경변화에 능동적으로 대응하고 국내 건설산업을 한차원 높이기 위한 정부에서 추진하고 있는 여러 가지 건설정책과 제도 중 건설산업기본법의 제정과 건설기술관리법의 개정으로 도입된 건설사업관리(CM)제도가 우리의 건설환경과 경쟁력을 강화시킬 수 있는 방안의 하나로 인식되고 있으나 이에 대한 준비와 여건이 갖추어져 있지 않아 시행에 많은 어려움이 있는 것이 사실이다.

건설사업관리(CM : Construction Management)가 제도화됨에 따라 새로운 서비스 영역으로 창출되어 건설업의 부가가치를 높일 수 있는 전기를 맞고 있다. 특히 건설사업관리는 개방화된 시대에 대외 경쟁력을 높일 수 있는 핵심과제로 부각됨에 따라 건설업체, 관련산업계, 전문연구기관, 대학 등이 중심이 되어 CM관련 단체가 결성되고 각종 세미나 및 연구 학술활동이 활발하게 이루어 지고 있다. 또한 건설업계 및 관련 산업계에서는 서로가 경쟁적으로 조직을 만들고 전문인력의 유치양성은 물론 교육을 강화하고 있다.

당사도 대형건설업체로서 면모를 갖추고 무한경쟁의 시대에 생존하기 위하여 부가가치가 높은 건설사업관리(CM) 분야의 진출이 무엇보다도 우선되어야 할 것으로 판단된다.

2. 건설사업관리(CM)의 개념과 분류

2.1 건설사업관리(CM)의 정의

오래 전부터 미국대학에서는 Construction Engineering and Management (CEM) 또는 Construction Engineering and Project Management (CEPM)라는 학문과 이를 뒷받침하는 체계화된 기술 및 지식체계가 발전해왔고 이를 흔히 CM이라 줄여서 부르게 되었다. 따라서 CM은 건적, 계약관리, 장비관리, 공정관리, 원가관리, 품질관리 등 하나의 건설 프로젝트를 효율적으로 수행하기 위한 제반 기술, 방법, 절차, 그리고 관리체계를 의미하기도 한다. 이러한 CM에 대한 용어정의는 여러 가지로 해석될 수 있다. 즉, '시공관리', '공사관리', '건설경영', '건설사업관리' 등 다양하게 해석될 수 있지만 국내에서는 '건설사업관리'라는 용어로 가장 많이 쓰이고 있으며 건설산업기본법에서도 건설사업관리로 표현하고 있다.

건설사업관리(CM) 즉, Construction Management는 미국 건설산업의 역사적 배경에서 하나의 새로운 사업수행체계로서 계약체계의 혁신과 보다 진보된 관리기법을 통하여 시공이행과정을 개선하고자 시도하는 발주자들의 요구에 의해서 비롯되었으며 1960년대부터 미국내 전역에서 각기 다른 모습과 목적으로 발생하였고 현재까지도 업무범위나 계약방식에 지속적인 변화를 거듭하고 있기 때문에 CM을 한 가지로 정의한다는 것은 무리가 따른다. 국내에서 건설사업관리에 대한 정의 및 범위는 전문가에 따라 혹은 조직에 따라 여러가지로 해석되고 있으나 대체로 다음과 같이 정리할 수 있다. 건설사업관리는 하나의 계약형태로 분류되는 측면과 학문적, 기술적 의미 측면에서 분류되어 두 가지의 다른 의미를 내포하고 있다. 계약형태로서의 건설사업관리는 설계와 시공을 분리 발주하는 전통적인 계약방법 또는 턴키 계약방법과는 다른 제3의 계약방식, 즉 사업관리 계약을 의미하는 것이다. 또한 학문적, 기술적 의미의 건설사업관리는 공정관리, 원가관리, 품질관리 등 건설 프로젝트의 효율적인 수행을 위한 제반 기술관리 또는 방법 및 절차를 의미한다.

다시한번 위의 내용을 정리하면 건설사업관리는 프로젝트 관리행위로서의 건설사업관리와 공사수행체계 또는 계약방식으로서의 건설사업관리의 두 가지 개념으로 분류하고 있다.

2.2 건설사업관리(CM)의 유형분류

일반적으로 건설사업관리(CM)의 두가지 개념 중 하나인 공사수행체계 또는 계

약방식으로서의 건설사업관리는 여러 가지 형태로 분류될 수 있으나 건설사업관리자의 역할과 책임한계에 따라 크게 두 가지 형태로 분류될 수 있다. 그 하나는 전형적인 순수형 건설사업관리(CM for Fee)이고 또 다른 하나는 위험부담형 건설사업관리(CM at Risk)이다. 그러나 CM의 공사수행방식이 CM for Fee나 CM at Risk 형태로 분류되는 것은 건설사업관리자의 책임조건에 따른 것이고 CM 계약 방식 측면에서 좀더 깊이 살펴보면 여러 가지 형태로 분류될 수 있다.

2.2.1 순수형 건설사업관리 (CM for Fee)

전형적인 순수형 건설사업관리(CM for Fee)는 초기에 발생한 형태로 발주자 대리인으로서의 역할을 수행하는 것이며 4자간 계약방식이라 할 수 있다. 발주자가 CM사와 연계하여 외부의 설계회사와 시공회사들을 고용하는 방식이다.

순수 CM형식에서는 설계 또는 시공에 어떠한 부분도 맡지 않으며 설계회사와 시공사에 대하여 CM은 전문적 자문역할을 수행하게 되고 프로젝트 비용이나 공기에 대한 책임을 지지는 않는다. 발주자가 별도 계약한 설계자 및 시공자와 업무조정을 통해 이들을 관리하는 방식으로 투명성이 요구되는 공공사업인 경우에 많다.

2.2.2 위험부담형 건설사업관리 (CM at Risk)

위험부담형 건설사업관리(CM at Risk) 형태는 CM이 CM for Fee방식에서 수행하던 업무 외에 직접 시공에 참여하거나 하도업체들과 계약을 체결하여 시공을 포함한 사업 전반에 대한 책임을 지게 되는 방식이다. 따라서 CM은 일정대가 이외에 사업관리, 관리감독원 급여, 현장운영경비, 회계업무 등 제반업무에 따른 비용을 지급 받으며 총공사비 한계비용(Guaranteed Maximum Price) 등의 제시를 통해 발주자가 정한 최종 사업비용을 초과하지 않도록 한다.

즉, CM은 사업성패에 대한 위험(Risk)을 부담함으로써 사업수행에 따른 비용초과를 억제함과 동시에 자신의 이익을 추구하는 형태의 계약방식이다. 때로는 CM이 자기의 최대이익을 위해 사업을 관리하기 때문에 발주자의 이익이 확보되지 않을 우려도 있으나 발주자는 공사비에 대한 위험을 분산시키는 이점을 얻게 되며 효율성 측면이 강조된 체계이다.

3. 건설사업관리(CM)의 도입과 제도화

3.1 국내 건설산업의 변화전망

3.1.1 국내건설산업의 현황

1) 국내시장의 개방

최근 국내건설환경의 가장 큰 변화는 국내 건설시장의 개방과 그에 따른 제도의 변화일 것이다. 더구나 IMF로 인한 국내건설시장의 침체로 인하여 더욱 빠르고 큰 변화가 요구되고 있으며 또한 진행되고 있다. 국내건설시장의 개방과 OECD 가입으로 인하여 앞으로는 국내건설업의 보호와 지원정책은 지속되기 어려운 실정이다. 입찰, 계약, 면허, 품질기준 등의 건설관련 제도와 관행을 국제적인 기준에 맞추어 수 밖에 없다. 이러한 제도정비가 아직 미비한 상태이며 국내건설업체 대부분이 대형건설업체를 제외하고는 해외건설 경험이 부족하여 국제적인 제도와 절차에 의하여 수행되는 건설행태에 경험이 미숙하여 점점더 경쟁력 약화가 우려되고 있다. 따라서 무엇보다도 기업 자체의 노력으로 국제적인 경쟁력을 키우는 것이 기업생존의 관건이 되는 상황에 직면하게 된 것이다.

2) 건설시장의 규모 (97년말 발표기준)

대한건설협회가 발표한 '98년도 건설업 경기전망 따르면 '98년도 건설공사 수주규모는 '97년 대비 10.0% 늘어난 86조 5,660억원으로 예측되어 증가세가 '96년과 '97년에 이어 계속 둔화될 것으로 추정되며 물가상승분을 제외한 실질 성장률은 경제 성장률 보다는 낮을 것으로 추정되어 경기면에서도 다소 둔화 될 것으로 예상된다. 수주 증가율은 '90년 불변가격 기준으로 4.5%의 실질증가가 예상되나 '97년도 증가세보다 5.3%나 둔화된 것이고 '98년도 경제성장률보다도 낮은 수준을 보일 것으로 예상된다. 각 부문별 수주액을 살펴보면 공공부문 건설수주액은 36조 6,730억원으로 '97년 대비 11.8% 증가할 것으로 예상되고 있다. 한편 공종별로는 토목 건설수주액이 33조 3,085억원으로 '97년 대비 14.4% 증가, 건축 건설수주액이 53조 2,575억원으로 '97년 대비 7.4%가 증가할 것으로 전망했다. 한편 '74년 이후 억제되었던 신규 건설업 면허 발급이 '88년 이후 재개되자 건설업체의 수가 급증하여 '88년 4,898개사에서 '94년에는 이보다 약 6.6배가 늘어난 32,516개사에 이르고 있다. 특히 이 중에서 일반 건설업체는 '88년 468개사이던 것이 건설업 면허 개방으로 '97년에는 3,500여개사로 늘어났다.

3.1.2 국내건설산업의 변화전망

1) 건설수요의 질적변화

미래의 건설은 보다 고급화, 다양화되고 환경친화적으로 변모될 것으로 예상되어 질적변화가 필요하며 이러한 질적변화에 대응하기 위해서 건설기술의 개발이 필수적이다.

2) 건설수요의 양적변화

- 물류비용 절감을 위한 시설투자와 국민생활기반 조성을 위한 시설투자 등으로 인하여 사회간접자본 시설투자의 비약적 증대 예상
- 국토 가용공간의 부족으로 초고층 빌딩의 기하 급수적 증가와 지하공간에 대한 활용도 증가 예상
- 건설사업의 대형화, 복합화 추세로 건교부 제2차 기술진흥계획에 의하면 500억원 이상의 사업은 매년 20~50% 이상 증가하여 '95년 현재 105건으로 향후 이러한 추세는 가속되어 2002년에는 300여건이 예상되는 것으로 발표
- 기종 시설물의 노후화에 따른 유지보수 수요 증가

3) 건설생산요소의 변화

- 건설생산의 기본요소인 인력,자재,장비 중 건설인력은 건설관련기술의 정보화·지식화로 인하여 인력대체 비율이 급진전 함에 따라 건설생산요소의 변화가 예상됨.
- 건설업의 생산성 향상을 위하여 기술인력 육성 및 관리분야의 정책개발 기술이 필요

4) 건설산업구조의 변화

- 시장진입 규제에 철폐에 따라 국,내외 건설기업과의 질적경쟁 심화
- 시장개방과 정치,사회적 성숙에 따라 공정경쟁이 급속히 정착될 것으로 예상되며 기술력 위주의 업체평가가 정착되어 기업의 기술경영에 대한 관심고조와 생존전략의 일환으로 특허,전문분야의 기술개발 투자와 관심 증대 촉진
- 국내 민자유치 건설사업 및 해외 개발형 건설사업의 증대로 건설금융 조달능력이 수주 경쟁력의 중요 요소로 부각

3.2 건설사업관리(CM)제도의 도입배경

정부에서 건설업법을 건설산업기본법으로 개정하면서 건설사업관리(CM : Constrution Management)제도를 도입하였다. 건설사업관리제도의 도입으로 건설

사업 수행방식으로서의 건설사업관리 업무는 발주자를 지원하고 건설업체에는 종합건설 능력을 배양할 수 있는 여건이 조성되는 등의 효과가 가시화 될 것으로 기대된다.

국내에 건설사업관리제도가 도입된 근본적인 배경을 살펴보면은

1) 건설공사 발주자의 능력한계

경부고속전철, 인천국제공항 등의 대규모 인프라 시설에서 수 개의 공사가 동시다발적으로 수행되고 설계와 시공이 동시에 이루어지는 등 건설공사가 대형화되고 복잡화되어 전문지식을 갖춘 조직이 프로젝트를 관리하지 않으면 공사를 성공적으로 완수할 수 없으며 현재 대부분의 발주자가 전문성과 필요조직을 충분히 갖추지 못하고 있어 이러한 기능을 대행할 수 있는 전문조직을 이용하는 제도가 필연적인 것이다.

2) 발주방식의 다양성 증대

현재 공사수행방식은 전통적인 발주방식인 설계-시공 분리발주 방식이나, 또는 설계-시공 일괄발주 방식을 채택하고 있으나, 이러한 획일적인 집행방식으로는 다양한 공사의 특성을 수용하는 데에는 한계가 있어 새로운 발주방식이 요구되었다.

3) ‘양’ 위주의 공사에서 ‘질’ 위주의 건설변화

값싸고 무조건 빠르게 건설해야 하는 과거의 시대적 요청에서 이제는 건설물 기능의 효율성이나, 품질, 내구성 등이 더 중요시 되었고 제한된 시간과 예산 그리고 정해진 품질기준에 따라 건설되어야 하는 시대로 변화되었다. 이러한 추세를 반영하기 위하여 설계나 사업관리가 좀더 과학적이고 합리적인 관리방식이 요구되었다.

4) 국내건설업체의 국제경쟁력 강화를 위한 종합건설 능력 배양

국내건설업체의 종합적인 건설능력 배양을 위하여 필요한 종합건설업 면허제도를 두고 대형건설업체, 중소건설업체, 건축설계업체 등의 업역간 논란으로 인하여 제도 도입이 지연되고 있는 상황에서 국내건설업체의 종합건설능력 배양을 위하여 건설사업관리제도를 점진적으로 확대 시행함이 하나의 방안이 될 수 있을 것이다.

3.3 건설사업관리(CM)의 제도화

국내 건설산업에서 1995년 후반부터 CM에 관한 논의는 정부가 주도하기 시작하였으며 이에 대한 입법화를 전제로 매우 빠르게 진행 되었다. 삼풍백화점 붕괴 사고 이후 한시적으로 활동한 건설제도개혁기획단은 건설산업 경쟁력 강화대책의

일환으로 CM의 도입을 공표 하였으며, 정부는 1996년 이후 이러한 제도를 입법화하여 관련법인 건설산업기본법, 건설기술관리법 등을 개정하였다. CM제도의 도입과 관련된 법률의 주요 개정내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 건설사업관리의 정의를 건설산업기본법에서는 “건설용역업”으로 분류하였다.
- 2) CM에 관한 새로운 면허제도의 신설은 없다. CM 사업자가 되기 위하여 새로운 면허를 취득해야 하는 것이 아니라 건설분야의 업체(엔지니어링, 건축사, 건설업체 등)가 관계법령에 의하여 설계, 감리, 시공 등에 관한 관련자격을 취득하면 CM업무를 위탁받을 수 있도록 하였다. 다만, 대규모 복합공사로서 공항, 고속철도, 발전소, 댐 또는 플랜트공사의 건설사업관리업무를 위탁 받은 자가 관계법령에 의한 기술인력을 갖춘 경우에는 관련법령(건축사법, 건설기술관리법 등)의 규정에 불구하고 설계 또는 감리업무를 함께 위탁받을 수 있도록 하였다.
- 3) 공공 공사에 CM방식의 적용은 강제조항이 아니고 건설 프로젝트관리의 시행은 책임감리제도와 같이 일정 규모 이상의 공사에 의무적으로 적용하기 보다는 발주자의 필요에 따라 자율적으로 판단하여 시행할 수 있도록 하였다.
- 4) 건설기술관리법(1997년1월 개정)의 내용 중 건설사업관리에 해당하는 내용을 보면, 건설기술에 대한 범위를 건설공사에 관한 설계,조사, 설계감리, 시공, 안전점검, 정밀안전진단 및 안전성 검토, 시설물의 유지,보수,제거,관리 및 운영 등을 포함하여 건설사업관리업무도 건설기술의 범위에 포함시키고 있다. 특히, 건설기술용역업무 중 설계 등 용역업무를 건설공사의 계획,조사,설계,설계감리,안전성검토 및 건설사업관리까지 다른 사람의 위탁을 받아 건설기술에 관한 업무를 수행할 수 있도록 개정되었다.

□ 건설산업기본법 (건설업법을 개정-1997년 1월) 건설사업관리 관련조항

① 용어의 정의 (제2조)

- 제3항 : “건설용역업”에 사업관리 항목 분류
- 제6항 : “건설사업관리”라 함은 건설공사에 관한 기획,타당성조사,분석,설계,조달,계약,시공관리,감리,평가,사후관리 등에 관한 관리업무의 전부 또는 일부를 수행하는 것을 말한다라고 제정

② 건설사업관리업무의 위탁 (제26조)

- 제1항 : 발주자는 필요한 경우 건설사업관리업무의 전부 또는 일부를 건설사업관리에 관한 전문지식과 기술능력을 갖춘 자에게

위탁할 수 있다.

- 제2항 : 건설사업관리업무의 내용이 관계법령에 의하여 신고, 등록 등을 하여야 하는 업무인 경우에는 당해 법령에 의한 신고, 등록 등을 하지 아니한 자는 당해 건설사업관리업무를 위탁 받을 수 없다. 다만, 대규모 복합공사로서 공항, 고속철도, 발전소, 댐 또는 플랜트공사의 건설사업관리업무를 위탁 받은 자가 건축사, 기술사 등 관계법령에 의한 설계 또는 감리업무를 수행할 수 있는 기술인력을 갖춘 경우에는 건축사법 제23조 제1항 또는 건설기술관리법 제28조 제1항의 규정에 불구하고 설계 또는 감리업무를 함께 위탁 받아 수행할 수 있다.
- 제3항 : 건설사업관리업무를 위탁받은 자는 발주자를 위하여 선량한 관리자의 주의로 위탁받은 업무를 수행하여야 한다.
- 제4항 : 건설사업관리업무를 위탁받은 자는 자기 또는 자기의 계열회사가 당해 건설공사를 도급받도록 조언하여서는 아니된다.

4. 건설사업관리(CM)의 대응방안

4.1 건설사업관리(CM) 사업의 전망

4.1.1 건설산업의 변화와 CM

향후 국내건설사업이 기술위주의 경쟁체제로의 전환과 정부의 건설정책 과 제도의 변화에 따른 기업의 생존과 적응을 위하여 여러 가지 노력과 전략이 절실히 요구되며, 현상황에서 검토될 수 있는 기업의 전략은 여러 가지가 있겠으나 CM에 대한 전략수립도 하나일 수 있겠다. 건설산업에서 CM의 필요성은 최근에 급속히 진행되는 건설산업의 여건변화와 밀접한 관련이 있으며 이러한 변화는 주로 과학기술의 급속한 변화, 경제성장, 사회의식의 변화 등에 기인하고 있으며 건설시장의 구조, 발주자의 수요 등에 있어서도 엄청난 변화가 진행되고 있다. 이러한 경쟁력 위주의 시장구조체제 하에서 가장 중요한 경쟁력이 업체의 특화되고 전문화된 기술력과 사업관리 능력, 정보기술력에 있다고 할 수 있으며 선진외국업체들이 그들의 우월한 사업관리 능력과 정보기술을 무기로 세계도처의 건설시장에서 건설공사의 고부가가치 분야를 독점하다시피 하고 있다. 따라서 우리 건설산업에 CM을

도입하고 CM능력을 키우려는 이유가 바로 여기에 있다고 할 수 있다. 그러므로 우리 건설산업계는 고부가가치의 새로운 건설수요에 대처할 수 있고 기술과 시공의 긴밀한 연계에 바탕을 둔 종합적인 건설사업관리체제를 경영전략으로 삼아 새로운 도약의 계기를 마련하여야 할 것이다.

4.1.2 건설사업관리(CM) 사업의 전망

국내건설산업이 국제경쟁체제로 전환된 국내환경 하에서 발주방식으로서의 CM 사업이 도입되어 국내 건설관련업체가 CM 사업을 위한 준비에 열을 올리고 있다. 그러나 CM 사업능력을 갖춘 국내 건설관련업체가 없다시피한 국내사정을 감안할 때 CM 능력을 갖춘 외국의 선진 대형업체들이 CM 능력을 앞세워 국내진출이 확 실시 되고 당분간 CM 사업대상의 대형 공공공사나 민간공사에서 발주처는 외국의 대형 CM 전문업체를 선호할 것으로 예상된다. 따라서 CM 제도에 따른 국내 건설관련업체의 대응전략과는 별개로 단기적인 CM 시장은 외국 CM사가 주도할 것이 분명하며, 장기적으로는 CM제도의 구체적 향방에 따라 CM 시장이 여러 가지 형태로 매우 역동적으로 변화할 것이다. 이렇게 볼 때 국내 건설관련업체가 CM 능력을 충분히 갖추기까지 외국 CM 전문회사와의 콘소시엄이나 합작형태의 CM 전문회사의 설립 등을 통하여 자생력을 키운 뒤 독자적 CM사업 수행전략도 구상할 수 있다.

4.2 건설사업관리(CM)의 대응방안

4.2.1 CM의 체제구축

1) 건설관련 법령 및 제도의 정비

정부의 관련부처에서 CM 사업의 국내 조기정착과 활성화를 위하여 CM사업에 관한 관련법령을 빠른 시일내 정비하고 제도화하여 CM사업발주에 차질이 없도록 하고 건설산업 관련업체의 CM 사업에 대한 업역간 역할과 업무를 분명히 하여야만이 시간과 노력을 낭비하지 않을 것이다. CM 사업이 조기정착되고 활성화되기 위해서는 무엇보다도 민간부문에서 먼저 활성화되어 공공부문으로 확산되어야 할것이나 국내의 여러 가지 특수한 건설환경으로 인하여 공공부문에서 주도할 필요가 있다.

2) CM 표준계약서 개발

CM 사업 발주를 위한 CM 사업자의 책임과 의무, 계약 당사자간의 관계 등이 포함된 CM 표준계약서가 시급히 정의되어야 CM 사업을 발주할 수 있을 것이다. 표준계약서는 CM 업무범위에 관한 정의, 계약 주체들간의 책임과 권한, 분쟁 발생시 이에 대한 해결 및 보상방법 등이 구체적으로 명시되

고 국제적인 관례와 국내 현실을 고려하여 개발되어야 한다.

3) CM 표준절차의 개발

토양과 여건이 성숙되지 않은 국내환경에서 CM 사업의 발주자와 수행주체의 CM능력 부족으로 인하여 혼란이 올 수도 있으며, 이러한 CM 수행주체의 CM능력을 보완하기 위해서 국내실정에 맞는 표준적인 CM 업무절차가 시급히 개발되어야 한다.

4) CM 서비스의 전문성 확보

CM 사업자가 발주자에게 고도의 전문적인 CM 서비스를 제공하기 위해서는 CM 서비스의 전문성을 확보하여야 하며, 이러한 전문성을 확보하기 위하여 CM 사업자의 면허제도, CM 전문가에 대한 자격인증제도, CM 서비스의 표준적인 범위와 기준 등이 마련되어야 한다. 그러나 이러한 전문성 확보를 위한 각종 제도가 잘못하면 오히려 국내 건설산업계의 혼란을 초래할 수도 있기 때문에 기존의 법적인 강제규정에 의하여 시행되었던 제도적 관행과 본질을 외면한 제도를 위한 제도는 지양되어야 할 것이다.

4.2.2 CM의 조직체계

국내 건설관련업계가 CM 사업을 위한 추진전략은 다각도로 구상할 수 있으나 무엇보다도 가장 중요한 것은 CM 사업을 수행하고자 하는 목표와 목적을 명확히 설정하는 것이다. 이렇게 명확한 목표와 목적에 의해 설정된 사업전략에 따라 CM사업을 추진하여야 하고, CM사업을 추진하기 위하여 기본적으로 갖추어야 할 체계가 바로 조직체계의 구축인 것이다. CM사업을 수행하기 위한 추진단계별 CM사업의 규모와 수행방법은 다양할 것이며, 이러한 CM사업의 규모와 수행형태의 다양화는 사업을 추진하는 조직의 다양성을 요구하게 되는 데, CM조직의 다양성은 회사전체의 조직체계 내에서 CM기능의 확대와 연계되며 변화할 것이다.

CM사업 수행을 위한 조직체계의 구축전략으로 최초 준비단계에서는 내부적으로는 CM을 하기위한 인력양성과 교육, 정보화 Infra 구축 등의 준비업무 위주의 조직체계로, 그리고 그 다음단계로 CM사업에 대한 전개 및 도약단계에서는 CM조직 및 교육을 강화하고 전문화하여 외주 중심의 CM용역을 수행한 후 CM용역수행형태를 다양화할 수 있는 조직체계로, 최종 정착단계에서는 회사체제를 CM체계 중심으로 조직을 구축해가는 과정을 구상해 볼 수 있다.

4.2.3 CM의 전문인력 양성과 교육

국내 건설산업계가 CM 사업에 있어 가장 취약한 점이 CM 사업을 할 수 있는

전문인력이 절대적으로 부족하다는 것과 CM 전문인력 양성을 위한 교육프로그램이 없다는 데 있다. 선진 외국의 경우 CM 전문인력 양성 및 교육에 대한 전문적인 이론과 체계가 갖추어져 있으며, 또한 각종 전문단체나 대학, CM 전문회사 등에서 전문적이고 체계적인 교육 프로그램에 의해 전문인력이 양성되고 있는 실정이다. 국내의 CM 전문인력의 양성은 기본적으로 단기적 방안과 장기적인 방안으로 구분하여 접근하고 국제적인 교육체계를 밑바탕으로 하여 국내실정을 충분히 반영한 교육체계를 수립하여야 하며 이에 따라 전문인력을 육성하여야 한다. 또한 단기적인 양성방안으로는 선국 외국업체와의 Consortium이나 J/V 형태의 사업, 또는 기술제휴나 현지연수 등을 통하여 단기에 인력을 양성할 수 있겠고 이와 함께 국내 대학과 대학원에서의 전문교육과정을 통하여 배출된 인력을 사회에서는 각종 전문단체나 CM 전문회사의 실무 전문교육 프로그램과 대학의 위탁교육을 통하여 전문인력의 능력을 향상발전시키는 장기적인 차원의 교육체계를 마련하여야 한다. 또한 전문인력의 전문성 확보를 위하여 자격인증제도 등과 같은 제도적 장치도 필요할 것이며 CM의 학술적 연구나 체계정립을 위하여 전문단체의 지속적인 연구는 물론 각종 지원과 활동도 요구될 것이다..

4.2.4 CM의 정보화

건설 프로젝트를 수행하는 과정에서 발생하는 정보의 양은 대단히 엄청나며 프로젝트 수행의 중요한 관리요소이다. 이러한 건설 프로젝트 정보의 체계적인 관리여부가 프로젝트의 성패와 생산성에도 커다란 영향을 미치다는 것은 다이는 사실이다. 그러나 건설 프로젝트에서 이를 효율적으로 관리할 수 있는 정보관리 시스템은 타 산업분야에 비해 상대적으로 뒤쳐져 있으며 발전속도 또한 늦은 편이다. 물론 타산업분야 보다는 건설산업의 특성들 즉 분화된 조직 (설계, 시공 유지보수, 그리고 하도급체계 등), 일품수주, 비교적 짧은 공기, 외부작업환경, 그리고 지나친 인력의존 등의 특성을 갖고 있다. 이러한 특성들은 새로운 변화에의 제한적 요소가 되어 건설산업계의 포괄적인 정보시스템을 구축하는 데 있어 장애가 되어왔다. 그러나 건설산업에 있어 정보화란 매우 힘든 과제이기는 하나 급속도로 변화하고 있는 정보기술의 발전과 관련된 업무 프로세스에 대한 다각도의 연구개발로 건설업의 정보화는 이제 업무수행의 보조적 수단이 아니라 새로운 전략의 도구 쓰이고 있다. 이러한 관점에서 건설산업에 있어 정보화를 위한 시스템 구축은 국제 경쟁력을 갖추고 건설사업관리(CM) 도입을 위한 또 하나의 선결과제임에 틀림이 없어 보인다.

건설정보는 건설프로젝트 수행과정에 있어 기획, 설계, 시공, 유지보수 등에 이

르는 프로젝트 진행과정(Project Life Cycle)에 의해 발생하는 많은 양의 정보들과 또는 기획, 계약관리, 설계관리, 자재관리, 원가관리, 공정관리, 품질관리, 안전관리 등의 프로젝트 업무기능에 따라 발생되고 요구되는 다양한 정보들을 체계적이고 효율적으로 통합하고 조정하는 시스템이 요구되는 것이다. 이러한 제반요소들을 통합(Integration)하는 건설통합정보시스템 구축이 요구되는 데 일반적으로 CIC (Computer Integrated Construction), PMIS(Project Management Information), CALS 등의 다양한 개념에 의해 정보화가 추진되고 있다. 이들은 어느정도 중복된 부분이 있기도 하지만 각 분야의 특성과 용도, 그리고 목적에 의해 건설산업의 정보화가 추진되고 있다. 이러한 개념들에 대한 좀더 자세하고 깊이있는 설명들은 별도의 관련서적과 자료들을 통해 접근해야 하리라 생각되어 본고에서는 추가적인 설명은 않겠다. 아뭏던 최근 국내 건설산업에 있어 정보화를 위하여 정부나 관련업계에서 다양한 노력들을 추진하고 있다, 예를들면 건설 CALS의 추진이나 대형건설사 등에서 추진하고 있는 PMIS 구축 등이 바로 그러한 노력들인 것이다. CM의 정보화는 위에서 설명한 다양한 형태의 정보화 추진 노력들과 결국 같은 맥락의 관점에서 이해되며, 이러한 건설산업의 통합정보시스템 구축이 건설사업관리시스템인 것이다.

5. 결 론

국가경제의 커다란 소용돌이 속에서 국내건설산업의 시대적 변화요구는 무한 경쟁시대에서 생존을 위한 경쟁력을 갖추는 것이다. 또한 건설산업의 경쟁력 강화는 기업의 생존은 물론 국가경제의 경쟁력을 향상 시키는 대응책이 될 수 있다. 그러나 현재 국내 건설산업은 규제일변도의 건설정책과 제도, 부실을 부추키는 국내적 관행과 비정상적인 건설공사관리 그리고 단순시공위주의 기술력 등의 고질적인 많은 문제점들이 우리 건설산업의 경쟁력 강화에 걸림돌이 되고 있다.

이러한 고질적인 문제점들을 해결하고 건설산업의 경쟁력 강화와 함께 선진국형 건설산업으로의 변화를 위한 체계적인 대응방안으로 건설사업관리(CM)가 제도화 되었다. 국내에 건설사업관리(CM)제도를 도입하는 과정에서 개념의 혼란과 제도화에 따른 많은 오해와 시각의 차로 인하여 불필요한 논쟁과 업역간 갈등을 초래하였다. 그러나 이제는 건설사업관리(CM)제도의 활성화와 정착을 위하여 전략을 구상하고 구체적인 대응책을 마련하여야 한다. 따라서 건설사업관리(CM)의 개

념 중 사업수행 또는 계약방식으로서의 건설사업관리(CM)가 국내에 제도로서 정착되기 위해서는 관리방식으로서의 건설사업관리(CM)가 먼저 정착되어야 한다. 물론 관리방식으로서의 건설사업관리(CM)가 지금까지 건설관련업계에서 부분적으로 또는 체계화되지 않은 상태로 시행되어 왔다. 그러나 이는 진정한 개념의 관리방식으로서 건설사업관리(CM)라 할 수 없으며 이러한 관리방식으로서의 건설사업관리(CM)를 위한 기반이나 여건이 성숙되지 않은 상태에서 사업수행 또는 계약방식으로서의 건설사업관리(CM)의 제도화는 많은 혼란과 시행착오를 야기시킬 수 있는 소지가 다분하다. 그러나 건설시장의 국내외적 여건으로 보아 건설사업관리(CM)의 도입과 제도화는 불가피한 상황이기에 빠른 시일내 정착될 수 있도록 최선의 노력을 다하여야 할 것이다. 그러면 이러한 건설사업관리(CM)를 활성화하고 제도로서 정착되기 위해서는 무엇을 준비하고 또한 어떻게 대응하여야 하는 가는 앞의 본문에서 언급하였다시피 제일 먼저 건설사업관리(CM)를 할 수 있는 체제의 구축이다. 즉 건설관련법령과 제도를 정비하고 CM 표준 계약서와 절차의 개발은 물론 CM 서비스의 전문성을 확보하는 것이다. 이와 더불어 준비해야하는 또 하나의 대응방안은 CM을 할 수 있는 전문화된 집단 즉 CM 조직의 구성과 체제구축이다. 이처럼 건설사업관리(CM)를 할 수 있는 제도적 체제와 조직이 체계화 되었다면 이를 수행하는 CM 전문인력의 확보와 전문인력을 양성하는 교육체제의 구축은 필수적인 대응책이다. 또한 이 모든 것을 과학적으로 통합하고 체계화하는 수단과 기술이 요구되는 데 이러한 수단과 기술이 바로 CM의 정보화와 전산화일 것이다. 건설통합정보시스템 즉 CIC, PMIS, CALS 등에 의해 각 분야의 특성과 용도, 그리고 목적에 맞게 건설사업관리(CM)의 정보화가 추진되어야 하겠다.

그러나 이 모든 것이 준비되고 해결되어도 건설사업관리(CM)제도 자체가 우리 건설산업이 안고 있는 모든 문제점을 하루 아침에 해결해 줄 수 있는 만병통치약은 분명 아닐 것이다. 그렇다면 우리는 건설사업관리(CM)를 또하나의 새로운 제도로서 또는 우리 건설산업을 발전시킬 수 있는 하나의 수단으로서 이해하고 활용하여야 할 것이다.

< 참 고 문 헌 >

1. 남충희, “CM이란 무엇인가?” 「건설관리 및 경영」, 한국건설산업연구원, 보성각, 1997
2. 신동우, “국내건설산업과 CM” 「건설관리 및 경영」, 한국건설산업연구원, 보성각, 1997
3. 정영수, “건설산업의 정보관리시스템” 「건설관리 및 경영」, 한국건설산업연구원, 보성각, 1997
4. 한국건설사업관리협회, “CM 논문집”, 1998. 3
5. 도태호, “건설사업관리의 제도화와 향후 정책방안”, CM저널 창간호, 1997
6. 정락형, “한국건설산업의 여건변화와 건설사업관리제도”, CM저널 제2호, 1997
7. 이교선, “건설사업관리체제도입에 따른 대응방안”, CM저널 제2호, 1997
8. Barrie, D.S., Paulson, 「Professional Construction Management」, McGraw-Hill Book Co. 1984
9. David R. Pierce, Jr. 「Project Planning & Control for Construction」, R.S. Means, 1988
10. Linn C. Stuckenbruck, 「The Implementation of Project Management」, PMI, 1981
11. PMI Standards Committee, 「Project Management Body of Knowledge」, PMI, 1996

Soil Nailing에 대하여

기술연구팀 토목차장 조성용

1. 개요 및 역사

최근 들어 기초, 지하실 그리고 지하 구조물을 위한 대심도 굴착이 늘고 있다. 대심도 굴착이 다음 세기에도 계속 증가하는 미래의 대심도 굴착에 대한 수요는, 기존굴착 보강방법의 개량(문제는 말뚝 향타시 발생하는 진동 및 소음이다)을 통한 시공성, 생산성의 증가 및 저비용을 요구하고 있다.

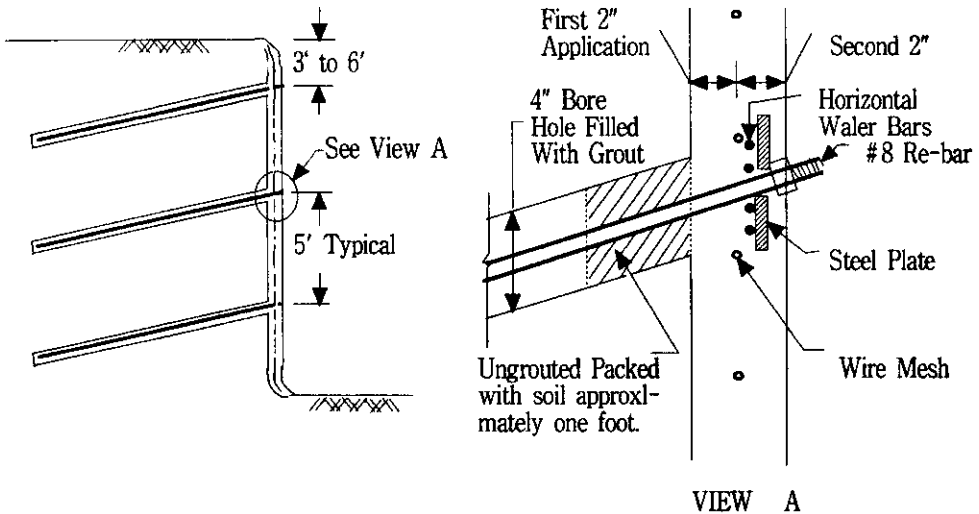
Soil Nailing의 가장 큰 매력은 특히 도심지 환경에 알맞은 적당한 비용, 시공 융통성, 소형 시공장비 사용이 가능하다는 점과 그 폭넓은 적용성에 있다. Soil Nailing 시스템은 기본적으로 조밀하게 배치된 주입 Nail과 굴착토사면에 타설하는 Shotcrete로 이루어진다. 이 방법은 굴착중에 변위, 이완, 지반 손실이 매우 적기 때문에 가설지반 보강 시스템과 최근에는 영구 지반보강 시스템에도 그 사용이 증가되고 있다.

파괴 機構는 전형적인 점진파괴로서 급격한 파괴는 드물다. 대부분의 파괴는 취약부에서 국부적으로 발생한다. 종종 시공중에 파괴가 발생하는데, Nail 또는 Shotcrete를 추가 설치함으로써 즉시 보수할 수 있다. 영구 Soil Nailing 시스템은 높은 수준의 Nail防蝕과 더 많은 보강재를 필요로 하며, 구조적 안정, 적절한 지하수 배수, 잠재적 동상에 대한 보호 그리고 알맞은 표면 마무리를 요구한다. 영구 시스템은 다양한 현장조건에 대응할 수 있는 융통성과 능력 때문에, 현재 사면 안정, 교대, 옹벽, Underpinning, 기존 벽체 또는 보강토 옹벽의 보수, 석조벽, 그리고 Mechanically Stabilized Earth Wall 등의 분야에서 활용되고 있다.

북미 지역에서 최초로 Soil Nailing 기술이 사용된 것은 1967년 캐나다 밴쿠버로 대규모 지하실 굴착의 지반보강에 사용되었다. 미국에서 이 시스템이 최초로 사용된 것은 1967년 오리곤주 포트랜드의 Good Samaritan 병원 확장 공사였다. 독일에서 영구 Soil Nail 벽체 사용이 최초로 기록된 것은 1979년 슈트트가르트의 Keuper Marl Mud Stone에 시공된 14m 높이의 벽체이다.

현재까지 거동 機構를 이해하고 설계 및 해석방법을 확립하기 위한 몇몇 연구 성과들이 있으며, 실험실 및 현장 시험도 수행되어 왔다. 미국에서는 1976년 캘리포니아 주립대학에서 팀에 의해 폭넓은 연구가 시작되었다. 그 결과로 Soil Nailing 시스템을 해석하고 설계할 수 있는 컴퓨터 프로그램이 개발되었다. 프랑

스에서는 만족할만한 설계 방법 없이 Soil Nailing 사용이 증가함에 따라, 1986년 실험 프로젝트가 시작되었다. 이 실험은 세 개의 기존 성토에 대한 대규모 실험과 여섯 개의 기존 구조물에 대한 계측을 포함하고 있다. 최근에는 미 연방 도로국 후원으로 Soil Nailing 시스템의 설계 및 시공에 대한 구체적 지침 마련을 위한 연구 프로젝트가 수행되어, 포괄적인 매뉴얼을 내놓았다고 한다.



<그림 1-1> Soil Nailing System

2. 설계 및 해석방법에 적용된 기본가정

2.1 파괴가능성에 대한 안정성 검토

네일에 의하여 보강된 보강사면은 그 거동이 중력식 보강벽체와 유사하기 때문에 다음 세 가지 파괴가능성에 대하여 안정성을 검토하여야 한다.(<그림 2-1>)

2.1.1 외부파괴면에 대한 안정성

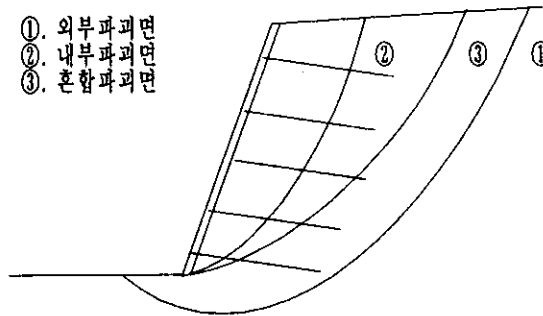
보강된 부분이 일체로 거동한다는 가정 하에 네일로 보강된 지역을 일체의 중력식 옹벽으로 생각하여 일반 설계방법을 적용함으로써 미끄러짐, 전도, 및 지지력에 대한 파괴가능성을 검토하고 보강벽체 외부로 파괴면이 이루어진다는 가정 하에 전체 지반의 사면안정을 검토한다.

2.1.2 내부파괴면에 대한 안정성

보강된 구역 내에서 파괴면이 형성되는 경우에 대한 안정성을 검토한다.

2.1.3 혼합파괴면에 대한 안정성

보강지역과 보강되지 않은 구역을 포함하는 파괴면에 대하여 안정성을 검토한다.



<그림 2-1> 고려해야 할 가상 파괴면의 종류

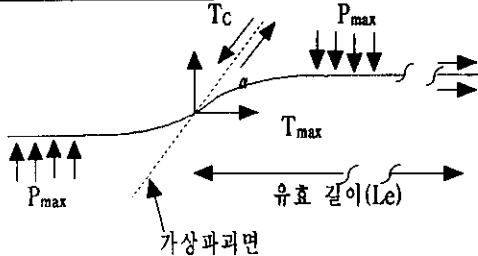
2.2 부분적인 안정성 검토

네일을 이용하여 보강된 사면지반은 기존 일반사면에서 단순히 전체 안정성만을 검토하는 것과는 달리 지반과 네일의 상호작용에 의한 보강효과를 고려해야 하기 때문에 이러한 사면에 대한 안정성 검토는 전체 보강사면의 안정성과 각 네일과 그 주변지반에 대한 부분안정성을 함께 고려할 필요가 있다. 이러한 부분적인 안정성 검토는 <그림 2-2>에 나타난 바와 같이 네 가지 파괴상태를 고려할 수 있으며 각 설계방법들이 채택하고 있는 부분안정성에 대한 검토는 [표 2.1]에 정리한 바와 같이 각기 달리 적용되고 있다.

[표 2.1] 각 설계방법에 적용된 부분안정성의 고려여부

부분안정성	데이비스	독일	프랑스	Juran
지반의 전단 저항력	고려	고려	고려	고려
네일의 인발저항력	고려	고려	고려	고려
네일 양면에서의 지반의 수동저항력	고려 안함	고려 안함	전단, 휨에 대하여 고려	휨에 대하여 고려
네일의 강도 (인장, 전단)	인장만 고려	인장만 고려	인장, 전단 고려	인장, 전단 고려

FORCES IN THE BAR



< 부분안정성 검토 >

지반의 전단파괴	$\tau < c + \sigma \tan \phi$
네일의 인발파괴	$T_{pl} \leq \pi D L_e f_{max}$
지반의 수동파괴	$P_{max} \leq P_f$
네일의 파괴	$T_{max} \leq R_n, T_c \leq R_c$

- * R_n, R_c : 네일의 인장, 전단강도
- * P_f : 지반의 한계 수동저항력
- * f_{max} : 지반-네일 사이의 한계마찰력

<그림 2-2> 부분안정성에 대한 검토

2.3 장 · 단점

2.3.1 장점

- 1) Tie-Back 앵커에 비해 Nail은 길이가 짧기 때문에 설치 공간이 줄어든다.
- 2) 새로 노출된 면에 즉시 Shotcrete를 적용함으로써 지반의 느슨해짐을 방지한다.
- 3) Shotcrete를 즉시 적용함으로써, 토체의 함수비 및 강도 변화가 없다. 따라서 원지반 상태에 가깝게 지반 평형이 유지된다.
- 4) 주입 Nail수가 많기 때문에, 하나 또는 몇 개의 Nail이 파괴되더라도 Tie-Back 앵커 시스템처럼 전체 시스템의 안정이 문제되지 않는다.
- 5) 항타가 필요하지 않아서, 진동 및 소음이 덜하다. 시공 장비가 상대적으로 작고, 기동성이 있으며, 조용하다.
- 6) 현장에 장애물이 없으므로 안전하다.
- 7) 시공이 용이하고 공기를 재래 시공법에 비해 50% 까지 단축할 수 있다.
- 8) 적절한 보강 Nail을 사용하고 마감면을 두껍게 한다면, Soil Nailing 시스템을 영구 수평보강 시스템으로 설계할 수 있다.
- 9) Shotcrete 마감면은 Nail에 연결된, 상대적으로 유연한 슬래브로 고려할 수 있다. 따라서, 전체 시스템이 불균형 하중에 대하여 국부적으로 과응력을 받지 않고 적응한다.
- 10) Shotcrete가 굴착면에 타설되기 때문에, Nail을 경사지게 설치함으로써 발생하는 수직하중 성분이 전체 토체 표면에 균등하게 분포되어 저항한다. Tie-Back 앵커 시스템에서 발생할 수 있는 Bearing 파괴의 가능성이 줄어들게 된다. 그러므로, Tie-Back 앵커 벽체에서와 같이 깊은 매설 심도가 필요

요하지 않다.

- 11) 가설 Soil Nailing 벽체를 영구시설의 부분으로 사용한다면, 굴착량과 콘크리트량을 줄일 수 있고, 뒷채움이 필요 없게 된다.
- 12) 적절하게 설치된 Soil Nail은 안정성을 증가시키고 수평 변위를 저감하기 위하여 Prestress를 가할 수 있다.
- 13) 호박돌, 단단한 자갈 지반, 풍화암, 절리가 있는 경암과 같은 지반조건에서는, 소구경 천공이 알맞으며, 엄지말뚝과 Tie-Back 앵커를 설치하는 것보다 경제적이다.
- 14) Soil Nailing 시스템은 원래 유연하기 때문에, 고수준의 Structural Damping 효과를 나타내며, 따라서 지진하중에 대한 저항효과가 크다.
- 15) Soil Nailing은 유연성이 강하므로, 비스듬하게 Nail을 사용하여 어려운 굴착 형상에도 적용할 수 있다. 또한, 시공중에 Nail의 배치를 조정함으로써, 현장 지반의 폭넓은 변화에 대응할 수 있다.

2.3.2 단점

- 1) 셰립토에서는 Shotcrete 배면에서 Geodrain을 이용한 효과적인 지하수 배수가 곤란할 수 있다. 수평 배수관과 같은 추가적인 대책이 필요할 수 있다.
- 2) 매우 연약한 점토층에서는 인발저항력이 낮아 Soil Nailing 시스템이 적절하지 못하다.
- 3) 예민한 흙에서는 천공작업에 의해 지반이 교란되어 지지력이 저감되므로 Soil Nailing 시스템을 사용하지 않는 것이 좋다.
- 4) 팽창성 또는 동해에 민감한 흙에 사용하는 경우, 지반 팽창이나 동결 지하수에 의해 Shotcrete 표면부에 부가적인 응력을 초래하게 되므로, Soil Nailing 시스템 적용시 매우 주의해야 한다.
- 5) 유기질 흙이나 고소성 점토에서는 장기간에 걸친 Creep으로 인하여 주변 구조물의 안정성에 영향을 미칠 수 있다. 액성지수가 0.2보다 크거나, 비배수 전단강도가 50kN/m²보다 낮은 점토지반에서는 장기간에 걸쳐 큰 Creep이 발생할 수 있다.
- 6) 가설 벽체의 경우에도 Nail을 제거하지 않기 때문에, 영구적인 지하사용권한이 필요하다.
- 7) 조밀하게 배치된 Soil Nail은 인접 시설들과 간섭하게 된다.
- 8) Prestress Soil Nail을 사용함으로써 조절이 가능하기는 하지만, Tie-Back 앵커 시스템에 비해 수평 변위가 더 클 수 있다.

- 9) 암반 절리가 굴착면을 향해 급경사인 경우, Soil Nail을 사용하는 것은 적절하지 않다.

3. 시공

3.1 시공 순서

시공순서를 간단히 나타내면 다음과 같다.

- 1) 굴착부 경계면을 따라서 지반을 지정된 심도까지 굴착한다. 굴착 심도는 지반의 자립력과 Nail의 간격에 좌우된다. 지반 보강 없이 수직 굴착에 저항하지 못하는 경우, Nail설치 전까지 보강토체를 남겨두거나 임시 보강재로 Shotcrete를 적용할 수도 있다.
- 2) 배수를 위하여 Nail 사이에 수직으로 합성 배수 매트(Geodrain)를 설치한다. Geodrain은 굴착 바닥면까지 연장시켜서, 기초 배수로나 Weep Hole에 직접 연결한다.
- 3) Wire Mesh를 노출면에서 5cm정도 떨어뜨려 설치한 후, 5cm정도 두께의 Shotcrete를 타설한다.
- 4) 미리 결정된 위치에 주어진 경사각으로 소정의 심도까지 천공한다.
- 5) Soil Nail을 천공부 중앙에 오도록 Centralizer를 이용하여 설치하고, 주입재를 주입한다. 주입은 낮은 압력 또는 중력에 의해 이루어지도록 하며, 아래 쪽부터 시행한다. 영구벽체인 경우, Nail을 에폭시 코팅 또는 주입재를 채운 플라스틱 피복재 주름 안에 넣어 부식으로부터 보호한다.
- 6) 굴착 단계마다 1)에서 5)를 반복한다.
- 7) 다음날 굴착면에 5cm의 Shotcrete를 추가 시공한다. Shotcrete시공 전에 각 Nail 높이에서 수평 Wale을 Shotcrete면에 파묻히도록 설치한다. Bearing Plate를 설치하고 Shotcrete 안으로 Plate가 조금 묻힐 정도로만 렌치로 압나사를 느슨하게 조인다.
- 8) 설계 심도까지 굴착이 진행됨에 따라 전술한 단계를 반복 수행한다.

3.2 시공 세목

다음은 천공방법, 재료시방, 시공시방, 그리고 Soil Nailing 시스템과 관련된 성능 예측 상세에 대한 요약 설명이다.

3.2.1 천공방법

우수한 토질조건에서는 일반적으로 ‘Open Hole’법이 이용된다. 이 방법은 케이싱 없이 시추공을 뚫는다. 압축공기는 일반적으로 시추공으로부터의 버락을 흘러나오게 하기 위해 사용된다. Open Hole법에서는 물을 이용한 Flushing이 요구되지 않는데, 특히 실트나 점토에서 물을 이용한 Flushing은 주입 Nail의 마지막 인발저항력을 현저하게 감소시킬 수 있기 때문이다. 천공장비는 Sectional Auger 나 Drill Rod를 사용하는 로타리 또는 퍼커션식이 대부분이다. Continuous Flight Auger가 있는 대형 Hydraulic Powered Rig이 또한 사용되어 왔는데, 한 번 시공으로 Nail 전 길이를 천공할 수 있다. 이러한 장비들은 넓은 공간을 필요로 한다. Open Hole법은 Nail 방식에 효과가 있다. 시추공이 지지 없이는 유지될 수 없을 때 필요한 보강을 위하여 케이싱이 사용될 수 있다. 이와 같은 방법은 공기 또는 물을 이용한 세척 그리고 Hollow Stem Auger가 있는 Single Tube 또는 Duplex Rotary Method를 포함한다. 시추공벽의 Smearing으로 인해 주입재와 지반 사이의 결합력이 감소될 수 있기 때문에 벤토나이트나 Slurry를 이용한 시추공의 일시적 지지는 필요하지 않다.

Open Hole법이 적절하지 않은 토질조건에서 가설 Soil Nailing을 사용하기 위해서는 Injection Boring Rod가 사용되어 왔다. 이것은 측면을 따라 구멍이 나있는 Hollow Steel Rod가 한번 지정된 깊이에 도달하면 Drilling Rod는 그곳에 남겨지고 설치과정은 완료된다.

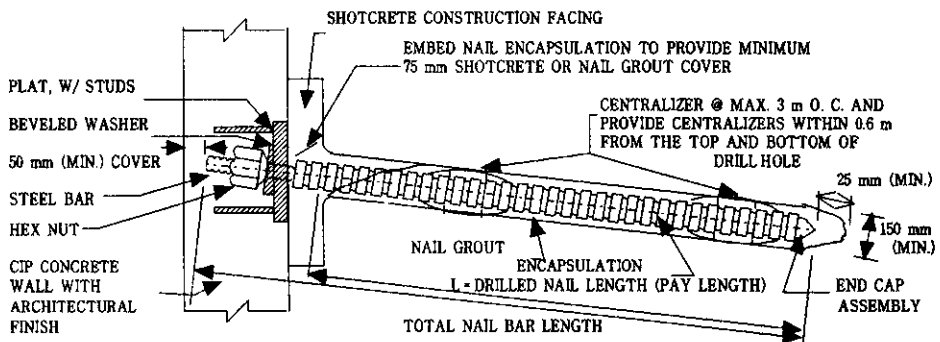
3.2.2 재료준비

1) Soil Nailing

Soil Nailing은 강 보강재와 주입재로 구성된다. Nail은 대개 가능한 부식에 대하여 보호된다. 만약 Soil Nailing 벽체의 설계수명을 초과할 것으로 예상되는 부식 손실을 막을 수 있는 보강재 두께가 확보된다면 가설 벽체에 방식처리 안된 주입 Nail을 사용할 수 있다. 영구 Soil Nail은 에폭시 코팅된 보강재 또는, Sheath 사이의 모든 공간에 주입재를 채운 플라스틱 피복재 주름관에 넣어 전 길이가 보호된 보강재를 사용한다. Nail은 일반적으로 $420 \sim 500 \text{ N/mm}^2$ ($4,284 \sim 5,100 \text{ kgf/cm}^2$) 범위의 항복강도를 가지며, 직경 25~35 mm이다. 에폭시 코팅은 최소 12 mils의 두께를 가져야 한다. 또한 Shotcrete Facing에서 사용될 보강재에 대해서도 마찬가지로 적용된다.

Soil Nail은 초기 제조공정시에 이어서는 안된다. Soil Nail의 한쪽 끝은 최소한 15cm 길이의 나사산을 만들어야 한다. 나사산은 연속 나선형이어야

하고 보강재 단면을 유지해야 한다. 만일 나사산이 보강재 단면을 줄이게 되는 경우에는 한 단계 더 큰 보강재를 사용하여야 하고, Coarse Threading을 받아야 한다. Soil Nail은 Centralizer를 사용하여 Drilled Hole에 설치되어야 한다. Centralizer는 플라스틱, 강재 또는 Soil Nail에 해가 없는 재료로 제조되어야 하며, 목재는 사용되어서는 안된다. Centralizer는 Drilled Hole의 중앙에서 Soil Nail을 충분히 지지하여야 하고 중심에서 중심까지 최대 1.5m 간격으로 배치되어야 한다. 주름 플라스틱이 사용된다면, 폴리비닐 클로라이드(PVC) 또는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)중의 하나이어야 한다. 최소한의 덮개 벽체 두께는 40mils이다. HDPE는 ASTM규정(D792, A-2)에 따라 측정하였을 때 $0.94 \sim 0.96 \text{ g/cm}^3$ 사이의 밀도를 가져야 한다. Sheathing은 충분한 강도를 가지며 물이 침투되지 않아야 하며, 화학적 반응에 의해 부서지거나 연화되지 않아야 한다.



<그림 3-1> Soil Nail 상세

2) 주입재와 Shotcrete

가) 주입재

주입재는 일반적으로 최대 골재크기 6.35mm에 27.58MPa(280kg/cm²)의 7일 압축강도를 가져야 한다. 다음은 일반적인 주입재 배합설계를 나타낸다.

재 료	중 량(kg)	체 적비
1 종 시멘트	426	4.78
Building 모래	1,179	15.55
물	196	6.94
공기연행량%	1.5	0.41
계	1,801	27.67
물 시멘트비	0.46	

나) Shotcrete

Shotcrete는 일반적으로 최대 골재크기 9.5mm에 27.58MPa(280kg/cm²)의 7일 압축강도를 가져야 한다. 일반적인 Shotcrete 배합설계는 다음과 같다.

재 료	중 량(kg)	체 적비
1 종 시멘트	320	3.59
Building 모래	903	11.91
모래(9.5mm-#4)	494	6.45
물	136	4.81
공기연행량%	1.5	0.41
계	1,853	27.15
물 시멘트비	0.43	

3.2.3 시공 준비

1) 천공

Hole은 계획된 위치의 30cm이내에 있어야 한다. Hole길이는 설계길이보다 짧아서는 안된다. Hole 구배는 설계시 구배의 $\pm 3^\circ$ 이내 이어야 한다. Hole 은 천공작업의 결과로 발생하는 물질들 또는 Soil Nail의 강도를 저감시킬 수 있는 물질들을 제거하기 위하여 청소해야 한다. Hole청소를 위하여 물을 사용하는 것은 좋지 않다. Soil Nail 설치 과정에서 Hole로 떨어진 외부의 재료(물질)들은 제거되어야 한다. Hole을 안정시키기 위하여 케이싱이 사용될 수는 있지만, 그라우팅 작업이전 또는 작업동안에 제거되어야 한다.

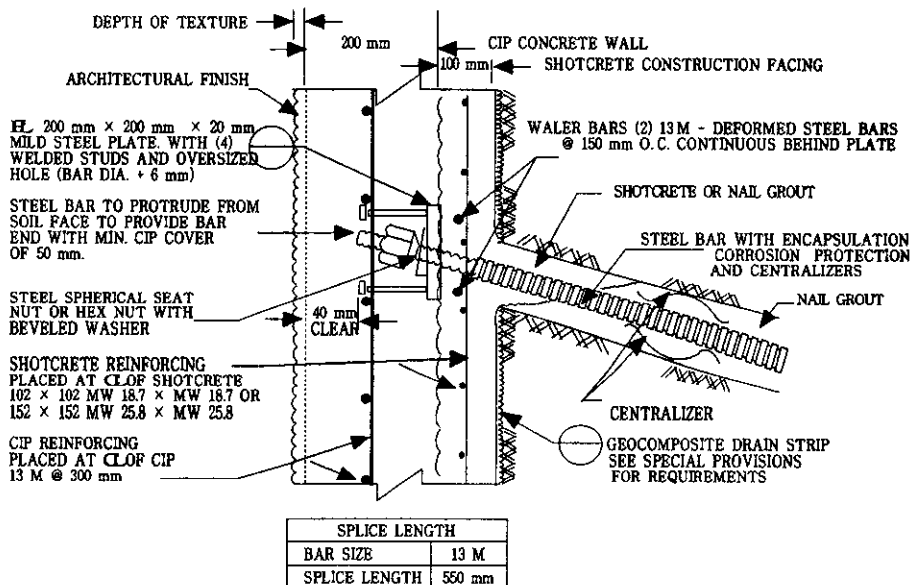
2) 주입

만약 토질조건 때문에 천공이 불가능하지만 않다면 사후 주입이 적합한데, 주입 Nail의 인발저항력이 2~3배 증가될 수 있기 때문이다. 붕괴 지반인 경우, Sheath 또는 Injection Boring Rod가 사용될 수 있다. 주입은 Drilled

Hole의 낮은 쪽 끝에서 수행되어야 하고 연속적인 작업으로 완성되어야 한다. 주입재는 Nail의 삽입 후에 시공되어야 한다. 주입은 주입튜브 또는 Drill Rod를 통하여 압송되어야 한다. 일반적으로 시험할 필요가 없는 Soil Nail은 전 길이에 걸쳐 주입한다. 시험용 Soil Nail의 비부착길이는 초기에 주입해서는 안된다. 시험용 Soil Nail을 주입할 때는 평면도에 나타낸 상세에 따라 Soil Nail의 부착부분을 확실하게 하기 위하여 Packer 또는 다른 적절한 장치들을 사용한다. 시험용 Soil Nail 주입 후, 시험중 주입재가 Anchor 역할을 위한 충분한 강도에 도달할 때까지 불교란 상태로 유지되어야 한다. 시험용 Soil Nail은 시험이 완료된 후에 Shotcrete면에 주입되어야 한다.

3) Soil Nail 고정

각 Soil Nail은 앵커 시스템과 함께 Shotcrete면에 설치되어야 한다. 앵커 시스템의 강판부분은 Shotcrete 표면과 동일한 표면에 설치되어야 하고, 너트는 Shotcrete타설 전에 조여야 한다. 콘크리트에 매립될 너트 Washer, Wedges와 Bearing Plate는 도금할 필요는 없지만 규정 극한 강도를 발휘해야만 한다. 너트는 Shotcrete가 시공된 최소 24시간 후에 렌치(최소 136N-m 토크)로 단단히 설치되어야 한다. <그림 3-2>는 Soil Nail과 Shotcrete Facing 연결부의 예를 나타낸다.



<그림 3-2> 벽체 마감 상세

4) 굴착

굴착은 수평굴착순서에 따라 위에서 아래방향으로 진행되어야 한다. Nail이 설치되고 선행段의 Shotcrete 정착이 완료될 때까지 다음 段을 굴착해서는 안된다. 굴착 후 굴착면의 모든 지저분한 물건, 진흙 그리고 Shotcrete 부착을 방해하거나 또는 감소시킬 수 있는 기타물질들을 청소해야 한다. 지반의 Stabilizing Berm은 Nail을 설치하고 전 길이에 대해 주입을 실시한 후, 최종 굴착을 위한 제거 및 정리를 위하여 굴착면에 그대로 방치해 둘 수 있다. 만일 Soil Nailing 벽체위로 어떠한 일시적인 개착부가 필요하다면, 사면 흐름과 침식을 방지하기 위하여 필요한 만큼 사면 보호 대책을 세워야한다. 일반적으로 Visqueen, Shotcrete 또는 다른 적절한 덮개가 사용된다.

5) Shotcrete 타설

초기 Shotcrete 타설은 전체 段 또는 段 일부의 수평 굴착 후, 24시간 이내에 시공되어야 한다. 가능한 한 빨리 설치되어야 하는 2차 Shotcrete층은 Nail의 전길이 주입 후에 타설한다. 만일 Shotcrete를 한 번에 타설한다면, 48시간 이내에 시공되어야 한다. 다음 段 굴착은 선행 段의 Shotcrete가 소요 최소강도의 25%에 도달할 때까지 완료되어서는 안된다. Shotcrete는 최소한 4cm 두께로 모든 철근을 덮어야 한다.

3.2.4 Soil Nail 시험

1) 확인 시험(Proof Test)

각 열마다 5%의 Nail 또는 최소한 열당 한 개의 Nail에 대해서 재료 확인 시험을 수행하는 것이 좋다. 확인 시험은 시험 Nail에 최대 시험하중(일반적으로 설계하중의 125~150%)까지 점진적으로 하중을 가함으로써 수행한다. 각 하중 증가(최대 시험 하중의 25% 증가) 때마다 Nail의 변위를 측정, 기록한다. 최대 시험 하중을 제외한 나머지 하중 증가시에는 안정된 기록을 얻기 위해서 하중이 충분히 오래 가해져야 한다. 성공적인 시험은 최대 시험 하중에서 두드러진 Creep 현상을 보이지 않으며 전체 시험범위에서 하중과 변위 사이에 선형 또는 비선형 관계를 보인다. 주요 Creep은 변위율로 나타내는데, 분단위 시간의 대수주기당 근사적으로 2mm 변위의 비율로 정의한다.

2) 인장 시험

Soil Nail의 검증은 현장 인발저항력이 토질 종류뿐만 아니라 사용된 천공 방법에도 매우 민감하기 때문에 인발저항력에 관한 정보를 얻는 것이 매우

중요하다. 토질이나 암반 조건 및 천공 방법에 대해서 각각 최소 두 번의 검증 시험을 수행하여야 한다. Soil Nail 검증시험은 Nail의 인발저항력을 확인하기 위해 Nail 설치 이전에 수행한다. 검증 시험용 Nail은 소모되기 때문에 시공 Nail에 포함되지 않는다. 검증 시험용 Nail은 최대 시험 하중의 25% 증가분씩 최대 시험 하중까지 또는 시험 Nail이 5cm 이상 변위를 일으킬 때까지 점진적으로 하중을 가해야 하며 각 하중 증가는 최소한 10분 동안 유지되어야 한다. 시험 Nail은 60분 동안 설계 하중의 150% 하중의 Creep에서도 유지되어야 한다. 시험용 Soil Nail은 Shotcrete 전면까지 짧게 잘라내고 그 옆에서의 시험이 종료된 뒤에 Shotcrete면에 그라우팅 하여야 한다.

3.2.5 성능 예측

벽체의 안전성을 보증하고 설계 가정의 확실성을 검토하기 위해서 Soil Nailing 벽체에 대한 지속적인 성능 예측을 실시해야 한다. Soil Nailing 벽체의 성능이 적절한 수준 이하인 경우에는 벽체의 추가적인 안정성이 제공될 필요가 있다. 이것은 전형적으로 Nail의 수평 간격을 줄임으로써 수행하거나, Nail 길이를 늘릴 수도 있다. 최소한 도로, 몇 개의 수직 및 수평 예측 열이 선정되어야 한다. 선정된 열마다 벽체 최상부, 벽체 상부 3m와 6m 두 지점에 설치되어야 한다. 측정 시스템은 최소 0.25cm의 정확도를 가져야 한다. 지표면 위에 모든 기준점을 설치하고 시공 전에 측정을 해 두어야 한다. 이것들은 시공 전과 시공중 중요 단계에서 측정한다. 측정 빈도는 이전 단계의 기록과 시공 속도에 좌우된다. 하지만 측정은 시공 전 단계에 걸쳐 주당 약 3차례 수행되어야 한다. 시공중 중요 단계에서나 또는 주된 움직임이 인지되었을 때 보다 많은 측정이 요구된다. 만약 보다 상세한 측정이 필요한 경우에는 경사계와 Extensometer를 설치한다. 이것들은 높은 정확도로 단부에 대한 상대적인 수평 변위를 측정할 수 있다. Soil Nailing 시스템의 전형적인 예상 최대 측방 변위는 보다 강도가 높은 토질에서는 벽체 높이의 0.1%에서부터 상대적으로 약한 토질에서는 0.3%에 이른다. 이것은 기존의 수평 지반 보강 시스템의 성능과 유사하거나 또는 이에 못 미친다. 만약 수용할 수 있는 변위이상의 움직임이 감지되면, 보다 많은 Soil Nail 또는 고성능 Earth Anchor를 도입함으로써 벽체의 변위를 제어하도록 설계를 변경할 필요가 있다.

4. 추가 고려사항 및 의견

Soil Nailing 시스템이 빠른 속도로 기존의 지반보강 시스템에 대한 경제적인 대안이 되어가고 있지만 Soil Nailing 시스템이 선택되기 전에 세심한 주의를 기울여야 한다. 지지되지 않은 수직 굴착 심도와 토질 종류, Nail 인발저항력, 지하수의 위치, 오염도, 동결 심도, 예상 지반 변위 등을 고려하여야 한다. Soil Nailing 벽체가 토질과 암반 양쪽에 걸쳐서 시공될 때, 작은 계단을 토질-암반 경계부에 만드는 것이 좋을 것이다. 만약 가능하다면 후행 경사 굴착면(전형적으로 수평: 수직=1:10)이 추천되는데 이것은 Soil Nailing 시스템의 안정성을 대단히 증가시켜 준다.

겨울에 동결 가능성이 있는 지역에 Soil Nailing 벽체가 시공되는 경우는 벽체 후면에 Weep Hole과 Geodrain의 조합을 포함한 적절한 배수 시설이 제공되어야 한다. 침투수가 높은 지역이나 세립토 지역에서는 지반에 천공된 수평 배수로로 Weep Hole과 Geodrain을 보완할 필요가 있다.

굴착중 높은 지하수압이 감지되는 경우에는 Shotcrete를 타설하기 전에 제어할 필요가 있다. 그렇게 하지 않으면 Shotcrete 타설 후, Shotcrete배면에 수압이 형성되어 Shotcrete 표면이 불규칙해지고, Shotcrete가 떨어져 나갈 수도 있다. 그런 경우에 지하수는 굴착면을 포함하는 Geodrain을 통하여 굴착면의 바닥으로 배수된다. 만약 Geodrain 한가지로 적절하게 배수하지 못하면 수평 배수와 같은 추가적인 수단이 강구되어야 할 수도 있다. 하지만 너무 많은 수의 Geodrain은 Shotcrete와 지반의 효과적인 결합을 막아서 Shotcrete가 떨어져 나가는 결과를 초래하므로, Geodrain은 굴착 표면의 절반 이상이 되어서는 안된다.

굴착 표면에 토사흐름이 일어나면 그 지역은 Shotcrete의 무게를 지탱하기 위해 가해지는 철근 보강과 함께 Shotcrete로 뒷채움을 할 수 있다. 하지만 만약 큰 공동이 발생하면 공동을 Shotcrete로 채우는데 드는 비용을 절감하기 위해서 모래 주머니로 채울 수도 있다.

점착력이 없는 지반에 있어서는 Shotcrete가 요구되는 두께에 도달하기 전에 Shotcrete 흐름이 발생할 수 있다. 이것은 두께를 천천히 늘려감으로써 피하거나 먼저 노출된 지역에 가벼운 Shotcrete Flashcoat를 가함으로써 전체 두께의 Shotcrete를 타설하기 전에 Shotcrete가 고정되게끔 함으로써 피할 수 있다.

가설 Soil Nailing 벽체에 있어서는 섬유 보강 Shotcrete가 균열을 감소시키고 인장과 충격에 대한 추가 강도를 제공하는데 성공적으로 사용되었다. 섬유 보강

Shotcrete를 사용함으로써 상대적으로 낮은 벽체에 대해서는 Wire Mesh를 사용하지 않을 수도 있다. 사용되는 섬유 양은 일반적으로 42kg/m^3 이다. 섬유 보강 Shotcrete는 통과해서 천공하기가 힘들기 때문에 Shotcrete 타설 전에 Nail Hole이 천공될 자리에 플라스틱 관을 설치하는 것이 바람직하다. 섬유와 아울러 24kg/m^3 에서 59kg/m^3 양의 Silica Fume이 지반에 대한 점착력을 증가시키기 위해 첨가될 수 있다. Silica Fume의 첨가는 Shotcrete의 낭비를 줄이고 강도 개선효과를 가져온다.

어떤 형태의 굴착중이라도 불안정한 지반 조건을 만나면, 굴착 표면의 응력 제거가 시간에 따라 증가하고 불안정성을 증대시키기 때문에 굴착면을 재 보강하고 노출시간을 늘이지 않기 위해 Soil Berm이 즉각적으로 적용되어야 한다. 그 다음 변경된 설계와 시공 절차가 시행되어야 한다. 가능한 보수방법에는 다음과 같은 방법이 있다. 다음 굴착 단계의 벽체에 수직 철근을 설치, 선굴착 콘크리트 채움 Trench 사용, 천공을 하고 Nail을 설치하기 위한 Stabilizing Berm의 사용, Segmental Slots내 굴착, 한 번에 수직 설계 높이 이하로 굴착 등.

지반 함몰 조건이 발생하면 함몰은 지반의 손실을 초래함으로 Open Hole 천공과 주입방법이 사용되어서는 안된다. 이것은 또한 주위에 민감한 구조물이 있을 때에도 동일하게 적용된다. 그런 경우에는 보호공 천공이나 自掘式 Nail이 사용될 수 있다. Drill을 뿔을 수 없거나, 전진 없이 굴착량이 많은 경우, 천공 상부 지반이 함몰하거나, 천공된 공에 Nail을 다 집어넣을 수 없는 경우는 지반 손실이 발생했다는 표시다.

시공 전과 시공중의 기본 인발 시험으로도 Nail 마찰저항에 대한 매우 가치 있는 정보를 얻을 수 있다. 시험용 수직 Short Nail은 Nail의 방향에 있어서의 차이 때문에 실제 인발저항력을 대표하지는 않지만 시험이 쉽고 굴착에 앞서 유용한 정보를 제공해준다. 현장시험에서 획득한 인발저항력은 지반 전단 강도 측정과 상제하중에 기초한 원설계를 상호 검토하는데 사용될 수 있다. 그 다음 Soil Nailing 시스템의 배치 설계 수정이 가능해질 수 있다.

건물의 결로에 대해서

기술연구팀 건축기사 박정우

결로는 공기중의 수증기에 의해서 발생하는 일종의 습윤상태를 말한다. 결로가 생기면 불투습성의 재료표면에 물방울이 맺히며, 흡수성 물질에는 습기가 차서 곰팡이류, 각종 균의 번식으로 인한 장식의 손상 및 불쾌한 냄새가 일게 되고, 변형에 의해 건물재료와 구조체에 해를 끼치게 된다. 이러한 결로 문제는 최근에 이르러 매우 중요한 문제로 인식되고 있다. 결로는 현대건물의 설계, 냉난방, 환기 및 건물의 사용방법 등에 의해 영향을 받는다. 여기서는 결로의 원인과 발생, 결로판정 및 방지책에 대하여 알아보기로 한다.

1. 결로의 원인과 발생

1.1 결로의 원인

오늘날의 대류식 난방방식에서 주택의 기밀성과 보온을 목적으로 환기횟수를 낮추는 방안은 결로의 위험을 증가시키는 결과를 초래하였다. 특히, 주거용 건물의 경우 공동주택이나 슬래브 주택에서 결로가 심하다. 주거용 건물 내부의 결로 발생은 겨울철에 극심하며 그 원인은 난방에 따른 실내외의 높은 온도차에 있다. 온도차에 의해 벽표면 온도가 실내공기의 노점온도보다 낮게되면 결로가 발생하며 이러한 현상은 벽체내부에서도 생긴다.

결로는 대개 다음의 여러 현상이 복합되어 일어난다.

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| ① 실내외 온도차 | ② 실내습기의 과다발생 |
| ③ 생활습관에 의한 환기부족 | ④ 구조재의 열적특성 |
| ⑤ 시공불량 | ⑥ 시공 직후 미건조 상태에 따른 결로 |

1.1.1 실내외 온도차

결로는 실내에서 온도가 가장 낮은 표면, 예를 들어 창문이나 냉수파이프 등의 표면에 제일 먼저 발생한다. 외기온도가 낮은 경우, 실내 각 부위의 표면온도는 단열 성능이 가장 나쁜 곳이 가장 낮다. 결로는 특히 창문의 윗인방과 같은 냉교(cold bridge)발생 부위에서 일어나므로 단열취약 부위를 쉽게 알 수 있다. 구조체의 온도변화는 결로에 영향을 크게 미치는데 중량구조는 경량구조보다 열용량이

크므로 열적반응이 늦다. 예를 들어 조적벽이나 콘크리트 바닥은 가열시 온도상승이 느리며 가열도중에 결로가 발생할 수 있다. 중량구조 내부에 단열재를 설치하면 중량구조의 실내표면 온도를 빨리 높일 수 있다.

1.1.2 실내습기의 과다발생

외부공기가 찬 경우, 공기중의 습기 함유량이 적으므로 찬공기가 건물내로 들어오더라도 결로는 발생하지 않는다. 고온다습한 기후에서는 결로가 자주 발생하는데 특히 실표면의 온도상승이 느릴 때 결로가 발생하게 된다. 주택의 내부공기중에 포함되어 있는 대부분의 습기는 거주자 및 그들의 활동으로부터 발생한다. 일반가정에서는 일상적인 호흡·조리·세탁 등의 활동으로 인해 하루 약 12kg의 습기가 발생한다. 연도장치가 없는 동유난로는 많은 수증기를 방출하여 결로의 위험을 증가시키며 부엌과 욕실에서 발생하는 습기는 다른 실로 빠르게 확산되어 멀리 떨어진 곳에서까지 결로가 생기게 되는 원인이 된다. 주거내 편리해진 시설과 사회관습의 변화로 목욕·세면·세탁과 같은 습기발생의 요인들이 점차 늘고 있다. 세탁물의 실내건조, 환기구가 없는 탈수기에 의한 건조 등은 역시 실내 습기발생원이 된다.

1.1.3 생활습관에 의한 환기부족

주거용 건물은 야간에 사람이 주로 거주하므로 대다수의 주거활동이 야간의 창문을 닫은 상태에서 행해진다. 주간에는 방법상의 이유나 구조체의 열손실을 막기 위해 창문은 대개 닫혀 있다. 이와 같이 생활습관에 따른 건물사용은 환기부족으로 인한 결로의 원인이 된다.

1.1.4 구조재의 열적특성

건물의 테두리보, 슬래브 지붕, 발코니의 돌출부위 등 단열을 연속할 수 없는 단열의 취약부위에서 결로가 발생하기 쉽다. 또한 투습성이 높은 재료들도 결로가 발생하는 원인인 습기에 약하므로 건물의 외피에 사용하기에는 적당치 않다.

1.1.5 시공불량

단열시공이 불완전하면 이 단열 취약부위에 결로가 발생한다. 이러한 부위가 흡습성의 표면으로 되었을 때에는 처음에는 결로가 나타나지 않지만 지속적인 결로에 의하여 결로부위가 더러워지는 현상을 볼 수 있다.

1.1.6 시공 직후 미건조상태에 따른 결로

일반 조적조 주택은 시공할 때, 약 5,000kg의 물이 구조체에 포함되는 데 이것은 주로 콘크리트 혼합 모르타르 및 회반죽에 사용된 물과 외기에 노출된 벽이 흡수한 습기이다. 이러한 수분은 완공 후 약 한달간의 건조기간중 벽체 외부로 방출되어 내부공기의 습도를 증가시킨다.

1.2 결로의 발생

결로는 발생부위에 따라 다음 두 가지로 분류된다.

- ① 표면결로(surface condensation), ② 내부결로(interstitial condensation)

1.2.1 표면결로

표면결로는 건물의 표면온도가 접촉하고 있는 공기의 포화온도(노점온도)보다 낮을 때에 그 표면에 발생한다. 그 예로는 맑은날 밤에 지표면과 식물표면에 생기는 이슬 또는 욕실의 거울 위에 서리는 김, 난방된 실내에서 창문의 찬 표면에 생기는 물기 등이 있다. 건물내의 이와 같은 표면결로는 결로가 발생하는 표면이 불연속성이라면 간단하게 처리될 수가 있다. 예를 들면 한랭기후에서의 창에는 내측 창면에 결로수가 생기므로 이것이 흐르도록 적당한 구멍을 설계해야 한다. 표면결로는 시간에 따라 일시적인 결로와 지속적인 결로로 구분된다. 일시적인 결로는 절대습도가 표면온도조건에 비해서 급속히 증가하는 경우에 발생한다. 추운 욕실에서 샤워를 하면, 1분 이내에 벽에 물방울이 생기며, 똑똑 떨어진다. 소위, 결로방지용 페인트는 결로 자체를 조절하는 것이 아니며, 그 상태에 대처하기 위한 것이다. 이것은 대단히 흡수성이 높으므로 결로수를 빠른 시간에 흡수하여 확장되는 것을 억제하며, 그 후에 결로수는 증발된다. 일시적인 결로의 다른 예는 다음과 같다.

- 1) 공조를 하고 있는 건물에서 문 또는 창이 열려 있으면, 2,3분 동안에 들어온 습한 공기는 나무, 직물 등 모든 표면에 결로가 발생하는 원인이 된다.
- 2) 중량건물에서는, 추운 계절이 끝날 때(이때 건물자체는 냉각되어 있다) 갑자기 따뜻해지면 결로가 일어난다. 표면은 따뜻해지므로 결로는 내부결로가 발생된다.

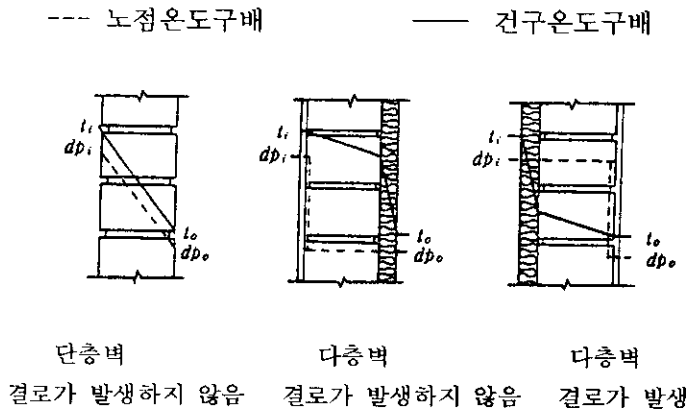
이와 같은 일시적인 결로는 조절이 거의 불가능하다. 설계자는 이 발생의 가능성을 고려하여, 만일 그런 위험이 있으면, 주기적으로 건습에 견디는 강한 재료만을 사용하는 것이 좋다.

지속적인 결로는 ① 구조체의 단열이 잘 안 되어 표면온도가 낮을 때, ② 실내

습도 발생이 극심한 경우에 일어난다. 지속적인 결로는 건물의 각 부위에 나타나며, 벽과 천정은 일정한 전도율을 갖게 되므로 결로 현상이 일정하게 일어난다. 그러나, 바닥은 모서리 부분에서 심하게 일어난다.

1.2.2 내부결로

실내가 외부보다 습도가 높고 벽체가 투습력이 있으면 벽체 내에 수증기압 구배가 생기게 된다. 또한, 겨울철에 창문을 항상 닫고 있고, 외부온도가 실내온도보다 낮으면 벽체 내에 온도구배가 생긴다. 벽체 내의 수증기압 구배의 노점온도가 온도구배의 건구온도보다 높게 되면 내부결로가 발생된다. 벽체는 습기를 계속 흡수하여 벽체 내부가 젖게 되어 구조체 내에서 수증기가 응결되는데 이것을 내부결로라고 한다.



내부결로가 발생되면 경량 콘크리트(breeze concrete)처럼 내부에서 화학물질이 이동하여 부풀어오르는 현상이 생겨 철골부재와 같은 구조체에 손상을 준다. 방지책으로는 내부로 습기가 침투되지 않게 하며 벽체내의 온도구배가 노점온도 이하가 되는 조건을 만들지 않아야 한다.

2. 결로의 원인제거

앞에서 언급한 결로의 원인을 알면 결로방지에 유익한 방법을 찾을 수 있다. 건물내부의 결로방지법은 대개 다음과 같은 세가지를 들 수 있는 데, 이 결로방지법들은 상호보완적으로 동시에 사용하는 것이 좋다.

2.1 환기

습기가 발생하는 곳에 환기가 잘되도록 하는 것이 가장 효율적이다(예 : 부엌의 환풍기 설치 등). 부엌이나 욕실의 환기창에 의한 환기는 습기가 다른 실로 전파되는 것을 막기 위해 자동문을 설치하는 것이 좋다.

2.2 난방

난방은 건물 내부의 표면온도를 올리고 실내기온을 노점 이상으로 유지시킨다. 가열된 공기는 더 많은 습기를 함유할 수가 있어 차가운 표면상에 결로로 인하여 발생한 습기를 포함하고 있다가 환기시 외부로 배출하면서 결로를 제거한다. 난방시 온도 및 난방시간은 결로에 영향을 주는 데 일반적으로 낮은 온도의 난방을 오래하는 것이 높은 온도의 난방을 짧게 하는 것보다 좋다. 콘크리트나 조적조와 같은 중량구조물은 난방이 멈춘 후에도 오래 동안 어느 정도의 餘熱이 남아 있어 완전히 냉각되지는 않는다. 굴뚝이 없는 난방장치는 결로의 위험이 있다면 사용하지 않는 것이 좋다.

2.3 단열

단열은 구조체를 통한 열손실 방지와 보온 역할을 한다. 조적벽과 같은 중량구조의 내부에 위치한 단열재는 난방시 실내표면온도를 신속히 올릴 수 있다. 중공벽 내부의 실내측에 단열재를 시공한 벽은 외측부분이 온도가 낮기 때문에 이곳에 생기는 내부결로 방지를 위하여 고온측에 방습층의 설치가 필요하다. 방지책으로는 ① 구조체에 충분한 단열재를 사용하여 표면온도가 노점온도 이상이 되도록 하고, ② 습기증가를 방지하기 위하여 환기 횟수를 높이는 것도 도움이 된다.

3. 공동주택의 표준 단열설계 제시

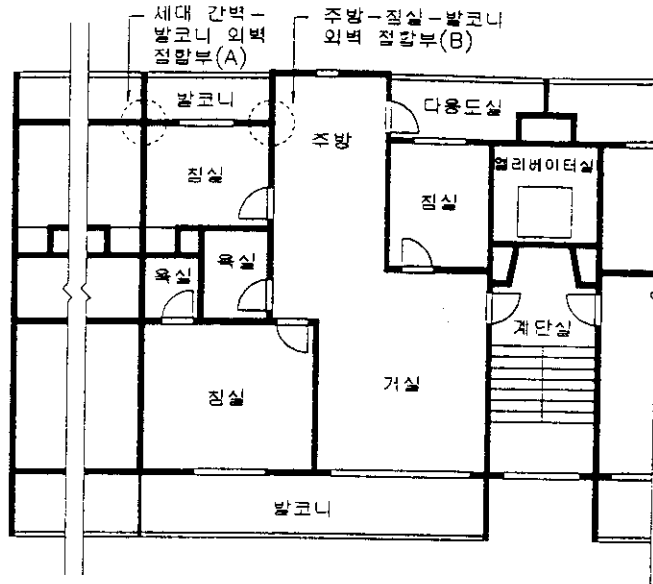
3.1 공동주택의 적정 평면 단열 상세를 결정한 과정은 다음과 같다.

공동주택의 적정 평면 단열 상세를 결정한 과정은 다음과 같다.

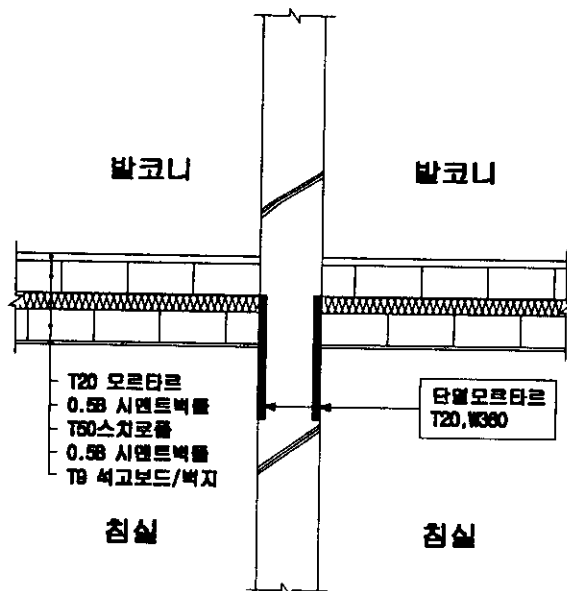
- 1) 도면, 현장 조사를 통해 해당 부위의 구성재료와 기본치수
- 2) 기존 단열상세의 문제점, 에너지 절약 가능성을 조사하여 대안 작성 기준 수립
- 3) 대안 작성 기준에 따른 단열 상세 대안 작성
- 4) 단열상세 대안별로 성능을 평가하여 실내측 표면결로가 발생하지 않고 시공

이 용이하여 생애 비용이 최소가 되는 단열상세를 적정평면 단열상세로 결정
5) 적정평면 단열상세의 경제성 확인

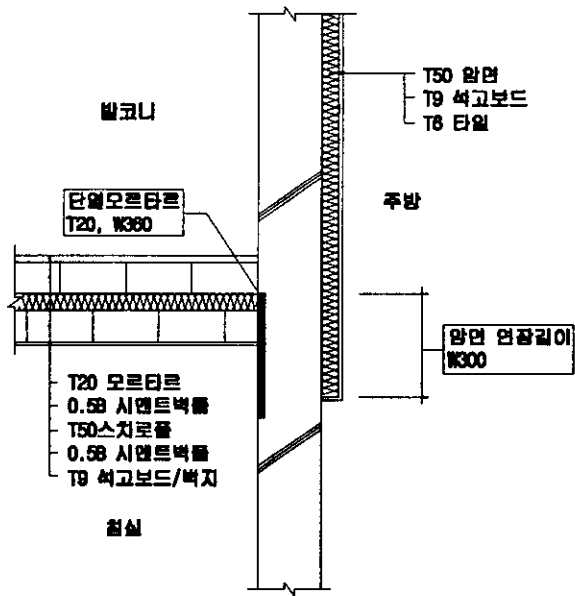
<그림 3-1>과 같은 공동주택의 평면에서 위와 같은 확인과정을 거쳐 공동주택의 열교부위에서 적정단열 설계안(<그림 3-2> ~ <그림 3-14>)을 제시하였다.



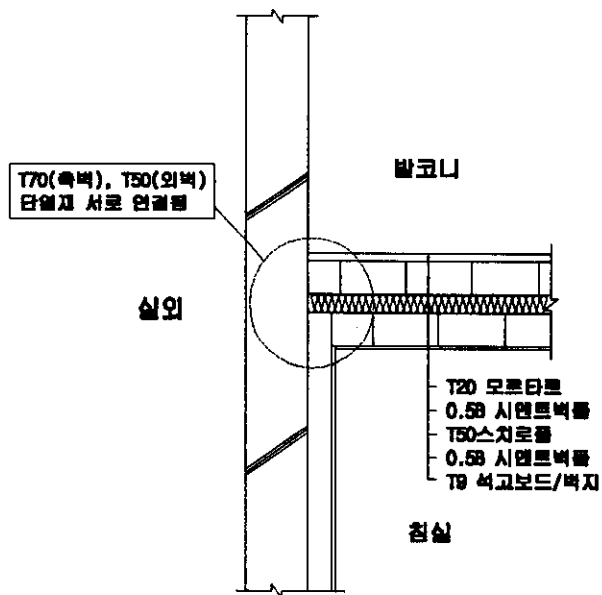
<그림 3-1> 공동주택의 단위 평면



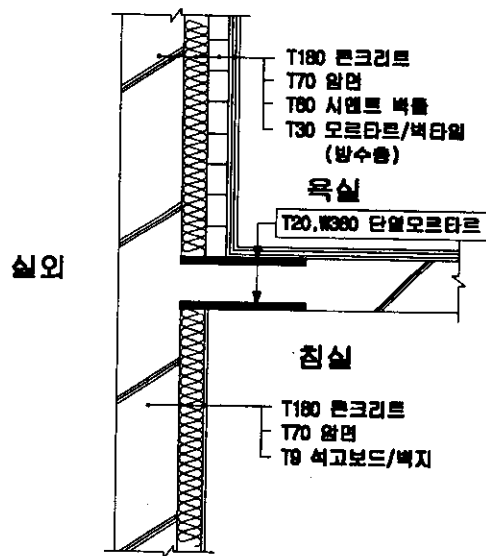
<그림 3-2> 세대간벽-발코니 외벽 접합부 표준 평면 단열상세



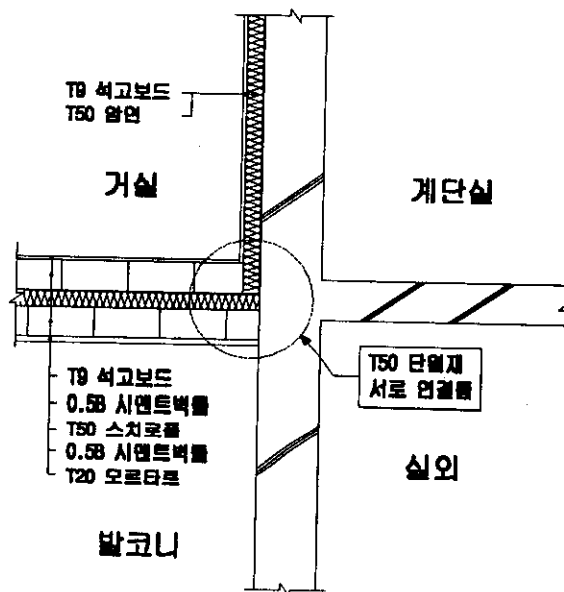
〈그림 3-3〉 주방-침실-발코니 외벽 접합부 표준 평면 단열상세



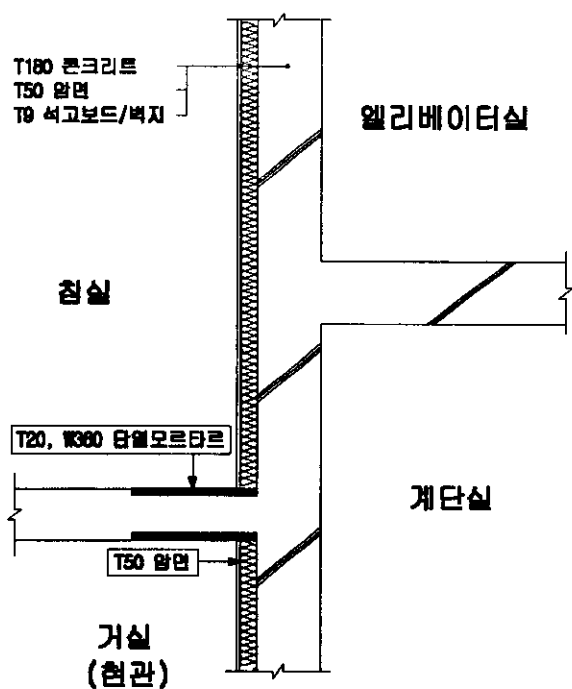
<그림 3-4> 측벽-발코니-외벽 접합부의 표준 평면 단열상세



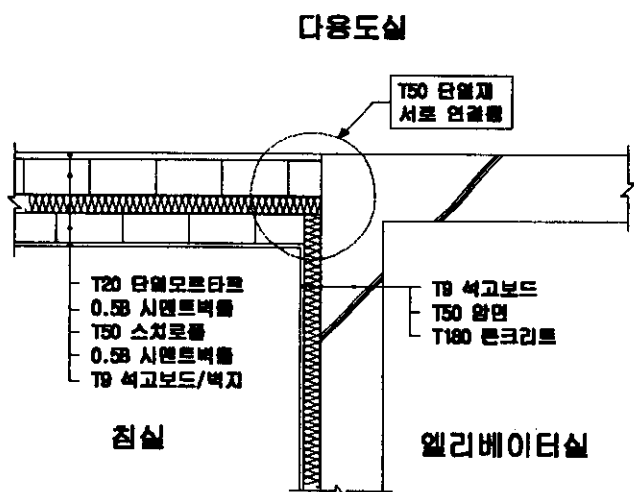
<그림 3-5> 측벽-침실벽 접합부의 표준 평면 단열상세



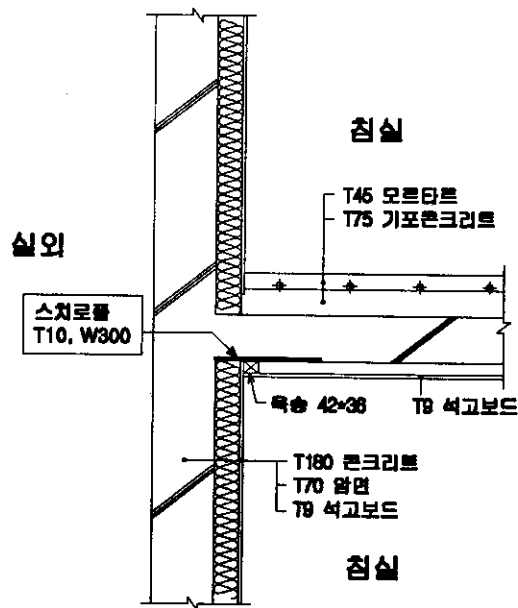
<그림 3-6> 거실-전면 발코니 외벽 접합부의 평면 표준 단열상세



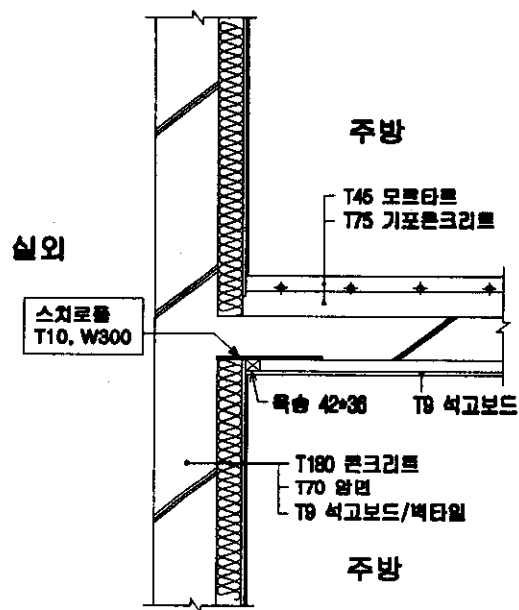
<그림 3-7> 침실-거실 벽 접합부의 평면 표준 단열상세



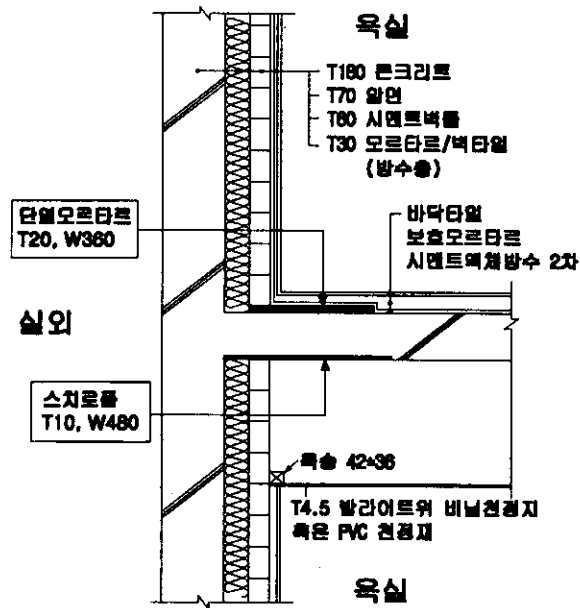
<그림 3-8> 침실-다용도실 외벽 접합부의 평면 표준 단열상세



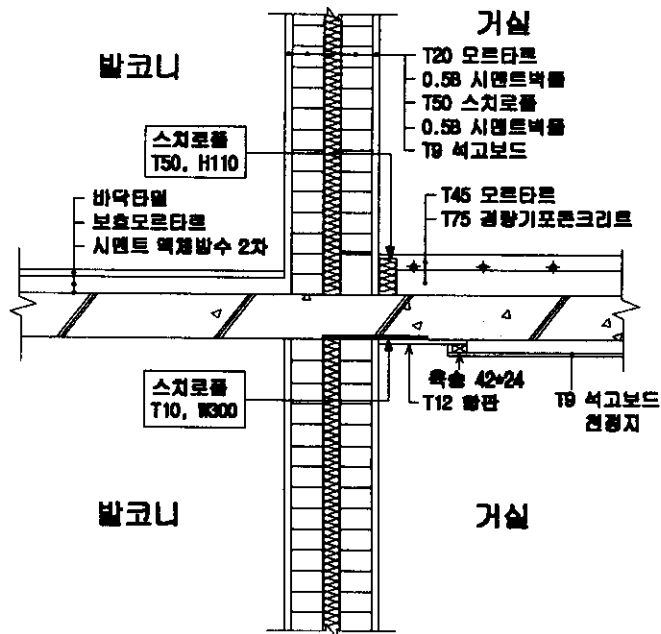
<그림 3-9> 측벽-슬래브 접합부의 적정 단면 단열상세



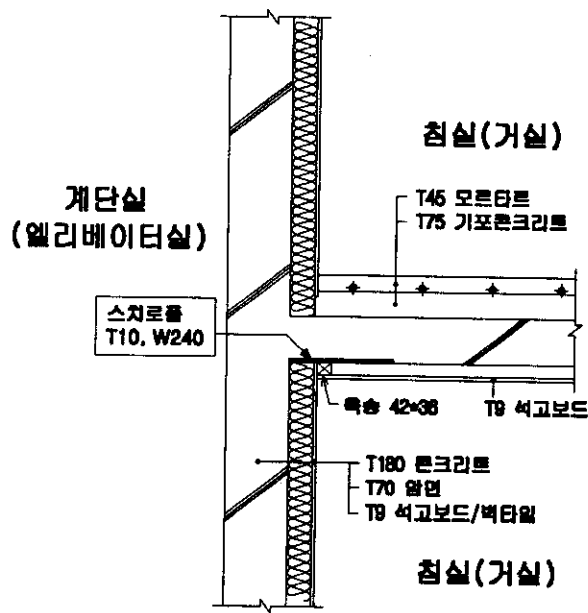
<그림 3-10> 주방외벽-슬래브 접합부의 단면 표준 단열상세



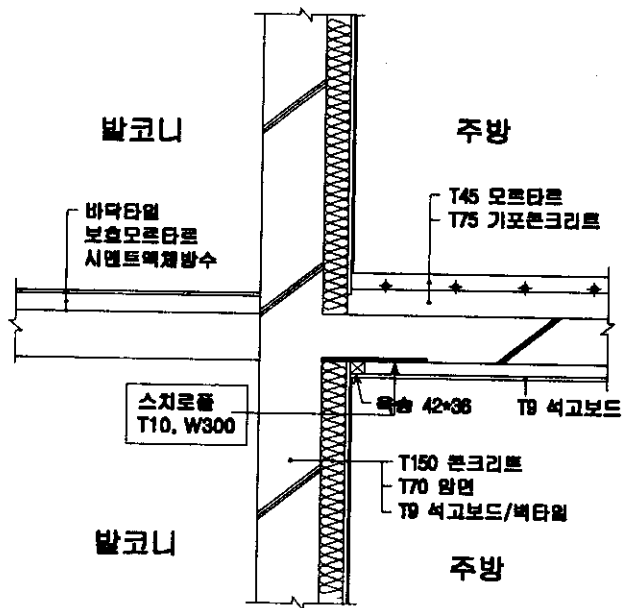
<그림 3-11> 욕실 측벽-슬래브 접합부의 단면 표준 단열상세



<그림 3-12> 발코니 외벽-슬래브 접합부의 단면 표준 단열상세



<그림 3-13> 침실-거실 벽-슬래브 접합부의 단면 표준 단열상세



<그림 3-14> 침실-거실 벽-슬래브 접합부의 단면 표준 단열상세

연약지반 성토공사에서의 장래 침하예측과 안정관리 기법

기술연구소팀 토목기사 한선진

1. 개요

연약지반 처리시 무처리, Pre-Loading, Sand Drain, Paper Drain 등 여러공법을 이용하여 설계·계획하지만 실제 계측결과와 비교해보면 일치하지 않는 경우가 상당히 많다. 이런점을 보완하기 위해 현장에서 얻어진 계측결과, 즉 연약지반 반상에 성토를 실시할 때 발생하는 침하, 수평변위, 간극수압 등의 계측자료를 이용하여 안정성과 압밀진행상태를 수시로 확인 관리하는 기법들이 현재 이용되고 있다.

따라서 본 자료에서는 현재 실무에서 많이 이용되고 있는 안정관리기법과 침하예측(침하관리)기법들에 대한 소개와 내용을 다루고자 한다.

2. 안정관리 기법과 침하예측 기법의 소개

2.1 안정관리 기법의 소개

1) Tominaga-Hashimoto Method

: 성토진행에 따라 침하량-수평변위량의 관계를 표시하여 안정관리하는 방법이다.

2) Kurihara-Ichimoto Method

: 성토법면의 수평변위속도가 어느 한계치를 넘지 않도록 시공관리하는 방법이다.

3) Matsuo-Kawamura Method

: 성토중앙부의 침하량에 대해서 성토사면부의 수평변위를 이용하여 침하량-(수평변위/침하량) 관계가 파괴기준선에 근접하면 파괴가 발생하고 멀어지면 안정한 상태를 의미하는 안정관리 기법이다.

2.2 침하예측 기법의 소개

1) 쌍곡선법(Hyperbolic Method)

: 성토시공중에 현장계측에 의하여 얻어진 침하-시간관계에서 장래침하량을 추정하는 방법중에 “침하의 평균 속도가 시간에 쌍곡선으로 변한다”는 가정하에 제안된 방법이다.

2) 평방근법(Hoshino Method)

: $\sqrt{t}$ 법 이라고도 하며, “침하는 시간의 평방근에 비례한다”는 가정하에 장래 침하량을 추정하는 방법이다.

3) 아사오카법 (Asaoka Method)

: 1차원 압밀방정식을 이용하여 현장 침하자료로부터 임의의 시점에서의 침하량을 도식적으로 구할 수 있는 방법이다.

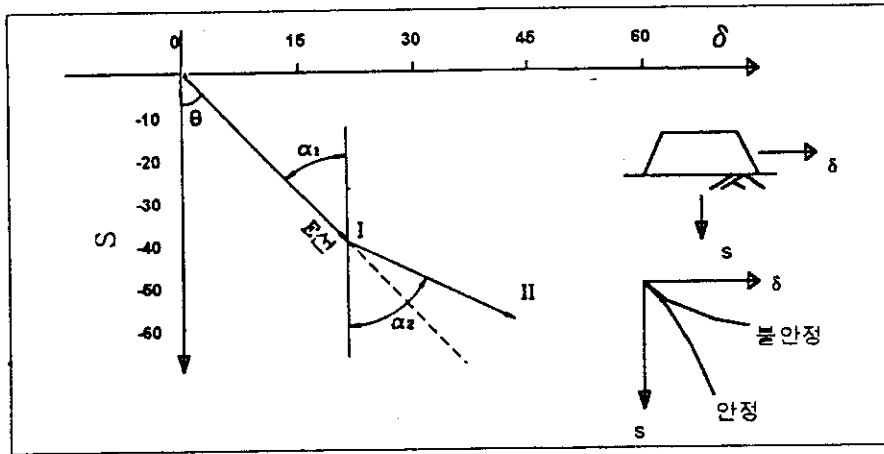
위에서 언급한 기법 외에도 안정관리의 경우 성토속도에 의한 방법, 침하속도에 의한 방법, 지중의 과잉간극수압에 의한 방법, Marche-Chapuis 방법, 수평변형계수법 등이 있고, 침하예측의 경우 Monden법, Terzaghi(Curve Fitting)방법 등이 있으나 본 자료에서는 현장에서 많이 사용하는 위의 방법에 대해 다루기로 하겠다.

3. 안정관리 기법

3.1 Tominaga-Hashimoto Method

성토진행에 따라 S (연직침하량) - δ (수평변위량)의 관계를 표시하여 안정관리를 하는 방법이다. S - δ 의 관계는 <그림 3-2>와 같이 S_v 축에 대하여 임의의 기울기 θ 를 갖는 직선 E 상에 있게 된다. 그렇지만 성토가 파괴에 근접하면 S 의 증가에 비해 δ 의 증가가 현저해서 <그림 3-2>의 I-II영역으로 기울게 되면서 불안정하게 된다. 다시 말해서 δ/S 값의 증가치로 성토파괴가 가깝다는 것을 판단할 수 있다. 이것을 수치적으로 표현하기 위해 직선의 변곡점에서 수직선을 그려 보면 각 α_1, α_2 를 관찰할 수 있는데, 이 각들의 크기가 $\alpha_2 \geq 0.7$ 혹은 $\alpha_2 \geq \alpha_1 + 0.5$ 이면 불안정으로 판단하는 것이 제 1방법이다.

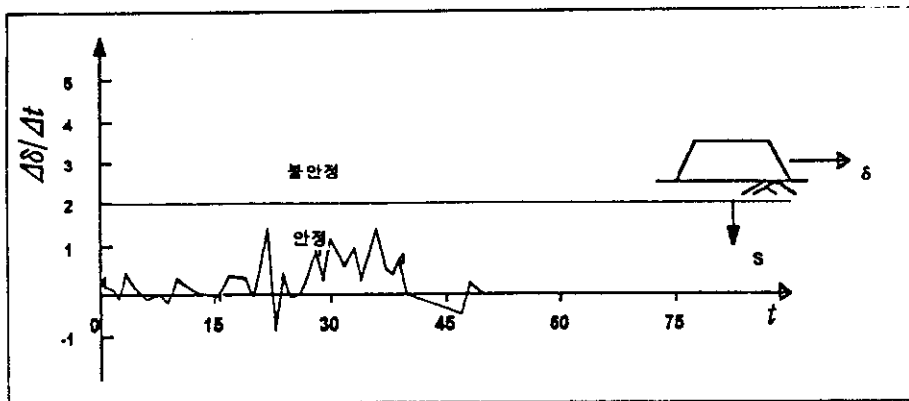
제2방법은 원점으로부터 현재까지 측정된 1/3 시점에서 S - δ 의 기울기 α_1 과 판단하고자 하는 시점의 기울기 α_2 를 비교하여 1.2이하이면 불안정하다고 판단한다.



<그림 3-1> Tominaga-Hashimoto Method

3.2 Kurihara-Ichimoto Method

Kurihara, Ichimoto는 이탄지반상의 시험성토에서 성토법면 선단부의 수평변위 속도 $\Delta\delta/\Delta t$ 가 어느 한계치를 넘지 않도록 시공관리하는 방법을 제안했다. 이 방법에서는 $\Delta\delta/\Delta t$ 한계치를 얼마로 설정하면 좋은가가 초점이 되지만, Kurihara 등은 성토전단면에 균열을 발생시키는 시점에서의 $\Delta\delta/\Delta t$ 의 값이 2cm/day인 것을 발견했다. 그리고 이 값을 넘지 않도록 성토속도를 제어하는 것으로 소정의 성토를 축조할 수 있다고 서술하고 있다.



<그림 3-2> Kuriharh-Ichimoto Method

3.3 Matsuo-Kawamura Method

Matsuo, Kawamura는 파괴된 성토사례를 다수 조사하여 침하량(S)과 수평변위(δ)/침하량(S)의 관계가 <그림 3-3>에 표시한 것처럼 거의 하나의 곡선상에 오는 것을 발견했다. 이 곡선을 파괴기준선이라고 부르고 있다. 이 방법은 연약지반상에 성토시 수평변위량과 압밀침하량의 경시변화를 관측해서 파괴시의 다수 사례를 S와 δ/S 를 이용하여 도식화해 본 결과, 파괴된 성토는 모두가 어느 기준선에 접근한다는 것을 이용하여 실무에서 유한요소법과 같은 수치해석을 시간적으로 이용하기 곤란할 경우에 이런 파괴기준선을 이용한다.

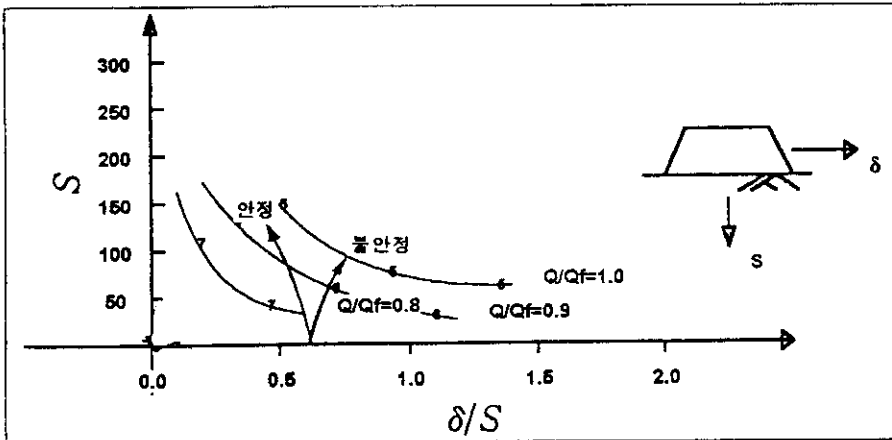
시공중 S- δ/S 관계가 파괴기준선에 근접하면 파괴가 발생되고 멀어지면 안정한 상태를 의미한다. 지반이 파괴에 도달될 때까지의 성토하중의 이력과 지반의 변위를 관련시켜 최종적인 파괴하중(Q_f)과 거기에 도달할 때까지의 성토시공중의 하중(Q)의 비의 관계를 하중비(Q/Q_f)로서 나타내고 있다.

$Q/Q_f = 1.0$ 인 곡선은 파괴기준선을 나타내고 $Q/Q_f = 0.8, 0.9$ 인 곡선은 S- δ/S 의 관계가 해당곡선 근처에 도달할 경우 성토하중은 파괴시의 80% 또는 90%를 나타낸다. 따라서 이 방법의 근본적인 원리라고 말할 수 있는 것은 동일한 시간에 성토중양부의 압밀침하량보다 수평변위량이 크게 되면 성토체제는 불안정하다는 것을 의미한다. 그러나 이 방법은 성토중양부의 침하량이 40cm이상일 경우에만 적용되어야 하는 단점이 있다.

Matsuo 등은 이 기준도를 실무에 이용하기 위해 이론적 수치해석을 검토하여 그 동안의 경험에 의해서 $Q/Q_f = 0.8 \sim 0.9$ 이면 성토의 각 위치에 균열이 발생한 예를 토대로, 성토 도중에 현재의 상태가 어떠한지 그리고 어느 정도의 여유가 있는지를 알기 위해 [표 3-1]과 같은 등치선을 작성했으며, 이 도표는 실무에 유용하게 이용되고 있다.

[표 3-1] 등치선의 종류

Q/Q_f	a	b	c	δ/S 의 범위
1.0	5.93	1.28	-3.41	$0 < \delta/S \leq 1.4$
0.9	2.80	0.40	-2.49	$0 < \delta/S \leq 1.2$
0.8	2.94	4.52	-6.37	$0 < \delta/S \leq 0.8$
0.7	2.66	9.68	-9.97	$0 < \delta/S \leq 0.6$
0.6	0.98	5.93	-7.37	$0 < \delta/S \leq 0.6$

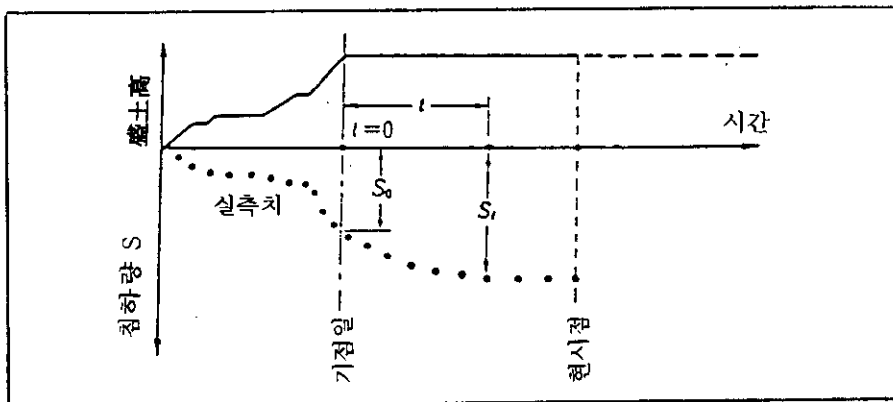


<그림 3-3> Matsuo-Kawamura Method

4. 장래 침하예측(침하관리) 기법

4.1 쌍곡선법(Hyperbolic Method)

일본도로공단의 설계요령에서는 성토시공중의 현장계측에 의하여 침하-시간관계에서 장래침하량을 추정하는 방법중에 “침하의 평균 속도가 시간에 따라 쌍곡선으로 변한다.”는 가정하에 제안된 방법이다.



<그림 4-1> 시간-침하곡선

<그림 4-1>과 같이 $t - t_0 / (S_t - S_0)$ 을 종축에, t 를 횡축에 도시하면 종축절편 α

와 기울기 β 를 갖는 1개의 직선으로 표시된다. 이 그림으로부터 임의의 시간 t 에서의 침하량과 시간이 무한대일 때의 최종침하량(100% 압밀이 발생했을 때)을 다음과 같은 식으로 표시될 수 있다.

$$S_t = S_0 + S_d = S_0 + \frac{t-t_0}{\alpha + \beta(t-t_0)} \quad \text{————— (식 4-1)}$$

여기서, S_t : 경과시간 t 에서의 침하량

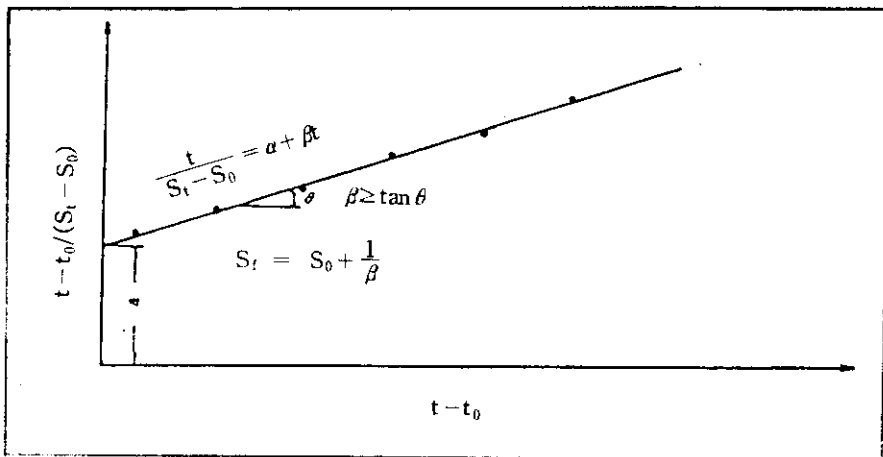
S_0 : 성토종료 직후의 침하량

S_d : 시간의 경과와 더불어 증가하는 침하량

t_0 : 성토종료까지 경과시간 (S_0 에 대응)

t : 임의 경과시간 (S_t 에 대응)

α, β : 실측침하량으로부터 구하는 계수



<그림 4-2> α 와 β 를 구하는 방법

<그림 4-1>을 참조하여 침하계산의 구체적인 순서를 나타내면 다음과 같다.

- ① 기점일(t_0)을 결정한다 : 통상 성토종료일을 t_0 로 한다.
- ② 각 실측치에 대해 $\frac{t-t_0}{(S_t-S_0)}$ 를 계산한다.
- ③ $t-t_0$ 와 $\frac{t-t_0}{(S_t-S_0)}$ 의 관계를 <그림 4-2>와 같이 도식화하여, 계수 α, β 를 결정한다.
- ④ (식 4-1)을 이용하여 S_t 와 S_0 를 계산한다.

- ⑤ 만약 $t = \infty$ 라면 (식 4-1)에서 α 는 무시할 수 있으므로 S_t 는 (식 4-2)와 같이 구할 수 있다.

$$S_t = S_0 + 1/\beta \quad \text{————— (식 4-2)}$$

이 방법을 적용하여 추정한 침하량은 초기에는 실측치에 비해 작고 후반부의 직선부분에서는 일치하는 경향이 있으므로 압밀도가 약 50%정도 도달해야만 어느 정도 근사치에 접근할 수 있는 것으로 알려져 있다.

4.2 평방근법(Hoshino Method)

일명, $\sqrt{t}$ 법이라고도 하며, 이 방법은 순간적으로 재하할 때 t 시간후에 발생하는 전침하량 S_t 는 성토종료 직후의 침하량(S_0)과 시간에 따라 증가하는 침하량(S_d)의 합으로 나타낼 수 있다. 침하의 평균속도가 시간에 쌍곡선적으로 변하지 않으면 쌍곡선법은 그 타당성이 결여된다. 실제 현장에서 계측된 자료들은 쌍곡선법에 의해 표시했을 때, 직선이 아닌 곡선의 형태가 나타내는 경우가 종종 발생하고 있다. 이에 Hoshino방법은 “침하하는 시간의 평방근에 비례한다”는 가정하에 장래침하량을 추정하였다.

$$S_t = S_0 + S_d = S_0 + \frac{AK\sqrt{t-t_0}}{\sqrt{[1+K^2(t-t_0)]}} \quad \text{————— (식 4-3)}$$

여기서, S_t : 경과시간 t 에서의 침하량

S_0 : 성토종료 직후의 침하량

S_d : 시간의 경과와 더불어 증가하는 침하량

t_0 : 성토종료까지 경과시간 (S_0 에 대응)

t : 임의 경과시간 (S_t 에 대응)

A, K : 실측침하량으로부터 구하는 계수

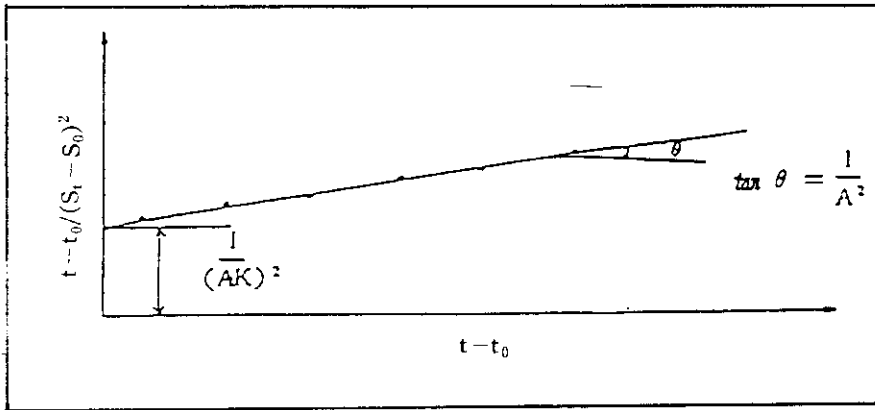
$$\frac{t-t_0}{(S_t-S_0)^2} = \frac{1}{A^2K^2} + \frac{1}{A^2}(t-t_0) = \alpha + \beta(t-t_0) \quad \text{————— (식 4-4)}$$

$$\text{여기서, } \alpha = \frac{1}{(AK)^2}, \quad \beta = \tan \theta = \frac{1}{A^2}$$

<그림 4-3>과 같이 $\frac{t-t_0}{(S_t-S_0)^2}$ 를 종축, $t-t_0$ 를 횡축에 도시하면 직선관계로

되는 것을 나타내고 있다. 여기서 종축절편 α 와 기울기 β 의 계수를 구할 수 있다. 따라서 S_t 는 A, K, t_0, S_0 의 값을 (식 4-4)에 대입하여 구할 수 있다. 또한 (식 4-4)에서 $t = \infty$ 로 가정하면 S_f 를 구할 수 있다.

$$S_t = S_0 + A = S_0 + \sqrt{\frac{1}{\beta}} \quad \text{————— (식 4-5)}$$



<그림 4-3> α 와 β 를 구하는 방법

4.3 Asaoka Method

Asaoka는 1차원 압밀방정식을 이용하여 침하자료로부터 임의의 시점에서의 침하량을 구할 수 있는 도식적 방법을 제안하였다.

측정된 침하자료를 일정한 시간간격(Δ)으로 끊어서 이때의 침하량을 각각 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n, S_\infty$ 라 하고, S_n 를 종축에 S_{n-1} 을 횡축에 도식화한다. 도시된 $S_n - S_{n-1}$ 의 관계는 일정한 기울기를 갖는 직선형태를 나타내다가 시간이 무한대가 되면 $S_n = S_{n-1}$ 의 직선과 교차되어 최종침하량 S_∞ 를 구할 수 있다.

$$S_t = S_\infty - (S_\infty - S_0) \times \exp(-t/a) \quad \text{————— (식 4-6)}$$

여기서, S_t : 경과시간 t 에서의 침하량

S_0 : 시점에서의 침하량

S_∞ : 시간 ∞ 에서의 침하량(최종 침하량)

$$a = (5/12) \times (h^2 / C_v)$$

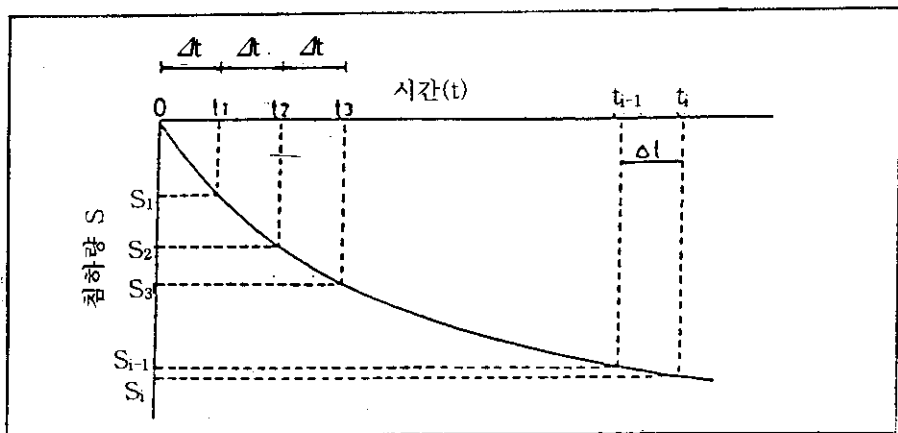
h : 압밀층의 두께

$$C_v = (5/12) \times h^2 \times (\ln \beta) / \Delta t$$

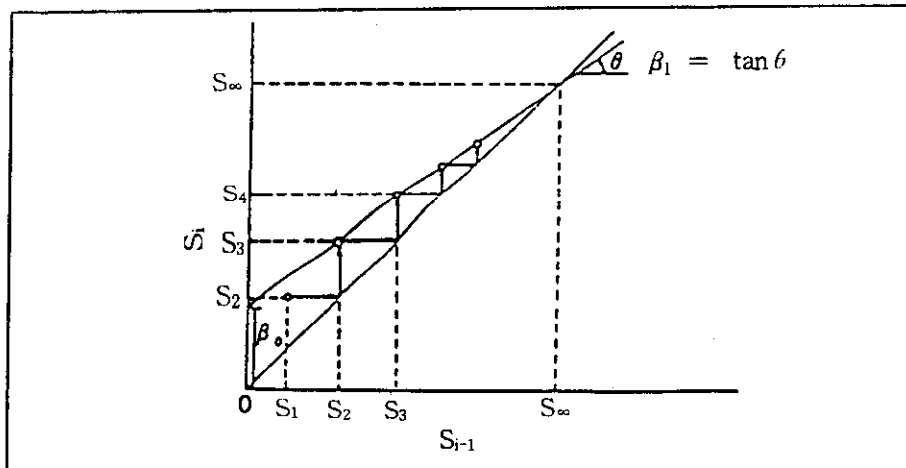
β : $S_n - S_{n-1}$ 관계도의 기울기

Δt : 시간간격

Asaoka 방법은 성토기간이 길면 β_0 값이 커지는 결과를 가져온다. 또한 시간간격 Δt 를 길게 잡을수록 정확도가 높다. 그리고 압밀도 60% 정도에서 비교적 장래 침하량을 잘 예측할 수 있는 것으로 알려져 있다.



<그림 4-4> Δt 에 따른 t와 S의 비교



<그림 4-5> Asaoka 방법

Asaoka는 1차원 침하예측을 위한 수직배수재를 사용하였을 경우 압밀계수를 구하는 수정 Asaoka방법을 제안하였는데 수정 Asaoka방법에서 구한 방사배수시

의 압밀계수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_h = -\frac{de^2 F(n) \ln \beta}{8 \Delta t} \quad \text{————— (식 4-7)}$$

여기서, de : 배수재의 등가직경 (정방형 배치=1.13d, 정삼각형 배치=1.05d)

d : 드레인 타설 간격

$F(n)$: 아무것도 고려하지 않을 경우, 웰 저항만을 고려할 경우, 웰 저항과 스미어 효과 고려할 경우 등 3가지가 있다(Hansbo).

▶ 아무것도 고려하지 않을 경우

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

▶ 웰 저항만을 고려할 경우

$$F(n) = \ln(n) - 0.75 + \pi z(2l - z) \frac{k_h}{q_w}$$

▶ 웰 저항과 스미어 효과 고려할 경우

$$F(n) = \ln\left[\frac{d_e}{d_s}\right] + \frac{k_h}{k_r} \ln\left[\frac{d_s}{d_w}\right] - 0.75 + \pi z(2l - z) \frac{k_h}{q_w}$$

$$n = \frac{d_e}{d_w}$$

d_w : 드레인 직경

z : 판단하고자하는 심도

l : 드레인 길이

k_h : 원지반 점성토의 수평방향 투수계수

$$q_w = k_w \cdot A_w$$

k_w : 배수재의 투수계수

A_w : 드레인의 단면적

d_s : 스미어존 직경

k_r : 교란된 지역의 투수계수

강 Arch Truss교 일괄가설공법 적용사례

- 통영대교 건설공사현장 -

통영대교 건설공사현장소장 남궁 경

1. 서론

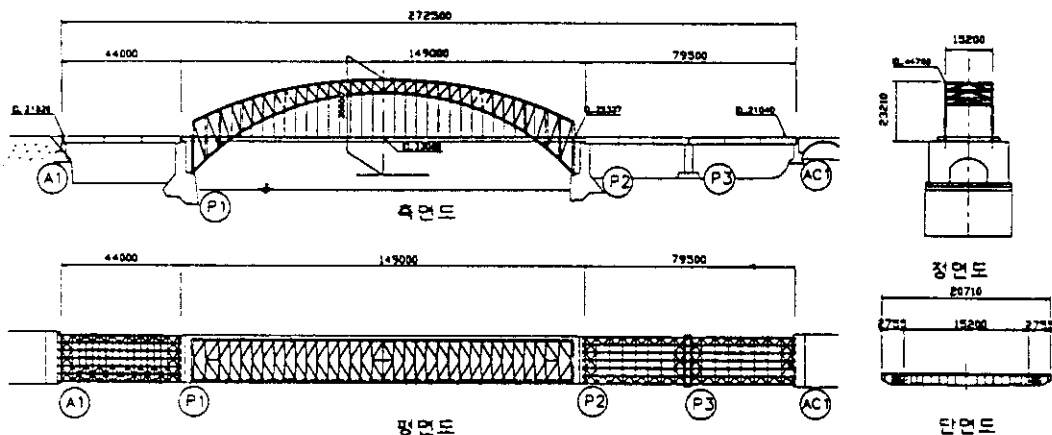
통영대교 건설공사는 통영시의 육지부 당동과 미륵도의 미수동을 연결하는 연육교 공사로서 기존의 통행로는 왕복 2차로의 충무교가 유일하여 주민들의 교통 불편을 해소하고, 한려수도 해상국립공원의 중심지인 통영시의 관광발전과 지역의 균형발전을 위하여 통영시의 전통과 동양의 나폴리로 일컬어지는 해안도시를 상징하는 시설물을 건설하고자 계획된 교량이다. 특히 선박의 왕래가 빈번한 항로부에 가설되는 경간 149m의 강 아치트러스교는 현상공모된 작품으로 이순신 장군의 상징인 거북선과 연관된 거북이 형상을 나타내고 있으며, 여객선을 포함한 각종 선박의 원활한 통행을 위하여 기존의 항로폭을 유지하고, 평균 해면으로부터 23m의 통과높이로 되어 있다. 主아치로부터의 양쪽 연결부는 124m(3경간)의 鋼플레이트 거더교와 322m(23m×14경간)의 충복식 연속 콘크리트 아치교로 설계되었으나 충복식 연속 콘크리트 아치교는 현지형에의 공법 적용성을 면밀히 검토한 결과 본 지형에의 적용이 부적합하여 강 플레이트 거더교로 설계변경 시공되었다.

강 아치트러스교의 시공방법은 공장에서 제작·조립을 완료하고 대형 바지선을 이용하여 가설현장까지 해상 운반후 가설은 일본 동경 근교의 首都高速板橋足立線の 荒川江上에서 최초의 가설 경험이 있는 대선일괄 가설공법을 응용한 바지선과 Sand Jack을 이용한 일괄가설 공법이었으나, 본 교량의 가설현장은 荒川江上과 같이 정수위 지역이 아닌 간만의 차(2~3m)가 심하며 유속(최대유속 약 1.2m/sec)이 빠른 지역으로서 정수위 상태는 20~30분에 불과하여 간만의 차와 바지선의 홀수를 조절한 가설은 불가하다고 판단되었다. 또한 본 지역은 선박의 왕래가 빈번하고 가설기간동안은 선박의 왕래를 완전 차단하여야 하나, 선박차단 계획수립도 예측할 수 없는 그야말로 세계최초의 불확실성 시험시공이 될 수밖에 없는 실정이었던 바 가설방법을 재검토하던 중 삼성중공업에서 3000ton 해상크레인을 제작중이었고 제작완료가 당 현장의 아치트러스 가설예정 시기와 맞아떨어짐에 따라 해상크레인을 이용한 일괄 가설공법을 검토하고 국내 최초로 일괄 가설공법으로 설치하게 되었다.

교량 총 연장은 590.5m 이고 12경간 중 항로부의 아치트러스 구간이 1경간 149m 이며, 나머지 11경간 441.5m 는 강 플레이트 거더교로서 강 플레이트 거더교는 보편화된 평범한 공법인 바 여기서는 주로 아치트러스 교량 가설에 대하여 설명하고자 한다.

2. 공사개요

- 1) 교 량 공 : 강 아치트러스교 : 1경간 $L = 149m$ $B = 20.71m$
강 플레이트 거더교 : 11경간 $L = 441.5m$ $B = 20.71m$
- 2) 접속도로 : $L = 1,180m$ $B = 20m$
- 3) 부 대 공 : 1식



<그림 2-1> 통영대교 기본 도면

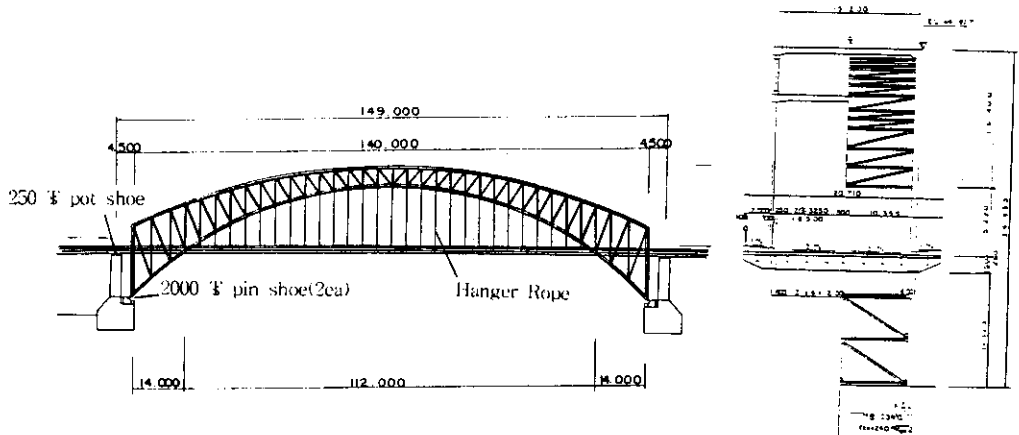
3. 아치트러스교의 세부 제원

- 1) 교량형식 : 2 힌지 아치트러스 중로교
- 2) 교량등급 : DB - 24(1 등교)
- 3) 설계속도 : 60 Km/hr
- 4) 아치중량 : 2432 T (보강재포함 가설중량 : 2995 T)
- 5) 종단구배 : 아치중앙에서 양쪽으로 1.378%
- 6) Shoe : 2000톤 pin Shoe 4개(2개×2개소)와 250톤 pot Bearing 4개(2개×2개소)

개소) 의 2중 받침 구조

7) Hanger Rope : $\phi 36(1 \times 61)$ m/m PE Coated Spiral Rope 200 EA

$\phi 68$ m/m 간봉 16 EA



측면도

정면도

<그림 3-1> 아치트러스교의 측면도 및 정면도

4. 제작

본 교량은 중로식 아치트러스교로써 도로주행부로부터 상부로 높이 23.32m의 크라운 아치부와 하부로 높이 11.11m의 힌지부로 구성되어 있어 제작 및 조립을 일시에 하기에는 34.43m의 고소작업이 되고, 가Bent 시설이 방대하여 주행부로부터 상·하로 구분하고 각각 中 Block으로 분할하여 제작 및 조립을 하였다.

4.1 상부 제작 및 조립

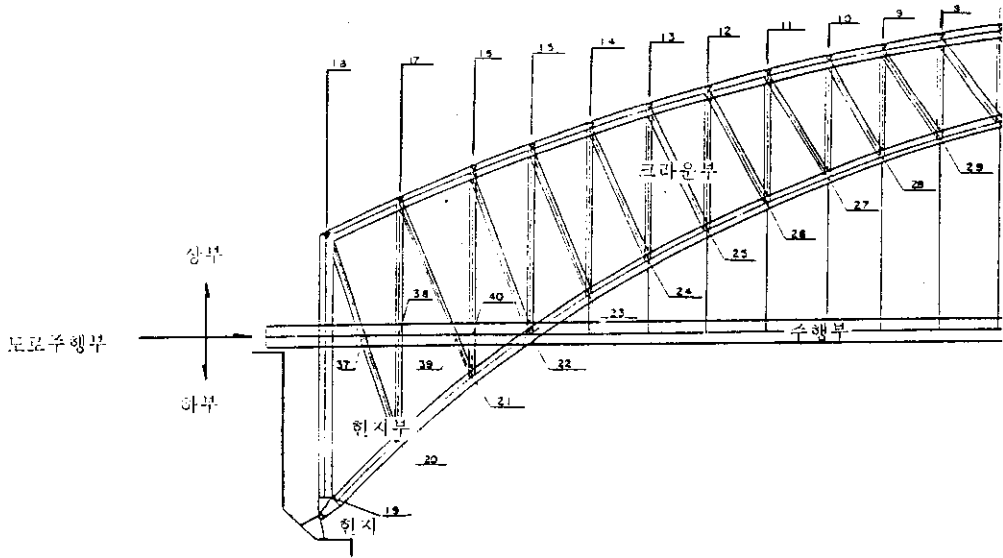
4.1.1 도로주행부 (상부 Slab 부분)

- 1) 연장 149m 폭 20m의 Slab 부분을 11개의 中 Block으로 분할 제작
- 2) 상부 Slab의 종단구배에 맞춰 받침대 설치
- 3) 양단부로부터 중앙부로 조립

4.1.2 크라운 아치부

- 1) 11개의 中 Block으로 분할제작

- 2) 도로부 상부에 가 Bent 시설
- 3) 도로주행부와 동일한 순서로 조립
- 4) Hanger Rope 조립 및 길이 조정
- 5) 양중 및 운송을 위한 보강재 설치



<그림 4-1> 분할 제작 및 조립

평면											
BLOCK NO.	101	103	105	107	109	111	110	108	106	104	102
규격 (M)	11.00	13.20	11.20	12.00	15.00	19.00	15.00	12.00	11.20	13.20	11.00
조립 순서	①	③	⑤	⑦	⑨	⑪	⑩	⑧	⑥	④	②

<그림 4-2> 도로주행부 제작 및 조립 순서도

4.2 하부 (한지부) 제작 및 조립

- 1) 하부 한지부를 일체 제작
- 2) 상부와 하부를 연결 조립 할 수 있는 가 Bent 시설
- 3) Shoe간 거리 측정
- 4) 하부(한지) 위치 고정 및 조립

4.3 2차 지조립

- 1) 상부 가 Bent 철거
- 2) 상부를 크레인으로 양중하여 하부와 조립함으로써 대 Block 전체의 조립을 완료하였다.

4.4 제작 및 지조립(1.2차) 시 중점관리 Point

4.4.1 부재 절단 및 용접 품질 관리

하도급 제작업체(삼성중공업)에 당사의 기술자와 감리를 상주시켜 관리했으며 용접상태 검사는 발주처로 하여금 별도 외주처리 하여 관리하였다.

4.4.2 지조립장 위치 선정

본 아치트러스는 지조립이 완료되면 보강재 포함 2995T으로써 특수 대형크레인으로만 이동이 가능한 바 크레인의 접근을 고려하여 조립위치를 면밀히 검토하고 선정한다.

4.4.3 가Bent 위치 선정

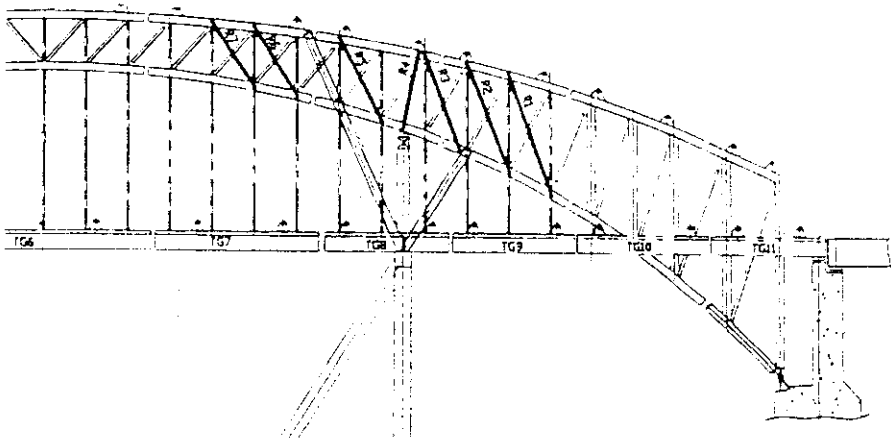
Block 조립중 응력 및 변위 발생에 대비하여 가Bent 설치 위치를 검토한다.

4.4.4 Shoe 간 거리 측정

본 아치교는 공장에서 제작부터 조립이 100% 완성되고 현장에 일괄 설치되는 바 현장에 시공된 Shoe의 위치 및 거리와의 오차가 허용되지 않는다. 그러므로 측정기기의 오차를 감안하여 동일 측정기기를 사용하고 대기온도도 동일 조건을 유지하며 가Bent 철거후 인장길이 등을 감안하여 조립하였다.

4.4.5 2차 지조립을 위한 상부 아치 양중시 부재에 작용하는 응력 검토

1차 지조립은 中 Block을 가Bent 시설을 이용하여 부재의 무응력 상태에서 시행되나 2차 지조립은 대 Block의 도로 주행부 상부 아치를 양중하여 하부 위에 올려놓는 작업으로 양중시 및 바지운송시 부재에 작용하는 응력상태가 설계응력(거치후)과 다르게 작용되므로 응력을 검토하고 보강한 후 2차 지조립을 실시하였다.



<그림 4-3> 상부아치 보강 시설도

5. 선적 및 운송

제작공장(삼성중공업 거제조선소)에서 가설 현장까지의 운송은 8000톤 Deck Barge를 이용하여 해상 운송 하였다.

5.1 운송장비

5.1.1 선단구성

- 1) Deck Barge : 8000 T (85m x 27m x 6m) 1대
- 2) 주 예인선 : 4800 PS 1대
- 3) 보조 예인선 : 1500 PS 1대
- 4) Deck Barge 의 보강 및 운송용 Support

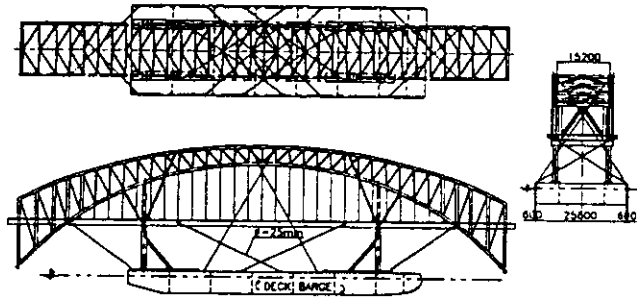
Barge Deck 위에 단면 1.5m×1.5m의 주기둥 4개로 지지되는 운송용 Support를 시설하였으며, 3000톤 이상의 중량물을 4개의 기둥으로 지지함에 따른 Deck의 국부적 파손을 검토하고 받침부를 철판으로 보강 하였다.

5.1.2 선적

2차 지조립장은 선적을 위하여 안벽 단부로부터 평행으로 약 20여m의 위치에 있다.

- 1) 3000톤 해상크레인이 안벽으로 접근하여 아치트러스 Lifting(양중높이 약 13m)

- 2) 해상크레인 후퇴 (약 40m)
- 3) Deck Barge 탑재 위치로 진입 계류
- 4) 해상크레인 Barge로 접근 (5m 전진)
- 5) 아치트러스 탑재



<그림 5-1> 아치트러스의 Barge 탑재도

5.1.3 운송

제작공장에서 가설현장까지의 운송항로는 거제도 외해를 거쳐 통영 내해로 약 80마일을 항해하여야 하므로 기상 조건이 최대의 관건으로 1주일 전부터 기상자료를 분석하고 운송은 낮시간에만 하는 것으로 계획하여 순수 운항시간 15시간을 2일로 분배하여 운송하였으며 수송조건은 아래와 같이 계획하였다.

- 1) 평균풍속 : $V_a \leq 10 \text{ m/sec}$
- 2) 유의파고 : $H \leq 0.5 \text{ m}$
- 3) 조 류 : $V \leq 3 \text{ Kt}$
- 4) 시 계 : $L \geq 1 \text{ 해리}$
- 5) 일 강우량 : $h \leq 20 \text{ mm}$

3000톤 해상크레인은 Barge에 아치트러스를 선적하고 바지선단보다 앞서 가설현장에 도착하여 가설을 위한 계류작업을 실시하였으며 현장 도착부터 가설준비 완료까지 약 3일이 소요되었다.

5.1.4 선적 및 운송시 중점관리 Point

- 1) 운송장비의 적절한 선택
- 2) Deck Barge에의 선적방법 및 보강시설 면밀히 검토
- 3) 기상조건 선정 및 기상정보 자료분석 철저후 시행일정 확정

6. 가설

6.1 가설지역의 수심 Check 및 준설

대형 해상크레인의 아치트러스 양중시 최대 흘수를 계산하고 간조시 최저수심과 비교하여 수심이 얕거나 돌출된 해저부위를 사전에 준설하였다.

6.2 가설일정 계획

가설현장 해협은 수심이 비교적 얕고 협소하여 간조시 최대의 수심이 유지되는 조금때(최대간만의 차는 2~3m 이나 한조금 때는 0.6~0.7m 임)를 택하였다.
(가설일 : 1996. 4. 25)

6.3 최종 기상점검 및 항로폐쇄

가설현장의 해협은 폭이 약 160여m로써 가설작업시 항로폐쇄가 불가피하여 가설계획 일정 2~3 주전에 관계부처에 통보하고, 항로폐쇄를 협의 및 홍보하였으며 기중기 및 운송바지의 정위치 계류계획일 아침부터 자체 및 해경의 통제선을 배치 항로를 폐쇄 선박통행을 통제하였으며, 지역주민들의 생계수단이 어렵인 바 선박통행 제한일정을 최소화하였다.(4일간)

6.4 기중기선 정위치 계류

6.5 운송바지선 정위치 계류

6.6 아치트러스 양중, 운송바지 철수

6.7 아치트러스 양중 상태에서 기중기선 가설위치까지 이동 (약 170m)

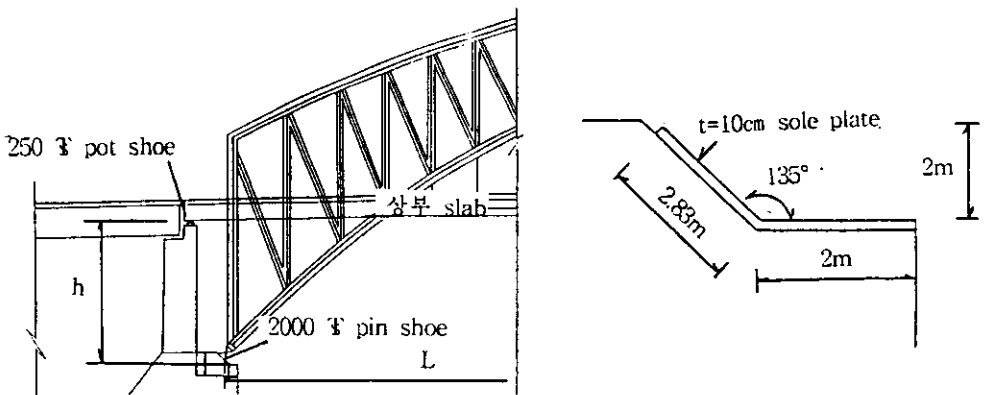
6.8 가설(세부가설 순서는 별첨 Flow Chart 참조)

- 1) Setting 위치 약 1m 까지 Lift-Down 하고, 흔들림방지 및 정위치 Setting을 위하여 미리 교각위에 설치한 Chain Block으로 결속시키고 대강의 위치까지 Chain Block 조정
- 2) Setting 위치 약 0.2m 위치까지 Lift-Down 하고 Chain Block으로 Pin Hole 정위치 조정후 P1 측 완전 Lift Down 안치

- 3) P2 측 Pin Hole 위치 확인후 Lift Down 안치
- 4) Anchor Bolt (M 64) 체결 (4개소 x 10개/개소 = 60개)
- 5) 가설용 보강재 철거
- 6) Hanger Rope 장력조정
- 7) 부재점검 및 페인트 손상부위 보수

6.9 가설시 예상문제점 및 중점관리 Point

- 1) 본 아치트러스교의 받침은 사하중을 수직력과 수평력의 합성분력으로 지지하는 2000톤의 Pin Shoe 4개와 상부 Slab의 수축 팽창용 250톤 Pot Shoe 4개의 입체구조로 되어있어 방향에 따라 오차가 허용되지 않는 특성을 가져 현장의 교각 시공과 아치트러스의 제작은 수시로 상호 점검을 요했다.



<그림 6-1> 2000톤 Pin shoe sole plate

제작된 아치트러스의 오차 불허용 방향과 부위는

- 가) L 는 설계길이 보다 절대로 길지 않을 것

Pin Shoe는 수평면과 135°의 경사면으로 되어있는 Sole Plate 위에 안치시키는 것으로써 아치트러스가 길 경우, 밑면(수평면)은 뜨고 경사면에만 밀착되게 되어 절대 길어서는 안되고 짧을 경우에는 자중에 의한 양단 방향으로의 벌어짐 현상에 의해 경사면 밀착도 된다.

- 나) H 는 설계높이 보다 절대로 작지 않을 것

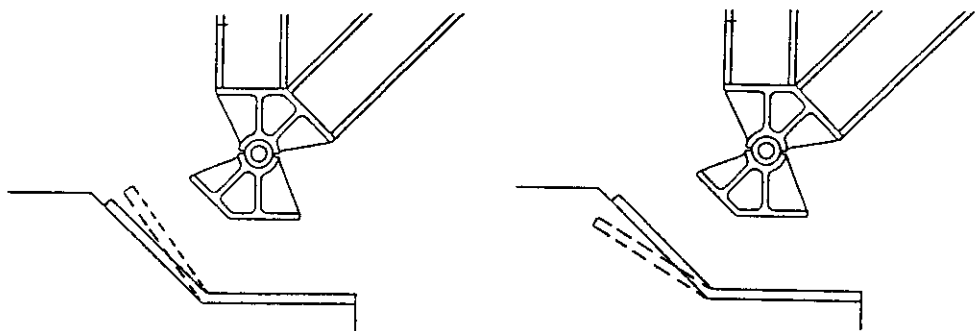
H가 설계높이 보다 작을 경우 Pin Shoe에 작용할 사하중이 전달되어 4.5m Cantilever 부재(Tie Girder)의 수직재와의 접합부위에 변형이 생기고 심할 경우 절단될 것이며, 250톤 Pot Shoe의 지지용량을 초과하여 Pot Shoe가 파손될 것이다.

현장에서는 상기와 같은 문제점에 대한 경미한 오차 발생에 대비하여 박판의 Steel Plate를 준비하였으나 설치결과는 대단히 양호하였다.

- 2) 아치트러스 Lifting시 부재의 응력 교체변형에 의한 부재의 손상에 대비하여 보강재를 시설하였고 장시간 양중 상태에서 혹시나 부재의 변형(특히, 용접 집합부 크랙 발생)이 우려되었으나 변형은 없었다.

3) Sole Plate와 Pin Shoe와의 밀착

Sole Plate 와 Pin Shoe 의 밀착면은 135° 의 각으로 되어 있고 Pin Shoe는 이미 공장에서 제작된 것인바 현장의 교각위에 설치되는 약 16톤의 Sole Plate를 정확한 각으로 설치하기 위해 세심한 주의 기울였다. 만약 밀착이 안될 경우의 부분 집중하중 전달 유형은 다음 그림과 같다.



< 135° 경우

> 135° 경우

<그림 6-2> 밀착이 안될 경우의 부분 집중하중 전달 유형

4) Hanger Rope 장력조정

상부 아치트러스와 도로 주행부 Tie-Girder를 결속하는 Hanger Rope는 본 아치트러스교에서 가장 세심한 주의를 기울여야 하는 부분이며, 1개소 4개 총 54개소(좌우 각각 27개소)에 설치됐으며 Rope 1개의 설계장력은 20톤 이다. 아치교 가설과 동시 Slab Con'c 및 아스팔트 포장전에 진동계측기를 이용하여 1차 조정하고 상부시공 완료후 재 확인조정을 실시 하였으며 Rope 한개당 조정장력은 위치에 따라 사하중 상태에서 10 ~ 13톤으로써 특정 Rope의 집중하중 방지에 최선을 다했다.

7. 결론

일괄가설 공법은 건설장비 기술의 향상과 장비의 대형화에 의한 부수적인 획득으로 현재까지는 Barge선의 홀수와 유압 Jack을 이용한 일괄가설과 크레인을 이용한 일괄가설 2종류로 대별되며, 국내에서는 통영대교 가설공사가 최초의 일괄가설로써 그 효과는 다음과 같다.

1) 제작 및 조립이 100% 공장에서 이루어지므로 품질관리가 확실하다.

2) 공기단축

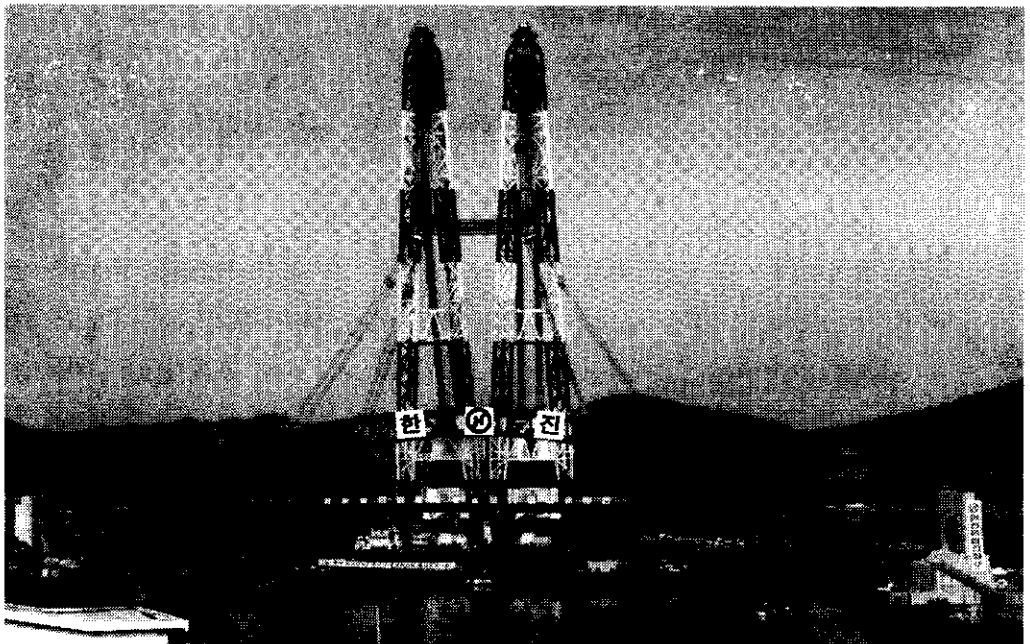
실제 현장가설은 현장 도착부터 가설완료 까지 4일정도 소요되어 가설공기를 극소화하였다.

3) 물류 비용의 최소화

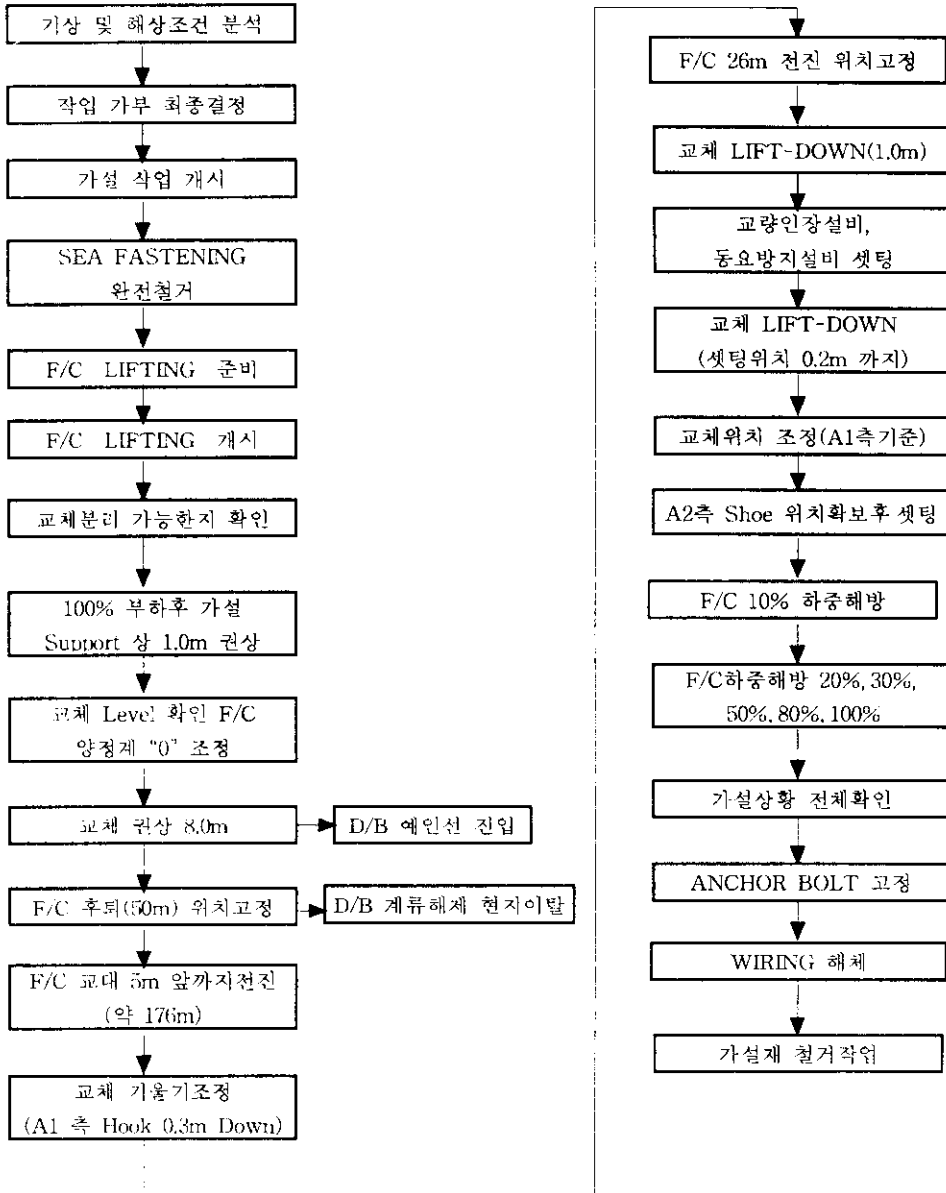
제작물 운송이 1회에 완료됨으로써 직접 소요되는 물류비용이 절감됐을 뿐 아니라 항로 폐쇄를 최단시일화 함으로써 간접적인 물류비용도 절감

4) 안전사고 예방

현장에서의 부분조립시 발생할 수 있는 안전사고를 완전배제 하였고, 당 현장은 불확실한 당초 설계 가설공법을 기중기를 이용한 일괄가설 공법으로 변경시공 함으로써 기대이상의 성공적인 효과를 거두었다.



가설작업 FLOW-CHART



지적재산권 등록 및 출원

특허 등록

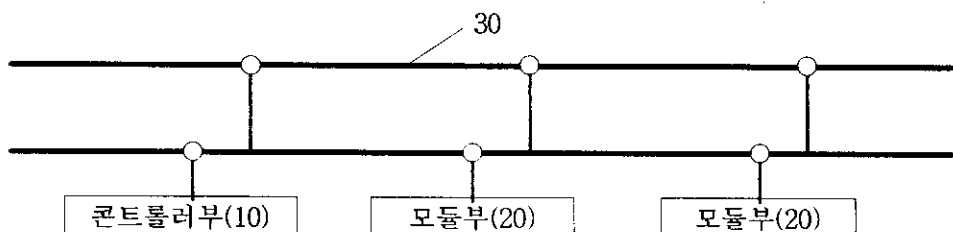
1. 교류전원라인을 통신매체로 하는 전등개별 제어회로

당사와 한국마이크로닉社가 공동으로 개발하여 출원(1994년 8월 2일)한 「교류전원라인을 통신매체로 하는 전등개별 제어회로」 시스템이 특허등록(등록번호 145755호 : 1998년 5월 6일)을 완료하였다.

<발명의 요약>

본 특허는 전등의 점멸제어 회로에 관한 것으로서 공장 및 가정 등에 설치된 다수의 전등을 각 전등의 온/오프 조작을 설치위치에 관계없이 교류전원라인에 연결된 콘트롤러에 의하여 제어하도록 한 교류 전원라인을 통신 매체로 하는 전등개별제어 회로에 관한 것으로 일반적으로 가정 및 사무실 등의 전등은 전등과 연결되어진 스위칭 소자를 조작하여야만 점멸을 제어 할 수 있도록 되어 있어 사용자가 전등의 점멸상태를 확인하기 위해서는 다수의 전등에 연결된 스위칭 소자를 조작해야만 하는 번거로움이 있고, 이러한 번거로움을 제거하기 위해서는 메인전원을 일시에 차단/투입하여 점멸/점등상태를 확인할 수 있었다. 전원이 차단될 경우 일시에 점멸되기 때문에 일부 전등을 점등하기 위해 전원을 투입하면 모든 전등에 전원이 투입되어 불필요한 전력소비를 가져오는 결점을 가지고 있었다.

본 특허는 도면과 같이 다수의 전등 점멸을 위한 키를 가지며 키입력에 따라 각기 다른 제어신호를 교류전원라인(30)으로 송출하는 콘트롤러부(10)와 상기 교류전원라인(30)을 통한 제어신호를 수신하여 전등의 점멸을 제어하는 모듈부(20)를 구성하여 전등을 임의의 장소에서 점등시킬 수 있도록 한 것이다.



특허 출원

1. 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법

<그림 1-1>은 종래의 일반적인 거푸집 조립공법의 개략적인 정면도, <그림 1-2>는 본 발명에 따른 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립공법을 나타낸 개략적인 정면도이고 <그림 1-3>은 <그림 1-2>의 A-A'선의 평면도이다.

1.1 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래 기술

본 발명은 교량의 교각 상단부 거푸집을 체인 또는 PS 강연선을 이용, 조립하여 콘크리트를 타설할 수 있는 방법에 관한 것이다. 일반적으로 교량공사는 상부공사와 하부공사로 나뉘어진다. 하부공사는 기초부터 교각까지의 공사를 말하며, 상부공사는 교각 위부터 차량이 주행하는 바닥판(인도, 기타 부착물 포함)까지의 공사를 말한다.

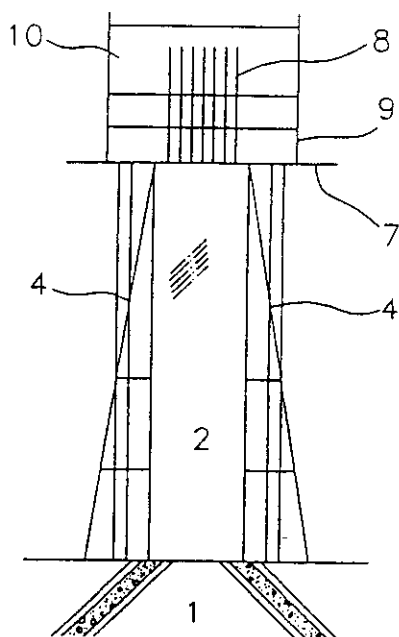
본 발명은 하부공사중 교각 상단부의 거푸집 조립방법에 관한 것이다. <그림 1-1>을 참조하면, 종래의 일반적인 거푸집 조립방법이 도시되어 있다. 도시된 바와 같이 기초지반(1)에서부터 교각(2)을 블록으로 나누어 순차적으로 콘크리트를 타설한 후, 하부공사의 최상단부의 주두부(柱頭部)는 동바리(4)를 설치하여 바닥 거푸집(7)과 측면 거푸집(9)을 설치함으로써 조립되어 콘크리트가 타설되도록 구성된다. 그러나, 상기한 종래의 방법에서는 우선 동바리(4) 설치에 따른 작업량이 많을 뿐만 아니라 높이가 높은 경우에는 동바리 설치비용이 많이 소요되고 공사기간도 장기간을 요하며, 교각에 동바리 지지용 볼트구멍 등을 형성하게 됨으로써 교각에 손상을 주게되고, 가설자재의 전용에도 문제점이 발생된다. 따라서 교각에 손상을 주지 않고, 기초지반에서부터 별도의 동바리를 제조할 필요성을 제거함으로써 용이하게 하고, 공사기간을 단축시킬 수 있으며 공사비를 절감할 수 있는 공법이 요구되고 있다.

1.2 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

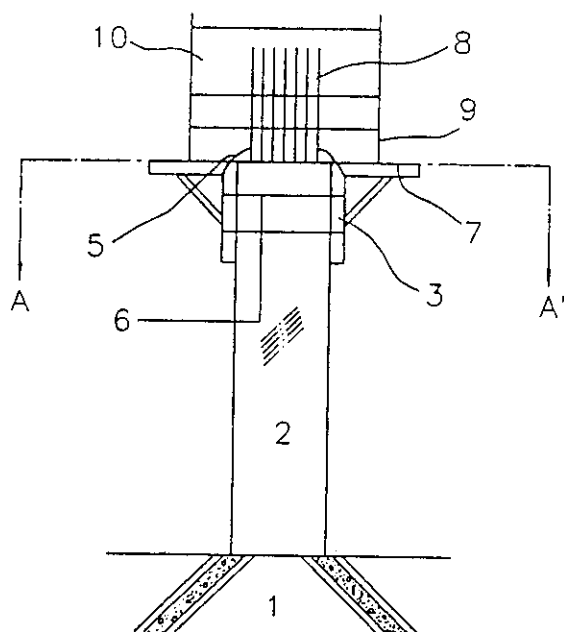
본 발명에서는 상기한 문제점을 감안하여, 별도의 동바리 설치를 생략할 수 있음으로써 작업이 용이하고 공사기간 및 공사비용을 절감할 수 있는 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법을 제공하고자 한다.

이를 위해 본 발명에 따르면 거푸집 지지용 브라켓을 제조하여 교량공사의 하부측 상단부인 주두부에 설치하는 단계 ; 상기 브라켓을 철선으로 상부철근에 임

시로 고정하는 단계 ; 상기 브래킷 사이로 체인 또는 PS 강연선을 삽입하는 단계 ; 상기 브래킷의 높이를 콘크리트 타설높이에 맞추어 조정한 후 상기 체인 또는 PS 강연선을 인장하여 고정시키는 단계 ; 및 바닥거푸집 및 측면거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하는 단계로 구성되는 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법이 제공된다.



<그림 1-1>



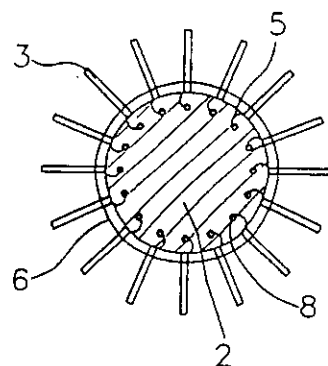
<그림 1-2>

1.3 발명의 구성 및 작용

<그림 1-2>를 참조하면, 본 발명의 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법의 실시예가 도시되어 있다. <그림 1-2와 1-3>에 도시된 바와 같이 본 발명의 거푸집 조립방법에 따르면 교각(2)까지는 <그림 1-1>에 도시된 종래의 일반적인 공법과 동일하게 구성된다.

거푸집 지지용 브래킷(3)을 제조하여 상기

주두부에 설치하기 위하여 그 브래킷을 철선(5)으로 상부철근(8)에 임시로 고정한다음, 상기 브래킷(3) 사이로 체인 또는 PS 강연선(6)을 삽입하고, 상기 브래킷(3)



<그림 1-3>

의 높이를 콘크리트 타설높이에 맞추어 조정한 후 상기 체인 또는 PS 강연선(6)을 인장하여 고정시키며, 바닥거푸집(7) 및 측면거푸집(9)을 설치하고 콘크리트를 타설하는 공법으로 구성되어 있다.

1.4 발명의 효과

본 발명의 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법에 따르면 교각 최상단부인 주두부의 거푸집 조립이 용이하여 공사비와 공사기간을 단축시킬 수 있다. 또한 상기한 바와 같이 체인 및 PS 강연선을 이용함으로써 기초 바닥판부터 동바리를 설치할 필요가 없으므로, 교각의 수가 많은 경우 거푸집의 전용에도 효과적이며 거푸집 설치수량도 감소시킬 수 있게 된다. 또한, 거푸집 조립시에 교각에 손상을 입히지 않게 된다.

1.5 특허청구범위

거푸집 지지용 브라켓(3)을 제조하여 교량공사의 하부측 상단부인 주두부에 설치하는 단계; 상기 브라켓을 철선(5)으로 상부철근(8)에 임시로 고정하는 단계; 상기 브라켓(3) 사이로 체인 또는 PS 강연선(6)을 삽입하는 단계; 상기 브라켓(3)의 높이를 콘크리트 타설높이에 맞추어 조정한 후 상기 체인 또는 PS 강연선(6)을 인장하여 고정시키는 단계; 및 바닥거푸집(7) 및 측면거푸집(9)을 설치하고 콘크리트를 타설하는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법

2. 공동주택 바닥충격 흡진, 흡음 고무판 및 그 제조방법

<발명의 요약>

본 발명은 방진성능과 흡음성이 뛰어난 고무판 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 좀 더 구체적으로는 발포고무층위에 알루미늄박을 용융부착하고 페 타이어분말을 일정한 두께를 갖고 3개층이 밀착된 일체구조이다. 외부로부터의 충격이나 소음 등이 다중 방향으로 분산되어 방진 흡음성이 우수할 뿐만 아니라 내구성이 뛰어난 고무판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로 방진고무는 차량, 기계설비, 공조설비, 선박, 건축, 중장비, 전자분야 또는 스포츠용품 등에서 지지부재 또는 적층부재의 형태로 널리 사용되어 왔으며,

종래 방진고무의 주재료로 이용되던 고무는 에틸렌-프로필렌계 고무였으나, 이러한 에틸렌-프로필렌계 고무의 방진성 및 내충격성은 주로 구조재료로서의 한정된 작은 범위 요구를 충족할 뿐이었고, 경도와 인장강도가 크며 감쇄계수와 동적 탄성계수가 모두 작아 실제의 적용분야에서 바라는 바의 방진 내지 흡진성, 내충격성, 저반발탄성은 기대하기 어려웠다.

본 발명에서는 방진성 및 흡진성이 종래 보다 뛰어나고 종래 고무칩이 가지는 취출상의 곤란함을 개선한 고무판 또는 구조체 및 그 제조방법에 대한 연구를 거듭한 결과, 에틸렌-프로필렌-디엔 삼원 공중합체(EPDM)로 발포고무를 아래층으로 하고 그 위에 알루미늄박을 접착시킨 물 상태의 하판을 켄베이어시스템에 삽입하고 고무칩을 결합제(binder)와 함께 배치하여 일정한 속도로 고무칩이 떨어지도록 호퍼(hopper)이용하였다. 본 제조방법을 통해 제작된 제품은 공동주택 마감공사 중 완충재 및 단열재의 역할을 하고 있는 스티로폼, 경량기포콘크리트 대용으로 그레놀 형상의 고무칩 등이 미세한 공극을 형성하면서 상호 결합되어 있다.

상기의 이러한 상호 결합은 충격, 진동, 음파 에너지 등을 흡수하며, 완충재의 한쪽 면은 오목한 형상의 요철을 형성하고 그 위에 알루미늄이 도포되어 에어홀을 형성 하므로 외부로부터의 충격, 진동, 음파 등을 에어홀에서 흡수할 수 있을 뿐 아니라 알루미늄박의 복사열 반사와 에어홀의 단열에 의해 보온 효과를 얻을 수 있게 한다. 완충재의 반대면에는 연속적인 돌출 요철부를 형성하여 마감 모르타르와 접촉 면을 증대시켜 마감 모르타르층의 크랙 발생을 억제한다.

실용신안 출원

1. 건축물의 바닥충격음 흡진패드

<고안의 상세설명>

본 고안은 콘크리트 구조물의 충격, 진동을 방지하기 위한 흡진패드로 일정한 두께와 폭을 갖는 판상으로서 건축물의 바닥구조 형성시 슬라브층과 마감콘크리트 사이에 삽입하는 흡진패드이다.

상기 흡진패드의 상부면은 복사열을 극대로 반사시킬 수 있는 알루미늄박이며 하부면은 그레놀 형상 고무가 열기설기 쌓여 있어 일정두께를 유지하고 있다. 이 하부면은 미세한 공극을 형성하여 충격, 진동에너지를 순식간에 흡수하는 구조

이다. 또한 이 흡진패드는 콘크리트 마감물탈층의 크랙 발생을 억제하는 기능을 보유하도록 설계인자를 도입하였다. 따라서 충격음의 완화뿐만 아니라 보온성능과 크랙방지 기능을 모두 갖춘 획기적인 고안으로 유용성이 매우 높은 고안이다.

관례적으로 건축물의 바닥면은 각종기계나 장치가 설치되는 하중을 견디기에 충분하도록 강도를 가진 구조체와 실내의 난방을 위한 보온층을 매설해야 하므로 성형두께를 높여서 다른 벽체보다 견고성을 높여 시동한다. 또한 집단 거주공간(호텔, 빌라, 아파트, 콘도, 오피스텔 등)은 상·하층간 주거인의 움직임, 보행 등으로 발생하는 충격음을 저감시키기 위하여 본 흡진패드를 슬라브층과 마감 콘크리트층 사이에 설치한다.

상기 흡진패드는 상부가 복사열을 반사하는 알루미늄박을 이루고 있으며 하부가 점탄성재질로서 탄성력을 충분히 확보하는 탄성층으로 구성되어 하중을 균등 포하는 형상을 유지한다. 하부에 요철홈이 형성되어 있으므로 슬라브 바닥면 시동 후 충격이나 진동이 가해졌을 때 에너지를 신속히 흡수하며, 슬라브층과 방진패드 사이에 형성되는 에어홀은 공기층이 잔류되어 마감콘크리트 상부에 가해지는 충격 및 진동을 완충할 수 있는 에어 쿠션기능을 유지하므로 아이들의 뛰노는 소리, 보행소리 및 의자 이동음과 같은 고체전달음을 감소시켜 쾌적한 주거환경을 마련할 수 있다.

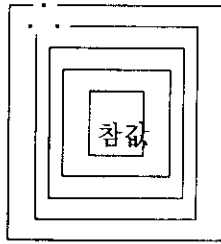
■ 본 고안의 시공순서

- 1) 콘크리트 슬라브 바닥면의 정지작업
- 2) 벽체둘레의 절연성(완충재) 부착
- 3) 뜯 바닥 완충재 설치
- 4) 방수지의 설치
- 5) 경량기포콘크리트의 타설
- 6) 온수배관 설치
- 7) 뜯바닥층의 보강
- 8) 마감물탈의 타설
- 9) 양생

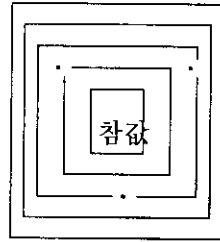
혼동하여 사용하기 쉬운 용어

1. 정밀성과 정확성

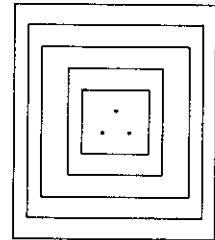
정밀성은 비슷한 값이 반복되는 반복성을 의미하며, 정확성은 참값에 가까운 값을 말함



정밀성은 있으나
정확성은 없음



평균적인 정확성은
있으나 정밀성은 없음



정밀성도 있고
정확성도 있음.

2. 해베(m^2)와 루베(m^3)

우리가 사용하고 있는 용어 중에서 100미터를 100미(米)라고 간편하게 쓰고 있음을 볼 수 있다. 이는 일본에서 METER를 “メートル”로 표기하고 있다 “メートル”를 “米”로 쓰기도 한다. “미터”를 “米”로 표현하다 보니 다음과 같은 부작용이 발생하게 된다. 일본에서는 미터의 조립단위로서 평방미터를 平方米 또는 平米로, 입방미터를 立方米 또는 立米로 축소 표현하고 있다. 따라서 平米를 해베로 立米를 루베로 발음하고 있다.

- 1) 길이 단위 : 미터
- 2) 넓이 단위 : 평방미터 또는 제곱미터
- 3) 부피 단위 : 입방미터 또는 세제곱미터

3. 굴착기(掘鑿機)와 굴삭기(掘削機)

우리말에서는 굴착기는 “땅을 파는 기계”의 뜻이고 굴삭기는 “무엇을 깎거나 저미는 기계”라는 기능적 해석이 강하다. 일본에서는 “鑿”자의 대용한자는 “削”자이다. 그래서 掘鑿과 掘削의 발음은 똑같다. 따라서 일본식표기에서는 복잡한 “鑿”자 대신에 “削”자를 써서 굴삭기로 표기함을 유의해야 한다.

4. 퍼센트(percent, 백분율)와 프로(pro)

백분율을 프로라고 표현하는 경우가 많이 있다. 백분율(1/100, 기호는 %)과 천

분율 ($1/1000$, 기호는‰)로 구분된다. 예컨대 주가가 5프로 떨어졌다고 하면 우리는 통념상 5퍼센트가 떨어졌다고 알고 있다. 엄밀히 말하면 $5/100$ 인지, $5/1000$ 인지 구별하기 힘들다. 근래에는 프로테이지라는 신조어까지 널리 사용되고 있다. 따라서 $1/100$ 은 1퍼센트(percent)로, $1/1000$ 은 1퍼밀(permile)로 표현하여야 한다. 우리는 전래로 $1/10$ 을 1할, $1/100$ 을 1푼, $1/1000$ 을 1리로 사용하였다.

5. 톤(ton)과 입방미터(m^3)

각 가정의 물의 사용량은 입방미터(m^3)단위로 계량하게 되어 있다. 그러나 용수 계획시는 톤으로 설명하는 경우가 많다. 이는 입방미터로 쓰는 것이 좋다. 예를 들어 혼탁한 물이나 해수 등의 $1m^3$ 는 1톤이 넘는다(물의 비중은 1대기압 상태 하에서 섭씨 $4^{\circ}C$ 의 온도에서 1이 되므로 이때 물 $1m^3$ 의 무게가 1톤이 됨).

6. kg과 kgf

kg은 질량을 나타내는 것이고, kgf는 중량을 나타내는 것이다. 우리가 흔히 표현하는 $1,000kg$ 은 $1,000kgf$ (重)를 의미한다. 따라서 중량을 나타낼 때는 $1,000kgf$ 를 사용하여야 한다. 현재 KS규정에서는 중량을 kgf로 쓰고 있다. 重(f)은 $9.8m/sec^2$ 이다.