

목 차

기술자료

- 철근부식도에 따른 철근콘크리트보의 역학적 특성에 관한 연구 1
(변동석탑아파트현장 소장 정용식)
- 철근의 정착 및 이음길이에 대한 소고 21
(상원구조 소장 강석규)
- 자연채광 및 인공조명 36
(건설기술연구소 건축기사 김상식)
- 콘크리트 옹벽의 설계(Ⅲ) 48
(건설기술연구소 토목기사 김호비)
- 폐수처리장 운전 및 관리에 관하여 58
(건설기술연구소 토목대리 김선희)

기술단신

- 산업재산권 등록 및 출원 72

鐵筋腐蝕度에 따른 철근콘크리트 보의 역학적 특성에 관한 연구

변동 석탑아파트 현장소장 정용식



<철근부식된 변동 석탑아파트 현장전경 (철근부식기간 : 97.12 ~ 98.11)>

상기 사진과 같이 전국에는 IMF 영향으로 건설사의 부도로 인해 공사가 중단된 채 방치되어 있는 현장들이 상당히 많은 것으로 알고 있다(약 100 ~ 150개 현장). 그러나 부식된 채 방치되어 있던 철근들에 대한 명확한 시공기준과 지침이 없어 공사재개에 많은 어려움을 겪고 있다. 그러므로 현장 부식된 철근이 콘크리트 구조물 내에서 어떤 역학적 영향이 일어나는가를 부재실험을 통하여 공사재개 시 문제점과 시공기준을 제시하고자 한다.



<기시공 부식철근 현황>



<철근 녹제거 Steel-Seal(약품처리)>

. 서 언

철근콘크리트 구조물은 콘크리트와 철근이 일체거동을 한다는 전제로 성립되는 구조이다. 그러므로 철근콘크리트 구조물에 있어서 철근의 부식문제는 매우 중요한 역학적 의미를 갖는다. 본 연구에서는 철근과 콘크리트의 부착거동을 알아보기 위하여 이형철근의 부식도(0%, 3%, 6%, 12%)와 콘크리트 강도에 따른 영향 (150kg/cm^2 , 300kg/cm^2 , 600kg/cm^2)을 변수로 하여 고찰하였다. 이때 전위차에 의한 철근의 부식을 위하여 인공 부식촉진방법을 채택하였다.

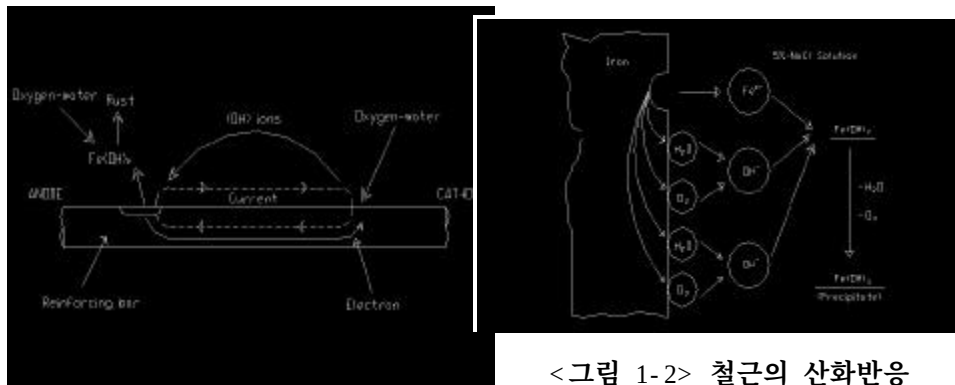
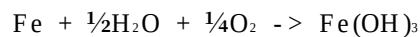
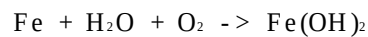
■ 부식철근 허용기준

(1) 국제기준(ASTM)

- 부식된 철근이 녹으로 떨어져 나간 중량(단면) 손실이 6% 미만일 경우는 사용상에 문제가 없는 것으로 명시

(2) 국내기준 - 정확한 기준이 없음

(3) 철근부식 메커니즘



<그림 1-2> 철근의 산화반응

1.1 연구 배경

철근콘크리트 구조물은 반영구적인 구조물로 여겨지고 있으나 설계나 시공상의 오류 및 유지관리의 소홀로 말미암아 철근의 부식, 콘크리트의 중성화 등으로 인하여 성능저하가 일어난다. 현재 많은 건설현장에서 부식 철근의 사용여부를 놓고 문제들이 발생하고 있다. 철근의 부식정도에 있어서 한국공업규격(KS)에서 제7시하고 있는 철근에 대한 품질허용치와 현재 건설현장에서 사용되는 부식된 철근을 어느 정도 허용하느냐 하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 그래서 이 분

야의 연구는 매우 절실히 요구된다 하겠다.

균열이나 박락 및 철근의 부식은 내구성 측면에서도 매우 중요하다. 기존의 연구결과에 따르면 철근의 부식은 철근의 지름, 표면상태 그리고 콘크리트의 피복두께, 보강철근의 형상이나 철근량, 주근의 배치방향, 부재단면력의 조합이 문제가 되고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 철근의 부식은 철근 주위의 균열에 의한 철근의 횡구속력이 감소되고, 철근의 표면조건 변화에 의한 철근과 콘크리트면의 계면부착상의 문제로 말미암아 부착강도를 감소시킨다. 부식으로 인한 철근과 콘크리트의 표면조건의 변화는 초기에 표면의 거칠기가 형성되고, 그 후에 철근과 콘크리트간의 부식생성물로 인해 부착성능이 감소하고, 종국적으로 철근 리브의 点食(pitting)과 분해(degradation)의 진행에 따라 국부적인 손상을 초래하게 된다. 그러나 철근의 부식정도가 작을 경우에는 철근과 콘크리트의 부착강도 및 부착성능이 향상됨을 알 수 있다. 따라서 RC구조물의 역학적 거동에 강도저하를 미치지 않는 철근의 허용 부식도를 알 수만 있다면 콘크리트 공사에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

1.2 연구목적

본 연구는 철근의 부식도에 따른 철근콘크리트 보의 역학적 거동을 실험을 통하여 그 정도를 공학적으로 확인하고, 현장에서 문제가 되고 있는 녹슨 철근의 사용여부를 결정하는 정보를 얻는데 그 목적이 있다.

1.3 연구범위

본 연구에서는 기존의 철근콘크리트의 부착에 관한 문헌을 참고로 하여 부착기구에 영향을 미치는 요소중에서 철근의 부식도와 콘크리트의 강도를 변수로 하여 부식도에 따른 휨부재의 철근과 콘크리트간의 부착성능 및 휨성능에 대해 알아보는데 있다.

철근의 부식을 위해 전위차 인공 촉진 부식법을 채택하였다. 전위차 인공 촉진 부식방법에 의한 부식정도의 정확도를 검증하기 위해 페러데이 법칙을 근거로 하였고, 부식된 철근의 녹제거를 위해 G사의 Steel Seal 용액을 사용하였다.

또한 부식정도는 원 철근에 대한 부식으로 발생한 철근의 중량손실 방법을 채택하여 시행하였다. 또한 부재실험에 앞서 기본실험을 통해 부식도에 따른 철근의 기본성질 및 특성을 한국공업규격(KS)에서 제시하고 있는 내용들과 비교·분석하는데 있다.

1.4 연구 동향

1.4.1 국외의 연구동향

이미 국내·외의 많은 연구를 통해 철근콘크리트 부재의 부착성능 및 부착특성에 영향을 미치는 요소들에 대해서 밝혀져 왔다. 국외의 경우 Florida대학에서 부식에 대한 많은 연구를 진행하고 있다. 이 연구에서는 현재 Florida 소재 교량에 대한 조사를 통해 콘크리트의 중성화와 부식된 철근의 영향에 대해 적절한 성능개선을 수행하고 있다. 또한 멕시코만의 해양환경에서 철근콘크리트의 부식성능에 대한 조사를 통해 콘크리트중의 염화이온 면적, 피복된 철근의 성능에 대한 연구를 수행하였고, 이때 부식정도는 비파괴 시험 방법을 통하여 확인하였다.

G.J. Al-Sulaimani와 M. Kaleemullsh는 인발시험과 휨실험을 통해 이형철근의 부착강도는 기계적인 물림과 철근의 변형과 관계가 있으며, 부식정도가 1%인 경우는 녹의 형성에 따른 철근의 거칠기가 향상되어 부착강도가 증가한다고 밝혔다. 또한 휨실험을 통해 재축방향 균열에 따른 철근의 구속력이 갑자기 손실됨에 따라 슬립량이 증가됨을 밝혀내었다.

M. Reza Esfahani와 B. Vijaya Rangan은 일반 콘크리트와 고강도 콘크리트간의 부착특성과 보에서 철근의 이음길이에 관한 연구를 통해서 고강도 콘크리트의 이음길이에 있어 일반 콘크리트에 비해 부착강도가 계산치와 실험치가 정확한 상관성을 갖는다는 것을 밝혀내었다. 또한 일반 콘크리트와 고강도 콘크리트에서 철근의 국부적인 부착강도에 대한 연구를 통해 일반적인 부착강도는 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 향상됨을 알 수 있었다.

Michael L. Tholen과 David Darwin은 보의 휨 연성측면에서 철근의 변형형태에 따른 영향을 연구하기 위해 단순지지된 철근콘크리트 보를 제작하여 실험을 통해 철근의 리브면적의 큰 변화는 휨 균열의 분포에 별다른 영향을 주지 못한다는 사실을 밝혀내었다.

Maria Anna Polak와 David T. Killen은 철근콘크리트 부재에서 인장강성의 양을 통해서 철근 직경의 영향을 결정하기 위해 직경이 10mm, 20mm인 보 시험체 제작을 통해 철근의 직경이 클수록 부착성능이 감소한다는 사실을 밝혀내었다.

N. Hearn과 J. Aiello는 콘크리트에서 부식도에 따른 기계적 구속력의 영향을 알아보기 위한 실험에서 1차원적인 기계적 구속력은 부식의 과정을 지연시키는 것으로 밝혀내었고, 균열의 여부와 관계없이 콘크리트의 품질이 우수한 경우, 부식에 따른 균열의 영향이 경미함을 밝혀내었다.

1.4.2 국내의 연구동향

최근 국내의 철근부식에 관한 연구는 철근의 부식에 대한 연구보다는 철근부식을 억제하기 위한 방청제에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 1998년 염화물에 의한 콘크리트 중의 철근부식을 억제하기 위하여 콘크리트 배합시 방청제를 사용하는 방안을 도입하여 철근의 자연전위와 부식면적율을 측정하여 방식효과를 평가하고자 하였다. 콘크리트의 중성화가 철근의 부식에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 콘크리트 중에 철근을 매입한 시험체를 제작하여 중성화를 촉진시켜 촉진재령에 따른 중성화깊이, 철근의 자연전위 및 부식속도를 측정하여 비교·고찰하였다. 우리나라에서 사용되고 있는 콘크리트 구조물용 보수재료의 성능을 평가하기 위한 연구의 일환으로써 7종류의 보수재료를 사용한 모르타의 중성화, 화학약품 및 염소이온 침투저항성에 대한 실험결과를 비교·고찰하여 구조물의 종류, 성능저하 등에 따른 적절한 보수재료의 선정을 위한 기초자료를 제시하고 있다.

철근부식에 따른 국내의 연구는 1997년에 한국도로공사에서 전위차 인공 촉진부식방법을 이용하여 철근과 콘크리트의 부착력 저하를 일으키지 않는 철근의 허용 부식정도를 부착강도 실험을 통해 제시하였다. 실험을 통해 철근의 직경이 작을수록 콘크리트의 강도나 부식도에 관계없이 최대 부착응력은 증가하고 슬립 신장율도 증가한다고 밝혔다. 또한 동일한 철근 직경일 경우 철근의 부식도에 관계없이 콘크리트의 강도가 증가할수록 최대 부착응력은 증가하며, 슬립 신장율의 증가로 인해 최대 부착응력에 해당하는 슬립량도 증가된다고 밝히고 있다.

2. 실험 계획

본 연구에서는 철근의 허용 부식정도를 합리적으로 얻기 위해 철근의 인위적 부식실험을 수행하기 위해 인공 전위차 부식촉진법을 도입하였고, 부식된 철근을 이용하여 철근의 부식도에 따라서 휨 시험체를 제작하였다. 또한 일반철근과 현장에서 녹슨철근을 이용하여 휨 시험체를 제작하여 부식된 철근을 이용한 시험체를 동일 조건하에서 제작하였다. 한편 부식된 철근과 일반철근, 현장 녹슨철근의 기본적인 성질을 파악하기 위해 한국공업규격에서 제시하고 있는 철근의 기본실험을 실시하였다.

2.1 사용재료

2.1.1 콘크리트

부식된 철근과 콘크리트간의 부착특성과 극한강도간의 상호관계를 파악하고자 실험에 사용된 콘크리트는 $150\text{kg}/\text{cm}^2$, $300\text{kg}/\text{cm}^2$, $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하였다.

2.1.2 철 근

본 실험에 사용된 철근은 D6과 D10, D16(각각 SD40)으로 KS B 0801(금속재료 인장시험편)과 KS B 0802(금속재료의 인장시험방법)에 따른 인장시험편을 제작하여 인장시험을 실시하였다. 이 때 사용된 D6과 D10, D16은 평균 항복강도가 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 나타났다.

2.2 배합설계

본 실험에서 사용된 콘크리트의 배합설계는 ACI 배합설계 방법을 이용하여 실시하였다. 콘크리트 강도별 부착특성을 파악하기 위하여 설계강도를 $150\text{kg}/\text{cm}^2$, $300\text{kg}/\text{cm}^2$, $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하였다. 콘크리트 배합은 회전식 강제 믹서를 사용하여 비빔 하였으며, 잔골재, 시멘트와 굵은 골재의 순으로 투입하여 약 1분간 건비빔한 후, 물을 첨가하여 3분간 비빔하여 콘크리트를 제작하였다. 특히 설계강도가 $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 경우는 시공성을 향상시키기 위해 고성능 유동화제를 시멘트량의 1%를 첨가하여 배합하였다. 본 실험에서 채택한 배합은 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 콘크리트의 배합표

Specified Strength (kg/cm^2)	Maximum Aggregate size (mm)	Slump (mm)	W/C (%)	S/A (%)	Unit Weight(kg) of Ingredient				Admixture (kg)
					C	S	G	W	
150	19	170	80	44	22.5	73.4	92.4	16.9	-
300	19	170	54	41	30.2	59.2	82.9	16.3	-
600	19	150	30	38	46.5	50.0	81.6	13.9	0.47

2.3 실험변수

2.3.1 철근 부식도의 영향

1) 부식 철근

철근 부식도에 따른 철근콘크리트 보의 강도효과 및 슬립량을 알아보기 위하여 부식도를 4단계로 나누어 변수를 정하였으며, 철근의 부식방법은 전위차 인공 촉진 부식방법을 사용하였다. 이러한 부식도에 따른 변수를 통해 일

반 현장에서 사용되는 녹슨철근을 이용한 실험체와 비교하였고, 부식도에 따른 콘크리트와의 부착특성을 검토하였다. 이때의 철근의 부식도는 0%, 3%, 6%, 12%로 하였다.

2) 녹제거 철근

전위차 인공 촉진 부식방법을 이용하여 부식된 철근의 녹을 제거하여 부식된 철근과 녹 제거철근의 부착특성과 강도효과를 알아보았다. 녹을 제거하기 위해 G사의 녹제거용 방청제인 Steel Seal 용액을 사용하였다. 철근의 녹제거는 부식된 철근과 현장에서의 녹슨 철근을 사용하였다.

3) 철근 부식도에 따른 슬립

전위차 인공 촉진 부식방법을 이용한 부식된 철근과 녹제거용 방청제를 이용한 녹제거 철근의 슬립 특성을 알아보았다. 이 때의 철근의 부식도는 0%, 3%, 6%, 12%이며, 콘크리트 강도는 300kg/cm^2 를 사용하였다.

[표 2-2] 철근부식도에 따른 시험체 분류

Test Specimen	Reinforcement	Degree of Corrosion	Specified Strength [*]
G-PT-15	Prototype	0%	150
GA-1-15	Field Corroded Steel	-	150
GA-C3-15	Corroded Steel	3%	150
GA-C6-15		6%	150
GA-C12-15		12%	150

※ GA시험체의 콘크리트 강도는 150, 300, 600kg/cm^2 를 사용하였다.

[표 2-3] 녹제거된 철근의 시험체 분류

Test Specimen	Reinforcement	Degree of Corrosion	Specified Strength [*]
G-PT-15	Prototype	0%	150
GB-1-15	Field Corroded Steel	-	150
GB-C3-15	Corroison Removed Steel	3%	150
GB-C6-15		6%	150
GB-C12-15		12%	150

※ GB시험체의 콘크리트 강도는 150, 300, 600kg/cm^2 를 사용하였다.

[표 2-4] 슬립의 영향에 대한 시험체

Test Specimen	Reinforcement	Degree of Corrosion	Specified Strength*
GC-PT-30	Prototype	0%	300
GC-C3-30	Corroded Steel	3%	300
GC-C6-30		6%	300
GC-C12-30		12%	300
GC-R3-30	Corrosion Removal Steel	3%	300
GC-R6-30		6%	300
GC-R12-30		12%	300

※ GC시험체의 경우 콘크리트 강도는 300kg/cm²를 사용하였다.

2.3.2 콘크리트 강도의 영향

철근의 부식도에 따른 콘크리트와 철근의 부착특성이외에 콘크리트에 강도에 따른 부착특성과 강도 효과에 대해 알아보았다. 콘크리트 강도는 150, 300, 600kg/cm²를 사용하였다.

[표 2-5] 콘크리트 강도에 따른 시험체

Test Specimen*	Specified Strength(kg/cm ²)	Degree of Corrosion(%)
GA-C-15	150	0,3,6,12
GA-C-30,	300	0,3,6,12
GA-C-60	600	0,3,6,12

* G, GB, GC의 경우도 동일함

2.4 철근의 인위적 부식

2.4.1 페러데이 전기분해 법칙

철근을 인위적인 부식으로 정량화하기 위한 부식발생 과정이다. 페러데이 전기분해 법칙은 "전해질 용액의 전기분해에 있어서, 전극에 방전하는 원소 또는 원자단의 양은 이것을 지나가는 전기량(전류 : A, 시간 : t)에 비례하며 또한 1g당량의 원소 또는 원자단이 석출하는데 요하는 전기량은, 원소 또는 원자단의 종류에 관계없이 항상 일정하다"는 법칙이다. 식 (2.1)은 페러데이 방정식을 표시한 것이다.

$$w = \frac{ItM}{nF} \rightarrow t = \frac{wnF}{IM} \quad (2.1)$$

여기서, w = t(sec)동안 전해질 용액에서 부식되는 중량손실(g)

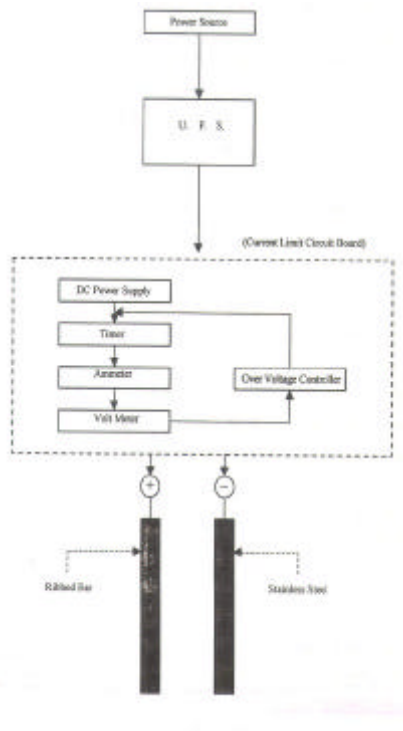
I = 전류(A)

t = 전류를 걸어주는 시간
 M = 금속의 원자질량(철근=55.85g/mol)
 n = 반응중에 쓰이는 전자수(철근=2)
 F = 패러데이 상수(96,500C/mol)

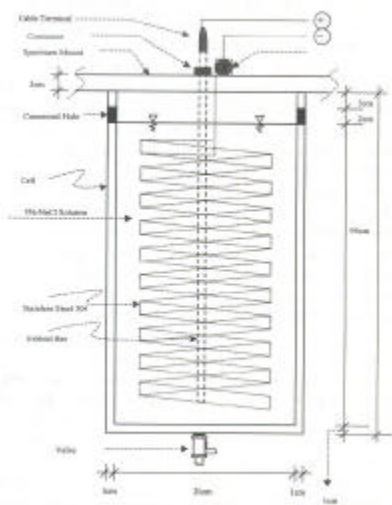
2.4.2 정전류회로 및 부식셀의 구성

패러데이의 전기분해 법칙에 의해 철근을 인위적으로 부식시키기 위해 가장 중요한 부분은 일정시간동안, 일정전류를 흘려줄 수 있는 정전류 회로를 구성하는 것이다. <그림 2-3>은 본 실험을 위해 제작된 정전류 회로(Current Limit Circuit Board)를 나타낸 것이다. 패러데이의 전기분해 법칙에 의해 부식반응이 일어나는 셀은 총 18개의 시편을 동시에 부식시킬수 있도록 구성하였다. 셀 전체의 크기는 127×64×101cm로 투명한 아크릴로 제작하여 셀 내부의 부식반응을 관찰할 수 있도록 하였다. 3개의 셀을 1조로 하여 1개의 정전류기를 동시에 사용하였다. 또한 스테인레스 스틸은 음극으로 사용하였고 전류를 흐르는 역할을 하였다. 전기분해 반응에서 음극은 양극의 전자를 받아들이기 때문에 양극의 단면적의 최소 2배이상 되어야 한다.

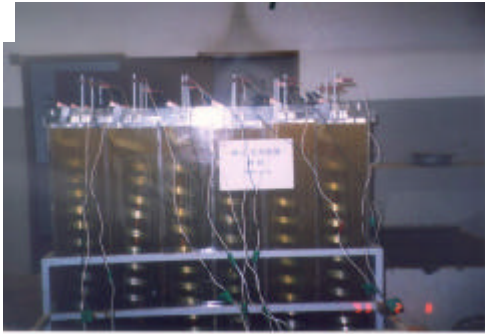
전해질은 5%-NaCl 용액을 사용하였으며, 물 900ml에 NaCl 50g을 용해시킨 후 물을 가하여 1,000ml의 용액을 만들어 제조하였다. <그림 2-4>는 부식셀의 구성을 보여주고 있으며 <그림 2-5, 2-6>은 부식진행 과정을 보여주고 있다. 부식량은 철근의 중량비로 계산하였고, 요구되는 부식도를 얻기 위해 부식도에 맞추어 일정전류와 시간을 걸어주었다. [표 2-6]은 각 철근에 대한 예상 부식량을 나타내고 있다.



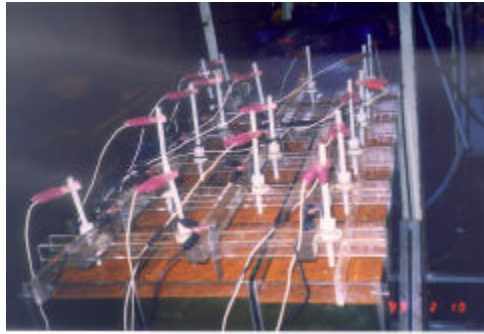
<그림 2-3> 정전류 회로도



<그림 2-4> 철근의 부식셀(Cell) 구조도



<그림 2-5> 촉진 인공부식 시험장치



<그림 2-6> 철근의 부식진행 과정

2.4.3 부식철근의 녹제거

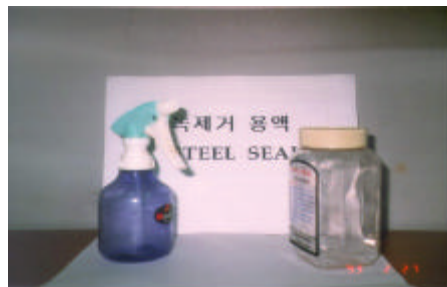
전위차 인공 촉진 부식방법을 이용하여 부식된 철근의 녹을 제거하기 위해 G사의 Steel Seal 용액을 사용하였다. 이 용액의 반응시간은 실내 온도에서 3~4시간이 필요하며 완전히 마르는데는 섭씨 20~25℃ 사이에서 24시간 정도 걸린다. 특히 완전히 마르기 전에 물에 닿거나 비를 맞으면 재 시공을 해야한다. 특히 이 용액은 녹을 제거할 때 모체의 손상을 주지 않고, 콘크리트의 부착력에 일체 영향을 주지 않는 장점을 가지고 있어 많은 시공현장에서 녹제거용 방청제로 널리 사용되고 있다. <그림 2-7>은 G사의 녹제거용 방청제이다.

[표 2-6] 예상부식량 및 시간($4A \pm 0.2A$)

구분	철근 직경	3%	6%	12%
부식량 (g)	D10	15.96	31.92	63.84
	D16	44.46	88.92	177.84
부식시간 (sec)	D10	13788	27576	55153
	D16	38410	76819	153639

* 철근의 길이 : 95cm

철근의 중량 : D10=0.56kg/m, D16=1.56kg/m



<그림 2-7> 녹제거용 방청제

2.5 사용철근 시험

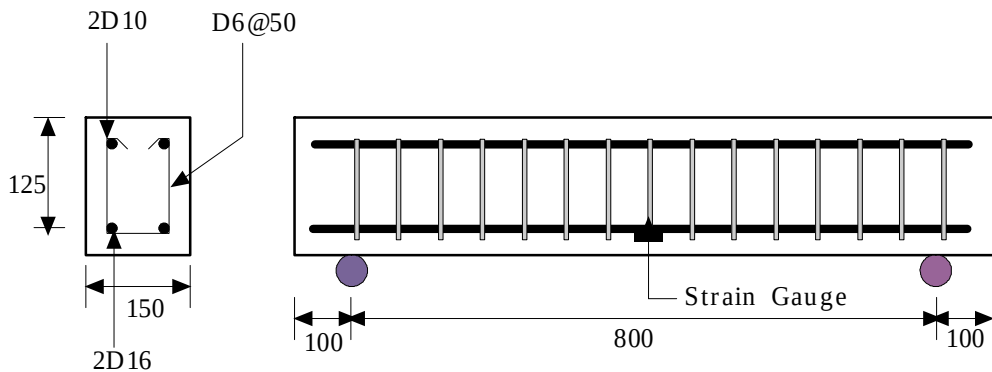
본 실험은 KS와 ASTM에서 요구하고 철근과 콘크리트의 부착력을 저하시키지 않는 철근의 허용 부식정도를 실험을 통하여 확인함에 있다. 즉 철근의 단위 무게시험을 통해 부식된 철근과 녹을 제거한 후의 철근의 중량을 비교시험하고, 철근의 모양이나 치수시험을 통해 허용치를 제안함에 있다. 또한 부식된 철근과

일반철근의 인장강도를 비교함으로써 철근의 부식도에 따른 철근의 재료적·기계적 성질을 파악하고자 한다.

2.6 휨시험

2.6.1 실험체 제작

실험체의 단면과 형상은 <그림 2-8>과 같이 $150 \times 150 \times 1000\text{mm}$ 로 하였으며, 인장철근과 압축철근은 각각 D16, D10을 사용하였으며, 전단보강근은 50mm 간격으로 D6 철근을 사용하였다. 콘크리트의 피복두께는 인장철근의 중심으로부터 25mm로 하였다. 인장철근의 변형율을 측정하기 위하여 시험체의 중앙에 위치한 주철근에 변형게이지(Strain Gauge)를 설치하였다. 콘크리트의 최대골재는 19mm이고 표준설계강도는 150, 300, 600kg/cm²로 제작하였다. 콘크리트 압축강도는 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 원주형 공시체를 제작하여 실험실에서 대기양생을 실시하였다. <그림 2-9>는 타설전의 철근의 조립형상을 나타내고 있으며, <그림 2-10>은 콘크리트 타설후 대기양생되는 콘크리트를 보여주고 있다. 부식도에 따른 강도특성 이외에 부식도에 따른 철근과 콘크리트의 슬립량을 검토하기 위해 인장철근의 단부에 스티로폼을 이용하였다.



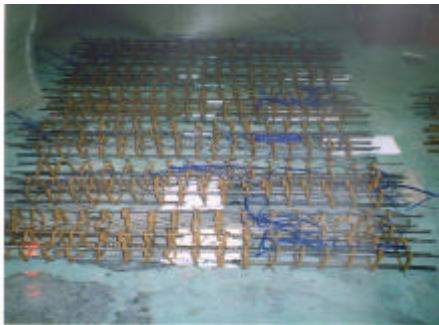
<그림 2-8> 휨 시험체의 상세도

2.6.2 실험장치

부식도에 따른 휨 실험체는 3등분점으로 가력하였으며, 최대하중 25ton 용량의 만능시험기를 사용하였다. 하중에 따른 보의 처짐을 검토하기 위해 보 중앙에 LVDT를 설치하였다. 또한 인장철근의 슬립량을 검토하기 위해 양단부에도 LVDT를 설치하였다.

[표 2-7] 부재 실험체 제작 종류

철근종류	철근 부식도		콘크리트 강도
새철근	0 %		150, 240, 430
현장자연 부식철근	2.98 %	부식철근 배근	150, 240, 430
		녹막이철근 배근	
인공부식철근	3 %	부식철근 배근	150, 240, 430
		녹막이철근 배근	
	6 %	부식철근 배근	150, 240, 430
		녹막이철근 배근	
	12 %	부식철근 배근	150, 240, 430
		녹막이철근 배근	



<그림 2-9> 철근조립 형상



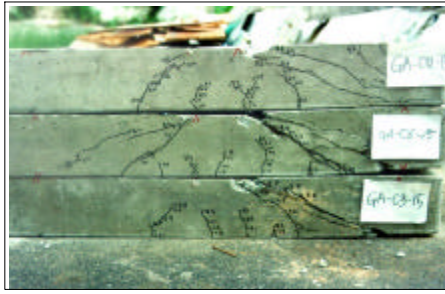
<그림 2-10> 타설이 완료된 실험체

2.6.3 시험체의 파괴

재하는 시험체의 급작스러운 사인장 파괴보다는 휨파괴를 유도하기 위해 가력 속도는 0.5ton/min으로 하중제어를 통해 시험체에 하중이 가력되었다. 하중의 크기와 변위 및 변형률은 보조 데이터로거(Kyowa-UCAM70A)와 컴퓨터를 통해 데이터를 자동적으로 처리하여 얻을 수 있게 하였다.



<그림 2-11> 현장철근을 이용한 시험체의 파괴모습



<그림 2-12> 부식철근과 녹제거 철근의 파괴모습 ($f_{ck}=150\text{kg/cm}^2$)



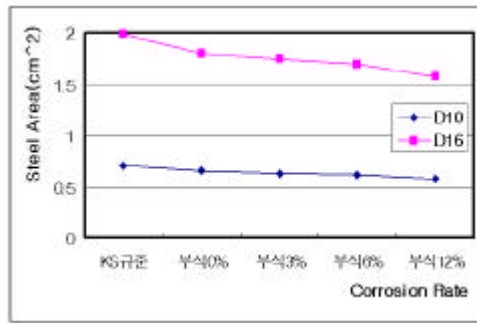
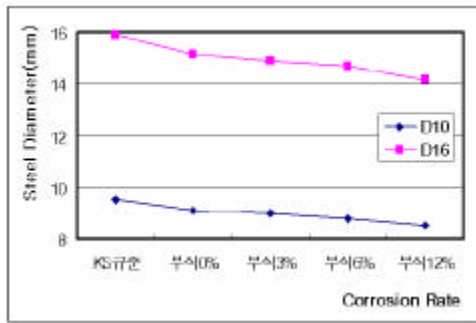
<그림 2-13> 부식철근과 녹색거철근 <그림 2-14> 슬립시험체의 파괴모습
의 파괴모습 ($f_{ck}=430\text{kg/cm}^2$) ($f_{ck}=240\text{kg/cm}^2$)

3. 실험결과와 비교 및 고찰

철근의 부식도와 콘크리트 강도의 영향에 대한 철근콘크리트 보 시험체에 대한 일련의 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

3.1 철근의 부식도 영향

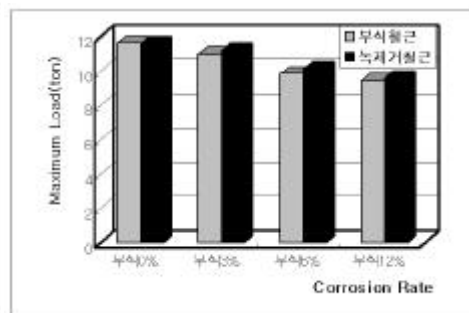
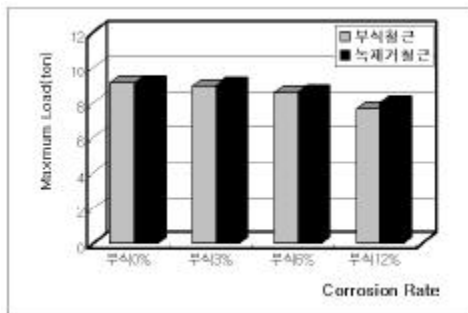
- 1) 전위차 인공 촉진 부식방법을 이용하여 철근을 부식시켰을 경우 만족스러운 부식도를 얻을 수 있었으며, 부식정도를 비교적 정확히 얻을 수 있는 효율적인 실험 방법임을 알 수 있었다.
- 2) 철근의 부식도가 증가할수록 보의 강도는 다소 감소하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있었으며, 부식도가 3% 6%의 경우는 0%의 부식도를 갖는 철근콘크리트 보의 강도와 거의 일치함을 알 수 있었다.
- 3) 철근 부식도에 따른 철근과 콘크리트 경계면의 슬립은 콘크리트의 강도보다는 철근의 부식도에 영향을 받음을 알 수 있었다. 이것은 기존의 연구에서도 밝혀졌지만 어느 정도의 철근 부식도(약 1% 2%)는 철근과 콘크리트의 부착성능을 향상시키는 것을 알 수 있었듯이 철근의 표면거칠기가 경계면의 슬립에 영향을 준 것임을 알 수 있다.



(a) 철근부식에 따른 지름 감소 비율

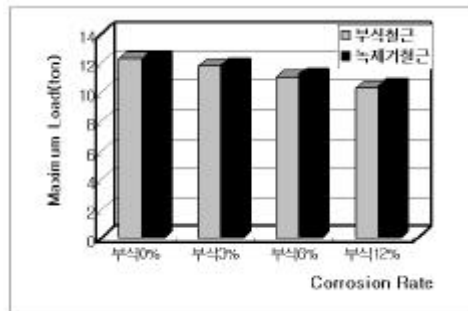
(b) 철근부식에 따른 단면적 감소 비율

<그림 3-1> 부식도에 따른 단면 손실의 영향



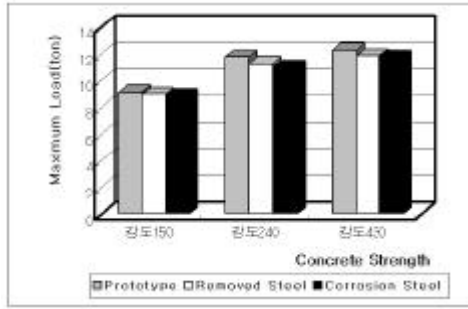
(a) $f_{ck}=150\text{kg/cm}^2$

(b) $f_{ck}=240\text{kg/cm}^2$

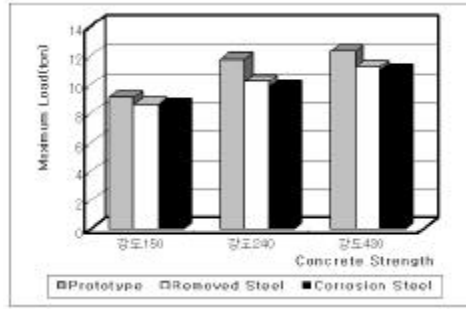


(c) $f_{ck}=430\text{kg/cm}^2$

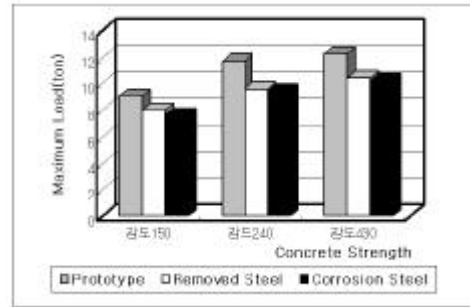
<그림 3-2> 철근의 부식도에 따른 휨강도의 효과



(a) 부식도 3%

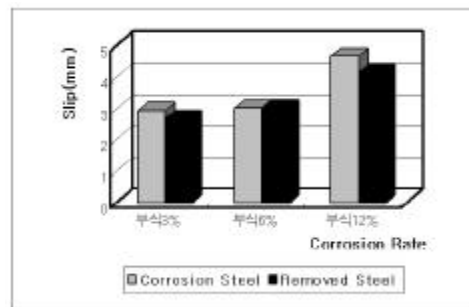


(b) 부식도 6%

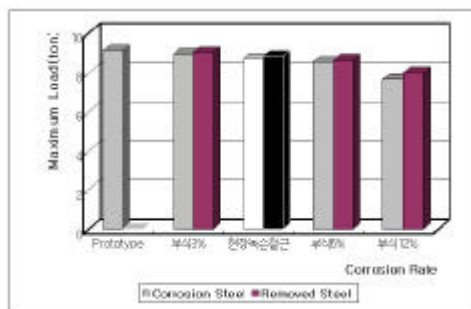


(c) 부식도 12%

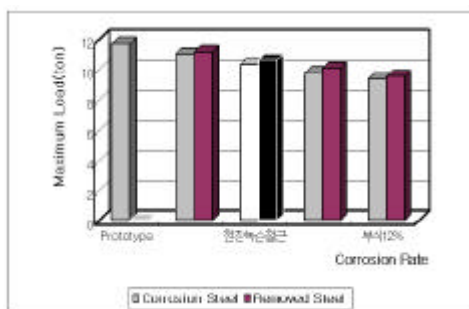
<그림 3-3> 콘크리트 강도와 부식정도에 따른 휨강도 효과



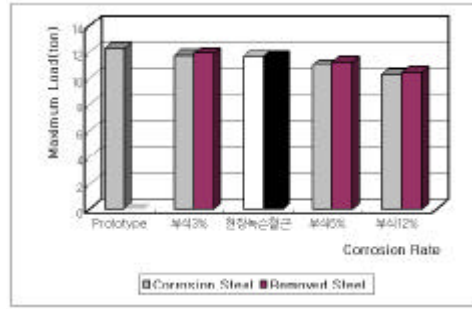
<그림 3-4> 부식정도 따른 슬립의 영향



(a) $f_{ck} = 150 \text{ kg/cm}^2$



(b) $f_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$



(c) $f_{ck}=430\text{kg/cm}^2$

<그림 3-5> 현장부식철근과 부식철근과의 비교

현장에서 녹슨 철근을 이용하여 제작한 시험체의 파괴시 최대강도는 3%의 부식도를 갖는 철근에 비해 다소 낮은 강도를 갖지만, 많은 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 현장 녹슨 철근의 녹제거는 녹이 제거된 표면에 피막을 형성하여 녹의 진행을 방지하는 역할을 하고 철근과 콘크리트간의 부착성능을 향상시키기 때문에 강도향상에도 좋은 효과를 보임을 알 수 있었다.

3.2 기초실험

전위차 인공 촉진 방법을 이용하여 부식된 철근의 경우 5가지의 기본 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강)에서 제시되고 있는 이형봉강의 단위 무게 허용차를 얻기 위한 일련의 인위적 부식방법은 본 연구에서 수행하려는 부식 정도를 얻는데 매우 효과적인 방법이라고 생각되며, 부식도가 증가할수록 그리고 직경이 증가할수록 목표한 부식량보다 다소 많은 부식이 발생됨을 알 수 있었다. 이것은 부식도가 증가함에 따라 염화나트륨(NaCl)용액에 침수되어 있는 시간이 증가되고, 용액과 접하는 표면적이 증가하기 때문이라고 판단된다.
- 2) KS D 3501에서 제시되고 있는 철근의 공칭치수와 비교해 볼 때 부식도가 증가함에 따라 리브의 너비나 마디의 높이의 경우 감소함을 보이지만, 커다란 차이는 볼 수 없었으나, 부식도가 12%의 경우 부식도가 0%인 경우에 비해 마디의 높이가 50%정도 감소됨을 알 수 있었다. 본 연구에서는 D10, D16의 경우에 대해 부식도에 따른 철근의 공칭치수를 제안하였다.
- 3) 철근의 부식도에 따른 철근의 인장강도 시험(KS B 0801, KS B 0802 : 금속재료의 인장시험편 및 인장강도 시험방법)의 경우 항복강도(SD 40)나 인

장강도에서 일반철근과 커다란 차이는 볼 수 없었다. 단지 부식으로 인한 단면의 손실로 인해 부식도가 증가함에 따라 항복강도가 다소 감소함을 보이고 있지만, 이것은 항복강도 계산시 단면적을 철근의 공칭단면적으로 계산했기 때문이다. 또한 철근의 부식도가 증가한다고 해서 철근의 재료적 특성이나 기계적 특성이 변하지 않음을 보여주고 있는 것이다.

3.3 콘크리트 강도에 따른 보의 부착특성

- 1) 콘크리트 강도가 증가할수록 보에서 철근과 콘크리트의 부착성능이 향상됨을 알 수 있었다.
- 2) 동일한 부식도에서 콘크리트 강도가 증가할수록 보의 휨강도는 증가하지만, 이것은 철근의 부식도 보다는 콘크리트 강도의 지배적 영향 때문인 것으로 판단된다. 그러나 철근의 부식도가 3%보다 크게 되면 보의 휨강도는 다소 감소됨을 알 수 있었다.
- 3) 저강도(150kg/cm^2)와 고강도(600kg/cm^2) 콘크리트를 비교해 볼 때, 고강도 콘크리트일수록 부식도가 증가함에 따라 강도의 감소비율이 작아진다.
- 4) 콘크리트 강도에 따른 슬립의 영향을 살펴보면 고강도 콘크리트의 경우 슬립 신장율이 증가함을 알 수 있었다. 슬립신장율의 증가로 인해 극한강도에 해당하는 슬립량도 증가한다.

4. 결 언

부식도에 따른 철근콘크리트 보에 대한 휨실험을 통해 철근과 콘크리트에 대한 부착특성과 강도효과에 대한 특성을 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

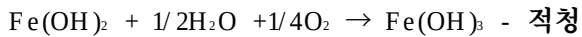
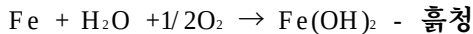
- 1) 페러데이 전기 분해법칙을 이용한 인공 전위차 촉진 부식방법은 요구되는 부식량을 얻을 수 있는 좋은 방법으로 생각된다.
- 2) 철근의 기본실험을 통해서 알 수 있었듯이 철근의 부식도에 따른 철근의 기계적·재료적 성질은 크게 변하지 않는다는 것을 알 수 있었으며, 현장에서 부식된 철근과 비교하였을 경우 사용성에 있어서 문제가 되지 않음을 알 수 있었다.

- 3) 철근의 부식도에 따른 보의 강도와 실제로 현장에서 사용되는 부식철근의 경우 보의 극한강도 측면에서 사용성 측면이나 구조적 측면에서 커다란 문제가 되지 않는다는 것을 실험을 통해서 알 수 있었다.
- 4) 철근의 녹제거에 사용된 G사의 Steel Seal 용액은 부식된 철근의 녹 형성을 막아주는 방청제로서 효과적인 것으로 나타났다.
- 5) 본 연구에서는 철근의 부식도에 따른 보의 강도효과와 콘크리트 강도에 따른 영향을 살펴보았다. 그러나 철근의 부식과 철근과 콘크리트의 부착특성에 영향을 주는 많은 요소들에 대해 보다 많은 변수를 통해서 여러 형태의 연구가 진행되어야 한다고 생각된다.
- 6) 부식철근을 사용한 철근콘크리트 보는 부식량이 증가하면 할수록 강도가 감소된다.
- 7) 철근콘크리트 보의 부착강도는 콘크리트 강도가 증가함에 따라 증가한다.
- 8) 현장에서 1년동안 방치된 부식철근은 녹 제거시 RC구조에서 문제가 되지 않는다.

<참고 : 녹제거형 방청제 Steel Seal 시공사양>

1. STEEL SEAL의 방청 작용원리

1) 철근부식의 원리



- 2) 녹슨 철근(Fe_2O_3)에서 STEEL SEAL을 바르면 철 성분만 남겨놓고 나머지가 타 이물질(산소, 물, 먼지 등)은 화학적으로 분해시켜서 녹성분을 없애서 방청하는 것이다.

3) 방청성능

외부는 1개월까지는 방청효과가 있지만 그 이후는 자외선과 비바람, 먼지 등으로 다시 녹이 발생할 수 있다.

2. 재료성분

- 1) 인산, 제올라이트, 특수연화제, 불활성성분, 물
- 2) 약간 연황색의 액체
- 3) 물에 용해 희석됨

- 4) 용도에 따라 물로 희석하여 사용할 수 있음.
- 5) 0°C에 얼게된다.

3. 방청성능 및 효과

- 1) 녹부위에 뿌리기만 하면 녹성분이 완전히 제거되고 녹이 제거된 후 방청피막이 형성되어 최소한 6개월에서 1년까지 녹이 발생되지 않는 상태에서 콘크리트 속에 묻히게 된다.
- 2) 내염성이 강하기 때문에 해사가 사용될 경우에도 상당한 방청효과가 있다.
- 3) 방청피막의 표면조도가 톱날처럼 거칠게 되어 있기 때문에 부착력이 10배 이상 증가된다.

4. 시공방법

- 1) 작업준비
 - ① 방청 바탕은 건조상태이어야 하고
 - ② 기름이나 유성물질은 제거해야 한다.
 - ③ 두꺼운 녹은 스크레퍼, 브러쉬 등으로 제거한다.
- 2) 시공순서
 - ① 1차 녹제거
Brushing & Griending으로 녹제거한다.
 - ② 2차 녹제거
Steel Seal 용액을 발라서 방청한다.
뿜칠 또는 붓칠한다.
- 3) 현장시공시 유의사항
 - ① 방청후 반응시간은 실내온도에서 3-4시간, 실외에서는 24시간정도 소요.
 - ② 도포후 완전히 마르기 전에 물에 닿거나 비를 맞으면 재시공 해야한다.
 - ③ 아연성분의 페인트는 사용하지 않아야 한다.

철근의 정착 및 이음길이에 대한 소고

- 1999년도에 개정된 건교부 규준을 중심으로 -

상원구조 소장 강석규

1. 일반사항

철근의 정착길이는 콘크리트에 묻혀 있는 철근이 뽑히거나 미끄러짐 변형이 생기지않고 항복강도까지 응력을 발휘하도록 하는 최소한의 묻힘깊이로서, 콘크리트와 철근간의 부착강도에 의하여 결정된다. 이 부착강도는 철근의 지름, 단면적, 항복강도, 콘크리트의 압축강도와 더불어 철근의 간격, 피복두께, 횡방향 철근의 배근, 배근 위치, 경량콘크리트, 에폭시 도막 등과 같은 여러가지 요인에 의하여 결정된다.

현재 철근콘크리트 구조물에 대하여 구조설계는 극한강도설계법에 의한 콘크리트구조설계기준(건교부, 1999년)에 의하여 수행되고 있음에도 불구하고 간편하게 적용할 수 있다는 점 때문에 현장에서 널리 사용되고 있는 철근의 정착 및 이음길이는 별도의 지침이 없는 한 허용응력도설계법(건축학회)에 따른 40D 혹은 45D 가 사용되어 왔다. 그러나 실제 극한강도설계법에서 규정된 정착 및 이음길이는 예를 들어 일반근인 경우 정착길이 27D로서 다소 작은 값을 요구하고 있지만, 상부근인 경우 정착길이 64D 혹은 이음길이 83D로서 상당히 큰 값을 요구하고 있다. 따라서 현재까지 널리 사용되어 왔던 허용응력도설계법에 의한 값과 극한강도설계법인 기존 기준(1992년)과 개정된 기준(1999년)이 어느 정도 상이한지를 살펴보고, 개정된 기준을 근거로 현장에서 사용할 수 있도록 간편하게 만든 철근의 정착 및 이음길이를 제시하고자 한다.

따라서 본 검토에서는 철근콘크리트구조물 설계에 가장 널리 사용되었고, 현재에도 사용되고 있는 허용응력도설계법과 미국 기준인 극한강도설계법(ACI318-89)을 참고로 하였으며, 현재 사용되고 있는 기존의 극한강도설계법(건교부, 1992)과 개정된 극한강도설계법인 콘크리트구조설계기준(건교부, 1999)에 의하여 산정된 기본정착길이에 대하여 비교 검토하고자 한다.

2. 정착길이

2.1 기본정착길이

위에서 언급된 각 기준 별로 산정된 인장철근의 정착길이는 다음 장의 [표 2-1 4]와 같다. 개정된 기준에서는 기존 기준에서 사용되어온 여러가지 복잡한 계수들을 사용하기 간편하도록 정리하여 만든 근사식과 다소 복잡한 계산이 필요한 일반식으로 구분하였다는 점, 피복두께와 관련된 $c+k_{tr}/d_b$ 라는 계수를 사용하는 점과 D22 이상의 철근에 대해서 25%를 증가시키도록 하였다는 점이다.

[표 2-1] 인장철근의 기본정착길이 - 허용응력도설계법(건축학회)

재료	흑크	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
콘크리트 $f_{ck}=240$ 철근 $f_y=4,000$	유	상단	300	390	480	570	660	750	870	960
		일반	300	390	480	570	660	750	870	960
	무	상단	400	520	640	760	880	1000	1160	1280
		일반	400	520	640	760	880	1000	1160	1280

[표 2-2] 인장철근의 정착길이 - 극한강도설계법(ACI318-89)

재료	흑크	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
콘크리트 $f_{ck}=240$ 철근 $f_y=4,000$	유	상단	200	260	320	380	440	490	570	630
		일반	200	260	320	380	440	490	570	630
	무	상단	320	420	520	620	820	1060	1430	1740
		일반	300	300	370	440	590	760	1020	1240

[표 3] 인장철근의 기본정착길이 - 극한강도설계법(건교부, 1992)

재료	흑크	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
콘크리트 $f_{ck}=240$ 철근 $f_y=4,000$	유	상단	260	260	330	390	450	520	590	660
		일반	260	260	330	390	450	520	590	660
	무	상단	430	430	530	640	840	1100	1390	1720
		일반	300	300	380	460	600	790	990	1230
		기본	230	300	380	460	600	790	990	1230

[표 2-4] 인장철근의 정착길이 - 콘크리트구조설계기준(건교부, 1999)

재료	흑크	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
콘크리트 $f_{ck}=240$ 철근 $f_y=4,000$	유	상단	200	260	320	380	440	500	580	630
		일반	200	260	320	380	440	500	580	630
	무	상단	510	670	820	970	1410	1600	1850	2050
		일반	400	510	630	750	1080	1230	1430	1570

주) 근사식 적용 : $(c+k_{tr})/d_b = 1.5$

2.2 정착길이에 대한 비교 검토

일반적으로 허용응력도설계법에 적용된 부착강도가 상부근을 기준으로 하여 산정된 값이기 때문에 허용응력도설계법에 의한 값이 극한강도설계법에서 산정된 일반근인 경우에 비해서 약 1.2배 정도 되지만 이번 개정된 기준의 근사식에 의하면 약 0.8배 정도이다. 따라서 허용응력도설계법에 의한 값은 단지 참고로 하고 현재 구조설계에 널리 사용되고 있는 극한강도설계법에 의한 기존 기준과 개정 기준을 근거로 하여 각 철근 직경 별로 산정된 정착길이를 살펴보고자 한다.

슬래브인 경우, 허용 값에 비해 개정 값이 흑크가 있는 경우 67%이고, 흑크가 없는 경우 75 96%로서 다소 작아졌지만 기존 값과 동일한 것임을 알 수 있다. 그러나 슬래브를 이외의 부재에 대하여 단순 비교를 위하여 철근 D13과 D22의 정착길이에 대하여 비교해 보면 흑크가 있는 경우에는 개정값이 기존값과 동일하게 허용값의 67%로서 다소 작아졌지만, 흑크가 없는 경우에는 허용값과는 유사하지만 개정값이 기존값의 100 160%로서 상당히 증가되었음을 알 수 있다.

[표 2-5] 기본정착길이

재료	흑크	기준	D10	D13	D16	D19
콘크리트 $f_{ck} = 240$ 철근 $f_y = 4000$	유	① 허용	300	390	480	570
		② 기존	260	260	330	390
		③ 개정	200	260	320	380
		③/②	100%	100%	100%	100%
	무	④ 허용	400	520	640	760
		⑤ 기존	300	300	380	460
		⑥ 개정	300	400	540	730
		⑥/⑤	100%	133%	142%	160%

① 허용 : 허용응력도설계법(건축학회) ② 기존 : 극한강도설계법(건교부, 1992)

③ 개정 : 콘크리트구조설계기준(건교부, 1999)

개정 기준에 적용된 정착길이 산정방식은 적용하기 간편하도록 만든 근사식에 의한 기본정착길이에 보정계수를 곱하여 산정하는 방식과 적용하기 다소 복잡한 일반식을 적용하는 방식으로, 두가지 식 모두 동격의 기준식으로서 현장에서 주로 사용되는 일반 콘크리트와 철근을 대상으로 할 경우는 [표 2-6]과 같으며, 이를 간략히 살펴보면, 일반식의 $c + k_{tr} / d_b$ 를 1.5로, γ 를 0.8로 한 것이 근사식임을 알 수 있으며, 실제 적용 조건에 따라 일반식을 적용하면 근사식에 의한 값의 60%정도까지 줄일 수 있다. 다만 현장에서 간편하게 이용될 수 있는 일반적인 표를 만들기 위하여 가정된 그리고 안전측 여유치를 갖도록 하는 계수들을 사용하여야 하나 이러한 경우 자연적으로 정착길이는 다소 커지게 된다. 따라서 개정된 기준을 적용하는데 있어서 근사식을 사용하여 산정된 값보다는 일반식을 사용하는 것이 계산하기 복잡하지만 필요한 것으로 사료된다.

[표 2-6] 정착길이 산정 방식

① 근사식	② 일반식
기본정착길이 $l_{db} = \frac{0.152d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}}$ 정착길이 $l_d = l_{db} \times k_1$ 보정계수 $k_1 = \alpha \beta \lambda$ ($\leq D19$) $1.25 \alpha \beta \lambda$ ($\geq D22$) α = 배근 위치 = 1.3(상부), 1.0(일반) β = 에폭시 도막 = 1.0(도막 없음) λ = 경량콘크리트 = 1.0 (일반 콘크리트)	정착길이 $l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \frac{\gamma}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)}$ γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$) c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수 = 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값 K_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n)$

3. 이음길이

기존 기준과 개정 기준의 가장 큰 차이점은 기존의 C급이음을 삭제하고 B급이음으로 통합되었다는 점으로서, C급이음이 B급이음으로 되므로써 기본정착길이는 다소 늘어났지만 개정된 이음길이가 기존값에 비해 약 88% 정도로 되었다. 이는 현장 적용의 간편성과 경제성을 확보할 수 있게 되었다.

그리고 참고로 [표 3-3]에 표현된 바와 같이 현장에서 널리 사용되고 있는 허용응력도설계법에 의한 이음길이 45D에 비해서 개정된 기준에서 일반식인 경우

51D, 근사식인 경우 64D를 요구하고 있다. 따라서 철근콘크리트구조물의 구조설계에 적용된 기준에 따른 정착 및 이음길이를 사용하여야 하며, 가능한 일반식에 의한 값을 산정하여 사용하여야 한다.

[표 3-1] 이음길이

기준	A급이음	B급이음	C급이음
기존 기준	1.0 Ld	1.3 Ld	1.7 Ld
개정 기준	1.0 Ld	1.3 Ld	삭제

[표 3-2] 이음의 분류

기준	사용As/ 소요As	이음길이 내에서 겹침이음된 철근량의 비(%)		
		50	75	100
기존 기준	2 이상	A급이음	A급이음	B급이음
	2 미만	B급이음	C급이음	C급이음
개정 기준	2 이상	A급이음	B급이음	B급이음
	2 미만	B급이음	B급이음	B급이음

[표 3-3] 보의 이음길이 - 기존 C급이음이 개정 B급이음으로 변경된 예

위치	기준	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29
일반	개정①	300	440	630	760	1160	1270	1480
	개정②	510	670	820	970	1410	1600	1850
	기존	520	520	650	780	1020	1330	1690
	허용	450	585	720	855	990	1125	1305

- 주) 1. 콘크리트 $f_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$, 철근 $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$
 2. 개정①- 일반식, 개정②- 근사식에 의한 정착길이 사용

4. 결론

위에서 살펴 본 바와 같이 현재 현장에 적용되고 있는 기존 기준에 의한 값이 전반적으로 개정된 통합규준에 의하여 산정된 정착 및 이음길이에 비하여 작은 것으로 나타나 시급히 현장에 적용될 수 있도록 하여야 될 것으로 사료된다.

참고 : [콘크리트구조설계기준(건교부, 1999)에 의한 정착 및 이음길이]

[정착길이 - 인장 이형철근 - 슬래브]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \frac{1}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)} \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 20mm ($\leq D13$), 30 mm ($\geq D16$), 순간격 $\geq 5 d_b$

K_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0$

α = 배근 위치 = 1.0 (일반)

β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0 (일반)

슬래브 두께 ≤ 300 mm

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} / f_y	D10	D13	D16	D19
210 / 3000	300	310	320	440
210 / 4000	300	410	430	580
240 / 3000	300	300	300	410
240 / 4000	300	380	400	540
270 / 3000	300	300	300	390
270 / 4000	300	360	380	510

[정착길이 - 인장 이형철근 - 보, 기둥]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간격 $\geq 3 d_b$

K_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0.33$ ($f_y=3000$), 0.44 ($f_y=4000$)

stirrup or tie D10@300, 정착 철근 개수 = 4 개

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	일반	300	300	350	420	610	700	820	900
	상부	300	360	450	540	790	900	1060	1170
210 4000	일반	300	350	450	540	790	910	1070	1180
	상부	340	460	580	700	1030	1180	1380	1530
240 3000	일반	300	300	320	390	570	650	760	850
	상부	300	340	420	510	740	850	990	1100
240 4000	일반	300	330	420	510	740	850	1000	1110
	상부	320	430	540	660	960	1100	1290	1440
270 3000	일반	300	300	310	370	540	620	720	800
	상부	300	320	400	480	700	800	930	1030
270 4000	일반	300	310	400	480	700	800	940	1040
	상부	300	410	510	620	910	1040	1220	1350

[정착길이 - 인장 이형철근 - 기타(슬래브 이외 부재)]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간격 $\geq 3 d_b$

k_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0$

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	일반	300	310	380	450	650	740	860	950
	상부	310	400	500	590	850	960	1120	1230
210 4000	일반	320	410	510	600	870	990	1150	1260
	상부	410	540	660	780	1130	1280	1490	1640
240 3000	일반	300	300	360	420	610	690	810	890
	상부	300	380	460	550	790	900	1050	1150
240 4000	일반	300	390	480	560	810	920	1070	1180
	상부	390	500	620	730	1060	1200	1390	1540
270 3000	일반	300	300	340	400	580	660	760	840
	상부	300	360	440	520	750	850	990	1090
270 4000	일반	300	370	450	530	770	870	1010	1120
	상부	370	470	580	690	1000	1130	1310	1450

[정착길이 - 압축 이형철근]

기본정착길이 $l_{db} = \frac{0.08d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \geq 0.004d_b f_y$

정착길이 $l_d = l_{db} \times k_1 \geq 200 \text{ mm}$

보정계수 $k_1 = 0.75$ (아래 조건 ①, ② 만족), 1.0 (기타)

①지름이 6mm 이상이고, 간격이 100mm 이하인 나선철근

②간격이 100mm 이하이고 D13 띠철근으로 둘러싸인 경우

$\frac{f_{ck}}{f_y}$	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
$\frac{210}{3000}$	200	230	280	330	380	430	500	550
$\frac{210}{4000}$	230	290	360	420	490	560	640	710
$\frac{240}{3000}$	200	210	260	310	360	400	470	520
$\frac{240}{4000}$	210	270	340	400	460	520	600	670
$\frac{270}{3000}$	200	200	240	290	330	380	440	480
$\frac{270}{4000}$	200	260	300	370	430	490	570	630

[정착길이 - 인장 이형철근 (표준갈고리)]

$$\text{기본정착길이 } l_{hb} = \frac{305d_b}{\sqrt{f_{ck}}}$$

$$\text{정착길이 } l_{dh} = l_{hb} \times \beta$$

β_1 = 보정계수 0.7 (①,②), 0.8 (③), 1.0 (기타)

① 갈고리에 수직인 방향의 피복두께 $\geq 70\text{mm}$

② 갈고리를 넘어선 부분의 피복두께 $\geq 50\text{mm}$ (90° 표준갈고리)

③ $3d_b$ 이하 간격의 띠철근 혹은 스테럽

β_2 = 보정계수 $f_y / 4000$ ($f_y=4,000 \text{ kg/cm}^2$ 이외의 철근)

β_3 = 보정계수 (소요 A_s / 배근 A_s)

f_{ck} f_y	보정 계수	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	1.0	170	210	260	300	360	400	460	510
	0.7	150	150	180	210	250	280	330	360
210 4000	1.0	220	280	340	400	470	530	610	680
	0.7	150	200	240	280	330	370	430	480
240 3000	1.0	150	200	240	290	330	380	440	480
	0.7	150	150	170	210	240	270	300	340
240 4000	1.0	200	260	320	380	440	500	580	630
	0.7	150	180	220	270	310	350	400	450
270 3000	1.0	150	190	230	270	310	360	410	450
	0.7	150	150	160	190	220	250	290	320
270 4000	1.0	190	250	300	360	410	470	540	600
	0.7	150	170	210	250	290	330	380	420

[이음길이 - 인장 이형철근 - 슬래브]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

이음길이 = 정착길이 × 이음등급 1.0(A급), 1.3(B급) (기준 8.6.2.)

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

k_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0$

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

슬래브 두께 ≤ 300 mm

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} / f_y	등급	D10	D13	D16	D19
210 / 3000	B급이음	300	400	420	570
	A급이음	300	310	320	440
210 / 4000	B급이음	330	530	550	750
	A급이음	300	410	430	580
240 / 3000	B급이음	300	370	390	530
	A급이음	300	300	300	410
240 / 4000	B급이음	310	490	520	700
	A급이음	300	380	400	540
270 / 3000	B급이음	300	350	370	500
	A급이음	300	300	300	390
270 / 4000	B급이음	300	460	490	660
	A급이음	300	360	380	510

[이음길이 - 인장 이형철근 : A 급 이음 - 보, 기둥]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

이음길이 = 정착길이 × 이음등급 1.0(A급), 1.3(B급) (기준 8.6.2.)

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간격 $\geq 3 d_b$

k_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0.33 (f_y=3000), 0.44 (f_y=4000)$

stirrup or tie D10@300, 정착 철근 개수 = 4 개

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	일반	300	300	350	420	610	700	820	900
	상부	300	360	450	540	790	900	1060	1170
210 4000	일반	300	350	450	540	790	910	1070	1180
	상부	340	460	580	700	1030	1180	1380	1530
240 3000	일반	300	300	320	390	570	650	760	850
	상부	300	340	420	510	740	850	990	1100
240 4000	일반	300	330	420	510	740	850	1000	1110
	상부	320	430	540	660	960	1100	1290	1440
270 3000	일반	300	300	310	370	540	620	720	800
	상부	300	320	400	480	700	800	930	1030
270 4000	일반	300	310	400	480	700	800	940	1040
	상부	300	410	510	620	910	1040	1220	1350

[이음길이 - 인장 이형철근 : B급 이음 - 보, 기둥]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

$$\text{이음길이} = \text{정착길이} \times \text{이음등급 } 1.0(\text{A급}), 1.3(\text{B급}) \quad (\text{기준 8.6.2.})$$

$$y = \text{철근 크기} = 0.8(\leq D19), 1.0(\geq D22)$$

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간적 $\geq 3 d_b$

$$k_{tr} = \text{횡방향 철근지수} = A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0.33 (f_y=3000), 0.44 (f_y=4000)$$

stirrup or tie D10@300, 정착 철근 개수 = 4 개

$$\alpha = \text{배근 위치} = 1.0(\text{일반}) 1.3(\text{상부}) \quad \beta = \text{예폭시 도막} = 1.0 (\text{도막 없음})$$

$$\lambda = \text{경량콘크리트} = 1.0(\text{일반})$$

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	상부	350	460	580	700	1020	1170	1380	1520
	일반	300	360	450	540	790	900	1060	1170
210 4000	상부	440	590	750	910	1330	1530	1800	1990
	일반	340	460	580	700	1030	1180	1380	1530
240 3000	상부	320	440	540	660	960	1100	1290	1430
	일반	300	340	420	510	740	850	990	1100
240 4000	상부	410	560	700	850	1250	1430	1680	1860
	일반	320	430	540	660	960	1100	1290	1440
270 3000	상부	310	410	510	620	900	1040	1210	1340
	일반	300	320	400	480	700	800	930	1030
270 4000	상부	390	530	670	800	1180	1350	1580	1760
	일반	300	410	510	620	910	1040	1220	1350

[이음길이 - 인장 이형철근 : A급 이음 - 기타(슬래브 이외 부재)]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

이음길이 = 정착길이 × 이음등급 1.0(A급), 1.3(B급) (기준 8.6.2.)

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간격 $\geq 3 d_b$

k_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0$

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 에폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	일반	300	310	380	450	650	740	860	950
	상부	310	400	500	590	850	960	1120	1230
210 4000	일반	320	410	510	600	870	990	1150	1260
	상부	410	540	660	780	1130	1280	1490	1640
240 3000	일반	300	300	360	420	610	690	810	890
	상부	300	380	460	550	790	900	1050	1150
240 4000	일반	300	390	480	560	810	920	1070	1180
	상부	390	500	620	730	1060	1200	1390	1540
270 3000	일반	300	300	340	400	580	660	760	840
	상부	300	360	440	520	750	850	990	1090
270 4000	일반	300	370	450	530	770	870	1010	1120
	상부	370	470	580	690	1000	1130	1310	1450

[이음길이 - 인장 이형철근 : B급 이음 - 기타(슬래브 이외 부재)]

$$\text{정착길이 } l_d = \frac{0.285d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right) \quad (\text{기준 8.2.2.(4)})$$

이음길이 = 정착길이 × 이음등급 1.0(A급), 1.3(B급) (기준 8.6.2.)

γ = 철근 크기 = 0.8($\leq D19$), 1.0($\geq D22$)

c = 철근 간격 및 피복두께에 관련된 치수

= 철근중심에서 표면까지의 최단거리 혹은 철근중심간 거리의 1/2 중 작은 값

= 피복 40 mm, 순간격 $\geq 3 d_b$

k_{tr} = 횡방향 철근지수 = $A_{tr} f_{yt} / (107 s n) = 0$

stirrup or tie D10@300, 정착 철근 개수 = 4 개

α = 배근 위치 = 1.0(일반) 1.3(상부) β = 예폭시 도막 = 1.0 (도막 없음)

λ = 경량콘크리트 = 1.0(일반)

※ 위에 언급된 조건과 상이할 경우 필히 구조계산에 의하여 재산정되어야 한다.

f_{ck} f_y	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
210 3000	상부	400	520	640	760	1100	1250	1450	1600
	일반	310	400	500	590	850	960	1120	1230
210 4000	상부	540	700	860	1020	1470	1670	1930	2130
	일반	410	540	660	780	1130	1280	1490	1640
240 3000	상부	380	490	600	710	1030	1170	1360	1500
	일반	300	380	460	550	790	900	1050	1150
240 4000	상부	500	650	800	950	1370	1560	1810	1990
	일반	390	500	620	730	1060	1200	1390	1540
270 3000	상부	360	460	570	670	970	1100	1280	1410
	일반	300	360	440	520	750	850	990	1090
270 4000	상부	470	610	760	900	1290	1470	1700	1880
	일반	370	470	580	690	1000	1130	1310	1450

자연채광 및 인공조명

건설기술연구소 건축기사 김상식

1. 자연채광

1.1 자연채광의 목적과 방법

채광은 건축의 기원 이래로 건축의 한 요소로써 건축과 밀접한 관계를 이루고 있다. 중세 종교건축물에서는 주광의 射入에 의한 자연채광의 효과뿐만 아니라 빛의 神秘的이고 象徴的인 의미를 창출해내기 위한 적극적인 노력이 엿보이고 있으며, 특히 1970년대 에너지쇼크 이후 건축물의 自然採光은 실내 視 환경의 再考는 물론이고 조명에너지의 절약이라는 측면에서 건축물의 주요 디자인 요소로 등장하게 되었다. 즉, 고도의 경제 성장 시대에 접어들면서 사람들은 삶의 질과 환경을 보다 중요시하게 되었으며 생산과 생활의 현장에서 보다 향상되고 쾌적한 환경을 추구하게 되었다. 건축물에서 자연광을 이용한 채광설계의 목적은 적절한 量과 質의 자연광을 실내로 射入, 分配함으로써 재실자가 만족할만한 실내조도를 확보하여, 에너지 절약적 측면과 함께 심리적, 생리적 관점에서도 쾌적한 실내 시환경을 조성하는데 있다.

이러한 요구에 부응하는 建築學적인 目標을 수용하기 위한 노력의 하나로 태양광을 강제적으로 실내로 도입하는 방법이 고안됐다. 태양광을 건축에 수용하는 방법은 태양광을 필요로 하는 장소에 따라 크게 3가지로 분류된다.

1) 건물의 日照權내에 태양광을 유입시키는 방법

주변환경을 고려하여 햇빛을 확보하는 수단으로서 인공적인 방법으로 자연채광을 보충한다.

2) 건물의 발코니 같은 별도 공간에 태양광을 유입시키는 방법

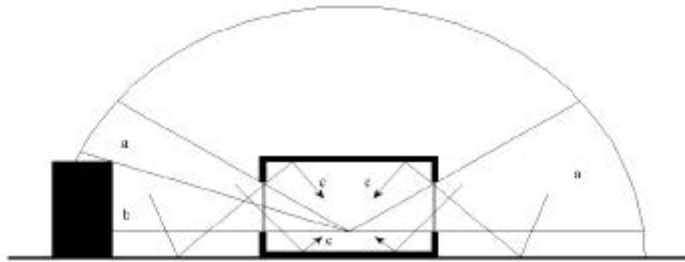
태양이 자연스럽게 들어오는 공간에 화초를 놓아두고 대중공간의 장을 제공하는 것과 동시에 그 빌딩 고유의 이미지를 연출한다.

3) 건물의 내부와 지하실에 태양광을 유입시키는 방법

자연광이 들어오지 않는 장소에 태양광을 끌어들여 활기찬 공간을 제공한다.

1.2 태양광 도입방식의 개요

건축물의 실내에 태양 직사광을 도입하는 방식과 천공산란광을 도입하는 방식의 2가지로 크게 분류된다. 天空成分(SC ; Sky Component)은 천공으로부터 직접 받는 빛을 말하며, 室外反射成分(ERC ; External Reflectance Component)은 실외의 건물이나 조경물에 의해 반사된 빛을 직접 받게되는 것을 말한다. 또한 室内反射成分(IRC ; Internal Reflectance Component)은 실내면으로부터 반사된 빛을 받게되는 것을 말한다.



a) 天空成分; b) 室外反射成分; c) 室内反射成分

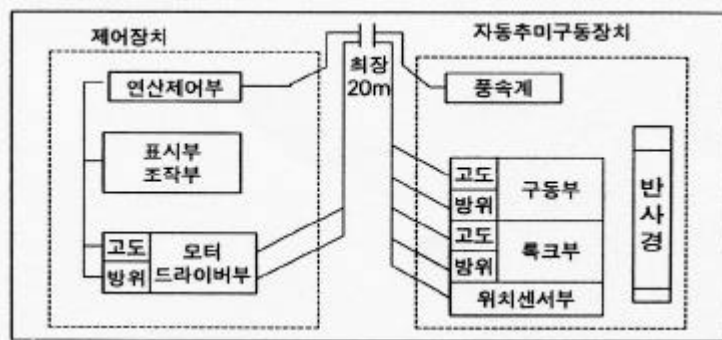
<그림 1-1> 태양광의 세 가지 성분

1.3 태양광 자동추적방식 채광장치

태양직사광을 도입하는 방식에서는 먼저 태양의 위치를 정확하게 추적하는 기술이 요구된다.

1.3.1 구성과 궤도추적 원리

태양위치의 변화(태양방위각, 태양고도각)를 파라미터로 연산하고 건물의 조사 위치에 맞게 반사경을 구동시킨다.



<그림 1-2> 시스템 구성도

[표 1-1] 채광의 목적과 방법

채광의 목적	채 광 방 법	특 징
1. 건물의 일조권 내의 도입	태양광 자동추적방식 채광장치(반사이용)- 남 쪽면	태양의 위치 변화에 맞게 반사경을 제어하 여 태양 직사광을 도입하는 방식. 태양광을 임의의 위치에서 조사하는 것이 가능하고, 고층건물에 적합
	태양광 수동추적방식 채광장치(반사이용)	반사경 각도를 미리 설정. 3개월에 한번 수 동으로 움직여주고 태양 직사광을 도입하는 방식. 저층 건물에 적합
2. 건물의 별도 공 간 및 발코니에 도입	태양광 자동추적방식 채광장치(반사이용)- 북 쪽면	태양의 위치변화에 맞게 반사경을 제어하고 태양광을 도입하는 방식. 임의 장소에 조사 하는 것이 가능하고 고층 건물에 적합
	블록 미리 방식 채광장치(반사이용)	건물상부에 일정 각도로 경사지게 반사경을 방사상으로 배치하여 태양 직사광을 도입하 는 방식. 중층건물에 적합
	건축화 닥트방식 채광장치(반사이용)	건물내벽에 고반사체를 이용. 상호 반사되 게 하는 방식. 건축과 일체로 할 경우에 적 합
3. 건물의 내부 아트리움에 도입	톱라이트방식 채광장치(투과이용)	천장에 취부시킨 투명한 돔으로 천공광을 도입한다. 바로 위 계단에 사용하는 경우가 적합
	닥트방식 채광장치(반사이용)	채광입구로 입사된 빛을 고반사체로 만들어 진 닥트로 실내에 도입하는 방식. 지하실에 적합
	태양광 자동추적방식 채광닥트(집광, 반사이 용)	태양의 위치변화에 맞게 반사경을 제어하고 채광닥트를 이용하여 실내에 도입하는 방 식. 맨션, 병원의 거실 채광에 적합
	광 화이버 방식 채광장치(집광, 광화이 버 전송)	태양광을 집광하고 광 화이버 케이블로 도 입하는 방식. 지하실에 적합
	굴절렌즈 방식 채광장치(굴절이용)	태양직사광을 창가에서 렌즈의 굴절을 이용 하여, 실내에 도입시키는 방식으로 오피스 빌딩 등의 실내 채광에 적합
	건축화 방식 채광장치(투과이용)	건축구조적으로 태양광을 도입하는 방식. 가장 다이내믹한 방식으로 오피스 빌딩 등 의 아트리움, 발코니 등에 적합하다.

1.3.2 태양궤도 추적원리

태양의 위치는 다음 식을 이용하여 계산한다.

1) 태양방위의 계산

태양의 방위는 방위각 A와 고도각 h로 나타내며, A와 h는 그 지점의 위도 (ψ), 일적위(δ)와 시각(t)으로 계산한다.

$$\sin h = \sin \psi \cos \delta + \cos \psi \sin \delta \cos t$$

2) 태양의 적도상 위치

태양궤도의 적도상의 고도로서 계절에 따라 변한다.

3) 시각

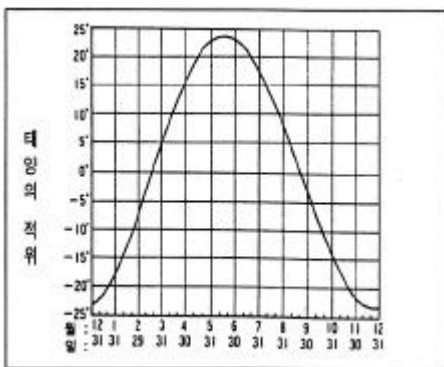
시각을 각도의 크기로 변환하여, 하루를 360°에 대응 - 정오를 0°, 오전은 -, 오후를 +로 한다.

$$\text{시각} = [(\text{시각} - 12) / 24 * 360]$$

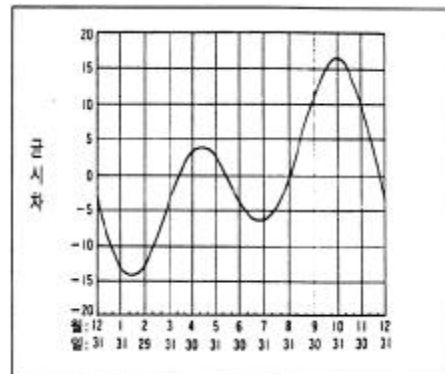
동경 L도의 지점의 평균 태양시를 T_m, 진태양시를 T, 일반 표준시를 T_s, 균시차를 e라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$T - T_m = e \quad T_m = T_s + (L - 135^\circ) / 15^\circ$$

$$T = T_s + [(L - 135^\circ) / 15^\circ] + e$$



<그림 1-3> 태양 적위의 연간 변화



<그림 1-4> 균시차의 연간 변화

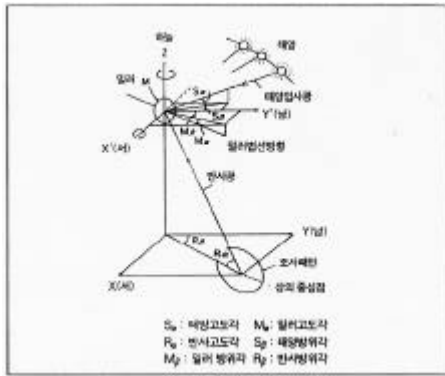
1.3.3 태양 직사광의 조도 예측

태양 직사광의 조도 예측은 장치의 설치대수와 설치위치를 결정하는 중요한 것이며 대형 계산기로 광도추적법을 이용해 산출할 수 있다. 요즘은 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 모델링화 하는 방법이 많이 사용되어지고 있다.

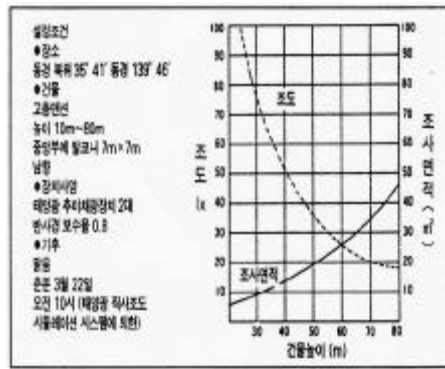
직사일광의 법선조도 E_n은 다음 식으로 구한다.

$$E_n = E_o * P_n \quad (lx) \quad E_o = \text{대기 밖의 일광 법선조도, } 126,800lx$$

$$P = \text{대기투과율} \quad n = \text{광학적 공기량}$$



<그림 1-5> 조도예측 모델화

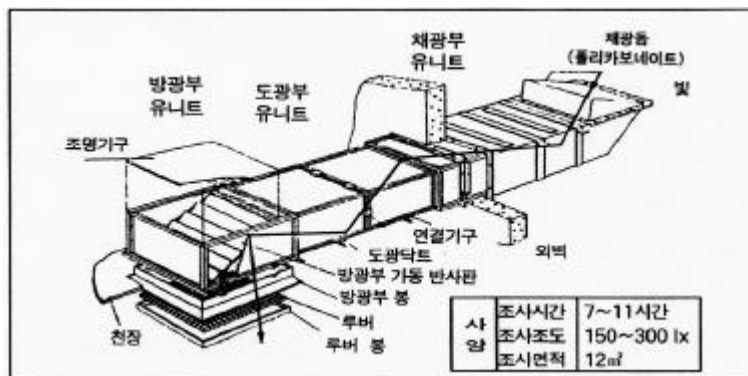


<그림 1-6> 조도, 조사 면적의 변화

1.4 닥트방식 채광장치

고반사율의 박막 미러를 사용한 도광닥트를 이용해 천공 산란광을 효율 좋게 실내로 도입시키는 장치로서 수평형과 수직형의 2가지가 있다.

도광닥트는 채광부, 도광부, 발광부의 3가지 유니트로 구성된다. 야간·우천시에는, 인공조명에 의한 조명이 가능하다. 닥트의 실용적인 유효 길이는 10m 정도이다.



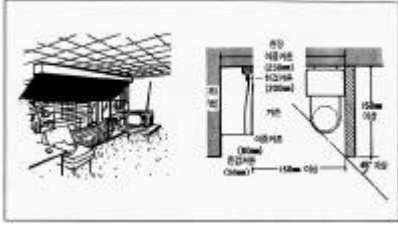
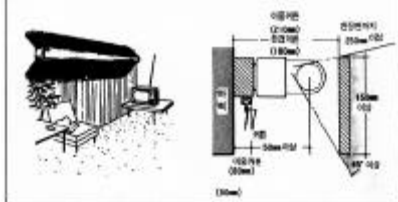
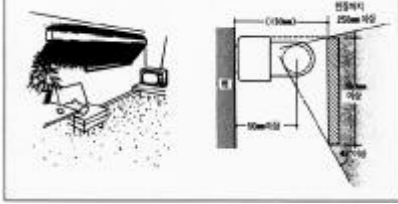
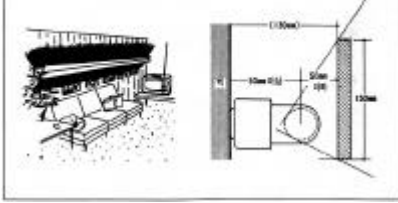
<그림 1-7> 도광닥트 구성도

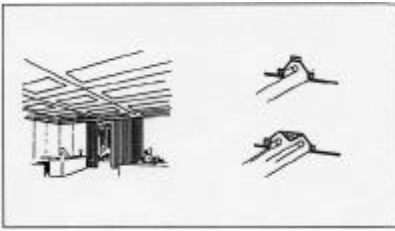
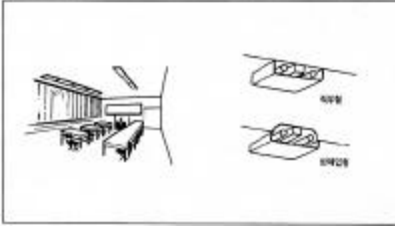
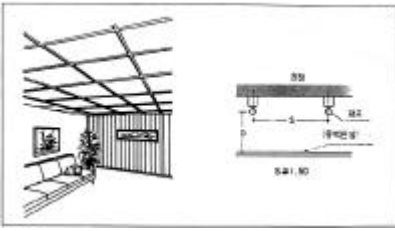
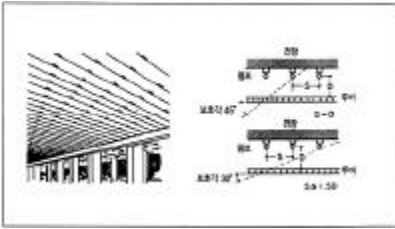
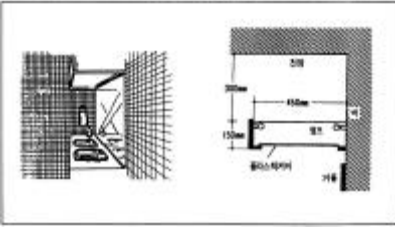
전체길이는 약 10m까지 연결이 가능하다. 우천시 야간에는 조명스위치를 넣으며, 모터에 의해 가동 반사판이 회전하고 형광등(20W 5등, 또는 32W 6등)이 점등된다.

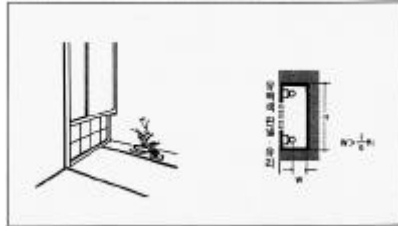
2. 인공조명

2.1 건축화 조명방식

[표 2-1] 건축화 인공조명 방식의 분류

코니스 조명 (Cornice Lighting)	벽에 평행한 패널 뒷부분의 천정에 부착된 광원으로부터 오는 조명. 조명은 벽을 비춘다. 코니스 조명은 빛을 전부 아래쪽으로 비추어 벽, 커튼, 벽면을 아름답게 하는 것이다. 창의 위와 천장과와의 사이가 좁아서 밸런스 조명을 위한 공간이 없는 창에도 사용된다. 천장이 낮은 경우에 적합한 조명 방식이다.	
밸런스 조명	밸런스 조명은 창에 사용하는 것으로서, 항상 커튼과 함께 사용한다. 위쪽 광속은 천장에 반사시켜 간접 조명으로 하고, 아래쪽 광속은 커튼에 액센트를 넣기 위해 사용된다. 천장과와의 간격이 25cm 이내일 때에는 천장휘도가 높게 되므로 상부에 덮게 처리를 한다.	
하이·브라켓 조명	하이·브라켓 조명은 빛을 상하로 내는 간접 조명 방법이다. 장식장, 배광상에서 밸런스 조명의 균형을 잡기 위해 벽면에 사용한다. 취부 높이는 창포는 도어의 높이에 따라 결정한다.	
로우·브라켓 조명	로우·브라켓 조명은 벽을 특별히 강조하는 경우 또는 흔들리는 가스렌지, 작업조명으로 사용된다. 취부높이는 사용자의 자리위치와서 있는 위치의 눈높이에 따라 결정한다. 브라켓의 길이는 가구 또는 방의 크기에 따라 조절한다. 이 조명은 천장이 백색 또는 백색에 가까운 색일 경우에 사용한다.	
코브조명 (Cove Lighting)	몰딩이나 선반 혹은 수평면이 우묵하게 들어간 곳에 숨겨진 광원으로부터 오는 조명. 조명빛은 벽의 상부와 천정면에 분포된다. 코브조명은 빛을 천장으로 비추는 간접조명으로 실내에 부드러운 분위기를 만들어준다. 그러나 얻어지는 밝기는 액센트가 없는 저조도의 빛이 되므로 보조조명으로 활용된다.	

드로퍼 조명	장방형의 천장매입기구를 사용한 조명방법이다. 램프가 직접 눈에 들어오지 않도록 차광판, 확산판, 루버 등이 사용된다.	
코퍼 조명	격천장의 파넬에서 파생된 말로 천장 또는 돔에 조명기구를 매입시켜 간접 조명하는 방식이다. 유리판 또는 플라스틱판의 위에서 조명하는 방법으로 실버볼 전구 등을 중심에 매달고 그 반사광으로 간접 조명하는 방법이 있다. 홀, 레스토랑, 애연회장 등 호화스런 분위기를 내는 곳에 사용된다.	
빔 조명	유백색 유리 또는 유백색 플라스틱으로 된 조명기구를 안에 그림과 같이 배치하는 방법으로 천장직부형, 반매입형 등의 조명기구를 하이라이트화한 경우이다.	
광천장 조명	천장 전면을 확산판으로 조명하는 방법이다. 확산판으로는 유백 플라스틱의 몰드판넬이나 피형판넬이 사용된다. 광천장 조명을 설치할 때는 램프간격(S)과 램프확산판 간격(D)의 관계에 유의하여야 한다. 또 조도가 낮으면, 그늘이 저서 구름낀 하늘 같은 느낌이 나타나고 조도로 설계하는 1층 로비나 쇼룸 등에 많이 사용된다.	
루버천장 조명	천장 전면에 루버를 설치하고, 그 위에 광원을 배치한 조명방법이다. 루버면의 휘도를 일정하게 하기 위해 우측 그림과 같이 설계하는 것이 보통이다.	
소피트 조명	작업면상의 소피트 조명은, 바로 아래가 고조도가 되도록 설계하며 위쪽 천장에 설치한다. 그 외 기타 소파, 피아노, 작업책상의 선반에도 적합하다. 일반적으로 거울과 같이 사용하고 카운터(계산대)위의 천장에 매입시키기도 한다. 소피트 길이는 거울과 같게 하는 것이 보통이다.	

인공창	지하실이나 창이 없는 공간에 창이 있는 것처럼 보이게 하는 조명방법으로 선반이나 유백색 플라스틱판의 윗면에 조명기구가 배치된다. 벽이나 바닥안에 조명기구를 매입시키고 확산판으로 가려준다. 디스플레이 쇼룸 등에 사용한다.	
-----	--	--

2.2 조명의 종류

2.2.1 배광에 따른 분류

배광이란 조명기구에서 발산되는 빛이 어느 방향으로, 어느 정도로 비추어지는가를 말하는 것이다. 조명기구에서 나오는 빛은 조명기구 위쪽과 아래쪽으로 나누어 분류하며, 국제분류 기준은 [표 2-2]와 같다.

[표 2-2] 조명형의 국제분류

국제분류	상향광속(%)	하향광속(%)
직접 조명형	0 10	100 90
반직접 조명형	10 40	90 60
전반확산조명형	40 60	60 40
반간접 조명형	60 90	40 10
간접 조명형	90 100	10 0

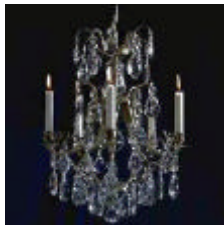
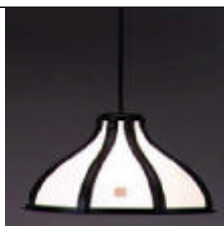
분 류	특 징
직접 조명형  직접조명형 (모든 빛을 한쪽 방향으로)	빛이 좁거나 혹은 넓게 비추는 반사판에 의해 한방향으로 향하게된다. 비추어진 빛의 형태와 구조, 색을 강조한다. 눈부심이 일어나기 쉽고, 그림자의 효과를 잘 활용해야 한다
반간접조명형  반간접조명형 (대부분의 빛을 한쪽 방향으로)	빛의 대부분을 한 방향을 비춘다. 주로 아래쪽으로 보내게 된다. 움직임이 많은 평면이나 장소에 기본적인 밝기를 제공하는데 쓰인다. 벽면이나 천장면을 비추게 하는 것이 좋다.(다운라이트)

전반확산 조명형  전반확산조명 (모든 방향으로의 빛 분할)	모든 방향으로 똑같이 빛이 분산된다. 직접 눈부심을 조절하기 위해서는 확산성 덮개가 커야 하고 와트수(W)도 낮아야 한다
반간접 조명형  반간접조명형	넓게 비추는 조명이나 업라이트의 고출력의 전구에서 흘러나오는 빛이 반사하는 벽이나 천정면을 향하게 된다. 범위가 큰 영역을 일정하게 밝혀지게 되고 그림자를 적게 만들어 낸다
간접 조명형  간접조명형	빛이 전적으로 천정과 벽면을 향한 조명에 광원은 눈높이에 있어 덮개로 씌워져 있다. 공간을 높고 넓게 비추어 준다. 눈부심이 없고 부드러운 분위기가 연출된다.

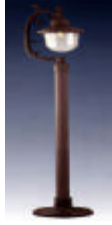
2.2.2 용도에 따른 조명기구 분류

조명은 어둠을 밝힌다는 기능 외에 건축공간을 구성하는 일부분으로서 건축요소로 쓰여지고 실내건축에서는 인테리어 분위기와 어울리는 액세서리의 성격으로 이용되고 있다.

[표 2-3] 용도에 따른 조명기구의 분류

분 류	특 징	
상들리에	상들리에에는 인테리어 조명기구로 빛의 효율보다는 장식적인 성격이 강하므로, 실내디자인의 분위기나 여건에 따라 형태, 크기, 색, 소재 등을 신중히 검토한 후에 선택해야 하며 천장 높이에 따라 체인이나 파이프를 늘어뜨려 달고 공간에 따라 한 개 또는 조합의 형태로 구성될 수 있다. 대형 상들리에에는 많은 하중을 요하므로 천장내에 별도의 보강이 필요하며 에너지 절약을 위해 조광기 설치나 몇 회로의 분리가 필요하다.	
펜던트	펜던트는 건축의 다양한 공간에 형태와 크기, 예측되는 배광의 형태를 고려하여 설정해야 한다. 식탁 등으로 사용할 때는 높낮이 조절기능이 있는 것이 편리하며 식탁에 앉아 램프의 눈부심이 없고 식탁 전체를 고루 조사할 수 있는 높이가 적당하다. 상업공간에서 쓰여질 때는 특정 부분의 국부 조명으로 낮게 배열하는 경우도 있지만 대부분은 상향광속이 없으므로 전반조명과 병용해 사용해야 한다.	

브라켓	건축의 벽면이나 기둥에 부착되는 조명기구로 장식적이 성격이 강하고 부착면의 마감재나 인테리어의 디자인과 조화가 중요하며 필요에 따라 새롭게 제작하여 사용한다. 벽등은 대부분 반간접형의 배광을 가지고 있으나 특별한 효과를 위해서는 상향, 하향의 배광을 갖는 벽등을 사용하기도 한다. 이때에는 반드시 별도의 전반조명기구와 병용해서 설치해야 강한 대비를 줄여 전체 공간을 이끌 수 있다.		
스탠드	스탠드의 기본형은 원추형 갓으로 램프의 광도를 상하로 직접 방사하고 전면은 눈부심 없이 부드러운 빛을 분산하는 형태이다. 그러나 실내장식의 유행이 바뀌고 다양한 기구 디자인이 나타나면서 완전 간접형의 상향 스탠드나 전반 확산형의 무드램프와 같은 형태의 변화를 가져왔다. 요즘에는 오래 쓴다는 개념보다 주변의 장식이나 유행에 따라 언제든지 교체할 수 있는 장식품 개념으로 되고 있다.		
다운라이트	전반 조명용 다운라이트	일반적인 다운라이트의 차광각은 45°로 만들어지며 천장의 높이에 따라 적절한 차광각의 것을 사용하여 광원에 의한 눈부심도 줄이고 광속을 효율적으로 이용한다.	
	월위서 다운라이트	바닥과 벽면의 밝기 대비가 심하지 않아 공간이 부드럽고 편안하게 느껴지며 공간이 확장되어 보이는 효과가 있다.	
	다운 스포트	360도 회전과 전후 45도 정도의 조절이 가능하므로 방향성 있는 조명에 유리하다. 피사면의 거리와 면적에 따라 광속과 빔각을 선정해야 한다.	
트랙라이트	대부분 천장매입형으로 기구 노출이 거의 없이 천장면이 잘 정돈되어 보이는 것이 장점으로, 필요한 공간 연출계획에 따라 알맞은 기능의 기구선택과 배광 예측이 필수이며, 특수기능의 조명기구는 제조사에서 제시된 배광 데이터에 의해 거리, 간격 등을 꼭 지켜야 효과를 얻을 수 있다.		
매입형 조명기구	천장이나 벽, 바닥에 기구의 전면을 제외하고 모두 매입하는 방식으로 설치된다. 일반적으로 대부분의 다운라이트는 매입조명 기구에 속한다. 건축공정에 따라 배관 및 위치 확보 등이 되어야 하므로 사전에 조명 디자인이 결정되어야 하며 시공시에 방수 및 누전에 대한 치밀한 점검시공이 요구된다.		

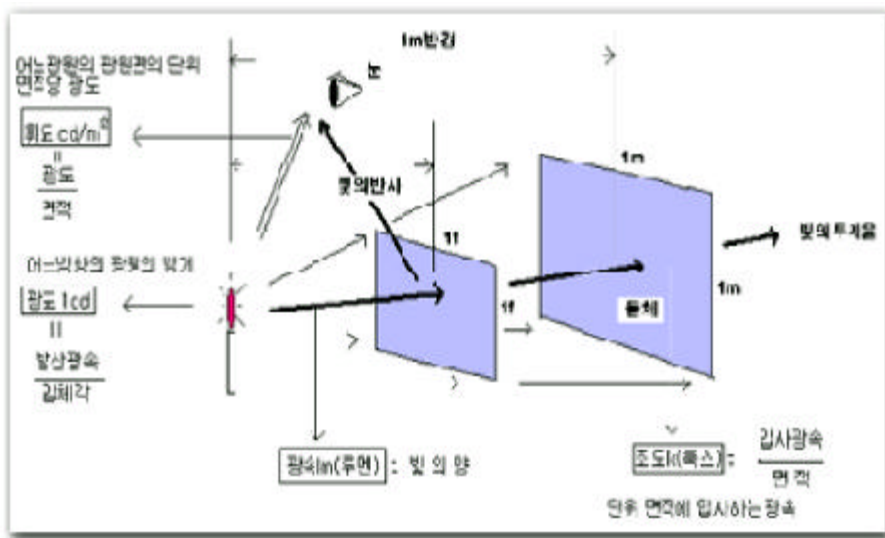
투광기	주로 옥외 조명기구로 실내에서는 체육관 등 넓은 장소에서 일부 사용된다. 일반적으로 옥외의 환경, 눈, 비, 강풍, 직사일광 또는 먼지, 가스, 수분에 내구성을 발휘하는 구조와 재질로 제작되어야 한다. 투광기는 빛을 멀리 보내거나 넓게 조사하기 위해 특수목적의 빔각을 필요로 할 때 사용되므로 고용량의 램프를 사용한다.	
등주 조명기구	공원의 가로등이나 도로의 조명이 등주 조명 기구에 속하며 정원에 사용하는 볼라드 (Bollard)도 폴등으로 분류된다. 외부에 설치되는 조명기구로 재료의 내구성이나 마감도료의 내구성이 확보되어야 한다.	
기타	수중 조명기구	수중조명기구는 기구의 전체 또는 일부가 물속에 잠겨 사용되는 기구로 기구의 설치방법과 사용방법의 규정을 잘 지켜서 설치하여야 효과를 거둘 수 있다. 수영장은 벽면 설치의 조명기구가 대부분이며 수면 위의 효과를 위해서는 15cm 정도의 수심에 잠겨지는 것이 효과적이지만 수심이 깊은 곳의 바닥면 조도 확보를 위해 사용될 때는 기구제작사에서 제시되는 수압규정에 의해 설치 위치를 결정해야 한다.
	방폭조명기구	내압 방폭등은 기구내부에 폭발성 가스가 침입해서 폭발을 일으켜도 주위에 인화되지 않게 공기나 불활성가스를 유입시킨 것으로 외부 충격에도 견딜 수 있는 구조로 기름저장고나 가스저장고에서 사용된다.
	공조겸용 조명기구	조명기구 몸체에 공조기능을 결합시킨 구조로 주로 매입형의 형광등용 조명기구이다. 장점으로는 실내 천장의 시설정리가 쉬워지고 기구의 내열 상해를 막을 수 있으며, 공조에 의해 천장쪽의 더운 공기를 외부로 배기할 수 있어 냉방 효율을 높일 수 있다.

2.3 조명과 조도의 관계

조도란 물체의 표면에 들어오는 빛의 양(물체에 비춰진 밝기)으로 눈에 들어오는 빛의 양은 아니다.(같은 조도라도 반사율이 다르면 보이는 모양새가 달라진다.)

2.4 조도계산식

조도 계산식은 간단히 구할 수 있지만, 실제현장에서 통용되는 계산은 여러가지 주위환경(예, 반사율 : 천정, 벽, 바닥에 반사되는 빛의 양)에 따라 달라지므로 주의하여 계산하여야 한다.



<그림 2-1> 빛의 정량화



<그림 2-2> 조도 계산식

콘크리트 옹벽의 설계 (Ⅱ)

건설기술연구소 토목기사 김호비

1. 서 론

토압이란 지반이라는 연속체의 내부, 또는 그 경계면에 작용하는 응력을 총칭한다. 토압의 분포와 크기는 벽체 변위와 밀접한 관계가 있으나, 옹벽의 설계에서는 편의상 토압분포는 삼각형으로 간주할 수 있다. 그러나 실제 토압은 크게 1)상단을 중심으로 회전하는 경우, 2)하단을 중심으로 회전하는 경우, 3)상하단이 일정한 변형을 가지는 경우와 같은 3가지의 벽체 변위형태에 따라 크기 및 분포가 달라진다.

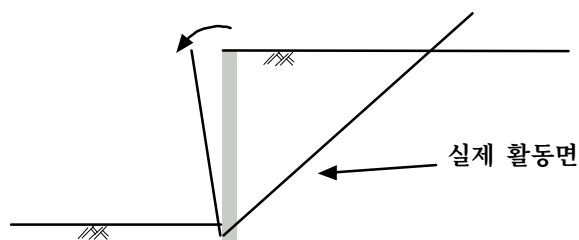
이와 같이 토압은 옹벽의 경우, 뒤택움 높이, 형식 등의 기하학적 형상이 동일하여도 지반물성치 및 현장의 하중조건, 시공조건 등의 여러 여건에 따라 큰 차이를 가질 수 있다.

이러한 관점에서, 본고에서는 지난 원고에 이어 특수한 경우의 토압산정방법, 옹벽의 안정검토방법, 옹벽의 배수대책과 그의 중요성에 대하여 서술하도록 한다.

2. 특수한 경우의 토압

2.1 실제 활동면의 형상

지난 원고에서 간단히 언급하였듯이 실제 소성평형상태에 도달하였을 때 뒤택움의 파괴면은 Coulomb 등이 가정한 직선과는 조금 다른 형태를 띠고 있다.



<그림 2-1> 주동상태일 때 뒤택움의 활동면

<그림 2-1>과 같이 벽체가 하단을 중심으로 회전하여 주동상태에 이르렀다면 활동면의 형상은 전단응력에 의해 활동면이 휘어진 벽체 하단부근과, 연직면과 수평면에 전단력이 없어 직선의 형상을 가진 지표면부근의 활동면으로 나눌 수 있다. 활동면을 곡선으로 만드는 전단력은 벽체와 뒤채움흙 사이에 발생하는 벽면마찰각에 의한 것인데 이는 Tschebotarioff가 밝힌 토압계수와 벽면마찰각의 관계를 도표화 한 것에서도 잘 알 수 있다.

2.2 뒤채움 공간이 제한되어 있는 경우의 토압

<그림 2-2>와 같이 원지반을 절토한 경우나 기존 옹벽 등의 경계면이 옹벽 배면에 있는 경우, 토압은 이러한 경계면의 영향을 받게 될 수 있다.



<그림 2-2> 뒤채움 공간이 제한되어 있는 경우

<그림 2-2>와 같은 경우, 토압은 뒤채움과 원지반, 혹은 이질경계면 사이의 마찰각 및 흩빼기 형상에 따라 결정되며 보통 통상의 토압보다 작으나 커지게 되는 경우가 있으므로 반드시 이를 고려하여 토압을 산정해야 한다.

2.3 기 타

옹벽의 기초지반이 연약지반으로 이루어져 있을 때 옹벽에 침하가 발생하면 토압에는 큰 변화가 발생한다. 이 때 벽면마찰에 의해 기울어진 토압은 수평방향 성분이 커지게 되며 이는 옹벽의 안정에 아주 나쁜 영향을 미치므로 옹벽의 기초지반 처리시 매우 주의해야 한다.

3. 옹벽의 안정검토

3.1 개 요

Peck은 철도기술자를 대상으로 옹벽, 교대의 실제 시공에서 경험한 여러 가지 문제점에 대한 설문조사를 실시하였다. 이 중 이미 파괴가 발생하였거나 또는 상당한 파괴의 위험성이 예상되는 벽체 최상단의 움직임은 15 ~ 30cm 정도이고 7.5cm 이하의 벽체 움직임에서는 특별한 문제가 없는 것으로 보고되었다. 또한 이와 같은 벽체 변위가 발생한 경우는 모두 뒤채움이나 기초지반이 점성토인 것으로 판명되었으며 이 중 50%는 말뚝기초 위에 벽체가 시공된 경우였다. 그러나 뒤채움이 순수한 사질토인 경우나 기초지반이 점성토를 포함하지 않은 경우에는 옹벽의 파괴 및 문제점이 전혀 발생하지 않았다고 보고하고 있다.

이와 같은 조사에서도 알 수 있듯이 옹벽의 파괴, 혹은 구조물로서의 공용성이 저하될 수 있는 가장 큰 원인은 지반과 밀접한 관계가 있다고 할 수 있겠다.

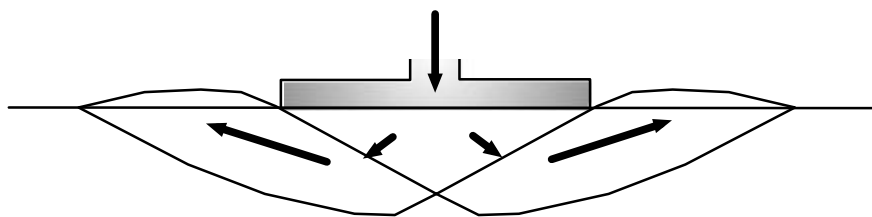
옹벽의 안정은 벽체, 저판과 같은 콘크리트의 단면설계와 구분하여 외적안정이라고도 하며 구조물의 공용기간 중에 옹벽에 작용하는 토압을 비롯한 여러 가지의 하중에 대해서 과대한 변위나 지반의 파괴 발생여부를 조사하는 것으로 다음과 같은 4가지로 구분된다.

- 1) 지반 지지력에 대한 안정
- 2) 활동에 대한 안정
- 3) 전도에 대한 안정
- 4) 옹벽을 포함하는 사면의 안정

1), 2), 3)에 대해 살펴보면 1)은 연직력에 관한 사항이고 2)는 수평력에, 3)은 모멘트에 관한 사항으로서 이들을 포괄하면 옹벽-지반 구조물에 관한 평형조건을 말함을 알 수 있다.

통상 옹벽의 안정은 1), 2), 3)을 가리키나 최근에는 옹벽을 포함하는 사면의 안정 또한 옹벽의 외적안정 범위에 포함시키고 있다.

3.2 지반지지력에 대한 안정



<그림 3-1> 기초지반의 전단파괴

지반지지력에 대한 안정은 얇은 기초와 관련된 사항으로서 옹벽의 외적안정 중 가장 먼저 검토해야 할 사항이라는 것으로 그 중요성을 역설할 수 있다. 구조물에 연직하중을 작용시키면 하중의 증가와 함께 구조물은 침하하며 바로 아래의 지반은 압축되어 흠뻑기를 형성한다. 이 흠뻑기는 주변의 지반을 측면으로 빠져나가게 하며 <그림 3-1>과 같은 활동면을 발생시킨다.

이상과 같은 지반의 전단파괴에 대한 안정을 검토하는 것이 지반지지력에 대한 안정이며, 옹벽 기초지반에 작용하는 최대압축응력(q_{max})이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다. 지반지지력에 대한 안정을 검토하기 위해서는 지반에 작용하는 압축응력과 지반의 최대응력을 산정해야 한다.

- 1) 기초지반에 작용하는 압축응력 산정방법 - 우선 하중에 의해 기초저판에 작용하는 하중의 작용점을 산정하여야 하며 작용점이 저판 중앙부 1/3안에 들어오는지의 유무에 따라 지반반력의 분포가 달라진다. 이 때의 지반반력 산정방법은 참고문헌의 여러 시방서를 참조하기 바란다.
- 2) 지반의 허용지지력 산정방법 - 지반의 허용지지력 산정방법에는 정역학적인 공식에 의하는 방법, 재하시험에 의하는 방법, 기존의 자료에 의하여 결정하는 방법 등이 있는데, 사질토지반은 주로 N 치에 의해서 허용지지력을 산정하며, 점토지반에서는 N 치와 점토의 강도와 관계가 모래에 비해 상관성이 낮고, 편차가 크기 때문에 점착력이나 일축, 삼축압축강도에 의해서 허용지지력을 산정하는것이 일반적이다.

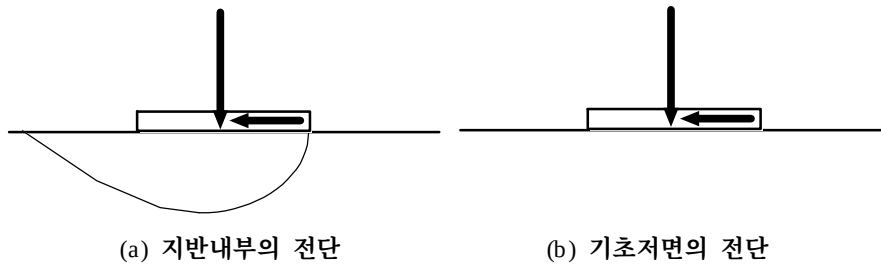
그러나 사질토지반의 경우, N 치에 의해 추정하는 값은 그 신뢰도가 매우 낮으며 지반의 지지력공식은 N 의 작은 변화에도 큰 값의 차이를 보이므로 N 의 추정에 사용되는 N 치를 30 정도로 제한하고 토질에 따라 $1 \sim 5t/m^2$ 의 점착력을 두는 것이 좋다. [표 3-1]은 지반의 종류에 따른 허용지지력의 범위를 보여주고 있다.

[표 3-1] 지반의 종류에 따른 허용지지력의 추정*1996 도로교 표준시방서

기초지반의 종류	q_a (t/m^2)	기초지반의 종류	q_a (t/m^2)
연 경 압	400 ~ 500	풍화토 (마사)	30 ~ 50
중 간 암 반	100 ~ 200	매우 굳고 수분이 없는 점토	50
암반상의 경반	100	잘다져진 점토섞인 모래	30
치밀한 자갈, 전석	100	비교적 굳은 점토	15
연암, 풍화암	80	다져지지 않은 토사	기초로 불가
다져지지 않은 자갈	30 ~ 50		

3.3 활동에 대한 안정

옹벽에 수직력과 수평력이 동시에 작용할 때 기초저판과 지반면 사이의 전단강도가 지반의 전단강도와 같거나 그 이상이라면 <그림 3-2> (a)와 같이 지반내부에 전단면이 형성된다. 그러나 경계면의 전단강도가 지반의 전단강도보다 작으면 <그림 3-2> (b)와 같이 경계면을 따라 전단면이 발생하며 이를 검토하는 것이 활동에 대한 안정이다.



<그림 3-2> 지반의 전단형태

활동에 대한 안정검토는 옹벽저면에 작용하는 활동저항력과 수평력의 비가 허용안전율(F_{sa}) 이상이어야 한다.

[표 3-2] 활동에 대한 허용안전율

콘크리트 표준시방서(1996, 대한토목학회)	$F_{sa}=1.5$
도로교 표준시방서(1996, 건설교통부)	$F_{sa}=1.5$ (정상시), 1.2(지진시)
옹벽표준도(1998, 건설교통부)	$F_{sa}=1.5$ (정상시), 1.2(지진시)
구조물기초설계기준(1998, 한국지반공학회)	$F_{sa}=1.5$ (옹벽전면 수동토압 미고려시) $F_{sa}=2.0$ (옹벽전면 수동토압 고려시)

활동저항력의 계산을 위해서는 기초저판과 저판이 놓인 지반과의 마찰계수를 알아야 하는데 각 시방서에서 밝힌 마찰계수는 보통 흙 내부마찰각의 50~60% 정도를 보고 있다.

저판과 흙사이의 마찰에 의한 저항만으로 활동에 대한 안정이 확보되지 못할 때에는 활동방지벽을 설치하거나, 말뚝을 박아 활동에 대한 저항력을 증대시켜야 하며 이러한 경우, 수평저항력 산정방법은 2가지가 있다.

- 1) 활동방지벽 전면의 전단저항력을 활동저항력으로 보는 방법

(1996. 건설교통부 도로교 표준시방서) (1998, 건설교통부 옹벽표준도)

2) 활동방지벽 전면의 수동토압을 활동저항력으로 보는 방법

(1996. 대한토목학회 콘크리트 표준시방서)

위의 2가지 산정방법은 안정검토방법에 다소의 차이가 있으나 현재, 어떠한 방법이 현실에 좀 더 부합되는지는 밝혀지지 않고 있다.

역T형 옹벽의 경우, 옹벽의 안정설계 시 가장 문제가 되는 것이 활동에 대한 안정이며 이에 대한 안전율을 증대시키기 위해 기초저판을 크게 하거나 활동방지벽을 설계에 반영하고 있다. 이 외 기초저판을 경사지게 하여 활동에 대한 안전율 증대를 높이는 방법^{Elman} 등이 제안되고 있으나 콘크리트량이 13~20% 정도 더 소요되고 시공성이 떨어지는 등의 문제점을 안고 있다.^{Horvath}

활동방지벽의 위치도 전면에서 후면까지 이동시키며 안정해석을 실시한 결과, 그다지 큰 차이가 없음이 밝혀졌다.^{Horvath}

3.4 전도에 대한 안정

옹벽은 배면에 작용하는 주동토압으로 인해 저판의 압굽을 중심으로 회전하려는 모멘트가 작용한다. 이러한 전도에 대한 저항모멘트는 회전모멘트의 2배 이상이어야 한다.^{콘크리트 표준시방서, 옹벽표준도, 구조물기초설계기준}

전도에 대한 안정성은 1)저판 압굽에서의 저항모멘트와 전도모멘트의 비로 표시되는 안전율에 의해 검토하는 방법과 2)저판 밑면에 작용하는 모든 하중의 합력의 작용위치에 의해 검토하는 방법이 있다.

2)와 같은 방법으로 전도에 대한 안정성을 검토할 때, 모든 하중의 합력이 옹벽저판길이의 중앙 1/3내에 있다면 전도에 대한 안정성 검토는 생략해도 좋으며, 기초지반이 암반일 경우에는 그 합력이 1/2이내에 있어도 무방하다.^{구조물기초설계기준}

콘크리트 표준시방서에서는 옹벽의 연직하중, 수평하중 합력의 작용점이 저판 중심에서 떨어져 형성되는 편심(e)이 지나치게 크면 지반의 부등침하로 인해 옹벽이 경사져서 전도가 일어나기 쉬우므로 이에 대한 옹벽의 안정을 위해서는 합력의 작용점이 저판의 중앙 1/3안에 위치하는 것이 바람직하다고 하였다. 그러나 콘크리트 표준시방서에서는 절대적으로 합력의 작용점이 반드시 중앙 1/3안에 들어와야 한다는 것은 아니라고 서술하면서, 그 이유를 어떤 경우에는 합력의 작용점을 중앙 1/3안에 위치시키는 것이 불가능할 수도 있으며 특히, 하중 재하조건이 여러 가지인 경우, 중앙 1/3밖에 합력의 작용점을 위치시키는 것이 경제적인 수도 있다고 하였다.

3.5 옹벽을 포함하는 사면의 안정

사면 전체에 대한 안정성이란 옹벽구조물 뿐만 아니라 옹벽저판아래 및 옹벽 배면의 지반이 포함된 사면 전체의 안정성을 의미하며, 특히 연약지반상에 옹벽이 축조되는 경우, 전체 안정성이 문제될 수 있으며 다음과 같은 현상이 발생할 수 있다.

- 옹벽 구조물의 하중으로 인한 압밀침하
- 장기간의 경과에 따른 크리프 침하
- 지반의 측방유동으로 인한 구조물의 수평이동

위에서 제시한 경우와 같이 옹벽을 포함하는 사면의 안정성에 문제가 제시되면 이를 보강하는 방법에는 활동방지벽의 깊이를 증가시키거나 저판의 근입깊이를 깊게 하는 방법, 저판을 말뚝기초로 보강하는 방법, 옹벽배면 뒤채움재를 경량재(EPS 등)로 사용하는 방법이 있고 더 자세한 내용은 사면안정에 관련된 사항이므로 관련서적을 참조하기 바란다.

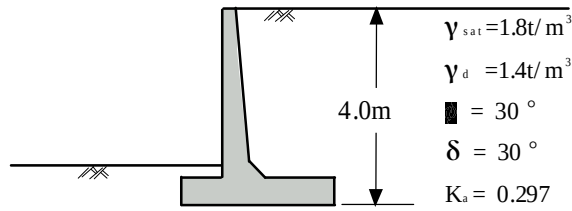
4. 옹벽의 배수대책

4.1 개 요

지난번 원고에서 밝힌 바와 같이 옹벽배면의 물은 배수시설에 의해 충분히 배수되는 것으로 가정하기 때문에 수압은 옹벽에 작용하는 하중으로 고려하지 않는다. 그러나 호우 발생시 옹벽의 배수가 충분히 이루어지지 않으면 지반의 함수비 증가에 의한 전단강도 감소와 함께 수압이 발생하여 큰 위험을 초래할 수 있다.

4.2 옹벽 배수대책의 중요성

배수 유무에 의해 옹벽 배면에 작용하는 하중에 대해 <그림 4-1>과 같은 예제를 통해 살펴보도록 한다.



<그림 4-1> 옹벽 조건 예제

여기서, γ_{sat} : 포화단위중량 γ_d : 건조단위중량

ϕ : 흙의 내부마찰각 δ : 벽면마찰각

K_a : 뒤채움흙의 주동토압계수이다

<그림 4-1>과 같은 예제에서 뒤채움 배수조건에 따라 옹벽 벽체에 작용하는 하중은 [표 4-1]과 같다.

[표 4-1] 뒤채움흙의 배수조건에 따라 옹벽 벽체에 작용하는 하중

뒤채움 흙의 배수조건	배수조건을 고려한 하중
① 뒤채움 흙이 완전히 건조한 경우	$P_A = \frac{1}{2} \gamma_d H^2 K_A = 3.1 \text{ t/m}$ $P_H (\text{수평방향}) = (3.1)(\cos 30^\circ) = 2.7 \text{ t/m}$
② 배수시설이 불량하여 뒤채움의 지하수가 배수되지 못하는 경우	$\overline{P_A} = \frac{1}{2} \gamma_{ub} H^2 K_A = 1.9 \text{ t/m}$ $P_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 = 8.0 \text{ t/m}$ $P_H (\text{수평방향}) = (1.9)(\cos 30^\circ) + 8.0 = 9.7 \text{ t/m}$
③ 경사배수공이 설치되어 물이 연직으로 흘러 집수된 후 옹벽외부로 빠지는 경우	$\overline{P_A} = \frac{1}{2} \gamma_{at} H^2 K_A = 4.3 \text{ t/m}$ $P_w = 0$ $P_H (\text{수평방향}) = (4.3)(\cos 30^\circ) = 3.7 \text{ t/m}$
④ 옹벽배면에 연직배수층이 있고 물이 여기에 집수되어 옹벽외부로 빠지는 경우	$P_A = 5.9 \text{ t/m}$ $P_H (\text{수평방향}) = (5.9)(\cos 30^\circ) = 5.1 \text{ t/m}$

[표 4-1]에서 배수시설이 불량하여 뒤채움의 지하수가 배수되지 못하면(②의 경우) 뒤채움에 경사배수공을 설치한 경우(③의 경우)보다 약 2.6배의 하중이, 뒤채움 벽면에 연직배수공을 설치한 경우(④의 경우)보다 약 1.9배의 하중이 옹벽에 작용한다. <그림 4-1>의 조건보다 옹벽이 더 높은 경우, 배수가 안 되 수압이

걸리면 이 보다 더 큰 차이의 하중이 옹벽에 작용한다.

이와 같이 옹벽의 배수는 옹벽시공의 관건이라고 할 수 있다.

4.3 뒤편의 종류별 배수대책

뒤편의 종류별 배수대책은 [표 4-1]과 같이 크게 3가지로 나뉜다.

[표 4-1] 뒤편의 종류별 배수대책

뒤편의 종류	설치 방법
· 조립토인 경우	· 직경 6 ~ 10cm의 PVC관등으로 형성된 물구멍(Weep Hole)을 용이하게 배수할 수 있는 높이에서 배수공의 면적을 합하여 2 ~ 4m²에 한 개씩 설치하거나, 다공파이프를 옹벽의 길이방향으로 매설하여 배수를 유도함. · 옹벽 배면의 물구멍 주변에는 필터 역할을 할 수 있는 자갈 또는 쇠석을 채워서 토사가 물구멍을 막는 일이 없도록 함. · 부벽식 옹벽에서는 부벽 사이의 한 구간마다 1개 이상의 물구멍을 설치함.
· 세립토를 함유한 경우	· 배수시설과 더불어 옹벽의 뒷면에 필터재를 설치하여 배수층을 형성함. · 배수층으로는 통상 벽 안쪽 전면에 걸쳐 두께 30cm정도의 자갈 또는 쇠석층을 두되, 배면에 대한 필터층으로서의 조건이 만족되도록 입도배합을 함. ※이와 같은 연속적인 배수층을 설치하면 이층에 도달된 물은 가장 가까운 배수공으로 배출되지 않고 아래로 흘러서 최하단의 배수공으로 집중되므로 배수층 하단에 배수관을 설치하고 안전한 위치로 배수되도록 하며, 유하된 물이 기초 슬래브 바닥에 정체되어 흙을 연화시키지 않도록 그 주변을 불투수층으로 차단하는 것이 좋음.
· 세립토인 경우	· 필터역할을 할 수 있는 자갈 또는 쇠석의 배수층을 30cm 두께로 옹벽뒤의 전면을 따라 설치하거나 경사지게 설치하며, 이 때 뒤편의 흙에 대한 필터층으로서의 조건이 만족될 수 있도록 필터재 조성시 입도분포에 유의하며, 침투된 물은 배수층을 타고 아래로 흘러 내려서 하단 배수공으로 집수되도록 함. · 배수관은 집수된 물을 원활히 배수할 수 있는 크기의 것을 선정하고, 또한 집수된 물이 저판 아래에 정체되어 주변의 지반을 연화시키지 않도록 그 주변을 불투수재로 차단하는 것이 좋음. · 뒤편의 흙이 팽창성 점토질인 경우(원칙적으로 이러한 흙은 뒤편재로 좋지 않으나 만약 부득이 사용할 경우)에는 침투수는 흙의 팽창을 유발할 수 있으므로 2중의 브랭킷(blanket drain)을 설치함

5. 결 론

실제 옹벽의 설계방법은 실무자들 사이에서는 비교적 간단한 업무로 분류되고 있으며 옹벽표준도와 같은 정해진 양식에 의해 옹벽높이만을 바꿔가며 설계를 실시하는 것이 일반적인 통례이다. 그러나 세심한 주의와 현장에 대한 사전조사 없이 설계된 옹벽은 종종 크나큰 사고를 초래할 수 있으며 이를 인지하고 있어야 하겠다.

지금까지 2편의 원고는 콘크리트 옹벽의 설계에 관한 전반적인 사항을 열거하려 하였으나 그 내용이 방대하고 일반적인 전공서적의 내용을 중복하는 듯하여 여러 전문서적 및 논문을 참조로 체크해야 할 사항이라고 생각되는 사항만 간단히 소개하였다. 옹벽에 작용하는 토압을 산정할 수 있는 도표나 옹벽의 안정, 배수 방법에 관련된 그림 등의 삽입이 미진한 점이 가장 아쉬운 점으로 남는다.

이외 사항은 각종 시방서 및 자료를 참조하시기 바라며 2편의 원고가 실무자 분들에게 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

<참고문헌>

- 1 12. 1편과 동일
13. 건설교통부(1996), 「도로교 표준시방서」, pp
14. 김홍택, 백영식(1992), 「옹벽의 설계 및 발생토압에 관한 고찰」, 한국지반공학회지, 제8권, 제4호, pp. 99 117
15. 목영진(1996) 「기초공학」, 비출판 간행물
16. 백영식(1997) 「고등토질역학」, 비출판 간행물
17. Bowles, J. E(1996), "Foundation Analysis and Design 5th Edition", McGraw Hill, pp. 589 722
18. Horvath John S(1991), "Effect of Footing Shape on Behavior of Cantilever Retaining Wall", ASCE, Journal of Geotechnical Engineering pp.973 978

폐수처리장 운전 및 관리에 관하여

건설기술연구소 토목대리 김선희

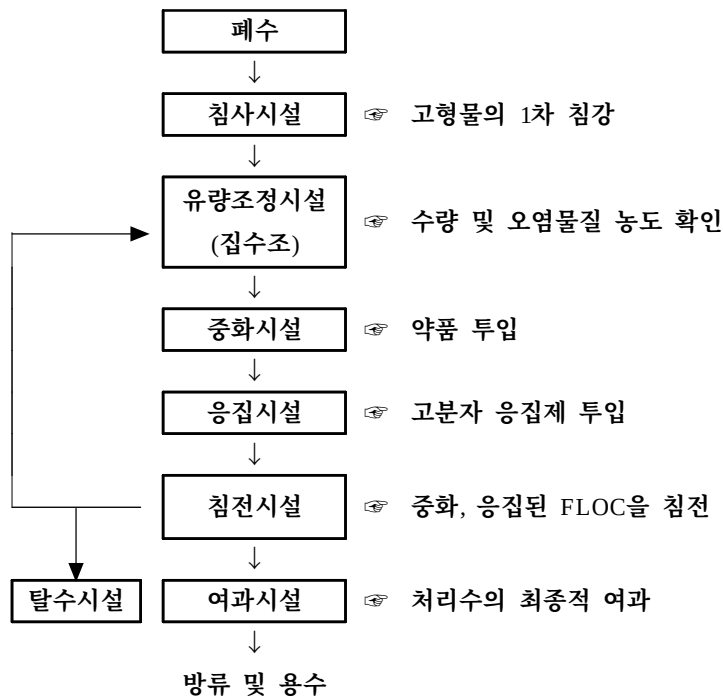
1. 서 론

건설현장에서 폐수가 발생하는 경우는 세륜, 세차시설, 터널굴착공정, Batch Plant 등에서이다. 콘크리트 사용이 일반적이므로 폐수는 강알칼리 성분이 되며, 건설장비 사용에서 소량의 유분이 유입되어 폐수처리시설을 필요로 하게 된다.

폐수처리장은 주로 소규모이기 때문에 전문지식이 있는 기술자가 관리하는 것은 드물기 때문에 본 장에서는 폐수처리의 기본 원리와 운전 및 관리 사항을 정리하여 소개하고자 한다.

2. 처리 방법

2.1 계통도



2.2 폐수성상

공 정		오염물질 농도			
		COD (mg/l)	SS (mg/l)	pH	n-H(유분) (mg/l)
터널 굴착		180	350	11	-
레미콘 제조		300	500	12	-
배출허용기준	청정지역	50	40	5.8 - 8.6	1
	■가■지역	90	80	5.8 - 8.6	5

* 1일 폐수배출량 2,000m³ 미만인 경우

2.3 응집이론

2.3.1 응집제의 개요

응집제는 무기염계와 합성고분자로 크게 두 종류로 분류하게 되어, 이들을 각각 응결제(Coagulant)와 응집제(Flocculant)로 분류하여 호칭한다. 즉, 응결제는 입자를 응결하는데 사용되는 알루미늄계(Alum, PAC, PAS, PASS)와 철염계(FeSO₄, FeCl₃)를 말하며, 응집제는 이들 응결제를 적용하여 Coagulation된 입자를 재차 거대 플록(Floc)으로 변화시키는 고분자 응집제를 칭하는 것이다.

1) 무기응결제(Inorganic Coagulant)

2,000년전 중국에서 명반을 사용한 이래 명반의 유효성분만을 분리 이용한 황산알루미늄 등의 무기응결제 사용이 오늘날에는 용·폐수처리 분야와 각종 제조 Process에서 널리 사용되고 있다. 무기응결제는 통상 Aluminum Hydroxide[Al(OH)₃] 형태의 원광석으로 수입하여 이를 황산이나 염산에 용해시켜 제품화하여, 이를 각각 Al₂SO₄ · x H₂O(황산알루미늄), AlCl₃(염화알루미늄)으로 칭하는 알루미늄계 무기응결제와 고철 등 철산화물을 파쇄하여 염산이나 황산에 용해시킨 FeCl₃(염화철), FeSO₄(황산철) 등이 상품화되고 있다. 또한 이들 알루미늄염을 기초로 가온가압 반응을 시킨 PAC(Poly aluminum Chloride) PAS(Poly Aluminum Sulfate) 등이나 SiO₂ 이온을 미량 첨가시킨 PASS(Poly Aluminum Sulfite-Silicate)등이 있으며, 이들은 모두 Aluminum계 응결제의 작용기구인 Aluminum ion에 의한 하전 중화(Zeta-Potential의 감소)에 의존한다는 점에서 작용기구가 동일하다. 무기응결제중 공정용의 응결제로 사용되는 것은 대부분 알루미늄계 응결제(황산알루미늄)이다.

- 가) 알루미늄 : 알루미늄은 물에서 약간의 산을 방출하면서 수산화알루미늄의 침전물을 형성한다. 방출되는 산은 중탄산염과 반응하여 이산화탄소와 물이 생성된다.
- 나) 알루미늄 폴리머 : 알루미늄폴리머는 콜로이드를 중화시키고 가교시켜 응집이 더욱 효과적으로 발생할 수 있게 한다. 응집반응이 진행될수록 플록의 결정구조에 접근하고 밀도화 된다. 일반적으로 유통화되고 있는 상품들은 대부분 일정한 분자비에 접근하지만 불안정하다.
- 다) 철염 : 철염의 반응원리는 알루미늄과 비슷하지만 철이온처리수의 색도를 유발할 수 있다.
- 라) 응집보조제 : 소석회나 생석회, 고분자응집제 등이 있는데 주로 고분자응집제가 사용된다. 석회의 경우 pH를 조정하여 금속 수산화물의 용해도가 최소로 되도록 하여야 하며 알루미늄이나 철염을 응집제로 사용하는 경우에는 산성이기 때문에 상대적으로 pH가 떨어지는 것을 방지하기 위하여 석회를 가할 필요가 있다. 사용되는 대부분의 화학약품은 부식성이 있으며 여러 가지 형태로 존재하므로 약품의 주입, 저장, 배관 등의 설계에 주의하여야 한다.

2) 고분자 응집제(Flocculant)

1951년 미국 Monsanto Chemical Co.에서 합성고분자 응집제를 개발한 이래, 현대에는 고액분리가 필요한 각종 프로세스에는 거의 모두 합성고분자가 응용되고 있다. 용·폐수 분야에서는 현탁물질을 제거하는 용도(무기응결제에 의하여 형성된 비교적 미세한 플록을 보다 거대 플록으로 변화시키는 용도)로 사용되고 있으며, 제조공정에서도 시간적 단축을 위해 사용되고 있다.

2.3.2 응집의 기초적 원리

1) 응집처리의 필요성

용·폐수 처리에 있어서는 여러 가지 현탁물질과 청등수를 분리하는 고액분리의 효율이 통상 전체 처리효율을 좌우하게 된다. 현탁물질은 입자가 크고 밀도가 클수록 쉽게 분리할 수 있으며 입자가 작을수록 분리는 어렵게 된다. 이러한 부유물질이 침강하는 속도는 입자의 크기가 클수록 빨라지며, 침강속도는 Stokes의 식에 의해 계산되어질 수 있다.

$$\text{플록 입경과 침강속도} : V = \frac{g D^2 (P_p - P)}{18 \mu}$$

V : 침강속도 D : 입자의 직경
 g : 중력가속도 μ : 물의 점도
 $P_p - P$: 입자와 물의 밀도차

따라서 입자가 클수록 분리속도는 급격히 증가함을 알 수 있다. 용·폐수 처리에 있어 응집처리는 필수 불가결한 과정으로 채택되어 있으므로 처리효율 상승을 위해서는 무엇보다도 입자의 조대화가 선행되어야 한다.

2) 응결과 응집(Coagulant and flocculation)

현탁입자는 일반적으로 내부핵(양전하)을 중심으로 표면이 음전하(-)로 하전되어 있으므로 입자간에는 서로 표면 음전하에 의한 상호반발을 하게 되며, 침전이 아닌 부유 상태가 되거나 대단히 낮은 침전속도를 나타내게 된다. 잉크와 같이 미세한 입자는 반발력이 중력보다 크기 때문에 영원히 가라앉지 않고 Brown 운동을 하는 대표적 예이며, 이와 같이 미세한 입자를 콜로이드 입자라고 한다. 진흙탕물과 같은 경우 큰 입자는 쉽게 가라앉지만 작은 입자는 상대적으로 장시간 이후에야 침전되는데 이 역시, 중력과 반발력과의 힘의 균형이나 힘의 크기가 얼마나 차이가 있는가의 문제로 바꾸어 생각할 수 있다. 즉, 미세한 입자간의 반발력을 최소화할 경우 중력의 지배가 커지게 되며, 입자의 크기를 증가시켜 중력의 크기가 증가하면 되면 침강속도 역시 급격히 증가하게 됨을 추론할 수 있다. 따라서 현탁입자를 응집시키기 위해서는 입자의 표면하전을 중화시키는 것이 불가피하다. 부유물질 및 콜로이드 입자의 표면전하가 음전하이므로 하전 중화를 시키기 위해서는 통상 양전하(+)를 띠는 물질 즉, 알루미늄(Al^{3+}) 등의 물질을 사용하게 된다. 양전하의 물질을 첨가하면 하전중화로(통상 $\pm 0.5mV$ 이내) 인하여 반발력은 없어지고 Coulomb인력, Vander waals인력에 의하여 소규모의 플록(Primary flocculation)이 형성되게 되는데, 이 작용을 응결작용(Coagulation)이라 하며, 이때 첨가된 약품을 무기·유기 응결제라고 한다. 한편 응결작용에 의해 형성된 미세한 flocculation은 입자크기 및 침강속도가 상당히 증가하게 되나 공업적으로 이용되기에는 여전히 입자경이 상대적으로 작은 상태이므로, 가교에 의한 보다 조대화된 플록의 형성이 필요하다. 이 작용을 응집작용(flocculation)이라고 하며, 이때 첨가되는 약제가 고분자 응집제(주로 Anion성, Nonion성)이다.

3) 고분자응집제의 이온성과 결합메카니즘

고분자응집제는 Monomer라고 칭하는 기본조성의 화합물을 중합이나 축합 등을 통하여 고분자화한 것을 말하며, 수용액중에서의 이온성에 따라 Nonion

(전하를 갖지 않는 경우), Anion(음전하를 갖는 경우), Cation(양전하를 갖고 있는 경우)으로 분류된다. 고분자응집제의 응집이 이루어지는 결합 메카니즘은 응집제 말단기와 수중 현탁물질간의 전기적 인력이 우선적으로 작용하게 된다. 전기적 인력에 의하여 현탁입자가 불안정한 형태로라도 일단 고분자응집제의 chain에 결합이 되면 교반과 같은 유동에 의하여 계속적인 고분자 chain과 접촉이 가능하여 결국 입자주위에 많은 실가닥이 뭉친것과 같은 안정한 플록이 형성되는 것이다. 이러한 현탁입자의 포집은 단위 고분자 chain에 대하여 많은 입자가 동시에 결합되고 또한 단위 고분자 chain끼리도 엉킨 형태로 결합되기 때문에 거대 플록을 형성하게 된다. 고분자응집제의 흡착·가교력은 수소결합, Vander Waals인력 등이 주체가 되며 그중 수소결합력(약 6kcal/mol)이 가장 중요한 것으로 알려지고 있다. 가교는 고분자가 수중에서 Loose loop를 형성함으로써 나타나며, 응집제에는 많은 흡착점이 있어 수중에서 고분자가 널리 퍼져 Linear chain을 길게 형성하는 것이 전체 응집효율을 좌우하게 된다.

4) 비이온성(Nonion), 음이온성(Anion)고분자 응집제의 특성

응집을 위하여 사용되는 고분자응집제는 특수한 경우를 제외하고는 모두 비이온성 또는 음이온성 고분자응집제로서 각각의 특징과 용도는 [표 2-1]과 같다. Poly Acryl Amide계의 고분자응집제는 통상 선형분자량이 클수록 응집효과가 좋은 것으로 나타나는 것이 일반적이나, 폐수의 성상에 따라 전술한 바와 같이 고분자응집제 자체의 이온강도, 특성기 등이 다른 것이 요구될 수 있으므로 분자량의 크기와 응집효과가 비례한다고 간단히 단언하기는 어렵다.

5) 고분자응집제의 사용방법과 유의점

Poly Acryl Amide계 고분자응집제는 분말상(혹은 입상)이나 액체상의 것들이 있다. 이러한 응집제들은 성상에 따라 성분 농도가 다르며, 일반적으로 분말상의 경우는 90% 이상, 액체상은 2-10%정도이다. 액체상의 고분자 응집제는 성분농도가 낮아 수송 Cost가 높고 저장 안정성이 낮은 반면 고체분말상의 것은 함량이 높고 저장 안정성이 높다.

최근에는 액체상의 고분자응집제의 사용량이 많은 점 등 단점이 되는 것들을 보완하여 성분농도를 20~50%로 상승시킨 유화상(Emulsion Type)의 고분자 응집제들이 보급되고 있으며 사용상의 편리성, 자동화가 가능하여 사용량이 늘고 있다. 분말상의 Poly Acrylamide계 고분자응집제를 사용하는 경우는 자동주입기 혹은 간이 분산기로 일정량 보급하며 이것을 일정량의 물에

분산시켜서 용해교반을 한 후 폐수에 주입하는 방법이 채용된다. 또한 분말상의 고분자응집제를 용해하여 사용할 때 일반적인 유의사항은 다음과 같다.

[표 2-1] 고분자응집제의 종류

항목	강 Anion Polymer	중 Anion Polymer	약 Anion Polymer	Nonion Polymer	Anion성 (Sulfon기) Polymer
수용액 점도	고점도	고점도	중점도	저점도	중점도
적정 용해 농도 (%)	0.05 0.10	0.05 0.10	0.05 0.15	0.10 0.30	0.05 0.15
적정 pH 범위	6 12	7 12	6 9	4 7	4 8
유효 pH 범위	4 14	6 14	5 10	1.5 8.0	1.5 10
Floc 강도	-	-	-	크다.(특히 저pH에서 유효)	크다.
Floc 형성속도	-	빠르다	빠르다	-	-
처리수의 청 등 성	-	양호	양호	-	양호
적용대상 폐수	*제조Process용(Soda공업,紙,필프,알루미늄) 등의 특정폐수(고염류 폐수)	*오수, 탁수 폐수의 처리(건설,토목,석탄 등) *금속산화물,수산화물계의 폐수처리(알루미늄 표면처리, 아연 Process) *불산폐수처리 등 기타 고 pH폐수처리	*중성영역의 폐수 처리 전반	*정수처리 *착색폐수의 처리(Pulp,섬유,염색폐수의 3차 처리) *기타 낮은 영역의 pH 폐수처리 전반	*착색폐수의 처리 *중성영역 또는 약산성영역의 폐수처리 전반 *유기성 폐수(위생폐수,식품가공폐수 등)
대표적인 종류	KURIFLOCK PA-312 PA-500 STOPOL의 PA-500 AE-1202	PA-331 PA-322 PA-370 PA-700 PA-372 AE-1201	PA-333 PA-371 PA-375	PN-161 PN-133 PN-171	PA-328 PA-362 PA-363 PA-365

가) 분산 용해시의 유의점

분말상의 고분자응집제를 용해하는 경우 단순히 수중에 투입하면 Hydro-Gel상태(Fish-Eye)를 만들어 장시간 교반하여도 용해하지 않을 뿐만 아니라 주입펌프의 폐쇄 장애를 일으키기도 한다. 따라서 일반적으로 분말과 용해수를 박막상태에 접촉 분산하기 위하여 분산기를 사용하고 있다. 자동 보급기는 통상 분산기가 장치되어 있으나 손으로 작업하는 경우에는 간이 분산기를 사용한다.

나) 용해교반시의 유의점

Poly Acryl Amide계 고분자응집제는 품종이나 입도에 따라 다른데 보통 30 90분간의 용해교반이 필요하다. 또한 장시간 강하게 교반하거나 용액을 펌프 순환한다든지 하면 때로는 처리효율의 저하를 일으키기도 한다.

(표준은 350rpm, 90분 교반 정도이다)

다) 용해수의 수질에 대하여

수용성 고분자응집제는 일반적으로 용해수 수질의 영향을 받아 분자의 팽창이 억제되거나 이온기의 해리가 억제되어 활성이 저하되기도 한다. 고분자응집제에 악영향을 미치는 물질은 주로 칼슘이나 철염 등의 금속류 및 산화제 등이며, 고분자응집제가 수중에서 효과의 저하없이 작용을 하기 위해서는 순수나 연수를 사용한다. 공업용수나 처리수 등을 용해수로 사용하는 경우에는 사전에 수질분석이나 용액 물성 측정 및 효과 등을 확인해주는 것이 필요하다.

라) 첨가순서와 응집교반

첨가순서는 무기응집제 첨가와 pH 조정을 한 후 고분자응집제를 첨가하는 것을 기본으로 한다. 또한 응집교반은 고분자응집제의 확산을 위해 단시간 강교반이 필요하며, 그후 완만한 약교반을 하면 Floc성장을 조대화한다. 이 강교반과 약교반을 역으로 하면 Floc이 성장되지 않고 오히려 파괴된다. 이러한 응집을 위하여 첨가되는 약제의 첨가순서나 적정투입량의 결정, pH의 조정범위, 처리수질과 응집상태, 발생하는 슬러지의 용적의 예측 등 응집시험에 의하여 최적의 처리방법을 결정할 수 있다. 이러한 응집시험 방법으로는 Jar-Test, 가압부상 시험 등이 있다.

3. 운전 방법

3.1 침사조

- 1) 폐수관거에 의해 폐수를 침사조로 이송한다.
- 2) 폐수처리시설(펌프 및 관내 Scale)의 보호를 위해 모래나 비중이 큰 물질을 침강시키는 역할을 한다.
- 3) 조내에 모래 등의 퇴적물의 과도한 퇴적은 침전효율을 저하시키므로 보통 3개월에 한번씩 퇴적물을 제거해야 한다.(폐수 성상에 따라 퇴적물의 양이 차이가 나므로 육안으로 수시로 확인하여 조내 퇴적물의 제거시기를 조장한다.)

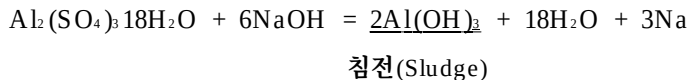
3.2 집수조

- 1) 침사조에 유입된 폐수는 모래 및 헝잡물이 제거된 후 집수조로 유입된다.
- 2) 폐수처리장의 가동시간 동안 일정량의 폐수를 후속처리공정으로 이송한다.
- 3) 오니 등이 퇴적하지 않도록 정기적으로 청소한다.

3.3 중화조 및 반응조

- 1) 집수조에서 펌프를 이용하여 폐수를 유입시킨다.
- 2) 교반기(120rpm)를 가동하며 황산을 pH 6.8-8.5 정도가 될 때까지 투입한다.
(레미콘 제조시설 및 터널공사 시 발생하는 폐수의 pH는 11-12 정도)
- 3) 황산알루미늄, 가성소다, 고분자응집제를 투입하여 폐수를 응집시킨다.
- 4) 황산알루미늄은 중화 및 응집 작용을 동시에 하므로 황산 사용의 위험성이 나 운전의 곤란이 있을 경우 황산알루미늄을 단독으로 사용할 수 있다.
- 5) 황산알루미늄, 가성소다, 고분자응집제에 의한 미세 플록 생성을 육안으로 관찰할 수 있다.
- 6) 황산배합시(황산알루미늄+황산용액) 천천히 배합하며 인체에 접촉되지 않도록 주의한다.
- 7) 약품 Pump는 항시 점검한다.
- 8) pH센서는 수시로 완충용액으로 보정하고, 고장시 즉시 교체하며 6월에 1회 정도 교체한다. 폐수처리장 운영전에 pH센서를 꺼내어 염산통에 1분 정도 담가서 pH센서를 세척하여 사용한다.

3.4 응집조



- 1) 중화 및 반응조에서 중화처리된 폐수내 미세플록 및 부유물질들은 응집조에서 입자끼리의 충돌 및 고분자 응집제(폴리머)의 가교작용에 의해 응집을 일으킨다.
- 2) 응집조는 크고 무거운 Floc을 성장시켜 주는 조이므로 교반기의 회전속도를 지속(0-90rpm)으로 유지해서 생성된 floc이 깨지지 않도록 해야 한다.
- 3) 응집제는 약품정량주입 펌프에 의해 일정량씩 주입한다.
- 4) 응집제가 과잉으로 한꺼번에 투입되거나 전혀 투입되지 않는 사례가 발생되지 않도록 세심한 주의를 한다.

5) 고분자응집제의 사용

- 가) 고분자 응집교반기를 돌린다.
- 나) 수돗물을 툰다.
- 다) 응집제를 500cc로 두 번 넣는데 물위에 살살 뿌려 가면서 녹이면서 넣는다.
- 라) 약품을 용해시에는 고분자응집제 펌프를 가동하지 않는다.(고분자 응집제 Pump 가동시 용해되지 않은 약품으로 인해 Pump가 막힐 수 있다.)
- 마) 고분자 응집제 교반기를 가동후 퇴근하여야 아침에 되서야 완전히 용해될 수 있다.

3.5 침전조

- 1) 응집조에서 응집 처리된 폐수는 침전조에서 폐수내 플록을 침전시켜 처리수는 웨어를 월류하여 여과 시설로 이송되고 침전된 슬러지는 하부 호퍼를 통해 슬러지 pit로 이송된다.
- 2) 충분한 침전시간(2-4hr)을 부여한다.
- 3) 침전 슬러지의 높이가 유효수심의 10% 정도일 때 슬러지를 인발한다.
- 4) 수면에 부상하는 스크럼은 즉시 제거해야 한다.
- 5) 연속처리시 침전조 하부의 슬러지를 자주 제거해 주지 않으면 침전조 체류시간이 짧아지게 되고, 표면적 부하가 커져 유속이 커지므로 침전오니가 부상하게 된다.
- 6) 동절기에 침전조 청소시 침전조 바닥면이 동결하여 Scraper의 기능이 상실되고, 슬러지가 잘 침전되지 않는 경우가 있으니 보온에 주의하여야 한다.
- 7) 침강된 슬러지는 수시로 하단밸브를 통해 건조시설로 이송시킨 후 케익화된 슬러지는 별도로 수거하여 폐기물 위탁 처리한다.
- 8) 최종처리수가 기준치를 초과시 물을 다시 집수조로 되돌려 보낸후 재차 처리한다.
- 9) 침전조에서 거품이 많이 발생할 시에는 집수조에 분말활성탄을 넣은 후 폭기한다.

3.6 슬러지 건조상

- 1) 침전조에서 발생된 Sludge는 침전조 하단의 슬러지 인발관을 통하여 슬러지 pit로 이송된다.
- 2) Pit에 자갈과 모래 등 여재를 넣어 슬러지와 여액을 분리한다.

- 3) 일반적으로 슬러지는 함수율이 99%에 달하므로, 자연 건조상에서 함수율을 낮추어 슬러지의 부피를 감소시킨다.
- 4) 여재에 의해 분리된 여액은 Pit 하단의 Drain Line을 통하여 집수조로 재이송된다.

4. 주의 사항

4.1 안전대책

4.1.1 조 내에 들어갈 시

- 1) 작업을 행할 조에 관련되는 어떤 회전기기의 동력전원 및 접속되어 있는 액체배관의 밸브가 닫혀 있는 것을 확인하여 「작업중」의 표찰을 걸어두고 행해야 한다.
- 2) 조 내의 환기를 충분히 행하고 산소농도 및 H₂S 농도를 연속 측정하여 안전을 확인하면서 작업을 행하여야 한다.
- 3) 작업중의 환기를 계속하여야 한다.
- 4) 작업중은 반드시 2인 이상 조 외에 남아서 내부 작업의 상황을 감시하고 이상이 있을 경우는 즉시 연락 및 처치가 가능한 체제로 해야 한다.

4.1.2 기기 점검시

- 1) 현장 조작반의 안전 스위치를 차단하고 표찰을 걸어두어야 한다.
- 2) 분해점검에 관련되는 주의사항을 각 기기의 취급설명서를 참조하여야 한다.

4.2 각 기기의 운전상의 주의

4.2.1 팬류, 브로와류

- 1) 운전중에 회전부에 손이나 물건 등을 가까이 두지 말아야 한다.
- 2) 운전중에 밸브를 닫고 공운전을 행하지 말아야 한다.
- 3) 정기적으로 Oil의 보급, 교환을 행하여야 한다.
- 4) 운전되는 펌프, 팬은 예비를 두어야 한다.

4.2.2 교반기류

- 1) 부속 탱크에 정량의 액이 들어오고 있는 것을 확인하여 운전하여야 한다.
- 2) 부속 탱크에 이물질 등이 떨어지는 것을 넣지 않아야 한다.

- 3) 운전중에 회전부에 손이나 물건 등을 가까이 두지 말아야 한다.
- 4) 정기적으로 Oil의 보급, 교환을 행하여야 한다.

4.3 약품의 유해성

4.3.1 가성소다(NaOH) ; 폭발성 및 인화성

1) 인체에 대한 유해성

- 가) 알칼리는 단백질을 분해하는 작용이 있고, 피부에 묻은 알칼리를 완전히 제거하지 않으면 점점 피부 조직의 깊은 곳에 미치게 된다.
- 나) 특히 눈에 들어가면 피부 조직은 급속히 침투하고 중상을 입으면 시력의 저하 또는 실명을 일으킨다.
- 다) 고형 또는 고농도의 용액이 피부에 닿으면 급속히 국소를 자극하고 중상의 경우는 흉터가 피부에 남아 있게 된다.
- 라) 저농도의 용액에 있어서도 피부 표면으로부터 수분이 증발하는 것에 의해 농후한 용액이 부착되면 국소를 자극하고 화상도 위와 같은 작용에 의해 일어나며 그 부분은 통증, 부음, 붉어지고 발열한다.
- 마) 희박한 용액에도 계속적으로 접촉하면 피부표면의 조직에서 서서히 침투해서 자극성의 피부염 또는 만성습진을 나타낸다.
- 바) 이물질의 분진이나 먼지를 흡입하면 빈번히 기도에 상해를 받는다. 그 정도는 비점막의 가벼운 자극에서 중상의 폐렴에 이르기까지 여러 가지가 있다.
- 사) 실수로 액을 먹으면 기관지, 폐, 위 등의 점막 또는 심부조직에 손상을 입게 된다.
- 아) 공기 중에 있어서 가성소다, 가성칼리의 허용농도는 ACGIH에서 1일 8시간 노동의 가중평균 농도로서 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 을 권고하고 있고 이 농도는 절대 넘지 않아야 하는 상한치로서 규정하고 있다.

2) 사용 또는 제조상의 주의

- 가) 작업원은 면 또는 합성섬유의 작업복, 보호안경, 고무장화, 작업모자, 고무염화비닐 등의 긴 장갑 및 앞치마를 착용한다. 또는 먼지나 분진이 휘날리는 장소에는 방진 마스크를 착용한다.
- 나) 취급장소에서 누설되고 넘쳐 흘린 경우에는 반드시 대량의 방수로 세정을 한다.
- 다) 누설이 대량으로 발생된 경우에는 즉시 샤벨로 용기에 회수한 후 남아 있는 흔적은 물로 씻어낸다. 방류전에 산으로 중화하고 마찬가지로 대량의

물로 씻어낸다.

- 라) 액체의 경우 드럼을 저온의 장소에 두면 결정이 되며 따뜻한 장소에 2-3 시간 두면 녹는다. 마개를 열 때에는 드럼을 바르게 세워 주의깊게 마개를 풀고 드럼 내외의 압력을 같게 한다. 마개를 떼어내고 액발파이프를 넣은 다음 공기를 제거한 드럼을 마개가 위로 향하게 한다. 이 마개를 풀어 공기를 넣고 밸브를 조절한다. 공기가 압축된 상태에서는 위험이 있기 때문에 행하면 안된다.

3) 누출과 대책방법

- 가) 누설이 생길 때 고체의 경우는 용기에 회수하고 액체의 경우는 구역내의 도랑, pit 등에 일단 모은 후 폐기처리한다.
- 나) 누설이 소량인 경우에는 수세한 후 탄산수소나트륨을 분산하여 흔적을 제거한다. 역시 수세한 배수는 방류전에 중화할 필요가 있다.
- 다) 누설을 검지하는 것은 페놀프탈레인 지시약을 수 방울 떨어뜨린다. 가성소다 및 가성칼리가 있으면 적색으로 변한다.

4) 빈 용기 및 폐기물의 처리

- 가) 가성소다나 가성칼리가 들어 있는 빈 용기나 그것들이 묻어 있는 용기는 충분히 수세한 후 폐기한다.
- 나) 폐액은 물을 가하여 희석하고 산으로 중화시킨 후 다량의 물로 희석하여 방류한다. 폐액을 바로 하수, 하천 등으로 방류해서는 안된다.

5) 위생상의 예방조치

- 가) 취급시는 면 또는 합성섬유의 작업복, 보호안경, 고무장화, 작업모자, 고무 또는 염화비닐의 긴장갑 및 앞치마를 착용한다. 착의와 신발의 틈 등에서 새어 들어오는 것이 있기 때문에 목, 소매, 신발 등의 개구 부분 밀폐에 주의한다.
- 나) 보호크림은 효과가 없다. 취급작업이 끝난 후 반드시 얼굴과 손을 씻는다.
- 다) 청소 또는 수리 등의 목적으로 가성소다의 저장장소에 들어갈 경우는 보호구 및 보호망을 착용하고 외부에는 반드시 견장을 둔다. 가성소다를 취급할 장소에는 즉시 사용가능한 세안기, 샤워기를 준비하여야 한다.

6) 구급조치

- 가) 가성소다가 묻은 의복은 즉시 탈의하고 피부를 다량의 물로 씻는다. 그후 붕산수 또는 염화암모늄 용액으로 중화하는 것이 바람직하다.
- 나) 세정은 샤워를 하는 것이 가장 좋다.
- 다) 중상 또는 여러 곳의 약상 경우에는 쇼크가 일어날 수 있다. 이 경우에는

환자를 적당히 따뜻하게 해주고 의사를 부른다.

- 라) 의사의 지시 없이는 유류 기타 약을 바르지 말아야 한다.
- 마) 소량이라도 눈에 들어갔을 경우는 즉시 다량의 물로 15분 이상 세정을 한다. 눈을 씻는 중 눈을 떠서 물이 눈과 눈꺼풀 속으로 골고루 퍼지게 해서 깨끗이 씻는다.
- 바) 씻은 후 중조수, 봉산수 등으로 세정하고 구급처치로서 2~3방울의 0.5% 반토카인액 국소마취제를 점안하는 것이 좋다.
- 사) 완전히 눈에서 알칼리를 제거하기 위하여 장시간 세정을 계속할 필요가 있다.

4.3.2 강산(황산, 염산)

1) 인체에 대한 유해성

눈의 상해는 치료가 느리고 치치가 적당하지 않아 시력이 감퇴하고 실명할 수도 있다.

2) 일반적 주의사항

- 가) 부식성이 크기 때문에 취급할 경우에는 항상 보호구를 착용한다. 작업이 완료되면 샤워를 해야 하며 식사 전에는 얼굴 및 손을 씻고 양치질을 한다.
- 나) 자연환기가 불가능할 때는 배출장치에 의해 오염공기를 실외로 배출한다.
- 다) 취급하는 장소는 강산이 있다는 것을 명시해야 한다.
- 라) 밀봉된 내산병을 열 때에는 용기내에 다소 압력이 있기 때문에 얼굴이나 손을 가스 발생하는 곳에 가까이 하면 안된다.
- 마) 내산병에서 취출할 경우는 공기압을 이용하는 것을 피하고 완전히 경사지게 해서 취출하고 사이펀 등을 이용한다.
- 바) 흡인에 의하여 샘플링할 때는 완전히 피펫 진공파이프 등을 이용한다.

3) 누출과 방지대책

- 가) 누설된 산은 항상 주의를 하고 누설된 곳은 다량의 물로 세정한다.
- 나) 작업실 또는 저장실에는 호스를 배치하고 수도 및 배수구를 설계하여 다량의 물을 공급 가능하게 한다.

4) 빈 용기 및 폐기물의 처리

- 가) 빈 용기는 원칙적으로 내용물을 비운 후 물로 충분히 세정한다.
- 나) 강산을 폐기할 경우 석회 등의 용액을 서서히 가하여 중화시킨 후 다량의 물로 희석을 한다.

5) 위생상의 예방처치

- 가) 작업자는 적절한 취급방법을 교육한다.
- 나) 보호구는 상비하여 즉시 사용 가능하도록 양호한 상태로 보관한다.

6) 구급조치

- 가) 피부에 묻었을 경우 우선 다량의 물로 충분히 씻어낸 다음, 액이 묻은 옷은 바로 벗고 알칼리액으로 중화한다.
- 나) 눈에 들어갔을 경우 즉시 다량의 물로 적어도 15분간 씻는다. 눈을 씻는 중 눈을 떠서 물이 눈과 눈꺼풀에 골고루 퍼지게 한다.

4.3.3 고분자응집제

고분자응집제는 중합체(Polymer) 형태이며 화학적으로 구성원료가 되는 Monomer와는 별개의 다른 특성을 나타낸다. 고분자응집제는 체내에 흡수되어 만성독성을 일으키는 현상은 미약한 것으로 알려지고 있다. 그러나 Polymer를 합성시 잔존되는 Monomer가 극히 미량에 불과할 때에는 제반독성이 낮으나 잔존 Monomer가 높을 경우에는 Monomer에 의한 독성이 문제될 수 있다.

<참고문헌 >

1. 실무자를 위한 용·폐수 처리기술, 전병준, 환경관리인, 1993
2. 환경공학설계, 김정목 외, 신광문화사, 1998

산업재산권 등록 및 출원

2000년도 들어 연구소에서 등록 및 출원한 특허에 대하여 요약 정리하였다.

1. 체인 및 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법

(특허등록 제0260273호 : 2000.04.04)

본 발명은 교각의 교각 상단부 거푸집을 체인 또는 PS강연선을 이용하여 조립하여 콘크리트를 타설할 수 있는 방법에 관한 것이다.

종래의 일반적인 거푸집 조립방법은 기초지반에서부터 교각을 블록으로 나누어 순차적으로 콘크리트를 타설한 후, 하부 공사의 최상단부인 주두부(柱頭部)는 동바리를 설치하여 바닥거푸집과 측면거푸집을 설치함으로써 조립되어 콘크리트가 타설되도록 구성된다. 그러나, 종래의 방법에서는 우선 동바리 설치에 따른 작업량이 많을 뿐만 아니라 높이가 높은 경우에는 동바리 설치비용이 많이 소요되고 공사 기간도 장기간을 요하며, 교각에 동바리 지지용 볼트 구멍 등을 형성하게 됨으로써 교각에 손상을 주게되고, 가설 자재의 전용에도 문제점이 발생된다.

따라서 교각에 손상을 주지 않고, 기초 지반에서부터 별도의 동바리를 제조할 필요성을 제거함으로써 작업을 용이하게 하고, 공사 기간을 단축시킬 수 있으며 공사비를 절감할 수 있는 공법이 요구되고 있다.

본 발명에서는 상기한 문제점을 감안하여, 별도의 동바리 설치를 생략할 수 있음으로써 작업이 용이하고 공사 기간 및 공사비용을 절감할 수 있는 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립 방법을 제공하고자 한다. 이를 위해, 본 발명에 따르면, 거푸집 지지용 브라켓을 제조하여 교각 공사의 하부측 상단부인 주두부에 설치하는

단계; 상기 브라켓을 철선으로 상부 철근에 임시로 고정하는 단계; 상기 브라켓 사이로 체인 또는 PS강연선을 삽입하는 단계; 상기 브라켓의 높이를 콘크리트 타설 높이에 맞추어 조정한 후 상기 체인 또는 PS강연선을 인장하여 고정시키는 단계; 및 바닥 거푸집 및 측면 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하는 단계로 구성되는 체인 또는 PS 강연선을 이용한 거푸집 조립방법이 제공된다.

본 발명의 효과로는 교각 최상단부인 주두부의 거푸집 조립이 용이하여 공사비와 공사기간을 단축시킬 수 있다. 또한, 상기한 바와 같이, 체인 및 PS강연선을 이용함으로써 기초 바닥판부터 동바리를 설치할 필요가 없으므로, 교각의 수가 많은 경우 거푸집의 전용에도 효과적이며 거푸집 설치 수량도 감소시킬 수 있게 되며, 거푸집 조립시에 교각에 손상을 입히지 않게 된다.

2. 동바리 인양용 지그 및 그를 이용한 동바리 리프트업 시공방법

(특허출원 : 제2000-26157호 2000.05.16)

(실용신안출원 : 제2000-13853호 2000.05.16)

본 발명은 이동식 크레인을 이용한 가설 동바리 리프트업 시공방법 및 동바리 인양용 지그에 관한 것이다.

종래의 동바리 조립 및 설치방법에서는 일반적으로 바닥에 1단의 동바리를 설치하고, 그 동바리에 작업자가 올라가서 아래로부터 양중된 2단의 동바리를 상부에서 기설치된 동바리에 하부로 삽입하여 쌓아 올라가는 방식이었다. 이러한 방법은 공기, 공사비의 증가와 안전사고의 위험 부담이 커지는 단점이 있다.

본 발명에서는 작업자가 지상에서 동바리를 아래에서 위로 삽입하는 방식을 채용함으로써 작업자가 동바리 위로 올라갈 필요없이 계속적으로 지상에서 조립작업을 수행할 수 있는 방법 및 이 방법에 이용되는 동바리 인양용 지그를 제공하려는 것이다.

본 발명의 가설 동바리 리프트업 시공방법은 이동식 크레인에 H형강으로 제조된 동바리 인양용 지그를 부착하는 단계; 동바리 인양용 지그에 매달려 있는 상태의 동바리 장착수단에 동바리 1단을 하측으로부터 상측으로 삽입하는 단계; 상기 동바리 장착수단에 삽입된 동바리를 핀으로 고정시키는 단계; 동바리 인양용 지그를 다음 단의 동바리를 삽입할 수 있는 높이까지 들어올리는 단계; 다음 단의 동바리를 먼저 들어올려진 동바리의 내측으로 삽입하여 핀을 이용하여 상하측 동바

리들을 고정시키는 단계; 및 상기한 단계들을 반복하여 소정의 높이까지 동바리를 설치하는 단계로 구성된다. 이러한 방법에 의해 동바리를 지상에서 조립함으로써 안전사고를 예방할 수 있고, 공기 및 공사비를 절감할 수 있게 된다.

3. 플로트 매팅 방식에 의한 중량물 선적방법 및 장치

(특허출원 제2000-41583호 : 2000.07.20)

본 발명은 조석간만의 차이가 있는 지역에서 조석간만의 차이를 이용하여 육상에서 제작된 각종 구조물을 선박이나 해상 운송장비 등에 선적하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

종래의 중량 구조물 선적방법에서는 대형 중량물일 경우 대형화된 각종 시스템(바지, 대규모 발라스트 시스템, 해상 크레인 등)이 필요하게 되어 세계적으로 희소한 초대형 장비의 확보의 어려움 및 경제성 측면에서 불리하며, 바지에 설치된 발라스트 시스템에 의존한 Load-out 작업을 하기 때문에 각종 변수(일기, 장비의 고장 등)로 인해 선적작업의 안전성 확보가 어려워 안전사고의 위험이 크다. 또한 사용장비의 용량에 제한이 따르게 되어 대형중량물 선적에 각종 제약조건이 많고, 초기 설치비 및 유지관리비가 과다하며, 대형구조물의 일괄작업이 어려우므로 대형구조물을 분리하여 소블록화할 경우 작업회수가 많아지게 되어 비효율적이며, 정밀한 작업이 어려워 추가작업이 많아지고 품질확보면에서 어려움이 많아지게 된다.

본 발명에 따른 공법에서는 조석간만의 차이를 이용하며, 중형급 바지를 사용하므로 별도의 대형장비를 필요로 하지 않고 작은 용량의 장비로 효율적으로 작업할 수 있으며, 바지 발라스팅 조건을 최소화하고 조수를 최대한 이용하므로 선적시 안전성을 확보할 수 있으며, 조석간만의 차이가 있는 모든 중량물의 선적작업에 적합하며, 특히 대형 중량구조물의 경우 더욱 효과적이다. 또한 제티 시설물의 건설 및 바지에 기본 시스템을 장착하는 등의 기본적인 초기 시설투자로 지속적인 전용이 가능하여 선적회수가 많을수록 경제적이고, 중량제한에 따른 블록분할이 적어 일괄 선적 및 운송이 가능하므로 작업성, 공기 및 경제적 측면에서 유리하며, 정밀한 작업이 가능함으로써 품질확보에 유리한 공법이다.

본 발명에 따른 플로트매팅공법의 장점을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 자연현상을 그대로 활용한 공법 적용으로 환경오염 등 후유증이 없는 자연친화적인 공법이다. 본 발명의 공법은 세계적으로 조석간만의 차가 큰 지역에서 효과적으로 적용할 수 있는 공법으로 유사지역의 선적공법의 초석이 될 수 있는 획기적인 공법이다.
- 2) 자연현상인 조석간만의 차에 따라 작업을 수행하므로 관련작업이 지극히 안전하고 무리가 없는 공법으로서 선적될 중량구조물의 손상을 최대한 방지할 수 있다.
- 3) 본 발명의 공법적용을 위한 설비를 초기에 최소화하여 투자한 후에는 거의 영구적으로 사용할 수 있으며, 추가비용이 거의 필요하지 않은 경제적인 공법이다.
- 4) 본 발명의 공법은 작업조건이 지극히 열악한 해상작업을 제티시설물을 사용함으로써 육상작업과 거의 동일한 수준의 조건에서 작업수행이 가능하다.
- 5) 사용장비(바지, 발라스팅 시스템, 무어링/앵커링 시스템, 각종 보조장비 등)

를 최소화할 수 있음으로써 장비 수급 및 활용도 측면에서도 우수한 공법이다. 기존의 일반적인 공법 적용시에는 외국장비를 대거 임차하여 사용해야 하므로 경제적인 손실이 크다.

- 6) 본 발명의 공법 적용시 초대형 중량물의 일괄 선적 및 운송이 가능하므로 품질확보가 용이하며, 공기단축 측면에서도 효과가 큰 공법이다.