

建設技術情報

제 9 호 '92. 12.

原稿案内

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

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

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

目 次

《技術 資料》

- 철근콘크리트 구조물의 도면주기사항 및 철근의 배근상세도3
- 전자식 형광등 starter의 원리와 사용전망23
- 신소재를 이용한 콘크리트구조의 보수 및 보강(Ⅱ)27
- 섬유보강 콘크리트의 개발과 실용화39
- 폐기 콘크리트의 재활용47
- 스위스의 지하시설55

《海外 技術 情報》

- 수도관을 이용한 발전60
- 도시 지역에서 콘크리트 도로 포장금지60
- 시가지 활성을 위하여 강변도로를 터널화60
- 전천후 시공가설지붕60
- Best-mix 熱源시스템61
- 현장에서 泥土의 처리62
- 생활하수의 이용62

《START운동 제안사례》63

《新着 資料》77

《前回 目次》

철근 콘크리트 구조물의 도면 주기사항 및 철근의 배근상세도

건축설계부 차장 강 석 규

본자료는 철근콘크리트구조물의 일반상세 및 배근규정을 건설부 제정 철근콘크리트구조물의 극한강도 설계법과 ACI 318-83 code를 참조, 구조설계자의 입장에서 현장실무자들이 콘크리트 구조물의 올바른 도면이해와 시공을 위하여 만들어진 것이다. 본 자료에서 다루고 있는 내용들을 소개하면 다음과 같다.

1) 도면주기사항

도면에 표기되는 일반 주기 및 symbol에 대한 설명을 나열하였으며 철근및 콘크리트의 강도 및 철근과복두께도 수록하였다.

2) 철근의 이름 및 정착

현재 각현장에서 임의로 처리하고 있는 철근의 이름부 및 정착부에 대하여 기본적으로 적용해야 될 사항도 언급하였다.

3) 철근배근상태

구조물의 부재별 기본배근(일방향과 이방향 슬래브, 슬래브 개구부보강, 보, 기둥, 옹벽과 옹벽 개구부의 보강 및 기초).

특히 개구부보강은 공사에 특별히 주의를 하여 균열발생과 같은 현상을 방지해야 하며 부재간의 접합부에 대한 설계자의 의도를 파악하여 부재의 내력을 충분히 발휘할수 있도록 하여야 한다.

(본 자료내용에 대한 의문이나 건의사항이 있으면 건축설계부 구조팀으로 연락바람)

내 용

1. 개요
2. 일반주기사항
3. 약어 및 symbol
 - 3.1 약어
 - 3.2 symbol
4. 철근콘크리트
 - 4.1 일반사항
 - 4.2 콘크리트
 - 4.3 철근
5. 슬래브배근상세도
 - 5.1 일방향슬래브
 - 5.2 이방향슬래브
 - 5.3 슬래브개구부보강
6. 보의 배근상세도
 - 6.1 일반보(직선철근형태)
 - 6.2 일반보(절곡철근형태)
 - 6.3 수평철근보강
 - 6.4 보, 스테럽의 형태
 - 6.5 캔틸레버보의 정착
 - 6.6 보와 보의 정착
7. 기둥배근상세도
 - 7.1 외부장방형기둥
 - 7.2 내부장방형기둥

- 7.3 내부원형기둥 (나선철근)
- 7.4 외부원형기둥 (나선철근)
- 7.5 철근압점에 관한 유의사항
- 7.6 기둥의 표준띠철근기둥
- 8. 옹벽배근상세도
- 8.1 교차옹벽배근도 (평면도)
- 8.2 코너옹벽보강상세도 (평면도)
- 8.3 옹벽배근도 (평면도)
- 8.4 옹벽개구부 보강 상세도
- 8.5 옹벽개구부 보강 상세도 (문 주위)
- 9. 기초배근 상세도

1. 개요

1.1 공사명:

1.2 건물명:

1.3 소재지:

1.4 규 모	지상	층
	지하	층
	옥탑	층
	연면적	m ²
	최고높이	GL + m

2. 일반 주기 사항

2.1 도면상 기술된 치수와 표기는 특기사항이 없는 한 mm 단위로 한다.

2.2 슬래브 인서트, 매립물 및 부착물에 대하여는 건축, 설비, 전기, 혹은 토목 도면을 참조할 것.

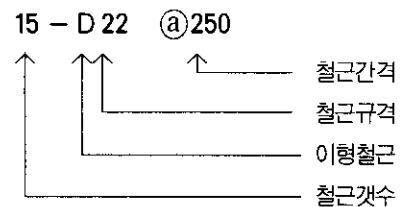
3. 약어 및 심벌

3.1 약 어

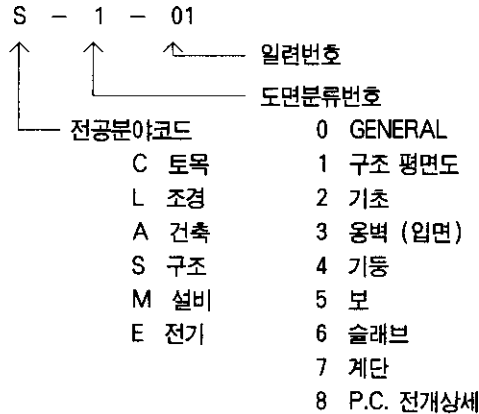
- (1) B : 아래 (BOTTOM)
- (2) T : 위 (TOP)
- (3) E.F. : 양쪽면 (EACH FACE)
- (4) E.W. : 양쪽방향 ((EACH WAY)
- (5) N.F. : 가까운 면 (FAR FACE)
- (6) F.F. : 먼 면 (FAR FACE)
- (7) N.T.S. : NOT TO SCALE
- (8)  : 중심선 (CENTER LINE)
- (9) ϕ : 지름
- (10) @ : 간격
- (11) & : 그리고
- (12) T.O.S : 슬래브 하부 (TOP OF SLAB)
- (13) B.O.F : 기초하부 (BOTTM OF FOOTING)
- (14) T.O.F : 기초상부 (TOP OF FOOTING)

3.2 심벌

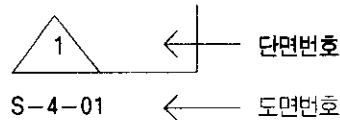
3.2.1 철근표기



3.2.2 도면번호



3.2.3 부분 단면도



3.2.4 레벨 표기

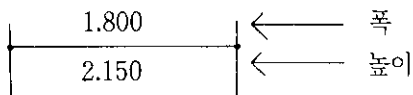
⊕ ±0.000 ← 마감 평면 레벨 ▽ ±0.000 ← 마감 입면 레벨

⊕ ±0.000 ← 구조 평면 레벨 ▽ ±0.000 ← 구조 입면 레벨

3.2.5 각 구조부분별 기호표시

[F1] 기초 [C1] 기둥 [W1] 옹벽 [TG1] 보 [S1] 슬래브

3.2.6 개구부 치수 표기



4. 철근 콘크리트

4.1 일반사항

철근 콘크리트에 대한 설계 및 시공은 최근 발간된 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조 계산규준 및 해설 (대한건축학회, 1988) 혹은 ACI STANDARD (ACI 318-83, BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE)에 준한다.

4.2 콘크리트

4.2.1 콘크리트의 강도

재령 28일 기준압축강도는 아래와 같아야 한다.
지면 슬래브 (SLAB ON GRADE)

$$f_c' = 2,100 \text{ PSI } (150 \text{ kg/cm}^2)$$

구조용 콘크리트 (슬래브, 보, 기둥, 기초등)

$$f_c' = 3,400 \text{ PSI } (240 \text{ kg/cm}^2)$$

버팀 콘크리트

$$f_c' = 1,000 \text{ PSI } (70 \text{ kg/cm}^2)$$

4.3 철근

4.3.1 • 사용되는 모든 철근은 도면에 표시한 경우를 제외하고는 이형철근으로 한다.

4.3.2 철근의 강도

• 사용되는 모든 철근의 최소 항복강도는 아래와 같아야 한다.

이형철근 $FY = 57,000 \text{ PSI } (4,000 \text{ kg/cm}^2)$
S B D 40, 고강도 철근)

4.3.3 철근의 순간격

• 평행한 철근의 순간격은 철근의 공칭직경 이상 또한 25mm 이상으로 하여야 한다.

■ 技術資料 ■

4.3.4 골재의 최대크기

- 골재의 최대크기는 거푸집양측면 최소치수의 1/5 이하
- 슬래브 두께의 1/3 이하
- 각 철근이나 철선, 묶음철근, 프리스트레싱 긴장재 혹은
- 닥트사이 순간격의 3/4이하로 하여야 한다.

4.3.5 철근의 피복 두께

1) 현장 타설 콘크리트

철근에 대한 최소 피복 두께

흙에 접하여 타설되고 영구히 흙에 접하는 경우		70mm	
흙에 접하거나 외기에 면한 경우	D19 이상인 철근	50mm	
	D16 이하인 철근	40mm	
외기나 흙에 접 하지 않는 경우	슬래브, 벽체, 장선	D38 이상인 철근	40mm
		D35 이하인 철근	20mm
	보, 기둥	주철근, 띠철근, 스티럽, 나선철근	40mm
		D19 이상인 철근	20mm
	헬, 절판	D16 이하인 철근	15mm

4.3.6 철근의 이음 및 정착

1) 이음의 위치

- 철근의 이음은 설계도 또는 시방서에 규정되어 있거나 또는 공사 감리자가 허가하는 것 이외에는 이음을 해서는 안된다.
- D35보다 큰 치수의 철근은 겹침이음을 해서는 안된다.
- 용접이음 및 기계적이음을 감리자의 허가하에 사용할 수도 있다.
- 이음의 위치는 응력이 큰곳은 피하고 또한 같은 위치에 집중하지 않도록 주의한다.

2) 인장을 받는 철근의 이음길이는 다음 값 이상으로 한다.

실제 배근 단면적	소요 겹침 길이내에서의 최대 이음비율(%)		
소요 철근 단면적	50	75	100
2.0 이상	1.0Ld	1.0Ld	1.3Ld
2.0 이상	1.3Ld	1.7Ld	1.7Ld

3)인장과 압축의 최소 이음길이

최소이음길이(mm) 단 $f_c' = 240\text{kg/cm}^2$, $f_y = 4,000\text{ kg/cm}^2$							
철근길이	인장 이음						압축이음
	상단철근 이외의 기타철근			상단철근			
	Ld	1.3Ld	1.7Ld	Ld	1.3Ld	1.7Ld	
D10	300	300	400	350	400	550	300
D13	300	400	500	450	550	700	400
D16	450	500	650	550	700	900	500
D19	500	600	800	650	850	1,100	550
D22	600	800	1,050	850	1,100	1,450	650
D25	800	1,050	1,350	1,100	1,450	1,900	750
D29	1,000	1,300	1,700	1,400	1,850	2,400	850
D32	1,250	1,600	2,100	1,750	2,250	2,950	950
D35	1,500	1,950	2,550	2,100	2,700	3,550	1,000

4) 상단철근은 30cm 이상의 높이로 타설된 콘크리트 위에 수평으로 배근된 철근이다.

5) 인장철근의 감소계수

- 철근간격이 150mm이상이고 측면 피복두께가 75mm이상인 경우	0.8
- 지름이 6mm이상이고 간격이 100mm이하의 나선철근으로 감겨진 철근	0.75

■ 技術資料 ■

6) 인장철근의 감소계수

- 지름이 6mm 이상이고 간격이 100mm 이하의 나선철근으로 감겨진 철근	0.75
---	------

7) 압축을 받는 부재에서 서로 다른 철근을 이룰 때의 이음길이는 굵은 철근의 정착길이 또는 가는 철근의 이음길이중 큰것으로 한다.

8) 휨부재에서 서로 접촉되지 않은 (NON CONTACT) 이음철근의 철근간격은 이음길이의 1/5 이하 또는 150mm 이하로 한다.

4.3.7 철근의 정착

1) 인장과 압축의 최소 정착길이

최소 정착길이 (mm), 단 $f_c' = 240 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$										
철근크기	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	
인장정착	기타철근	300	300	400	450	600	800	1,000	1,250	1,500
	상단철근	350	450	550	650	850	1,100	1,400	1,750	2,100
압축정착	200	250	350	400	450	500	600	650	700	

2) 인장과 압축철근의 감소계수

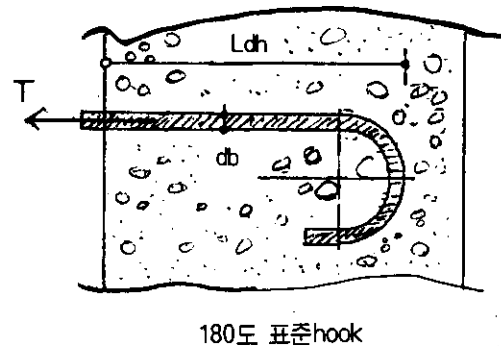
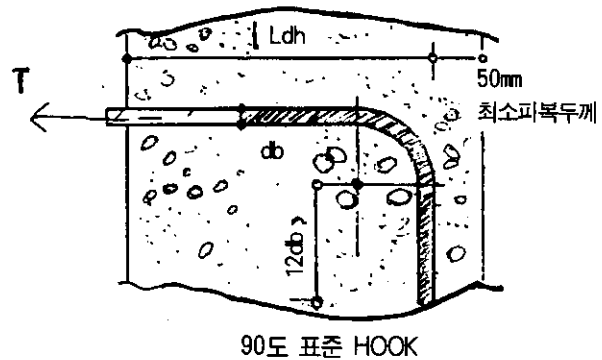
지름이 6mm 이상이고 간격이 100mm 이상의 나 선철근으로 감겨진 철근	0.75
--	------

3) 묶음 철근의 정착 및 이음길이는 아래와 같이 증가된다.

- 2- 묶음철근; 10% 증가
- 3- 묶음철근; 20% 증가
- 4- 묶음철근; 30% 증가

4) 묶음내의 각 철근의 이음은 서로 중첩되지 않아야 한다.

5) 인장철근에 대한 표준 HOOK의 정착 가) 최소 정착길이의 L_{dh} (mm)



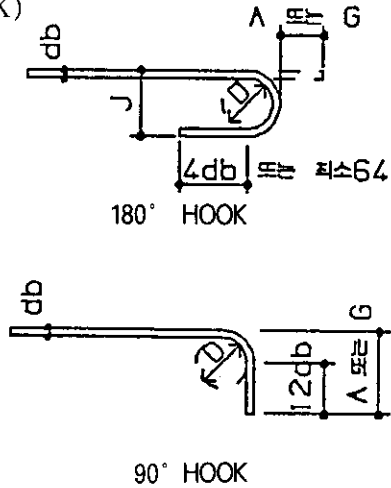
	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35
1) 일반적 적용									
• 측면 피복두께 ≥ 65	160	190	230	280	320	370	420	460	510
• 마구리 피복두께 ≥ 65									
2) 띠철근 또는 스테럽									
• 측면 피복두께 ≥ 65									
• 마구리 피복두께 ≥ 50	150	150	180	220	230	300	330	370	410
• 띠철근 또는 스테럽 간격 $\leq 3db$									

나. HOOK는 인력을 받는 철근의 정착에는 유효하지 않다.

■ 技術資料 ■

4.3.8

1) 180° 및 90° 표준후크 (STANDARD HOOK)



철근 길이	굴곡 직경 (D)	180° HOOK		90° HOOK
		A 또는 G	J	A 또는 G
D10	60	140	80	160
D13	80	160	110	210
D16	100	180	130	260
D19	120	210	160	310
D22	140	250	180	360
D25	160	280	210	410
D29	230	380	300	490
D32	260	420	320	550
D35	280	460	350	600

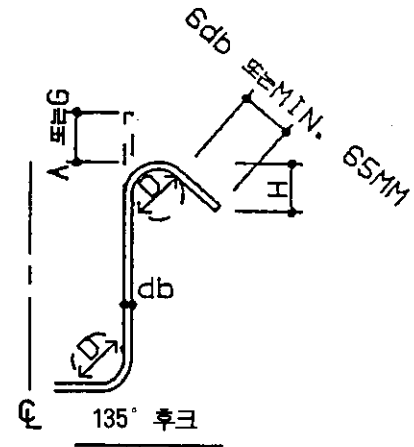
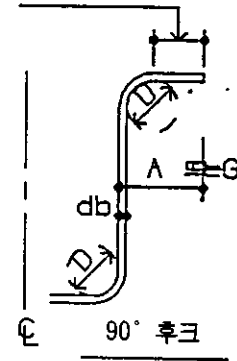
2) 스티럽 및 띠철근 후크

철근 크기	D	90° 후크	135° 후크	
		A 또는 G	A 또는 G	H
D10	40	100	100	60
D13	50	110	120	70
D16	70	150	150	90
D19	120	310	200	110
D22	140	360	230	130
D25	160	410	260	150

D19, D22, D25는 12db

D10, D13, D16은 6db

혹은 MIN. 65MM



5. 슬래브 배근 상세도

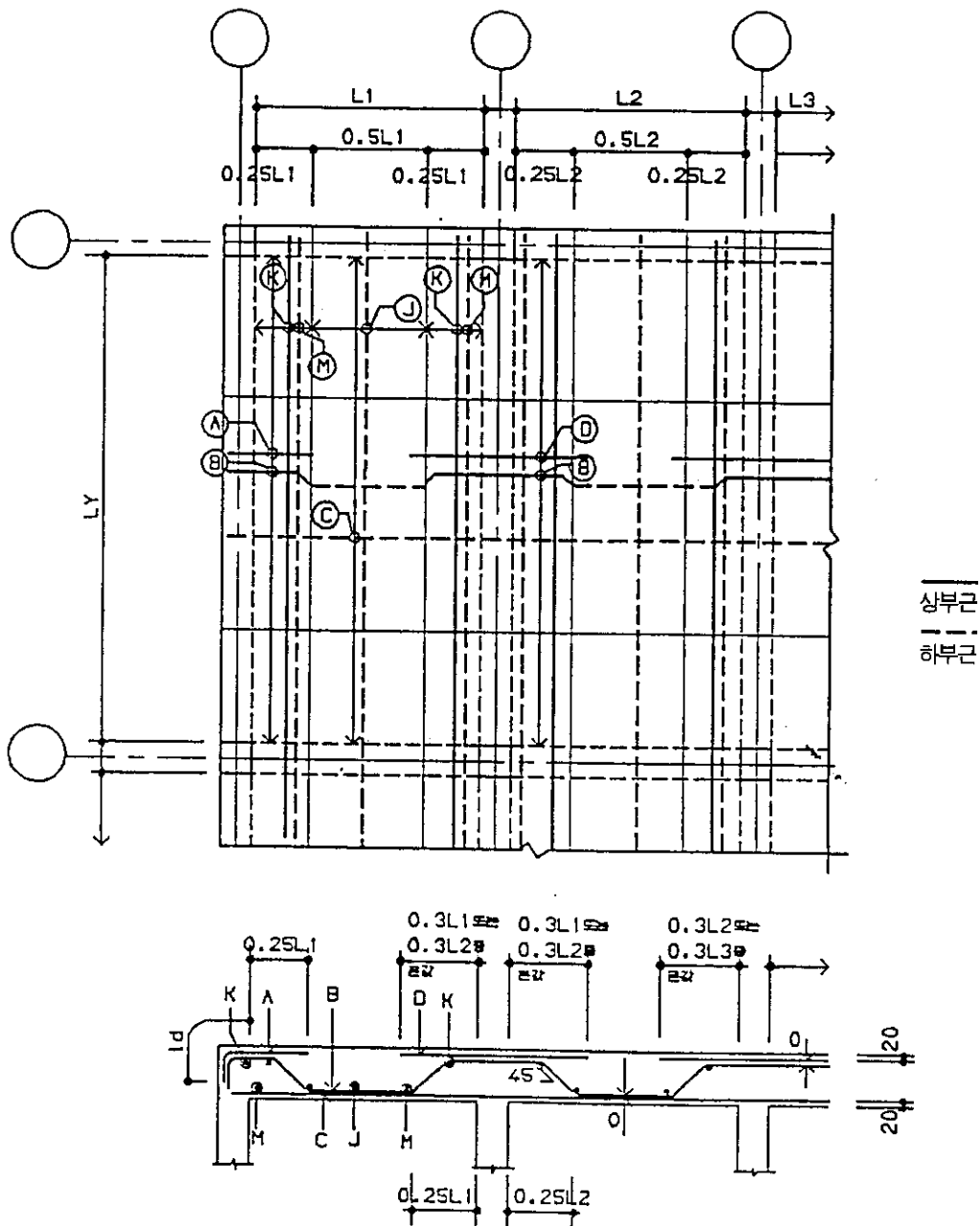
5. 1 일방향 슬래브

〈주기사항〉

- 철근 "A" - "D" 는 주철근임.
- 철근 "A" - "D" 는 구조 계산에 따라 철근 단면적 및 철근 간격이 결정됨.
- 철근 "J" - "M" 은 최소 철근임.
- 철근 "J" 는 슬래브 두께에 따라

t=120 일때 D10 @300
t=135 일때 D10 @280
t=150 일때 D10 @250
t=180 일때 D10 @200
- 철근 "K" - "M" 은

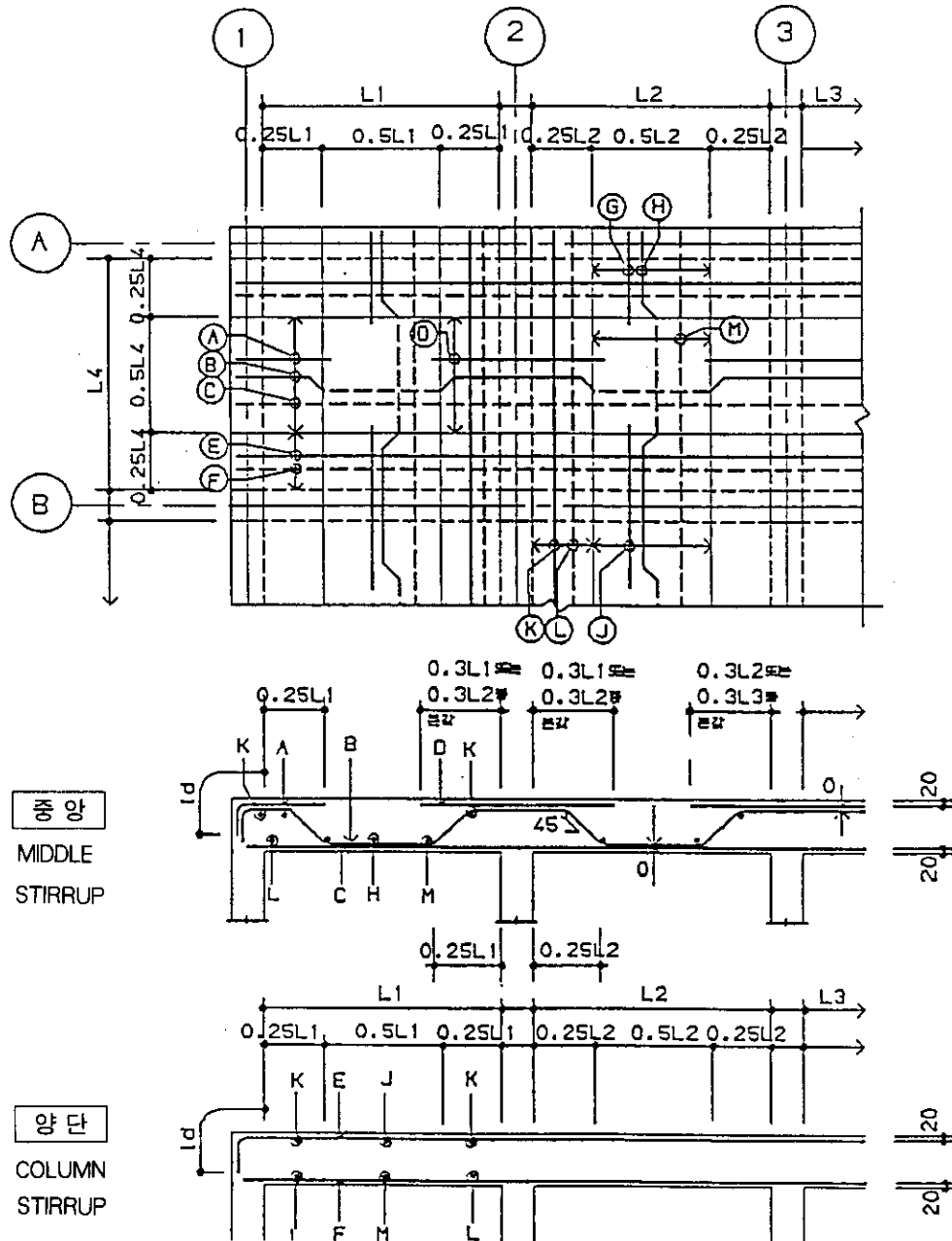
t=120-150 일때 D10 @300
t=180 일때 D10 @280



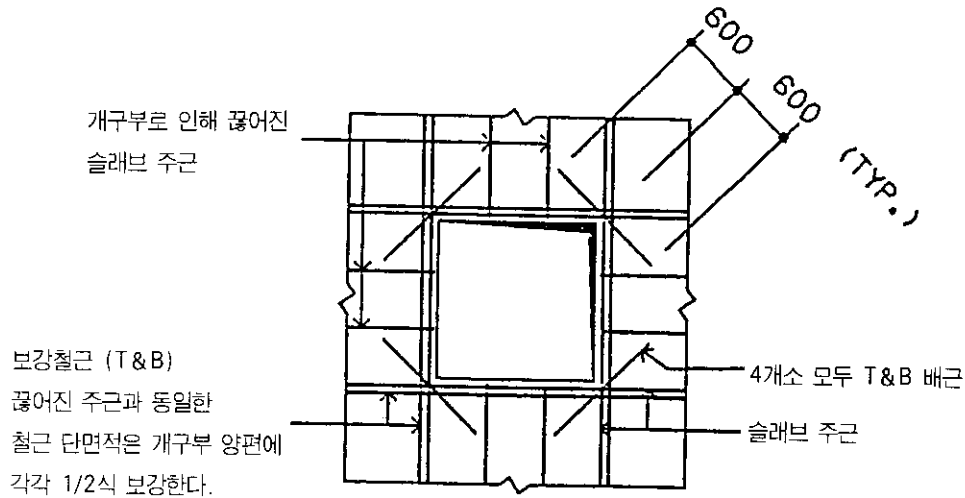
5. 2 이방향 슬래브

〈주기사항〉

1. 철근 "A" - "F"는 주철근 1(가로근) 이며 철근 "G" - "M"은 주철근2 (세로근)임.
2. 철근 "A" - "D", "G", "H", "J", "M"은 SPAN 중앙에 배근되며 구조제산에 따라 철근 단면적 및 철근 간격이 결정됨.
3. 철근 "E", "F" 및 "K", "L" 철근은 SPAN 양단에 배근되며 SPAN 중앙에 배근된 철근량의 2/3 즉, 철근 간격은 중앙의 1.5배가 됨.



5. 3 슬래브 개구부 (OPENING) 보강

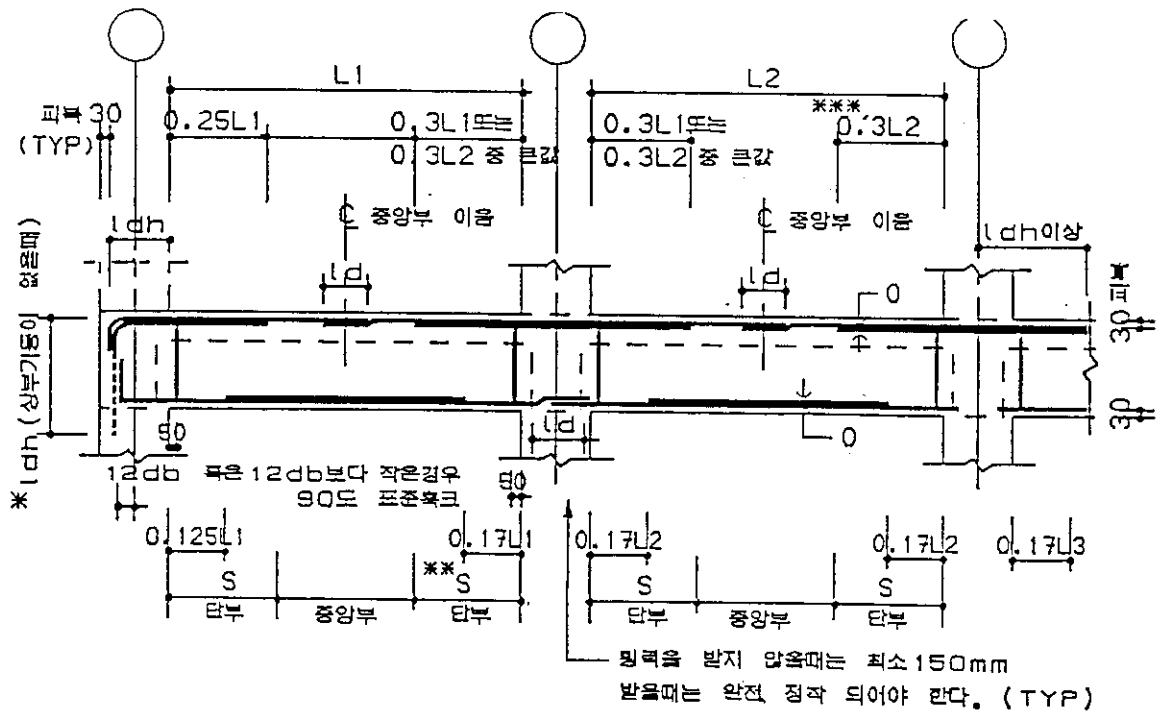


〈주기사항〉

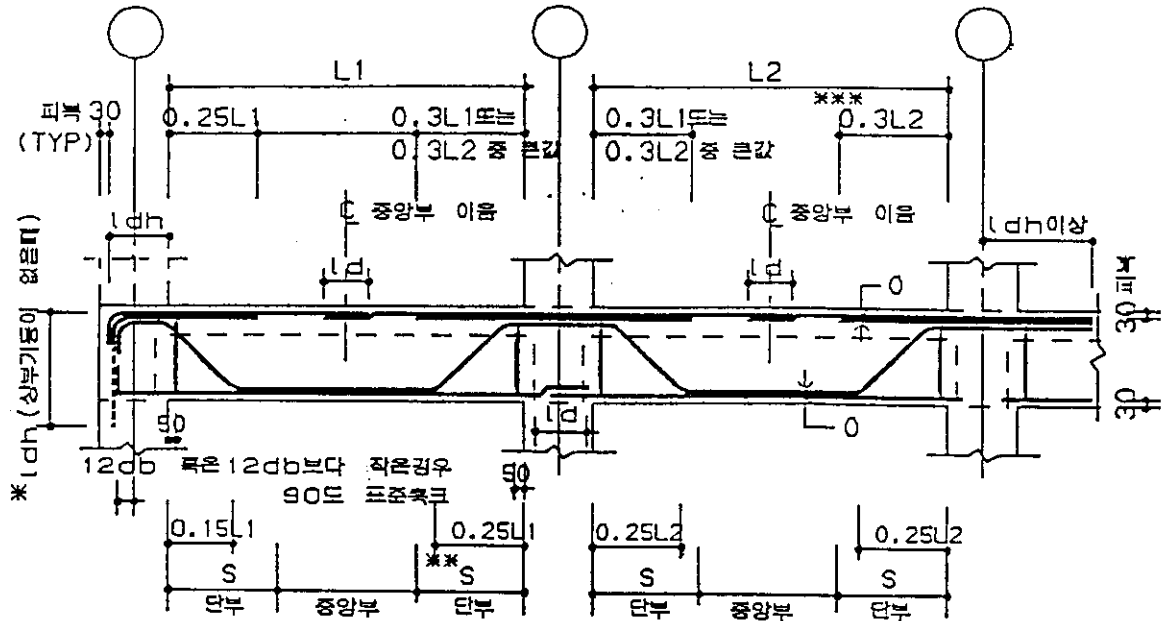
1. 보강은 원형 개구부나 파이프 슬래브에도 적용한다.
2. 개구부의 크기가 300mm 이하이고 주철근이 개구부에 의해 끊어지지 않을 경우에는 보강하지 않는다.

6. 보배근 상세도

6.1 일반보 (직선철근형태)



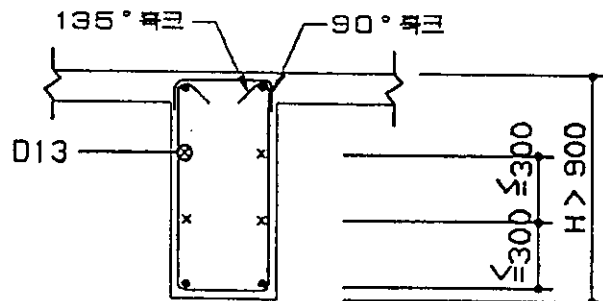
6.2 일반보 (절곡철근형태)



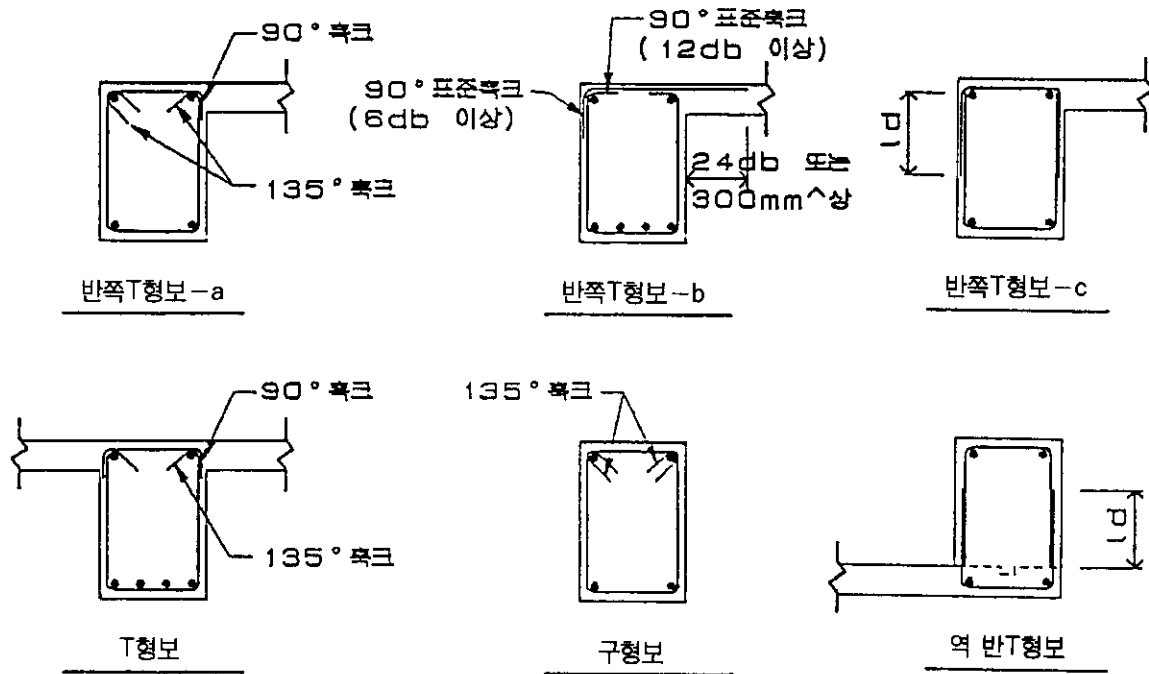
- * 콘크리트 이어지기가 없이 기둥과 보를 동시에 타설할 경우임.
- ** 단부 스티럽 스패는 보일라프에 명시됨.
- *** 내민보(CANTILEVER)가 없을때에는 인접 순 스패와 $L2$ 중 큰값 적용.

6.3 수평 철근 보강

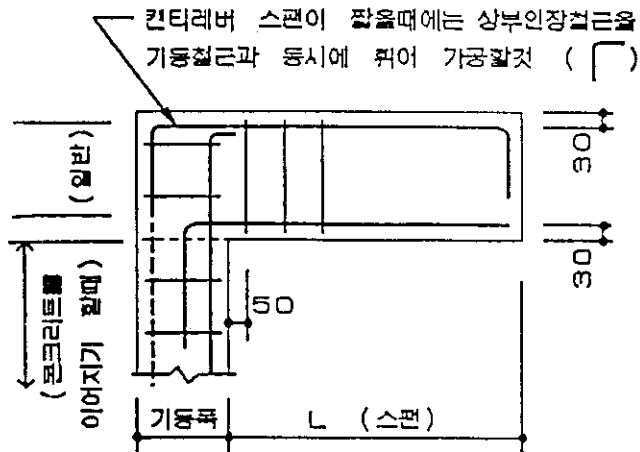
보의 높이(H)가 900mm를 초과할때는 보 양편에
주 인장철근의 10% 이상을 300mm 또는 보폭 이
내의 간격으로 인장측에 수평철근을 배근한다.



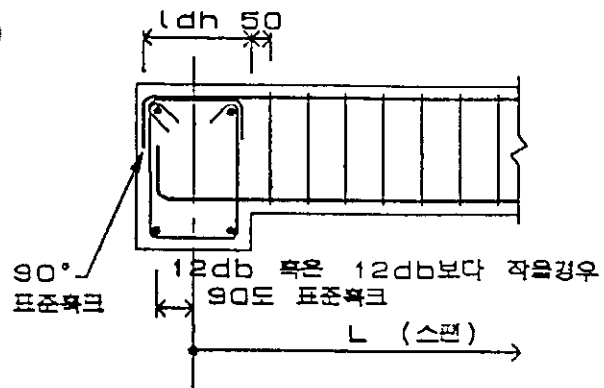
6.4 보 스테럽 형태



6.5 캔티레버 보의 정착

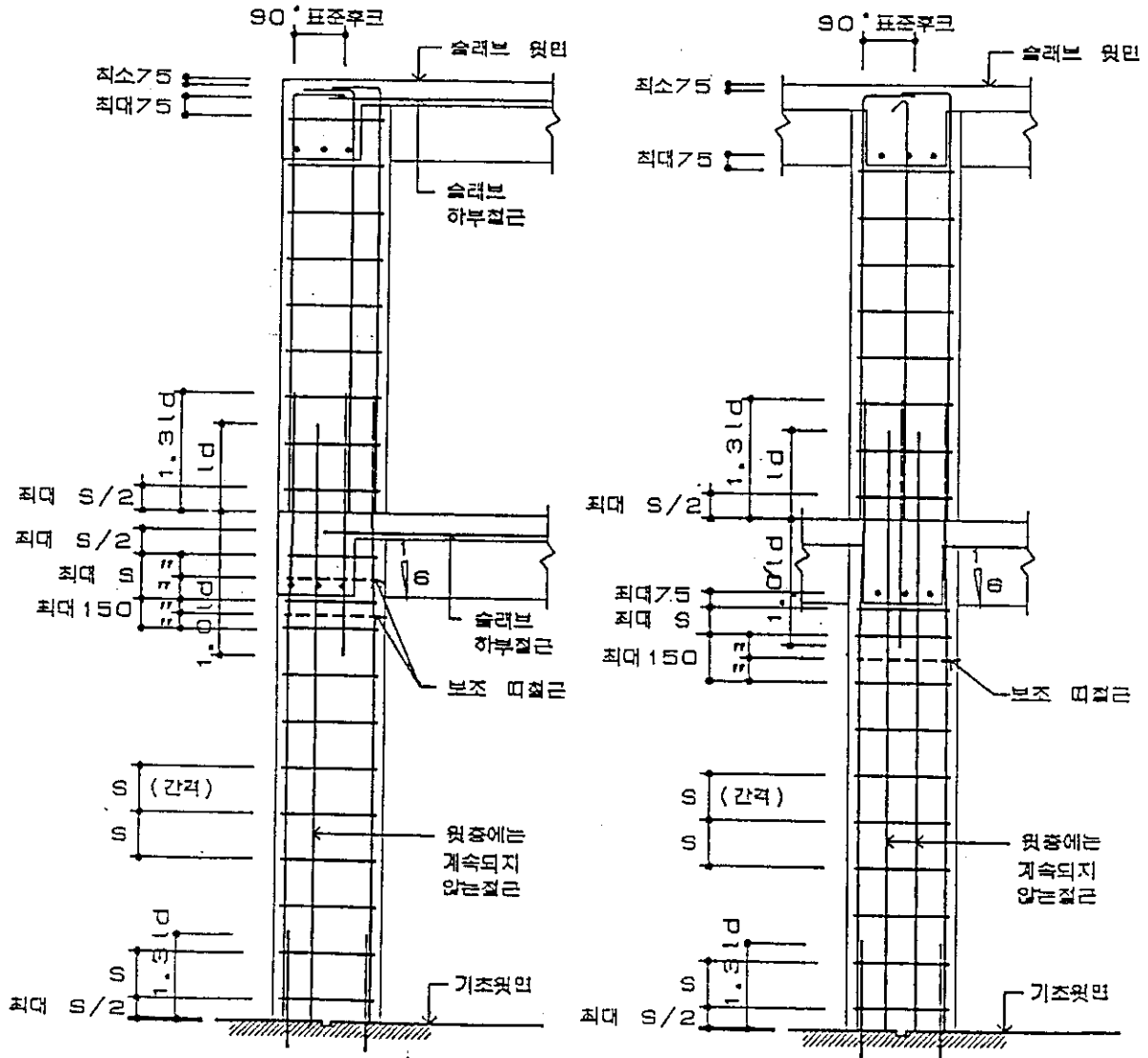


6.6 보와 보의 정착



7. 기둥배근 상세도

7.1 외부 장벽형기둥



〈주기사항〉

1. 철근 구부림 경사도는 1/6을 넘지않을것.

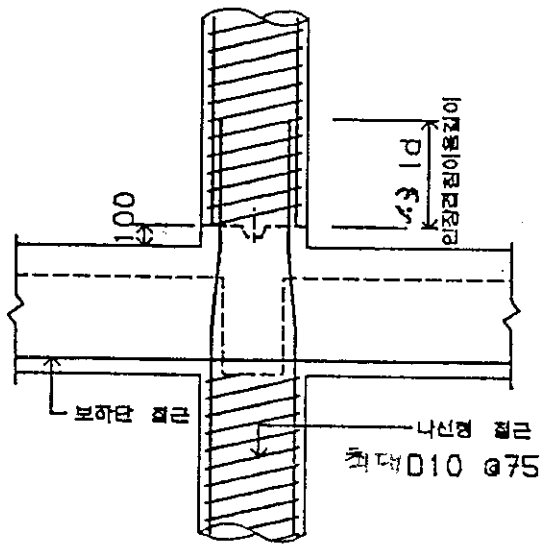


2. 띠철근 간격은 주철근 직경의 16배 이하, 띠철근 직경의 48배 이하, 또는 기둥최소변 지수 이하가 되도록 한다.

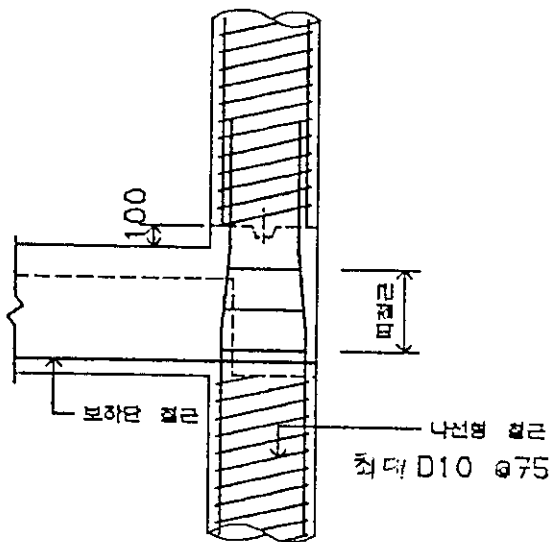
3. 모든 기둥주철근의 이음은 인장이음으로 한다.

4. 철근 구부림이 75mm 이상일 경우는 DOWEL을 배근할 것.

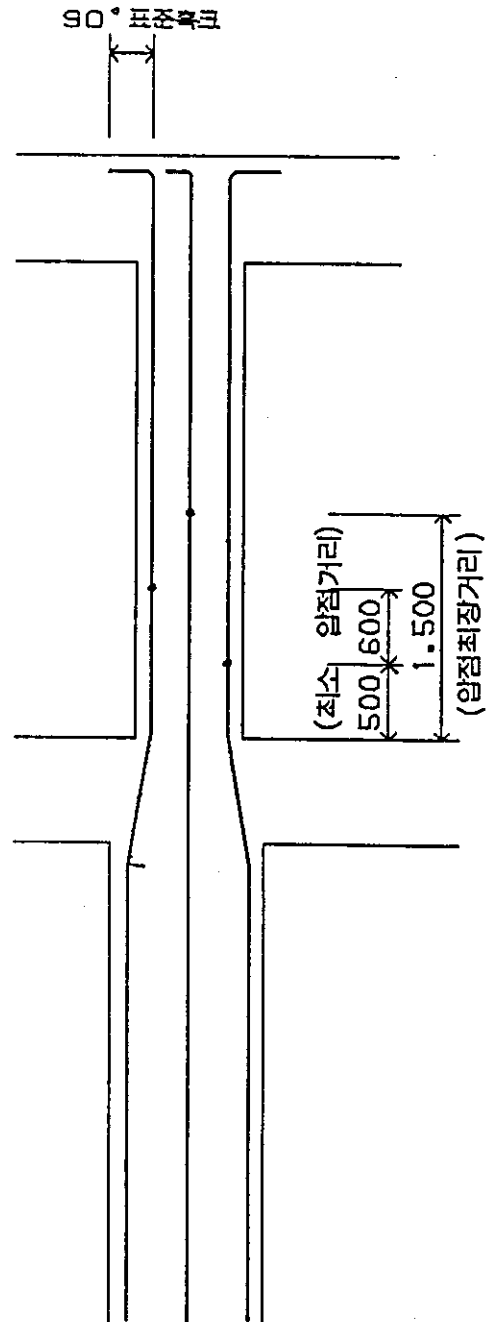
7.3 내부 원형기둥(나선철근)



7.4 외부 원형기둥 (나선철근)



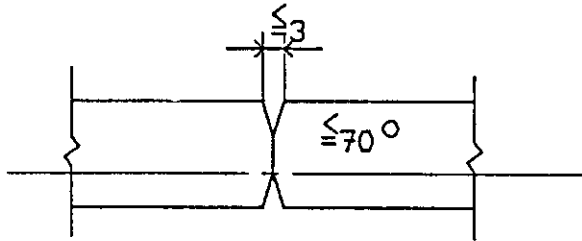
7.5 철근 압접에 대한 유의사항



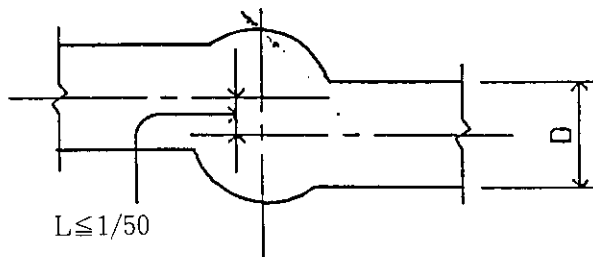
〈주기사항〉

1. 압점위치는 슬래브 바닥에서 최소높이 500 최고높이 1,500 이며 압점상호간 거리는 500
2. 압점면의 형상은

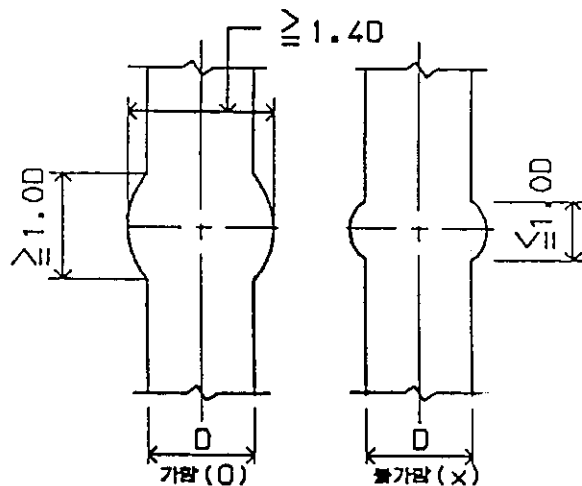
- ① 연마기에 갈아서 상하 아음의 간격이 3mm 초과하지 말것.



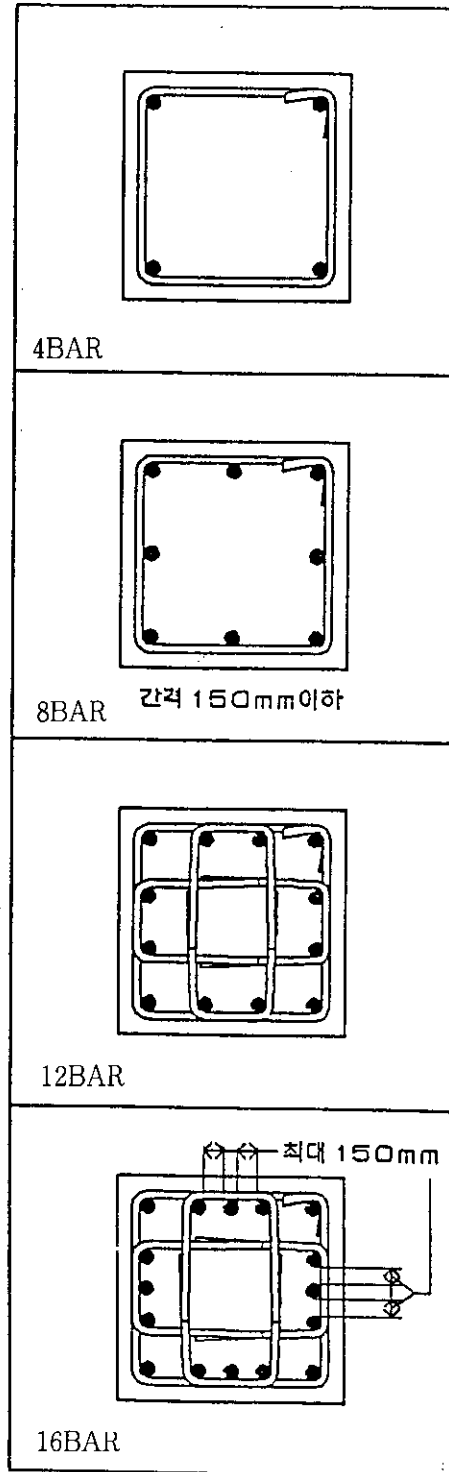
- ② 편심거리 $\leq 1/50$

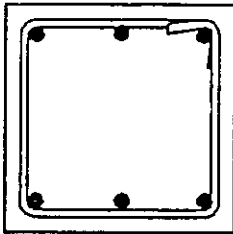
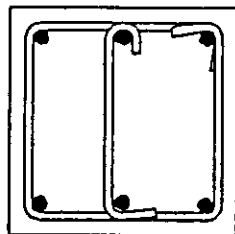
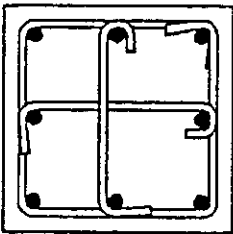
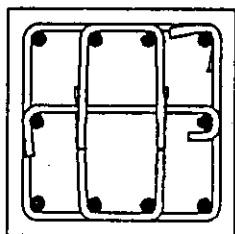
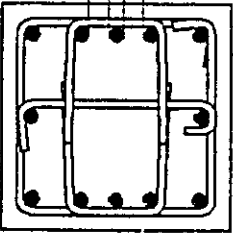
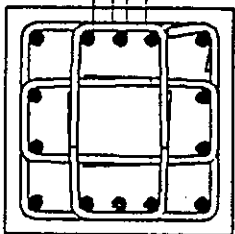
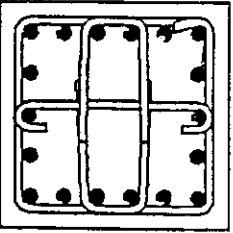
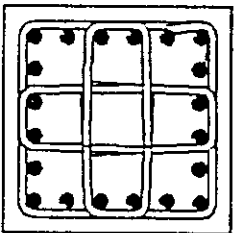
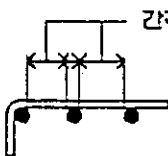


- ③ 압점후 형태



7.6 기둥 표준 띠철근 상세도

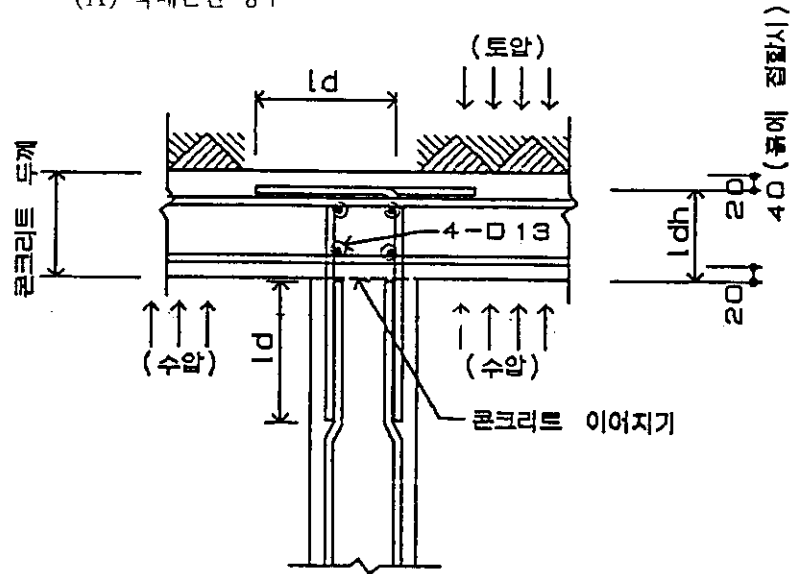


 6BAR 간격 150mm이하	 6BAR 간격 150mm초과	
 8BAR 간격 150mm초과	 10BAR	
 12BAR 최대 150mm	 14BAR 최대 150mm	
 18BAR	 20BAR	 REMARKS

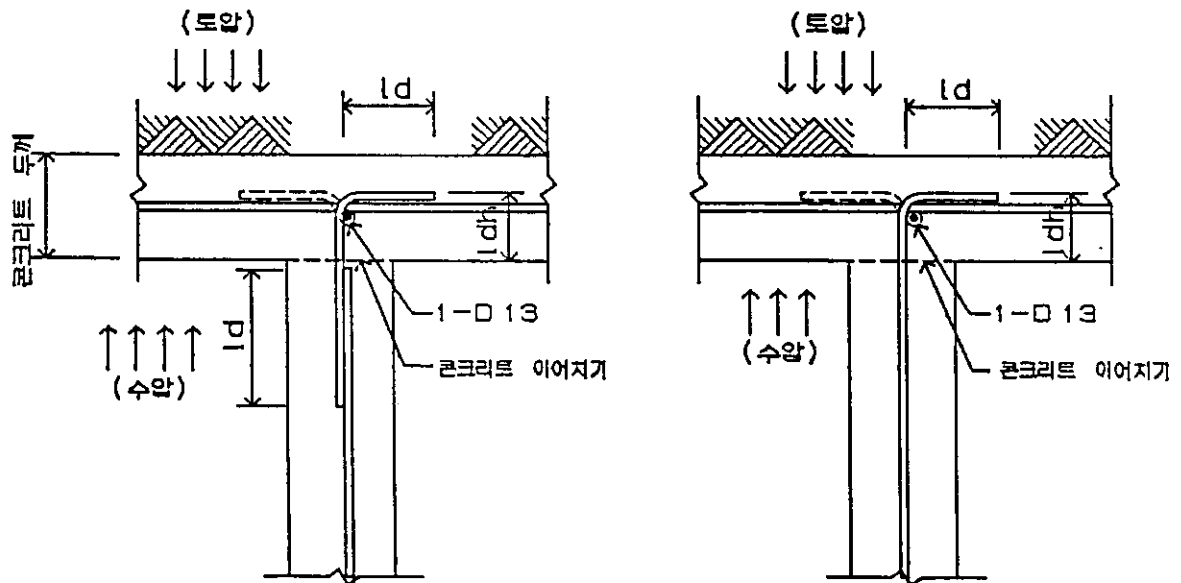
8. 웅벽배근 상세도

8.1 교차 웅벽 배근도 (평면도)

(A) 복배근인 경우

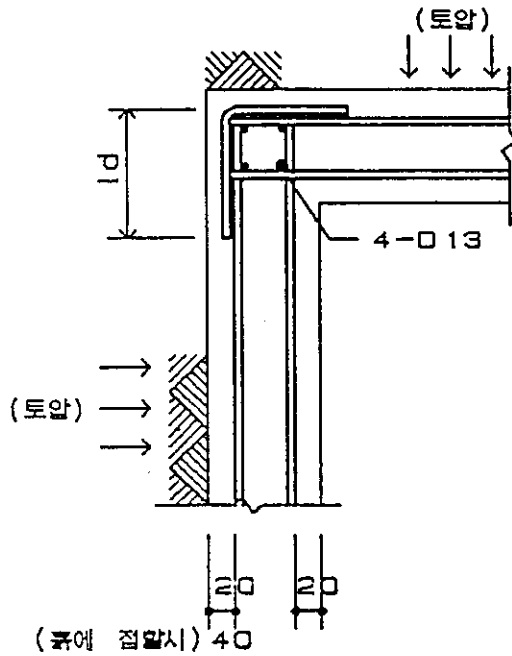


(B) 단배근인 경우

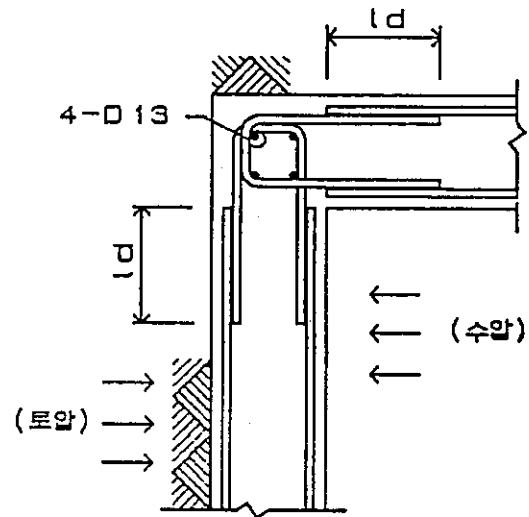


8.2 코너옹벽 보강상세도 (평면도)

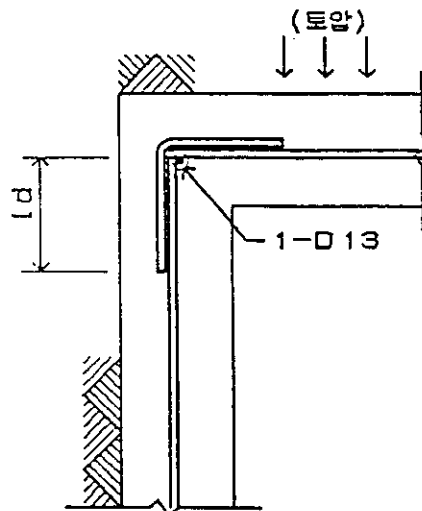
(A) 복배근인 경우
(외부하중이 작용할 경우)



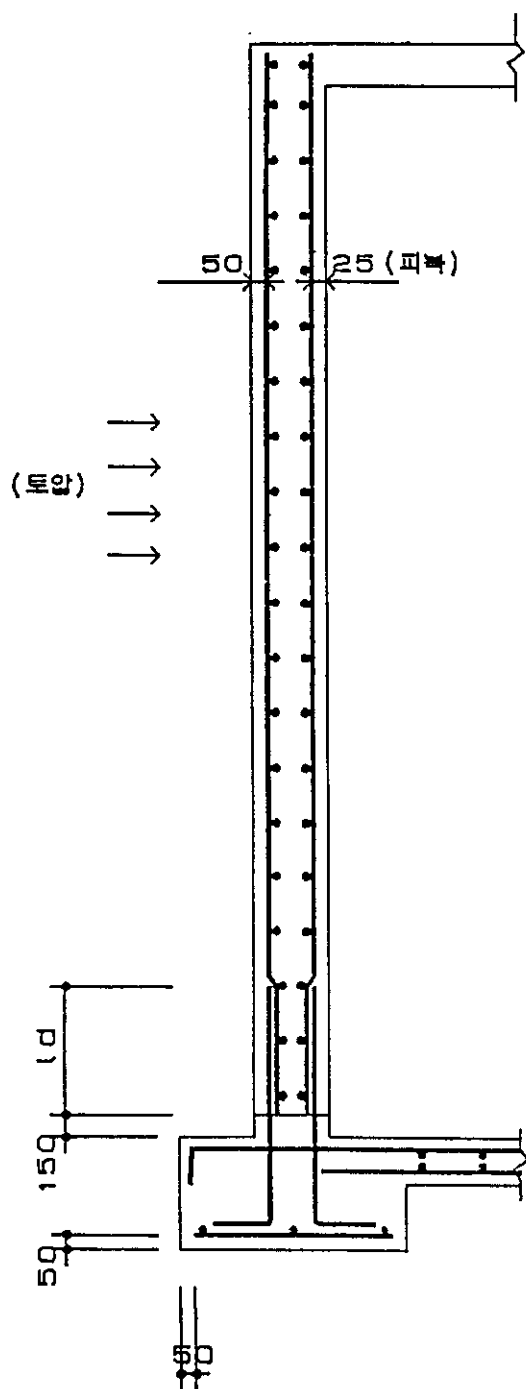
(B) 복배근인 경우
(외부 또는 내부하중이 작용할 경우)



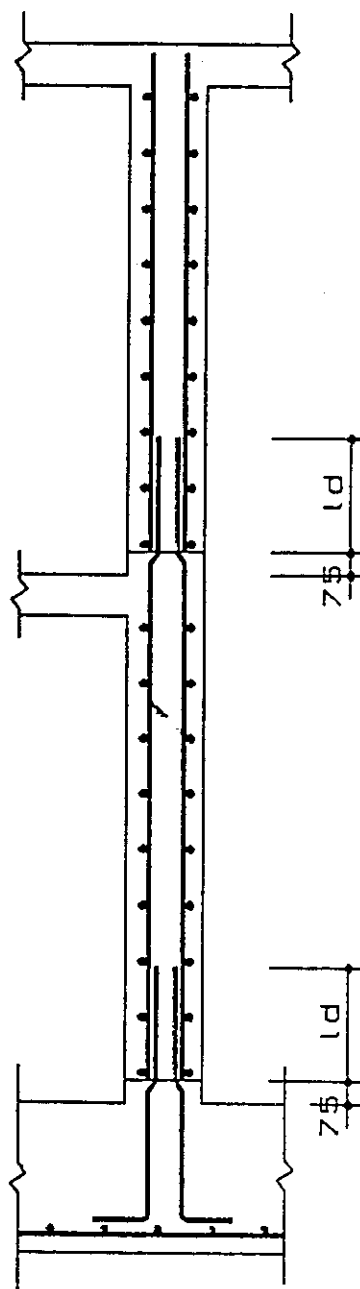
(C) 단배근인 경우



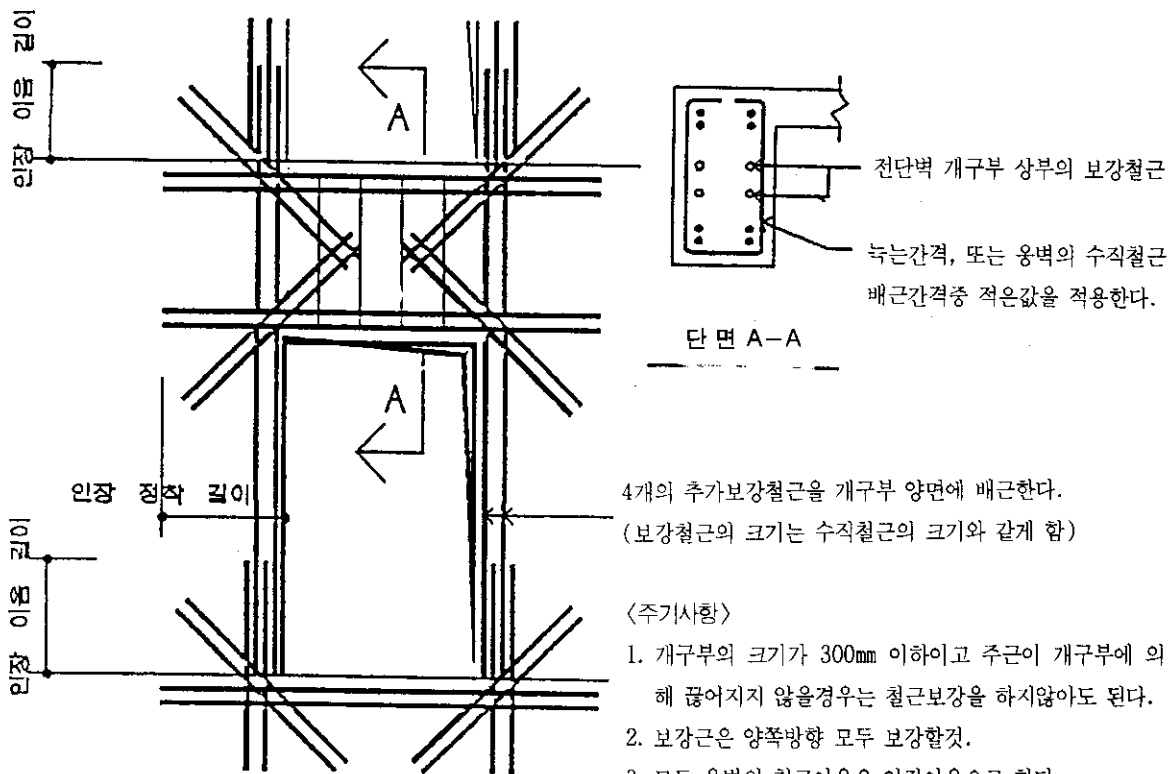
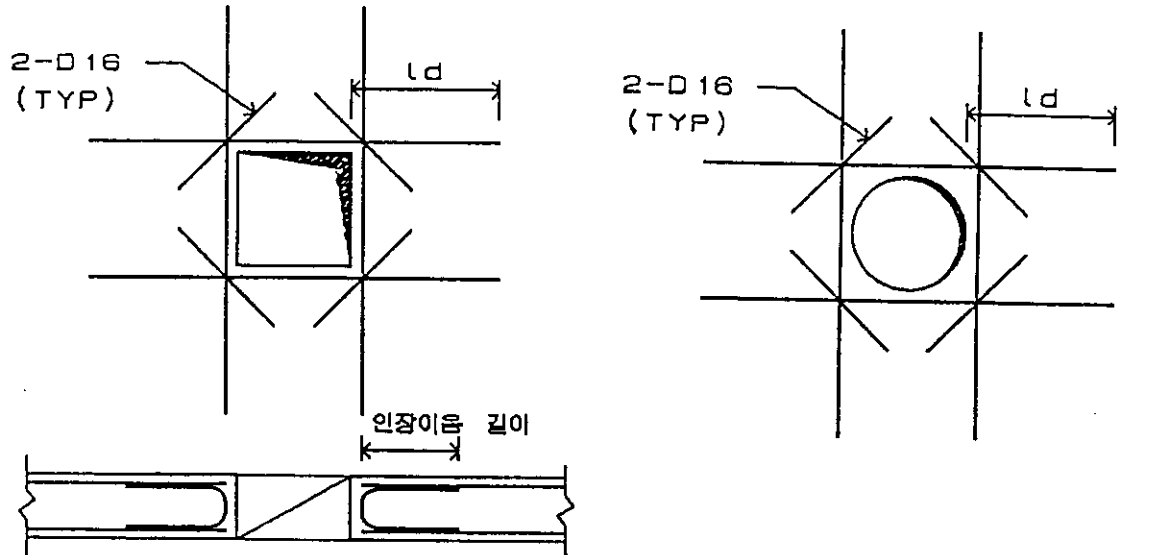
8.3 웅벽배근도-1 (단면도)



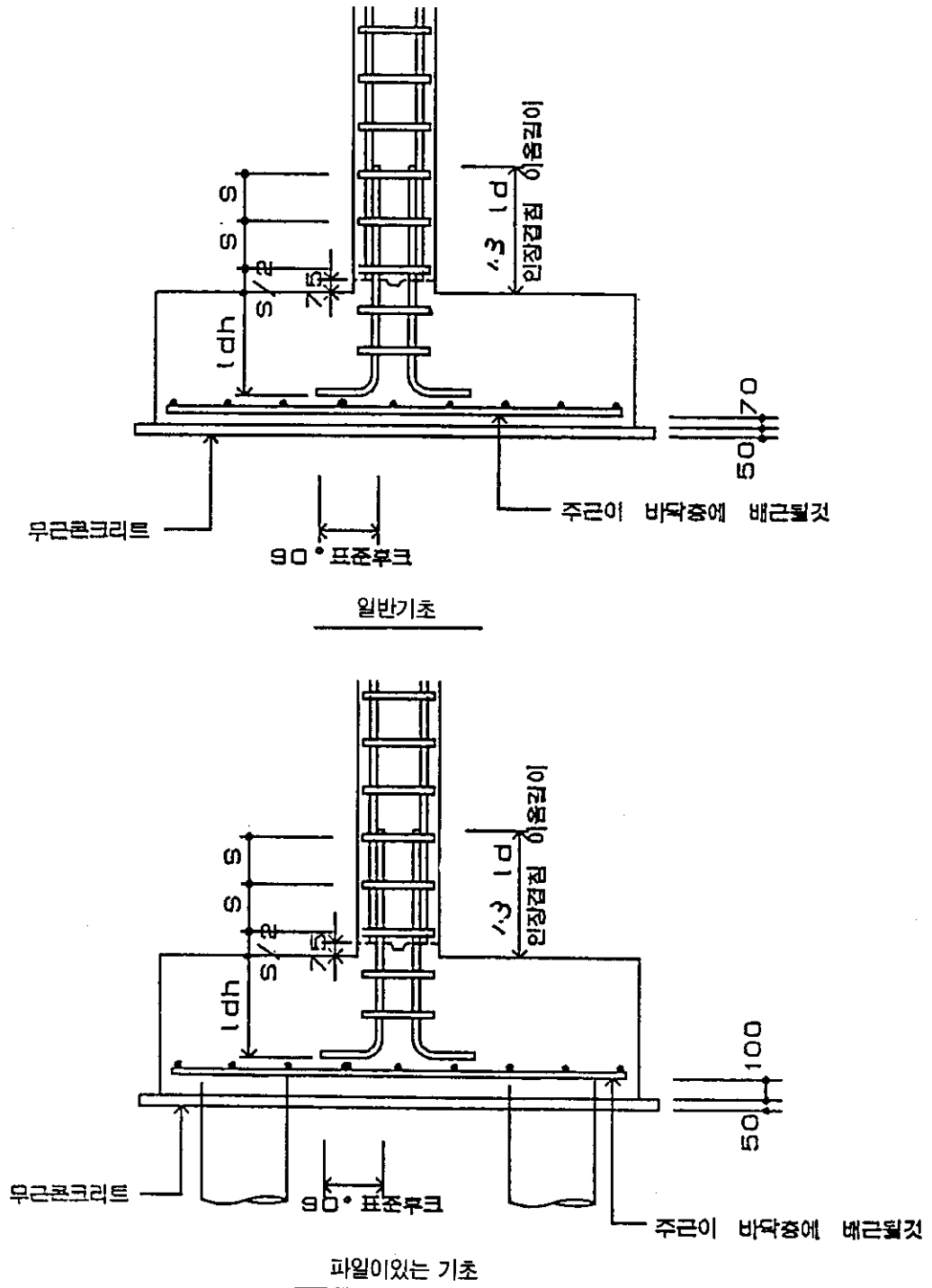
8.4 웅벽배근도-2 (단면도)



8.5 옹벽 개구부 보강상세도(문 주위)



9. 기초배근 상세도



전자식 형광등 Starter의 원리와 사용전망

기술연구소 전기 차장 김남진

1. 서론

형광등은 에너지 절약, 밝기 및 연색성이 (자연광에 가깝다) 우수한 광원이기 때문에 조명기구중 가장 널리 사용하고 있다 그러나 점등시간이 길고 점등시 starter에서 에너지 소모가 발생하는 결점을 가지고 있다. 이결점을 적게할 방법으로 starter가 없는 Rapid type 안정기를 고안하였으나 고가이고 무겁기 때문에 근래에는 거의 보급되지 않고 있으며 대신 반도체를 이용하여 점등시간을 단축하고 또한 에너지 절감을 추구하고 있다. 이에 반도체를 이용한 형광등 전자 스타터의 원리와 사용전망을 알아보도록 한다.

2. 전자 스타터의 원리

형광등의 점등시에는 램프의 양끝에 있는 필라멘트의 예열과 램프 전극에의 고전압 인가의 두가지 조건이 필요한데, 전자는 음극물질의 전자방사를 활발히 하여 시동을 용이하게 하는 작용을 하고 후자는 전극간에 방전을 개시시키는 중요한 역할을 하고 있다.

점자점등 방식은 이들 필라멘트 예열과 전압인가를 교류의 반 사이클마다 반복하여 필라멘트가 고온으로 가열되었을때 램프가 점등하게 된다.

고압펄스의 발생은 인덕탄스를 사용하는 방법과 최근 실용화되고 있는 비선형 콘덴서를 이용하는 방법이 있다.

3. 전자 스타터의 종류

1) 인덕탄스 전자 스타터

인덕탄스로서 안정기에 보상권선을 부설한 전자 점등회로의 예를 10W 및 20-30W 용으로 나누어 설명하도록 한다.

① 10W용 전자 스타터

그림1의 회로의 동작은 우선 전원 스위치 SW가 투입되면 전원의 정의 반사이클에서 전원전압이 DT의 브레이크 오버 (Break Over) 전압 V_{BO} 이상에 달하면 DT가 Turn-on하여 $e \rightarrow SW \rightarrow T_1 \rightarrow f_1 \rightarrow T_2 \rightarrow D \rightarrow DT \rightarrow f_2 \rightarrow e$ 의 순서로 필라멘트에 예열전류가 흐른다.

이때 안정기에는 보상권선이 (T_2)감겨 있고 또한 여자전류가 D로서 정류된 직류전류이기 때문에 큰 예열전류가 흘러 필라멘트가 단시간에 가열된다.

또, 전원의 부인 반사이클에서는 다이오드 D에 의해 저지되기 때문에 램프에는 전원전압 (피크 141V)이 인가된다. 이들의 반복에 의해 필라멘트가 가열되어 관내가 점등에 필요한 온도까지 달하면 그림 2와 같이 램프는 방전을 개시하고 점등하게 된다. 일단 램프가 점등을 하면 램프 전압쪽이

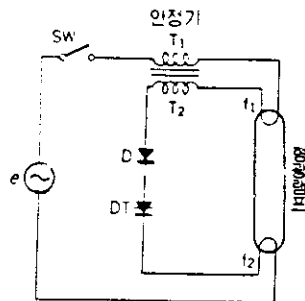


그림 1 전자점등회로(FL10, 100V 점등)

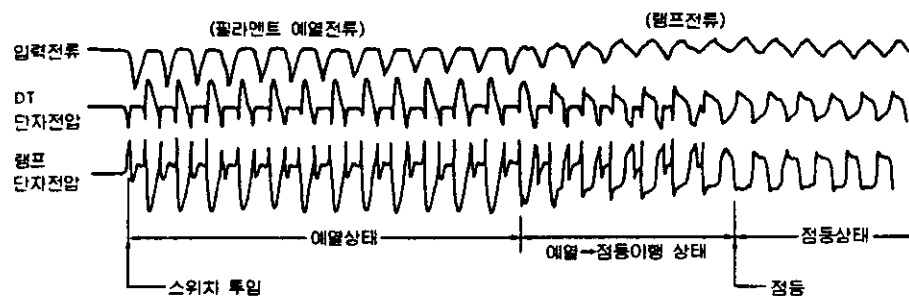


그림 2 전자점등 시동시의 동작파형(FL10의 예)

DT의 V_{bo} 전압보다 낮기 때문에 DT는 OFF상태가 되어 회로가 일반적인 보상권선이 없는 안정기를 사용할 경우와 동일하게 동작한다.

② 20-30W용 전자 스타터

앞장 그림 1의 회로는 램프에 인가최대전압이 전원전압의 과고값으로서 시동전압이 낮은 10W 이하의 형광등일 경우에만 적합하다.

15W이상의 램프에 대해서는 더욱 고전압의 펄스를 발생시켜야 점등이 가능하다. 그림 3은 고전압 펄스를 발생시키는 20-30W용 형광등램프 점등 회로 예이다. 동작은 우선 전원 스위치 SW를 투입하게 되면 전원의 정의 싸이클에서 $e \rightarrow SW \rightarrow T_1 \rightarrow D_1 \rightarrow SSS \rightarrow T_2 \rightarrow f_2 \rightarrow e$ 의 순서로 그림1과 동일하게 필라멘트가 가열된다. 전원의 부인 반 싸이클에서는 램프에 전원전압에 고압펄스가 중첩된 전압이 인가된다. 이펄스 발생의 원리에 대해서는 그림 4에 의거 설명한다.

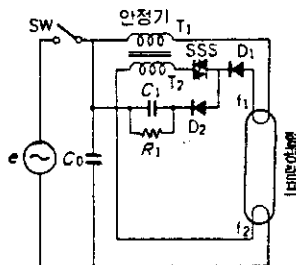


그림 3 전자점등회로(FL20~30, 100V 점등)

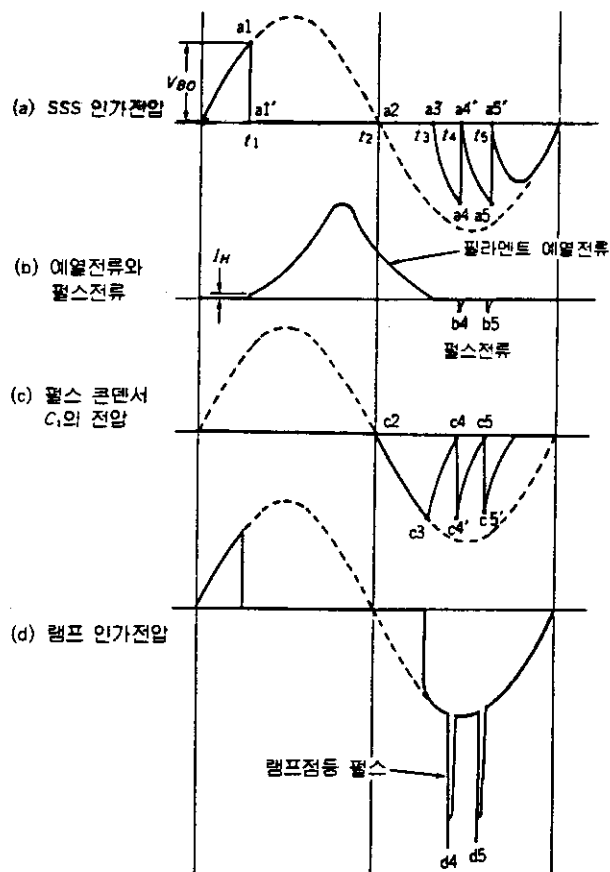


그림 4 전자점등회로(그림 3)의 각부 파형

필라멘트 전류는 안정기의 인덕탄스 때문에 전원전압보다 90° 뒤지고 t_0 에서 SSS가 OFF된다. 전원이 부의 반사이클로 이동하는 t_0 에서 t_0 의 기간은 SSS가 ON이기 때문에 콘덴서 C_1 은 전원과 거의 같은 전압이 인가된다. 필라멘트 전류가 0이 되어 SSS가 OFF되면 C_1 은 R_1 을 통해서 방전한다.

이때 D_2 에는 전원전압과 C_1 전압의 인가되고 이 전압이 SSS V_{th} 를 초과하면 SSS가 Turn-on하여 C_1 에 $e \rightarrow f_2 \rightarrow T_2 \rightarrow SSS \rightarrow D_2 \rightarrow C_1 \rightarrow SW \rightarrow e$ 와 같이 충전전류가 흐른다. 이 T_2 에의 펄스전류에 의해서 안정기의 주전선 T_1 에 800~1200V의 고전압 펄스가 발생되고, 램프에는 전원전압과 이고압 펄스가 중첩되어 인가된다. 이와같은 상태를 반복함으로써 그림 1의 회로와 같은 방법으로 점등이 되게 된다.

2) 비선형 콘덴서 전자 스타터

지금까지 설명한 전자스타터는 보상권선이 장치된 특수한 안정기가 필요하며, 비교적 고가이고 크기때문에 기존 예열식 안정기가 설치되어 있는 형광등기구는 교환설치가 불가능하다.

그러나 비선형 콘덴서 전자스타터는 특수한 안정기나 승압트랜스가 필요하지 않아 소형이므로 기존의 형광등기구내에 내장할수 있는 장점이 있다. 그림 5의 회로에서 우선 전원스위치를 투입하면 점등초기에 있어서 전원의 적당한 위상 t_0 에서 쌍방향 스위치보다 SBS가 ON하여 트라이 액 BCR를 트리거시킨다. BCR가 Turn-on하면 그림 6와 같이 소정의 충전전압 이상에서는 충전전하가 포화하는 특성을 갖는 비선형 가포화 콘덴서 C_1 이 도시한 극성에 안정기를 통해서 급속히 충전된다.

이 때문에 C_1 은 급속히 가포화영역에 들어가고 안정기를 흐르는 전류는 급속히 감소하여 안정기에 $(e=L \times \frac{di}{dt})$ 고압 펄스가 발생된다.

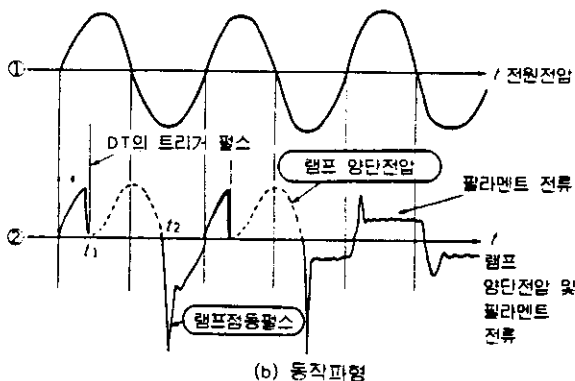
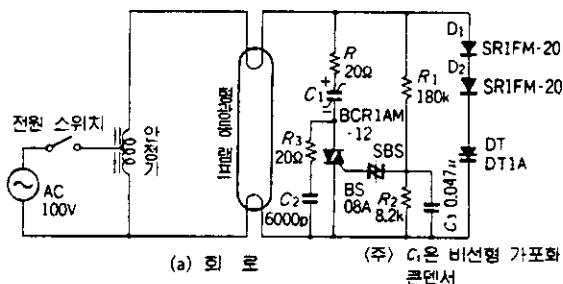


그림 5 비선형 가포화 콘덴서를 사용한 전자식 형광등 스타터 회로(32W용)

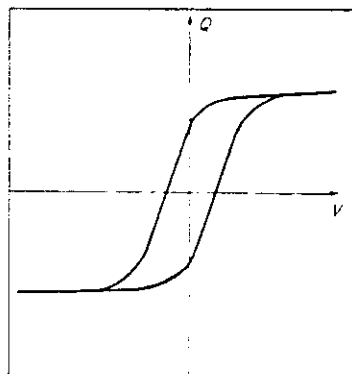


그림 6 비선형 콘덴서의 정특성

이트리거 펄스에 의해 역저지 2단자 사이리스터 DT가 Turn-on하고 필라멘트에 예열전류가 흐른다. 다음에 전원의 부의 반 싸이클 위상 t_2 에서 DT가 Turn-OFF하면 급격하게 전원전압의 피크 값이 0가 되기 때문에 다시 SBS및 BCR가 Turn-on하여 C을 앞에 설명한것과 반대극성으로 급속하게 충전된다.

이때문에 비선형 콘덴서가 포화영역에 들어가 상기한 정의 싸이클시와 동일한 방법으로 상기와는 역방향으로 고압펄스가 (약 1.5KV)가 발생하며 형광램프 양단에 가압이 된다.

이와같이 동작을 반복하게 되어 필라멘트가 적합한 온도에 도달하게 되면 램프가 점등된다. 점

등하게 되면 램프 양단의 전압이 내려 가기때문에 점등후는 SBS, BCR, DT가 모두 OFF상태가 되고 예열전류 및 고압펄스의 발생이 함께 정지된다.

이 회로는 32W 형광등 램프용이지만 10-30W용에 대해서도 저항 R_1 및 R_2 의 저항치와 DT의 V_{BO} 의 전압값을 적절하게 선정함으로써 그대로 사용할수 있다.

3 결론

전자식 스타터는 다른식의 글로스타터 및 Rapid starter와 비교할때 표 1에 나타난것과 같이 우수한 특성을 가지고 있어 앞으로 그 보급이 확대되리라 본다.

표 1. 형광등 점등방식 비교 (FL 20의 예)

점 등 방 식	글로 스타터 방식	래피드 스타트 방식	전자 점등 방식
점 등 회 로	예열시동 글로 스타터	래피드 스타트	예열시동 반도체 스위치
시동시간 [s]	3~5	약 1	약 0.5
입력전력[W]	24	33	23
사 용 램 프	일반 형광램프	전용 래피드 스타트형 형광램프	일반 형광램프
램 프 수 명	점멸이 빈번한 곳에서 단수명	장 수 명	장 수 명
보 수	글로 스타터의 보수교환	불 필 요	불 필 요
안정기의 크기	소	대	소
가 격 비	100	200	160

4. 참고문헌

- 1) 최신 다이오드 규격표 (성안당 출판사)
- 2) 전기기술 '92 9월호 : (주)첨단 출판사
- 3) 전자 응용개론 (동일출판사 저자 : 이종규)

신소재를 이용한구조의 보수 및 보강(Ⅱ)

—폴리머 콘크리트를 중심으로—

② 폴리머침투제의 구성

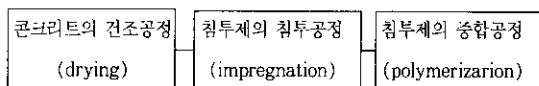
중합전 상태의 고분자모노머(monomer)를 폴리머로 중합반응시킬 때 반응성, 열적 및 화학적 안정성을 향상시키고 중합도(degree of polymerization)의 균질성을 확보하기 위하여 폴리머 침투제에는 소량의 개시제(initiator) 및 촉진제(accelerator)가 첨가된다. 콘크리트구조의 강도증진용 폴리머침투제에는 결정성 아크릴수지인 공업용 methyl methacrylate[CH₂=C(CH₃)COO-CH₃: MMA]가 주로 사용되며, 개시제로는 과산화물체의 benzoyl peroxide[(C₆H₅CO₂)₂: BPO]와 질소화합물체의 azobis isobutyronitrile[(C₂H₅C₂N₂): AIBN] 등이 사용된다. 불안정 화학구조를 가지고 있는 개시제는 고분자모노머를 만나면 분자구조가, 2개의 자유기로 분해되고, 이때 자유기에 존재하는 부대전자가 중합반응을 유도하게 된다. 촉진제는 고분자모노머의 중합반응에 필요한 활성화 에너지를 공급하기 위하여 첨가하는 발열 촉매로서 dimethylaniline[C₆H₅N(CH₃)₂DMA]이 대표적인 재료이다.

③ 폴리머 침투콘크리트의 제조

폴리머침투콘크리트의 제조공정은 〈그림 1〉에 도시된 바와같이 건조(drying), 침투(impregnation), 중합(polymerization)의 3단계로 나뉘어지며 각 공정에서는 콘크리트의 공극률과 함수율, 목표 침투깊이, 대상구조의 형상과 면적 등을 고려하여야 한다. 일반적으로 폴리머 침투제를 경화

된 보통콘크리트의 표면에서 내부로 침투시키는 침투기법에는 진공기법(vacuum technique), 압력기법(pressure-mat technique), 함침기법(surfacedrying and monomer-ponding technique), 그루빙기법(surface-grooving and monomer-ponding technique), 살포기법(spray technique) 등이 있다. 중합기법은 중합에너지의 도입방법에 따라서 방사중합법, 열촉매중합법, 초음파중합법 등으로 분류되며 열촉매중합법의 경우, 열원으로 고온증기, 고온열풍 및 고온온수를 적용하는 공법이 개발되어 있다.

폴리머침투제의 침투가 완료되면 중합공정을 통하여 폴리머피막을 형성시켜야 한다. 중합기법은 중합에너지의 도입방법에 따라서 방사중합법, 열중합법, 열촉매중합법 및 촉매촉진제 중합법 등 여러가지 방법으로 분류되며, 액체상태의 고분자모노머가 화학작용에 의하여 고형상태로 변화하는 화학반응 즉 모노머가 폴리머로 변화하는 반응을 중합이라고 정의한다. 고분자모노머의 중합반응은 반응특성에 따라서 축합중합, 자유라디칼중합 및 이온중합으로 구분된다. 이중 자유라디칼중합(free radical polymerization)은 고분자모노머의 활성전자(active electron)를 중심으로 진행되며, 불포화결합을 갖는 비닐계 고분자재료에서 주로 발생한다. 자유라디칼중합은 연쇄반응으로 진행하는데 통상 개시반응, 성장반응 및 종결반응으로 세분되며, 자유라디칼의 성장반응시 중합률이 20~50%에 도달하게 되면 중합체의 분자량과 함께 반응계의 점도가 급격히 증가하여 자유라디칼의 확산속도가 저하되는 겔효과(gel effect)를 수반한다. 따라서 자유라디칼의 성장반응속도와 고



〈그림 1〉 폴리머침투콘크리트의 제조공정

분자모노머의 중합도는 폴리머침투콘크리트 재료 특성의 균질성 확보에 큰 영향을 미치게 된다. 폴리머 침투콘크리트의 현장제조방법에는 고분자모노머의 연쇄이동반응으로 중합반응을 촉진시키고, 가열로 인한 온도상승으로 반응계의 점도를 낮추어 좁으로서 겔효과를 약화시킬 수 있는 열촉매중합법이 주로 적용되는데, 상온에서 중합속도가 아주 빠르고 촉진제와 개시제의 농도에 따라서 경화시간과 겔화시간을 조절할 수 있기 때문에 건물구조, 교량상판, 댐, 터널의 라이닝 및 도로포장의 보강 및 보수에 효율적인 제조방법으로 평가된다.

④ 주요 특성

폴리머침투콘크리트의 경화된 시멘트콘크리트의 표면으로부터 내부 모세 공극으로 폴리머 침투제를 침투시킨 후, 소정의 중합공정을 거쳐 제작되기 때문에 콘크리트의 함수율, 모세 공극의 크기, 폴리머침투제의 종류, 점성 및 중합특성에 따라 침투깊이와 물성이 변화게 되며, 일반적으로 다음과 같은 물성을 갖고 있다.

1) 폴리머가 침투된 부분은 기존 콘크리트에 비하여 압축강도, 인장강도, 휨강도 및 전단강도가 2~4배 증가하며, 단위중량이 1.05~1.2배, 탄성계수가 1.5~2배 증대된다.

2) 결정성 폴리머를 사용하면 강성 및 취성이 증가하며, 비결정성 폴리머를 사용하면 강도는 다소 저하되나 연성과 파괴인성이 크게 증가한다.

3) 콘크리트가 탄성체로 변화되므로 파괴강도의 75% 범위까지 탄성영역이 확장되며, 극한 변형률이 25~30% 증가한다.

4) 고도의 수밀성을 갖게 되므로 방수효과가 뛰어나고 동결, 융해저항성, 내약품성, 내충격성, 내마모성, 내산성이 향상된다.

5) 반복하중에 대한 피로강도가 증대된다.

이상의 특성을 styrene 침투콘크리트와 MMA 침투콘크리트를 비교하여 나타내면 <표 1>과 같다. <표 1>은 보통콘크리트에 폴리머침투제를 침투하여 얻을 수 있는 최대 효과를 나타낸 것이다.

<표 1>

폴리머침투콘크리트의 주요 특성

구분	보통 콘크리트	Styrene 침투콘크리트	MMA 침투콘크리트
특성			
• 압축강도 (kg/cm ²)	370	702	1,277
• 탄성계수 (×10kg/cm ²)	25	52.0	43.0
• 인장강도 (kg/cm ²)	29.2	59.1	106.0
• 휨강도 (kg/cm ²)	52.0	81.5	160.8
• 흡수율 (%)	6.4	0.70	0.34
• 미끄럼 (mm)	1.26	0.93	0.37
• 미끄럼 (g)	14.0	6.0	4.0
• 공동 (mm)	8.13	0.23	0.51
• 투수성 (mm/년)	0.16	0.04	0.04
• 열전도율 (23℃) (kcal/m · h℃)	1.98	1.94	1.88
• 열확산계수 (23℃) (m ² /h)	0.0036	0.0038	0.0036
• 열팽창계수 (×10 ⁻⁶ cm/cm℃)	7.25	9.00	9.48
• 내동결융해성 (사이클 : 중량감소 %)	490 : 25.0	620 : 0.5	750 : 0.5
• 충격강도 (L-Hammer)	32.0	50.1	52.0
• 내황산염성, 300일 침투 (팽창 %)	0.144	—	—
• 내염산성, 15% HCℓ 84일 침투 (중량감소 %)	10.4	4.2	3.49

(3) 폴리머 콘크리트

① 개발동향

폴리머 콘크리트는 1960년 Flandro가 폴리에스터수지를 포틀랜드시멘트와 완전 대체하는 연구를 시도한 이후 고분자폴리머의 물성과 배합특성을 중심으로 본격적으로 개발되기 시작했다. 초기에는 polyester-styrene수지, epoxy수지 및 아크릴수지 등을 주로 사용하였으나 현재는 다양한 종류의 액상, 수용성 및 분산상 수지가 이용되고 있다. 일반적으로 고분자폴리머가 골재중량의 8~25%를 차지하지만 사용된 골재의 입도분포가 양호할수록 폴리머의 사용량이 다소 감소한다. 폴리머 콘크리트는 인장강도, 휨강도, 부착성, 동결 융해저항, 내화학성이 우수하고 조기양생(-18℃~40℃)이 가능하기 때문에 각종 프리캐스트제품의 제조에 널리 활용되고 있다. 특히 액상수지를 이용한 prepacked콘크리트가 현장시공에 적합한

것으로 알려져 있으며, 포장구조와 교량구조의 덧
씌우기 및 각종 보수재료로 활용되고 있다.

일본의 경우 불연성 충전재와 폴리에스터 또는
methylethacrylate의 성형품인 인조대리석이
연간 30,000~35,000ton 생산되고 있으며, 제조
회사도 20개에 달하고 있다. 또한 통신케이블 관
로용 및 전력케이블 관로용 맨홀, 콘크리트 구조
물의 음극부식시스템 이외도 정밀기계부품, 위생
용품 및 진동감쇠용 바닥판 등에 폴리머 콘크리트
가 광범위하게 응용되고 있다.

〈표 2〉

폴리머 콘크리트의 배합 예

사 용 재 료	폴리머 콘크리트의 종류와 중량배합비			
	폴리에스터콘크리트의 배합	에폭시콘크리트의 배합	폴리우레탄콘크리트의 배합	후판콘크리트의 배합
결합제	액상폴리불포화폴리에스터 10	에폭시(경화제포함) 10	폴리우레탄(경화제·충전제포함) 20	모노머-FA 5.0 분쇄사 32.9
충전제	탄산칼슘 12	탄산칼슘 10	—	—
골재세사(입경mm)	0.1~0.8 20	<1.2 20	<1.2 20	—
	0.8~4.8 25	1.2~5 15	1.2~5 15	5~20 27.0
	4.8~20 33	5~20 45	5~20 45	20~40 33.3
기타재료	유리섬유(12.7mm) 적량	—	—	벤젠설폰산(BSA) 1.6
	과산화물 촉재 적량 촉진제 적량	—	—	아세톤 0.2

□ 폴리머를 이용한 콘크리트 구조물의 보수 및 보강

고분자폴리머를 이용한 콘크리트 구조물의 보수 및 보강공법은 크게 고분자폴리머만을 이용한 보수공법과 폴리머-콘크리트 복합체를 형성하여 적용하는 보강공법으로 구분된다. 폴리머-콘크리트 복합체를 이용한 보강공법은 고분자폴리머만을 이용하는 보수공법에 비하여 보다 적극적인 보강공법이라고 할 수 있으며, 국부적인 보강공법이라고 할 수 있으며, 국부적인 균열이나 손상부위의 보수차원을 넘어 콘크리트 재료의 강도, 내

구성 및 구조거동을 증진시킬 수 있는 장점이 있다. 본고에서는 콘크리트 구조물의 종류별로 고분자폴리머 및 폴리머-콘크리트 복합체를 이용한 보수 및 보강방안을 검토하고, 실물구조에 대한 적용사례를 중심으로 향후 국내의 실정에 적합한 실용화 방안을 제시하고자 한다.

1. 균열 및 Spalling의 보수공법

콘크리트 구조물의 보수재료는 무기계 재료와 유기계 폴리머수지로 구분할 수 있다. 이중 무기계재료에는 보통 포틀랜드시멘트, 팽창시멘트, high alumina cement가 대표적이며, 유기계 폴리머재료에는 acrylic-latex 시멘트콘크리트, 폴리에스터-스티렌수지, 에폭시수지, 메틸메타크릴레이트수지 및 우레탄수지 등이 있다. 폴리머계 보수재료는 무기계 재료에 비하여 응결시간이 빠르고, 접착력 및 마찰저항이 클 뿐만 아니라 염분과 물에 대한 침투 저항성이 커서 동결융해의 영향을 거의 받지 않는다. 또한 압축, 휨, 인장 및 부착강도도 크기 때문에 사용수명이 긴 것으로 알려져 있다. 일반적으로 무기계 보수재료에 비하여 아직까지는 재료단가가 다소 높지만 장기 performance가 좋고 교통통제에 따른 불편의 감소등을 생각할 때 효율적인 보수재료라고 할 수 있다.

(1) 액상 폴리머수지의 주입에 의한 균열의 보수

본 공법은 액상의 폴리머수지를 균열면에 주입한 후, 경화시키므로써 균열면을 일체화시키는 보수공법이다. 점도가 낮은 고분자폴리머를 사용하면 균열부 이외에도 재료 내부의 미세결합, 모세공극의 충전효과를 얻을 수 있으므로 콘크리트의 수밀성이 증가되어 내구성을 크게 향상시킬 수 있으며, 콘크리트와 철근의 부착 특성 증진 및 철근의 부식억제효과도 얻을 수 있다.

균열폭이 0.5~1.0mm인 경우에는 〈그림 2〉와 같이 균열부 주변(약5cm 내외)을 청소한 후 주입관을 20~30cm 간격으로 설치하여 폴리머수지를 주입한다. 균열폭이 1mm이상인 경우에는 균열면에 폭 3cm, 깊이 3cm의 V형 홈을 만들어 주입관을 30~50cm 간격으로 설치한다. 본 공법에는 에폭시수지가 효과적이며, 주입이 완료되면 1~2일간 양생한 후 그라인더로 주입공을 절단한다. 작업시의 대기온도는 10~30℃, 콘크리트의 표면온도는 10℃ 이상이 되도록 하며, 주입압력은 폴리머수지의 점도에 따라 상이하나 통상 5~20kg/cm²의 범위가 적절하다. 일반적으로 에폭시수지의 탄성계수는 보통콘크리트의 10% 내외이므로 본 공법은 내하력 증진보다는 균열면을 보수하여 내구성을 증진시키고자 할 때 효과적이다. 〈표 3〉

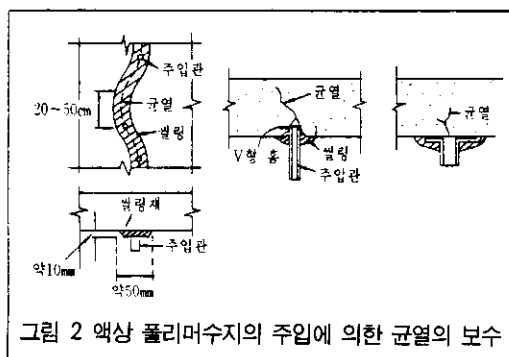


그림 2 액상 폴리머수지의 주입에 의한 균열의 보수

〈표 3〉

폴리머수지의 점도별 주입 가능한 균열폭

고분자폴리머	점도(20℃, cp)	주입 가능균열폭
액 저 점 도	0.5±0.2	0.1mm내외
상 고 점 도	1.5±0.5	0.2mm내외
수 용 성	6.0±1.0	0.5~5.0mm

은 폴리머수지의 점도별 주입 가능한 균열폭의 범위를 나타낸 것이다. 균열폭이 0.5mm이하인 미세 균열의 보수에는 휘발성이 낮고 점도 낮은 HMWM(high molecular weight methacrylate)이 효과적이거나 solvent성분이 있으므로 교량구조나 포장구조의 경우 아스팔트를 완전히 제거한 후

시공하여야 한다.

(2) 폴리머 콘크리트를 이용한 spalling의 보수

콘크리트 구조물의 표면박리 및 spalling의 보수에 사용되는 폴리머 콘크리트로는 에폭시 콘크리트, 메틸계 콘크리트, 우레탄 콘크리트, 폴리에스터-스타이렌 콘크리트 등이 있다. 이중 에폭시 콘크리트는 점성이 크고 습기, 온도, 화학작용에 대한 저항성이 커서 습한 곳에서도 사용 가능하며, MMA콘크리트는 추운날씨에도 사용할 수 있을 뿐만 아니라 액상이므로 철근의 부식방지에 용이하다. 특히 HMWM콘크리트는 점도가 낮고 접착효과가 우수하여 균열보수에 적합하다. 폴리에스터-스타이렌 콘크리트는 가격이 싼 장점이 있으며, 우레탄 콘크리트는 온도에 대한 다양성이 많고 양생이 빨라 5분 정도면 교통소통이 가능하다.

① 깊이가 얇은 spalling의 보수

표면박리 및 spalling의 깊이가 20mm 이하인 경우는 일반적으로 피복두께의 부족에 의한 철근의 부식 및 동결융해 등에 의해 발생한다. 보수방법이 작은 경우에는 골재없는 폴리머 모르타르가 효과적이며, 비교적 부피가 작은 보수에는 HMWM, 에폭시, MMA, 폴리에스터 콘크리트가 주로 사용된다. 폴리머 콘크리트의 도포전에 상태가 좋지 않은 부분은 sandblasting이나 물분사기(water jet) 등으로 제거시킨 후 콘크리트 표면을 건조한다. 국부적으로 열화된 콘크리트를 제거하여야 하는 경우에는 철근의 손상에 주의하여야 하고 노출된 철근은 피복하여야 한다. 만일 추운 날씨에 시공하는 경우에는 MMA계 재료 또는 우레탄계 재료를 사용하는 것이 좋으며, 콘크리트 바닥판과 보수재료를 가열하여 중합을 촉진시켜야 하는데 이때 국부적인 가열은 표면균열을 발생시키므로 피하는 것이 좋다.

② 깊이가 깊은 spalling의 보수

고분자폴리머에 보수깊이의 1/3보다 작은 굵은 골재를 첨가하여 보수하는 공법이다. 시공과정은 깊이가 얇은 경우와 비슷하며, 부피가 큰 보수에는 MMA, 에폭시, 우레탄 콘크리트가 적합하고 보수깊이가 120mm 이상인 경우에는 여러층으로 나누어 보수를 실시한다. 본 공법의 적용시 마찰 저항을 증가시키기 위하여 마른모래를 살포하기도 한다.

③ preplaced Aggregates를 이용한 보수

점성이 낮은 폴리머수지의 사용시 또는 빠른 응결(setting)에 적합한 보수공법으로 아주 얇은 깊이의 보수에는 마른모래를, 깊은 결함 보수에는 건조한 잔골재와 굵은 골재를 손상부분에 채우고 폴리머수지를 도포한다. 작업공정이 단순한 장점이 있다.

2. 교량구조와 포장구조의 강도 및 내구성 증진을 위한 폴리머침투공법

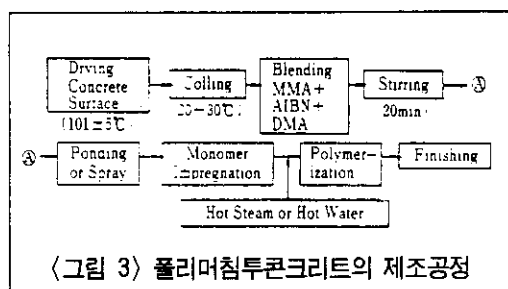
콘크리트 구조물에 발생한 각종 손상을 보수하고 콘크리트의 강도를 증진시키기 위한 보강공법으로는 폴리머침투공법(polymer-impregnation technique)이 대표적이다. 폴리머침투공법은 폴리머침투콘크리트의 현장제조기법으로서 대상구조물의 손상정도와 보수범위에 따라서 압력기법, 함침기법, 그루빙기법, 살포기법, 급속함침기법 등으로 구분된다. 그루빙기법은 표면에 폭 5mm, 깊이 10~20mm의 홈을 제작하여 침투효과를 증진시키는 공법으로 콘크리트 고속도로포장의 입체교차로 및 진입로의 보강공법으로 효과적인 것으로 알려지고 있으며, 급속함침기법 및 살포기법은 콘크리트 포장의 줄눈부 및 교량 접속슬래브의 보강에 적용 가능한 공법이다.

특히 콘크리트의 손상범위가 넓은 경우나 깊은 보강깊이가 요구되는 경우에는 함침기법이 효과

적이다. 교량구조물은 반복재하되는 차량하중의 영향으로 진동 및 충격흡수능력이 우수하여야 하므로 폴리머침투공법에 적용되는 폴리머침투제는 콘크리트의 강성, 연성, 인성 및 내구성을 동시에 증진시키는 아크릴계 폴리머 침투제가 대표적인 고분자폴리머이다. 이들 공법을 적용할 경우에는 대상구조물의 특성, 목표침투깊이 및 현장의 시공 조건을 고려하여 최대의 침투효과를 확보할 수 있는 침투공법을 적용하여야 하는데 이중 본 연구진이 개발한 함침기법-열촉매중합법의 제조공정은 <그림 3>과 같다.

함침기법-열촉매중합법의 경우 폴리머 침투제에 사용되는 고분자폴리머는 결정성 고분자재료인 methyl methacrylate(MMA)와 비결정성 고분자재료인 buthyl acrylate(BA)가 대표적이며, MMA+BA의 공중합체가 사용되기도 한다. 본 공법은 국내에서도 오랜 연구경험과 현장 적용결과를 바탕으로 이미 실용화 단계에 있는 보강공법으로 교량구조, 포장구조, 건축구조, 수공구조 및 대부분의 콘크리트 구조물에 적용 가능하다.

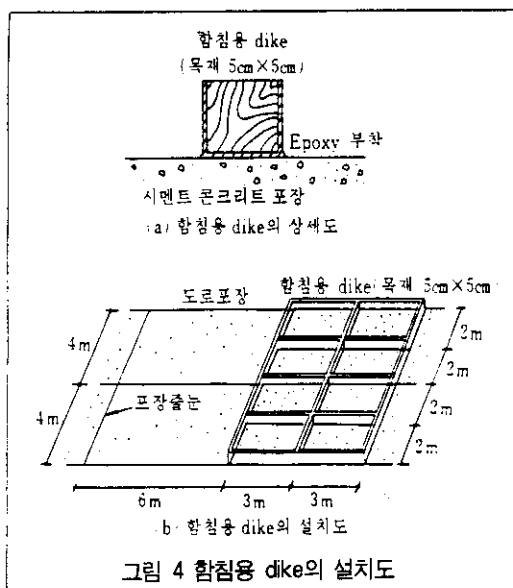
(1) 폴리머침투공법의 시공



① 예비공정

폴리머 보강 대상면적을 선정하기 위하여 콘크리트 표면의 표면박리, 균열, 줄눈부 파손, scaling, spalling 등을 관측한다. 보상위치가 결정되면 교통통제를 실시하고, 코아채취에 의한 현장 함수율, 공극률 등을 평가하여 현장 콘크리트의 물성을 평가한다. 다음 포장표면의 불순물을 제거

한다. 이때 레이탄스는 grinder로 연마하고, oil 및 grease성분은 solvent 나 sandblast로 제거한 후 air compressor를 이용하여 포장표면의 불순물을 완전 제거하는 것이 효과적이다. 표면 청소가 완료되면 폴리머 함침용 dike를 설치한다. 폴리머침투제의 균등침투를 확보하기 위하여 콘크리트 표면의 평탄성을 고려하여 <그림 4>와 같이 함침용 dike를 분리 설치한다. 또한 폴리머침투제의 측면누출을 방지하기 위하여 함침용 dike와 콘크리트 표면을 epoxy로 처리한다. 함침용 dike의 설치가 완료되면 polyethylene sheet로 침투면적을 덮어 외부로부터 침입되는 수분을 차단시킨다.



② 콘크리트의 건조공정

예비공정이 완료된 후 건조공정을 실시하며, 콘크리트 건조를 위하여 열을 가하기 전, solvent성분을 완전히 증발시킨다. 건조공정의 효율성을 증진시키고 열의 손실을 최소화하기 위하여 높이 20cm이상의 보호막을 앵글 또는 합판 등으로 설치한다. 건조공정 중 발생하는 콘크리트 표면의 건조균열을 억제하기 위하여 표면의 온도상승률

은 2°C/분(120°C/시간)을 초과하지 않도록 엄격히 통제하여야 하며, 종방향 온도편차를 최소화시키기 위하여 교량 바닥판 및 포장 중심선에 대칭으로 건조시킨다.

포장구조의 경우, 표면에서 2.5cm 이상 깊이의 포장부위는 통상 80~90%의 수분으로 포화되어 있으므로 반드시 건조공정을 실시하여야 한다. 목침투깊이 5cm인 경우, 콘크리트 표면온도가 80°C가 되도록 최소 12시간 가열한다. 건조공정 중 콘크리트 표면의 온도가 국부적으로 250°C를 넘지 않도록 통제하여야 하며, 가열장비는 가스버너 또는 현장상황에 따라 결정하되 표면온도계를 이용하여 주기적으로 온도변화를 측정한다. 건조공정이 완료된 후, 포장내부온도가 10~30°C범위가 될 때까지 상온 냉각시키며, 외부로부터의 수분침입을 방지하기 위하여 폴리머침투제가 공급되고 중합공정이 완료될 때까지 표면을 비닐이나 polyethylene sheet로 덮어준다.

③ 침투제의 침투공정

콘크리트 표면이 상온 냉각되면 바로 침투공정을 실시한다. 이때 침투제의 증발을 최소로 방지하고, 침투완료 후 포장표면에 침투제를 잔류시키기 위하여 포장표면에 5mm내외의 젖은 모래를 균등 살포한다. 침투제의 1batch배합량은 최대 100ℓ 이내로 한다. 먼저 고분자폴리머인과 개시제를 소요량 계량한 후, 폴리머와 개시제를 혼합하여 개시제가 완전히 용해될때 까지 교반시킨다. 다음 촉진제를 계량하여 혼합시킨 후, 20~30분 동안 교반시킨다. 침투제의 배합시 플라스틱 용기를 사용하고, 교반봉은 금속성이 아닌 목재를 사용한다. 배합공정은 그늘진 곳에서 실시함이 바람직하다. 침투제의 교반이 완료되면 바로 포장표면의 모래가 흐트러지지 않도록 주의하며, 살포장비(sprayer)를 여러개 준비하여 빠른 시간내에 침투공정을 완료한다. 침투공정이 완료되면 침투제의 증발을 방지하기 위하여 전면적에 비닐 또는 polyethylene sheet를 덮어주어야 하며, 직사광선

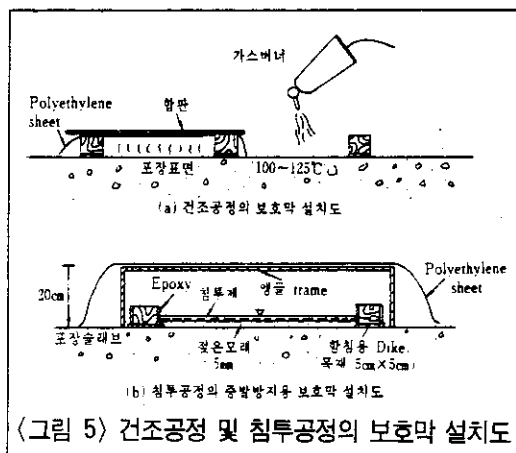
을 피할 수 있도록 합판 등을 이용하여 침투제의 조기 중합반응을 방지한다. 침투제의 효율적인 침투를 위하여 침투공정을 3부분으로 구분하는 것이 바람직하다. 1차 살포 후, 침투제의 침투가 완료되면 2차 살포를 실시하고, 3차 살포는 2차 살포의 침투율을 고려하여 국부적으로 살포한다.

—1차 살포 : 살포량의 60% 살포(전면적 살포)

—2차 살포 : 살포량의 30% 살포(전면적 살포)

—3차 살포 : 살포량의 10% 살포(국부적 살포)

침투공정에 투입되는 작업원은 마스크, 장화, 고무장갑을 착용한다. 침투공정 중 인화성 물질의 접근을 엄격히 통제하여 하며, 침투제의 측면누출에 대비하여 모래를 dike의 측면에 뿌려준다. 한편 건조공정 및 침투공정에 사용되는 보호막의 설치도는 <그림 5>와 같다.



침투공정이 완료되면 중합공정을 실시한다. 침투제의 중합반응을 유도시키기 위해서 증기 발생기(steam generator)를 이용하는 것이 효과적이며, 목표침투깊이의 콘크리트 부온도가 80℃에 도달할 때까지 증기를 가한다. 증기지속시간은 증기발생기의 용량에 따라 상이하므로 이동 가능하고 증기발생용량이 큰 장치를 사용한다. 증기발생기는 콘크리트양생용 증기발생장치(90~100℃)를 사

용하는 것이 좋다. 중합공정시 증기의 누출을 최소화시킬 수 있도록 보호막을 설치하고, 중합공정 완료 후 콘크리트 내부온도가 상온냉각되어 중합된 폴리머피막(polymer network)이 경화될 때까지 1일 이상 대기 중 방치한 후, 표면의 모래와 합침용 dike를 제거한다.

3. 교량 바닥판과 포장 슬래브의

덧씌우기공법

덧씌우기공법은 콘크리트 교량이나 도로포장 바닥판에 사용되어 물이나 염화물의 침투를 방지하고, 바닥판의 표면상태, 승차감, 미끄럼에 대한 저항을 개선하는데 최종 목적이 있다. 액상의 폴리머 콘크리트와 라텍스계의 폴리머 시멘트콘크리트가 주로 사용되며, 개발 초기에는 노후된 교량구조의 보강공법으로 개발되었으나 현재는 포장구조의 보수 및 보강용으로도 적용되고 있다. 본 공법은 10mm 정도의 표면 덧씌우기만으로도 표면강도, 동결융해, 마찰저항 등을 개선할 수 있고 양생기간이 짧아 교통량이 많은 교량이나 부식 정도가 심한 교량 바닥판의 보강에 효과적이다. 본 공법의 양생시간은 첨가되는 양생제 및 개시제의 종류와 첨가량 및 양생온도에 따라 상이하지만, 차량하중하에서도 골재가 손상되지 않는 압축강도인 70kg/m²의 발현시간으로 정의된다. 일반적으로 epoxy, polyester, methacrylate 콘크리트의 경우 상온에서 2~5시간의 양생시간이 소요된다. 덧씌우기의 수명은 공용기간이 경과함에 따른 연성과 부착력의 감소 및 기타 불순물의 침투에 대한 저항능력에 따라 결정되는데 본 공법은 일반적으로 10~15년의 사용수명을 확보할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 낮은 W/C비로도 높은 슬럼프값을 얻을 수 있으므로 시공성이 양호할 뿐만 아니라 워커빌리티 및 긴 슬럼프시간(long slump life)를 얻을 수 있는 장점이 있어 도로포장

의 보강공법으로 기대되는 공법이다. 콘크리트 구조물의 보강에 적용되는 덧씌우기공법은 다층 덧씌우기공법, 슬러리 덧씌우기공법, 선배합 덧씌우기공법 및 폴리머 시멘트콘크리트를 이용한 덧씌우기공법으로 구분된다.

(1) 다층 덧씌우기공법

본 공법은 승차감을 향상시키는데 효과적인 방법으로, 바닥판 표면에 에폭시수지를 타설한 후 중간 크기가 없는 입도(gap-graded-aggregate)의 거친 골재를 살포하고, 결합재가 양생되면 결합되지 않은 골재를 제거한 후 2차 덧씌우기를 실시하는 공법이다. 일반적으로 1층에는 약 88kg/m²의 폴리머수지와 440kg/m²의 골재를 살포하고, 2층은 176kg/m²의 폴리머수지와 615kg/m²의 골재를 살포한다. 총 두께는 6mm내외이다.

(2) 슬러리 덧씌우기 공법

220kg/m² 정도의 메타크릴레이트수지와 308kg/m²의 실리카질 모래, 220kg/m²의 실리카분말로 구성된 슬러리를 타설하고, 다층 덧씌우기에서 사용되는 입도 이상의 골재를 살포한 후 55kg/m² 정도의 seal coat를 한다. 본 공법은 불규칙한 표면을 가진 교량 바닥판에 효과적인 보강공법이며, 총 두께는 8mm정도이다.

(3) 선배합 덧씌우기공법

중량비 12%의 폴리에스터-스타이렌수지와 골재를 혼합하여 타설하는 공법으로 결합강도를 높여주기 위하여 HMWM수지를 주로 사용한다. 시공시 vibratory creed를 사용하여 다짐을 실시하여야 하며, 타설직후에 덧씌우기 표면에 흙을 내어 미끄럼 마찰저항을 증가시키기도 한다. 총 두께는 20mm정도이다.

(4) SBR-latex계 폴리머 시멘트콘크리트를 이용한 덧씌우기공법

본 공법은 주차장 바닥판이나 고속도로 포장구조의 덧씌우기에 주로 사용되며, 타설방법이 보통 콘크리트와 비슷하므로 실용화가 빠를 것으로 예상되는 보강공법이다. 시공시 포장구조의 습도를 100%로 유지시켜주기 위하여 라텍스 커버장치가 필요하며, 로울러피니셔(roller finisher)를 사용하여 5분 이내에 3~4cm 정도의 두께로 타설한다. 합성라텍스의 일종인 SBR-latex가 주로 사용되며, 시멘트의 수화작용과 폴리머피막을 형성하는 라텍스 결합과정을 통하여 경화체를 형성한다. 타설후 시멘트의 수화작용을 촉진시키기 위하여 1~2일 동안 100%의 상대습도하에서 양생시켜야 하며, 이후에는 라텍스의 결합을 촉진시키기 위하여 건조양생을 실시하는 것이 폴리머 콘크리트를 이용한 덧씌우기공법과 상이한 점이다. 제3장에서 기술한 바와같이 SBR-latex는 내열성, 내화학적, 부착강도, 내마모성 및 내구성이 우수하고 철근부식 방지효과와 포장표면의 망상균열의 발생억제효과가 뛰어난 고무계의 고분자폴리머이다.

4. 건축구조의 보수 및 보강을 위한 폴리머침투공법

건축구조의 보수 및 보강에 적용되는 폴리머 침투공법은 교량 및 포장구조의 보강공법과 유사하므로 여기서는 합침용 dike 및 합침용 barrier의 설치 개념 및 시공순서를 중심으로 기술한다.

(1) 슬래브구조의 합침용 Dike

슬래브구조에 대한 폴리머 침투공법의 적용을 위하여 설치한 합침용 dike의 개략도는 <그림 6>과 같다. 합침용 dike는 폴리머침투제의 측면

누출을 방지하기 위하여 설치하며, 슬래브구조가 표면경사를 갖는 경우 전표면의 균등침투를 확보하는 역할을 한다. 함침용 dike를 위하여 5cm×10cm의 벽돌을 사용하였으며, 벽돌표면을 시멘트 모르타와 고성능 접결제로 처리하였다. 또한, 중

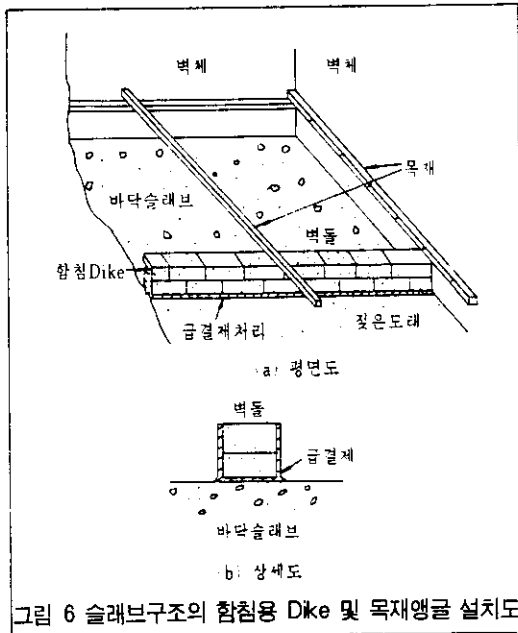


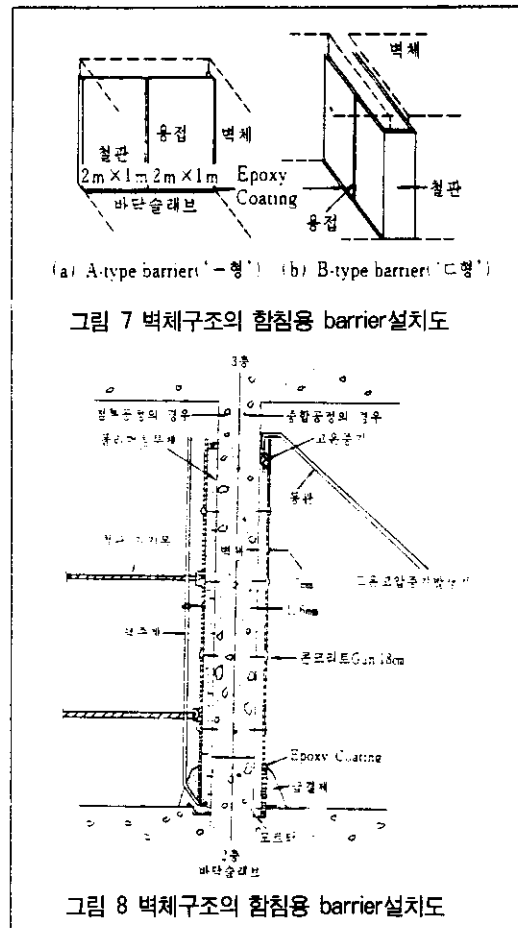
그림 6 슬래브구조의 함침용 Dike 및 목재앵글 설치도

합공정시 고온고압증기의 유동성을 증진시키고, 작업원의 이동 및 증발방지용 덮개의 고정을 위하여 표면에서 20cm높이에 목재로 앵글을 설치한다. 콘크리트 표면은 침투공정시 침투제의 표면증발을 최소화시키고 중합공정시 침투제의 기화를 방지하여 콘크리트 표면에 최대한의 폴리머 피막을 생성시키기 위하여 레이턴스 및 기타 불순물을 제거한 후 젖은 모래를 5mm도포한다.

(2) 벽체구조의 함침용 Barrier

벽체구조는 슬래브구조에 비하여 폴리머 침투제의 침투가 어려울 뿐만 아니라 함침용 barrier의 제작에 세심한 주의가 필요하다. 특히 벽체구조와 함침용 barrier의 간격이 크게 되면 침투제

의 투입량이 증가하므로 벽체구조의 두께, 형상, 면적, 목표침투깊이 및 콘크리트의 공극률 등을 고려하여 3~5mm내외로 Barrier의 형태 및 간격을 결정하여야 한다. 함침용 barrier를 위하여 두께 1.6mm의 금속판을 용접하여 설치하였으며 벽체구조의 위치에 따라 각기 다른 형태로 제단한 후, 벽체와 최대 5mm의 간격으로 콘크리트 gun을 사용하여 부착시키는 것이 효과적이다. 금속판이 바닥 슬래브 및 측면 벽체구조와 만나는 연결부는 내화학성 epoxy로 코팅하여 침투제의 누출을 방지한다. 본고에서 제안하고자 하는 벽체구조의 함침용 barrier는 〈그림 7, 8〉에 도시된 바와 같다.



(a) A-type barrier (I형) (b) B-type barrier (II형)

그림 7 벽체구조의 함침용 barrier설치도

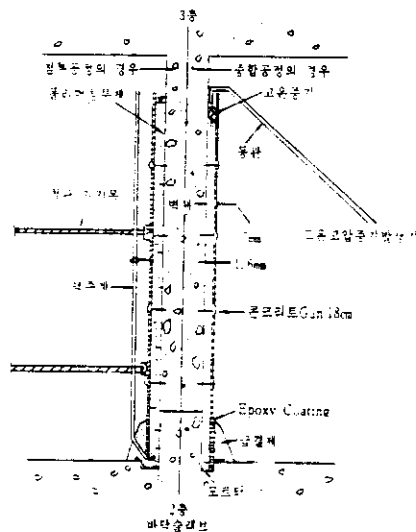


그림 8 벽체구조의 함침용 barrier설치도

(3) 폴리머침투제의 중합장비

폴리머침투제는 재료 특유의 일정 온도에 도달하면 분자량이 급격히 증가하면서 반응계의 밀도와 점도가 늘어나는 중합반응을 발생시킨다. 폴리머 침투공법은 고분자재료의 이러한 반응특성을 이용한 공법이므로 중합반응을 유도하기 위한 중합장비를 필요로 한다. 본 중합장비는 최대 5kg/cm²의 고압으로 200~300℃의 고온증기를 12시간 이상 공급할 수 있는 성능을 보유하고 있다. 한편 보강대상면적이 넓은 경우이나 고층인 경우에는 고온증기발생기를 트럭에 탑재시킨 후, 동관을 연결하여 보강위치에 따라 이동시키면서 중합공정을 진행한다.

(4) 현장 보강공정의 제안

① 슬래브구조의 폴리머 침투공정

㉓ 슬래브구조 콘크리트의 물성평가

- 슈미트햄머에 의한 비파괴 강도의 평가
- 코아(φ10cm)채취에 의한 내부조직평가, 공극률 및 압축강도의 평가

㉔ 슬래브구조 콘크리트의 건조공정

- 콘크리트건조 및 상온냉각

㉕ 폴리머침투제의 침투 및 중합공정

- 함침용 Dike의 설치
- 슬래브의 표면먼지 제거
(1단계) : 함침기법의 적용
- 슬래브 표면에 표면절대 건조상태의 모래도포(5mm)
- 폴리머 침투제의 배합(MMA + AIBN + DMA) 및 소요량 침투
(2단계) : 살포기법의 적용
- 함침기법의 적용 후, 폴리머침투제의 침투 상태가 불량한 지점 선정

- 슬래브 표면에 표면절대 건조상태의 모래도포(5mm)
- 폴리머 침투제의 소요량 살포 및 고온증기의 분사용 동관 배치
- 열촉매중합(고온고압 증기발생기)에 의한 중합실시

② 벽체구조의 폴리머 침투공정

㉓ 벽체구조 콘크리트의 물성평가

- 슈미트햄머에 의한 비파괴 강도의 평가
- 코아(φ10cm) 채취에 의한 내부조직평가, 공극률 및 압축강도의 평가

㉔ 벽체구조 콘크리트의 건조공정

- 콘크리트의 건조 및 상온냉각

㉕ 벽체의 침투용 Barrier의 설치

- 벽체전면에 철관(두께 1.6mm)의 설치 및 용접
- 내산성 Epoxy의 도포 및 경화
- 침투제의 침투량 측정을 위한 액주계 설치
- 철관 Barrier전면에 지지목 설치

㉖ 폴리머침투제의 침투 및 중합공정

함침기법의 적용

- 폴리머 침투제의 배합(MMA - AIBN + DMA) 및 소요량 침투
- 고온증기의 분사용 동관 배치
- 열촉매중합(고온고압 증기발생기)에 의한 중합실시

5. 기타 응용분야

(1) 콘크리트 관암거

American Concrete Pipe Association(ACPA)을 중심으로 San Diago에 배치된 폴리머 침투 콘크리트 하수용 관암거의 실물모형이 실시되었다. 관암거는 두께 10cm, 길이 1.8m, 내경을 30.5cm,

61.0cm 및 91.5cm로 변화시켜 제작되었으며 침투 재료는 MMA와 epoxy-styrene을 각각 사용하였다. 강도실험 및 정수압실험 결과 폴리머 침투콘크리트 관암거는 무근콘크리트 관암거에 비하여 2배, 철근콘크리트 관암거와는 동일한 강도를 나타내었다. 그러나 철근콘크리트 관암거에 MMA를 침투시킨 경우는 36~42%의 강도증진효과를 나타내었다. 폴리머 침투콘크리트 관암거는 산업용 및 도시폐수처리용 하수관이나 농수로용 관암거로 활용 가능하다.

(2) 터널 라이닝

미국 개척국을 중심으로 길이 2.5m, 직경 2.4m의 터널 라이닝 및 support system에 폴리머 침투공법이 적용되었다. 연구결과 터널 라이닝의 거동에 미치는 주요 영향인자는 뒤채움재료(backfill material)임이 규명되었으며, 콘크리트 뒤채움인 경우 폴리머의 침투로 1.6배의 강도증진이 발생하였다. 모래 뒤채움인 경우, 5.1cm의 라이닝 두께에 폴리머를 침투시키면 콘크리트 뒤채움에 8.9cm 두께를 갖는 보통콘크리트 라이닝과 동일한 하중저항능력을 갖는 것으로 평가되고 있다. 또한 폴리머 침투콘크리트는 라이닝 연결부의 강도를 증대시킬 뿐만 아니라 260°C이하의 온도에서는 큰 강도저하를 나타내지 않는 것으로 보고되고 있다.

(3) 고속도로 및 교량 바닥판

미국 도로국을 중심으로 고속도로 및 교량 바닥판의 침투실험이 수행되었다. 실험모형실험과 미국의 주요 교량(San Mateo Bridge, San Francisco의 Oakland Bay Bridge, Golden Gate Bridge 등 20여개)에 대한 현장 침투실험을 토대로 고점성 모노머의 압력침투보다는 저점성 모노머의 중

력침투기법이 효과적이며, 열중합보다는 촉매촉진 중합이 중합시 발생하는 건조수축 균열을 억제시키므로 내구성 및 방수효과를 개선시키는 것으로 보고하고 있다. 기존의 콘크리트 표면에 폴리머 콘크리트로 덧씌우기하는 공법과 내부로 폴리머를 침투시켜 물성을 개선시키는 폴리머침투공법이 활발히 연구되고 있다.

(4) 수공 구조물

미국 개척국을 중심으로 댐의 여수로, 감쇄지, 수문, 수로의 바닥구조 등에 대한 동결융해, 부유물의 마찰저항, cavitation마모저항 등을 개선시킬 목적으로 연구되었다. Madera Canal이나 Bowman Dam의 경우, MMA를 이용한 폴리머 콘크리트로 34° 경사판에 성공적으로 덧씌우기를 수행하였으며 폴리머 시공결과 각종 내구성이 매우 개선되었다.

(5) 프리캐스트 부재 및 기타 분야

방사성폐기물 저장용기, 흡관, 암거, 내화학성관, 진동기계기초 등의 프리캐스트부재의 제조와 건물 벽체, 타일, 건축자재, 수영장 바닥판, 관개용수로, 지하구조물, 강관의 라이닝, interlocking block, transformer pads, transmission line tower, 교통시스템용 포장관, 전력 케이블용 다공관, 위생용기, 세면대 등에 활용되고 있다.

□ 결론

산업이 고도로 발달함에 따라 구조재료로서의 역학적 특성이 개선된 신소재의 개발이 꾸준히 요구되어 왔고, 최근에는 폴리머를 이용한 콘크리트가 새로운 건설재료로 등장하고 있다. 폴리머-콘크리트 복합체는 결합재료로서의 일부 또는 전

부를 폴리머로 치환한 콘크리트로서 폴리머가 콘크리트의 미세공극 내에서 연속적 또는 부분적인 polymer network를 형성하기 때문에 보통콘크리트에 비하여 골재와 시멘트풀의 부착력이 증대되고, 강성, 연성, 파괴인성, 내구성, 내마모성, 내화확성 및 방수효과가 증대되는 것으로 알려져 있다. 현재 미국, 영국, 일본을 비롯한 선진외국의 경우 콘크리트의 물성개선방안 및 보강재료로 고분자재료를 이용한 각종 폴리머콘크리트가 활발히 연구되고 있으며, 대상분야에 따라서는 실용화에 성공하여 실무에 활용하고 있는 실정이다. 국내의 경우 본 연구진을 중심으로 1984년도부터 폴리머 콘크리트의 개발을 위한 배합, 제조기법, 현장장비, 기초물성 및 역학적 특성에 대한 광범위한 연구가 진행되어 왔으며, 실제 신축중인 건축구조의 슬래브구조 및 벽체구조의 보강에 적용하여 강도 및 내구성 증진을 입증한 바 있다. 그러나 아직까지는 폴리머 침투콘크리트를 비롯한 각종 신소재 폴리머-콘크리트 복합체에 대한 인

식부족으로 구조물의 해석이론의 정립은 물론 설계, 현장시공장비 및 유지보수를 위한 관련 시방규정이 아직은 미흡한 수준이다. 지금까지는 대부분의 주요 고분자재료들이 외국에서 수입되고 있어 경제성에서 다소의 문제점이 남아 있으나 현재 건설중인 대단위 아크릴수지의 제조공장이 완공되면 폴리머 침투콘크리트에 새로운 장이 마련될 것으로 사료된다.

이러한 연구의 필요성을 감안할 때, 콘크리트 구조물의 보수 및 보강재료로서의 폴리머-콘크리트의 개발은 건설재료분야 뿐만 아니라 고분자 화학분야에 큰 영향을 미칠 것으로 평가되며, 보다 과감한 연구환경을 조성하여 이 분야에 대한 체계적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고자료 : 월간건설 92. 9 P37~46(이자료는 92. 7. 14 건설 협회에서 주관한 건설기술세미나중 연세대 변근주교수의 “신소재를 이용한 콘크리트 구조의 보수 및 보강”에 대한 내용을 게재함)

섬유보강콘크리트의 개발과 실용화

기술연구소 토목과장 이유방
토목과장 최대규

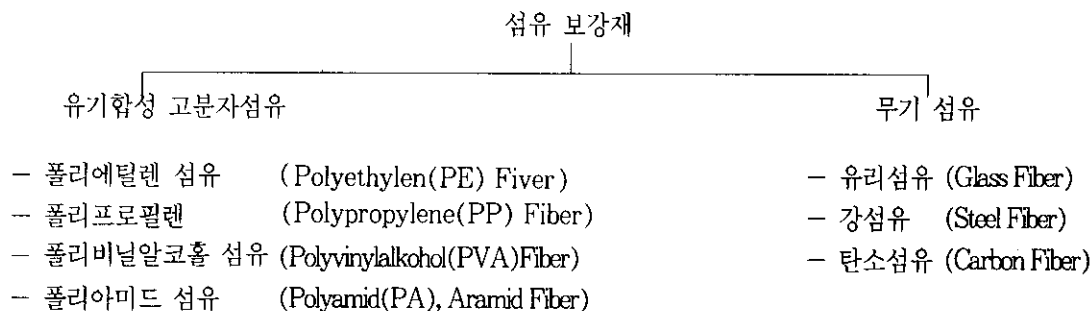
1. 머리말

콘크리트는 가격이 다른 부재에 비하여 저렴하고 압축강도와 내구성이 좋아 토목 및 건축분야에 대표적인 부재로 널리 사용되어왔다. 그러나 콘크리트는 脆性재료이기 때문에 휨이나 인장강도에 매우 약하다는 결점이 있다. 이러한점을 보완하기 위하여 유기 및 무기질재료를 원료로한 섬유보강재를 개발하여 콘크리트에 혼합, 분산시켜 콘크리트의 약점을 개량한 섬유보강 콘크리트(Fiber Reinforced Concrete:FRC)가 개발이 되었다. 섬유로 보강된 콘크리트는 보통콘크리트보다 인장력이 향상되고 내구성과 내충격성, 동결과 용해에 대한 저항력이 증대된다. 섬유보강재로는 고분자섬유나 유리, 탄소계의 섬유가 사용이 된다. 그러나 아직은 비교적 높은 생산가와 사용범위의 제한 등으로 일부의 섬유보강재만이 실용화 되고있는 실정이다. 구조재로서의 섬유보강 콘크리트는 강섬유

보강콘크리트 이외에 실용화 되고 있지않은 상태이나 콘크리트나 철근을 위주로 사용해온 재래식 공법의 개발에 중요한 의미를 주고있다. 현재 우리나라에서의 섬유보강재의 활용은 일부 아파트의 바닥슬래브균열방지의 목적으로만 사용되고 있는 우리나라에서의 이에대한 연구와 개발, 시공 사례는 저조한편이다. 본 글은 섬유보강콘크리트에 대한 이해와 시공에 도움이 될수있도록 현재 개발중이거나 실용화된 섬유보강재의 물성과 개발단계, 사용범위, 문제점 그리고 경제성을 요약, 소개한다.

2. 콘크리트 섬유보강재

콘크리트보강용으로 현재 사용이 되고있는 섬유는 크게 무기계 및 유기계원료를 기본으로 다음과 구분된다.



21 유기합성 고분자 섬유

유기합성 고분자섬유는 저분자 화합물을 합성한 후 이를 다시 중합, 축합 혹은 축중합하여 고분자 화합물로 만든 후 적당한 생산과정을 거쳐 섬유나 필름의 형태로 만든다.

21.1. 폴리프로필렌계 섬유

폴리프로필렌(PP)섬유는 인장강도 300—400 kg/cm², 압축강도 400—450kg/cm²의 물리적특성을 나타내는 고분자섬유로서 비교적 알칼리성에 강하고 저가인 장점이 있으며 폐암원인중의 하나로 알려져 사용이 점차 규제되고 있는 석면(Asbestos) 대체품으로 주로 사용되고 있다. PP섬유의 사용예로서 Pre Cast 방식에 의한 물탱크나 화분, 건축용 외벽이나 지붕재 등을 들수있다. PP섬유는 필름이나 단섬유의 불연속 형태로 콘크리트와 혼합이 되기도 하나 콘크리트와의 부착성을 증가시키기 위하여 그물모양의 연속섬유로 생산이 되어, 보나 슬래브 인장부에 콘크리트타설시 배치 콘크리트의 인장강도증가와 균열방지의 목적으로 사용되기도 한다. 시험결과에 의하면 보통 콘크리트보가 0.2%의 인장변형에서 급속파괴되는데 비하여 PP보강재를 사용한 보는 초기의 탄성 변형영역을 지나 0.4%의 변형율에서 파괴된다. 따라서 PP보강재를 사용한 보(beam)는 인장파괴의 예측과 인장 및 휨강도의 증가를 가져올수는 있겠으나 PP섬유와 콘크리트의 부착과 강도는 일반 구조용 철근에 못마치고 있다.

21.2. 폴리아크릴니트릴계 섬유

폴리아크릴니트릴(PAN)계 섬유도 역시 석면 대체용으로, 독일에서는 PAN섬유를 주원료로 한 Dolanit 라는 이름의 보강재가 개발 되었다. 생산자 자료에 의하면 PAN계 섬유보강재는 PP섬유보다 인장강도는 150배 강하고 연성은 석면계 섬유보다

유보다 우수한 것으로 나타나 있는데 그림1)은 석면계 섬유와 PAN계 섬유(Dolanit)에 가해진 응력, 변형율과의 관계를 보였다.

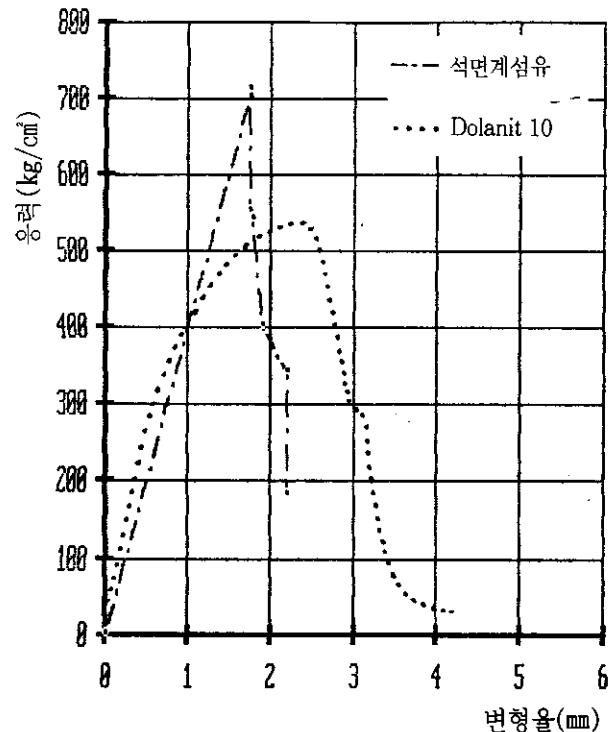


그림 1) PAN계 섬유보강재와 석면계 섬유보강재의 응력, 변형율곡선

PAN 섬유는 석면계 섬유보다 인장응력은 뒤지지만 PAN계 섬유는 석면계 섬유에 비하여 연성이 좋아 인장에 의한 급격한 파괴를 사전 예고해 줄 수 있다. 유기계 섬유로서는 비교적 고온에 대한 저항력이 높아 130℃까지는 강도의 근본적인 저하는 없지만 180℃에서는 온도가 가해진 후 20시간 후에는 강도는 완전히 상실된다. 따라서 고온에 직접 접하지 않는 에너지설비의 부재로도 사용이 가능하여 발전소 냉각탑이 PAN섬유보강패널로 시공된 사례도 있다. PAN섬유는 내알칼리성이어서 pH 12 까지는 원래의 물리적 특성을 유지한다. 그 사용범위는 건축내장재, 지붕재, 그리고

배수관이나 duct에 주로 사용되고 있다. 터널공사의 균열보수공사에 PAN섬유의 시공사례가 있는데 0.77%의 부피혼합율로 PAN섬유를 시멘트 몰탈에 섞어 균열된 벽면을 뿔칠을 처리, 보통 콘크리트에 비하여 13%의 인장 및 압축강도가 증가가 되었다는 시공사례도 있으나 아직까지 PP섬유와 마찬가지로 큰하중을 받는 구조재의 보강용으로는 사용되고 있지 않다.

물 성	Kuralon	Dolanit
탄성계수 (kg/mm ²)	300	800
인장강도 (kg/mm ²)	16	85
연신율 (%)	6	9
밀도 (g/cm ³)	1.31	1.17
섬유직경 (mm)	12	18

표1) PVA계섬유 (Kuralon)와 PAN계섬유 (Dolanit)의 물성

2.1.3. 폴리비닐알코올계 섬유

폴리비닐알코올(PVA)섬유는 일반적으로 비닐로 불리는데 일본에서 PVA섬유를 이용, 콘크리트 보강용으로 쿠랄론(Kuralon)이라는 이름으로 개발이 되었다. 쿠랄론은 PAN 섬유나 PP섬유보강재보다 인장응력, 시멘트에 대한 부착력, 알칼리에 대한 저항력이 좋은것으로 알려져 있으나 그 사용범위도 PAN이나 PP섬유와 같이 하중이 적게 적용하는곳이나 건물의 내장재, 지붕재 등으로 제한되었다. 표1은 Kuralon과 Dolanit의 물성을 나타낸 것이다.

2.1.4. 폴리아미드(아라미드)섬유

폴리아미드계 섬유는 일반적으로 아라미드(Aramid)섬유로도 불리우며 제조회사에 따라 ATF 2000, Kermel, PBI, Tenax, Kevlar 등의 이름으로 생산, 판매 되고 있으나 이중 미국 듀폰(Du Pont)사

의 케블라(Kevlar)가 잘알려져 있다. 케블라는 원래 자동차 타이어의 내구성을 증가시키기 위하여 개발된 것으로 그 공학적성질은 다른 유기계섬유보다 매우 월등하게 우수하다. 이중 PPPT(Poly-p-Phenylene-Terephthalamid)섬유로 된 케블라는 인장강도와 탄성계수가 강섬유나 유리섬유를 능가하는 고강도 섬유로 알려져 있다. 케블라는 고온에 대하여도 매우 강하여 550 °C의 고온 에서도 견디는것으로 알려져 있다. 그러나 강알칼리에는 강도가 매우 약화된다. 일본에서의 연구결과를 보면 아라미드섬유를 2%부피혼합율로 콘크리트에 혼합하여 140 °C에서 4시간 고압 양생한 아라미드 섬유보강콘크리트 (Aramid Fiber Reinforced Concrete:AFRC)를 생산하여 물리적 특성을 시험해 본결과 인장강도 50kg/cm², 휨강도 250kg/cm²로서 보통콘크리트보다 10배의 강도에 도달할수 있었다고 한다. 연구결과에 의하면 섬유혼합율의 증가는 강도의 증가와 비례하지는 않으며 2%의 혼합율에서 최적의 강도를 나타낸다. 아라미드 섬유보강콘크리트는 아직 개발단계 이어서 시공에는 없지만 미국, 유럽, 일본등지에서 관심을 가지고 연구를 하고 있는 과제중의 하나이다. 아라미드섬유의 고강도, 내열성, 내약품성은 현재까지 개발된 콘크리트보강섬유중 최고의 역학적 성능을 나타내기 때문에 앞으로 탄소섬유와 함께 각광을 받는 섬유보강재중의 하나가 될것이다. 현재 아라미드섬유는 인장재나 케이בל로서 Pre Stressed 콘크리트의 구조나 교량등에 널리사용되어 왔으며 이외에 에폭시수지와 함께 하이브리드(Hybrid)구조 에도 사용된다. 케블라49를 사용한 Twaron이라는 인장재는 표면을 에폭시수지로 감싸 내구성과 내화학성을 증진시킨것으로 주로 PS콘크리트부재의 인장재로 사용이 되며 화란의 Azko사에서 개발된 Arapree라는 케이블은 강철케이블의 약 2배 인장력을 가진다.

22 무기섬유보강재

무기섬유보강재로 사용되는 섬유는 분자의 구조형식에 따라 비결정형 이거나 복합결정형구조를 가지며 유리섬유는 전자에, 그리고 탄소섬유는 후자에 속한다. 이외에 휘스커(Whisker)가 있으나 보강재로서의 실용성은 없다. 무기섬유는 유기섬유에 비하여 취성이며 매우 높은 탄성계수와 특히 고온에 강한 특성을 지닌다. 섬유보강재로는 鋼섬유, 유리섬유가 가장 널리 쓰이고 있으며 탄소섬유는 주로 우주나 항공공학, 스포츠용품등에 사용되어오다가 최근에 건설분야에 활용이되고는 있으나 콘크리트보강재로서는 아직은 고가이어서 사용범위는 제한되어 있는 편이다.

22.1 유리섬유

유리섬유는 일반적으로 보온재로 사용되는 솜과 같은 형태와 장섬유형태의 로빙(roving)으로 생산되나 솜형태의 유리섬유는 콘크리트와 혼합상 문제로 사용되지 않고 로빙을 여러가닥 꼬은다음 적당한 길이로 절단한 유리섬유가 보강재로 사용된다. 유리섬유는 생산, 저장 그리고 사용된 유리의 성분에 따라 그 물리적성질이 아주 다르다. 유리섬유를 고온다습한 상태에서의 장기간의 저장시키면 강도의 저하를 가져온다. 또한 봉소, 인 그리고 납을 다량 포함한 유리로 제조된 유리섬유

	A - Glas ¹⁾	B - Glas ²⁾
밀도 (g/cm ³)	250	254
인장강도 (kg/cm ²)		
20 °C	3,033	349
371 °C	—	262
538 °C	—	172
파괴시 변형율 (%)	—	4.8

1) Alkali Soda Glas

2) Aluminiumborsilicate Glas

표2) 유리섬유의 특성

도 역시 강도가 낮고 알칼리에 대한 저항력도 낮다. 표2)는 원료로 사용된 유리에 따른 유리섬유의 특성을 나타낸것이다.

유리섬유보강콘크리트(Glas Fiber Reinforced Concrete: GFRC)는 유리섬유를 석영질의 모래와 실리카를 함유한 시멘트모탈에 몰탈부피의 2-5%, 섬유길이 20-50 mm의 내알칼리성 유리섬유를 혼합하여 만들어 진다. 섬유보강콘크리트는 보통시멘트모탈보다 인장강도를 최고 100배정도 향상시킬 수가 있다. 유리섬유자체의 인장응력은 300-350 kg/cm² 정도로 매우 높은 인장력을 나타내지만 유리섬유보강콘크리트의 파괴는 시멘트매트릭스에 부착된 유리섬유가 떨어져 나감으로 이루어진다. 표3)은 유리섬유보강콘크리트와 보통콘크리트(압축강도 450kg/cm²)의 강도를 나타낸것이다.

	유리섬유보강콘크리트	보통콘크리트
밀도 (t/m)	2.15	2.35
휨강도 (kg/cm)	20-25	4
인장강도 (kg/cm)	10	3

표3) 유리섬유보강콘크리트(GFRC)와 보통콘크리트의 특성비교

유리섬유는 강섬유에 비하여 비교적 가볍고 극부적인 균열을 방지할수 있고 내부응력을 분산시킴으로 curtain wall, panel, 지붕재, 폐수처리장에서 침전조, 물탱크 등에 사용되고 있으며 GFRC로 만들어진 고압관은 700kg/cm²의 압력에 견딘다. 유럽에서는 GFRC 뿔철시공으로 직경 31m의 shell을 시공한바도 있는데 shell의 평균두께는 15mm 정도이다. GFRC의 가장큰 약점인 알칼리부식을 해결하기 위하여 A형이나 E형 유리섬유가 사용되기도 하지만 시멘트자체의 알칼리성때문에 시간이 경과함에 따라 유리섬유보강재의 강도가 저하된다. 이러한 결점을 보강하기 위하여 영국에서 소다-지르콘(Soda-Zirkon)을 사용한 내알칼리성 유리섬유가 개발, 미국과 일본에서 그 제조기술을

전수받아 Cem-F12 라는 이름으로 생산되고 있다. 이 보강재는 직경이 0.01에서 0.013mm의 글라스로 빙을 200여개 모아 하나의 섬유가닥으로 꼬은후 그표면에 특수코팅을 하여 알칼리에 대한 저항력을 높인것이다. 또한 일본에서 석회성분이 낮은 저석회시멘트와 내알칼리성 유리섬유(ARGlas)를 개발, 이들을 혼합사용함으로써 GFRC구조물이나 부재의 내구성을 높이고 있다.

222. 鋼섬유

鋼섬유는 얇은강판이나 강선을 정, 장방향이나 반달형의 철판이나 20-100mm 길이의 단섬유 형태로 절단하여 만들어 지는데 일반적으로 강선을 절단, 가공한 섬유형태의 것이 가장 많이 쓰이고 있다. 이중 Dramix강섬유(그림 2)와 같이 콘크리트와 혼합을 쉽게 하기 위하여 수용성접착제로 섬유를 연속적으로 부착시킨것도 있다.

콘크리트에 분산, 배치된 강섬유는 콘크리트가 파괴되어도 계속적인 응력부담을 하게되어 콘크리트부재의 물성을 향상시키는 역할을 한다. 보통 콘크리트에 강섬유를 1-2%의 혼합율로 콘크리트에 배합하여 보통콘크리트의 인장 및 전단강도,

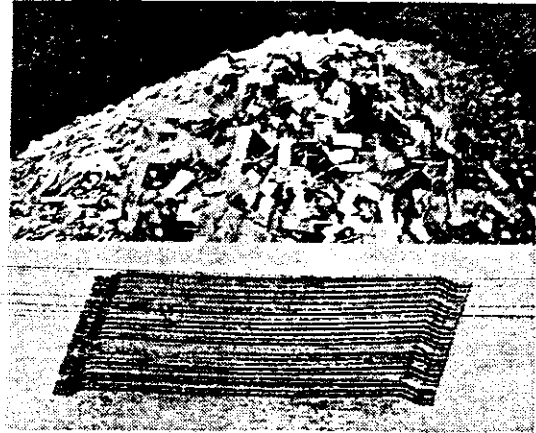


그림 2) 강섬유의 형태

내충격성, 균열과 동결융해에 대한 저항성 내화성을 현저하게 증가되는데 이를 강섬유보강콘크리트(Steel Fiber Reinforced Concrete:SFRC)라고 한다. 강섬유를 15%의 부피혼합율로 혼합시킬때 시공에 따라 인장, 휨강도는 1.5-1.8배, 내충격성은 5-10배, 균열에 대한 저항성은 2-10배를 증가시킬수 있다고 한다. 표4)는 강섬유보강콘크리트와 유리 및 아라미드섬유보강콘크리트의 특성을 비교하였다.

섬유보강콘크리트	섬유길이 (mm)	시공방법	밀도 (t/m³)	압축강도 (kg/cm²)	휨강도 (kg/cm²)	인장강도 (kg/cm²)	인장파괴시 변형율(%)
유리섬유 보강 콘크리트	25	혼합	1.9	550	120	5	0.5
	50	뿔칠	2.0	450	250	10	0.8
PP 섬유 보강 콘크리트	50	혼합	1.8	400	100	4	0.4
	50	혼합	1.7	350	100	4	0.7
강섬유 보강 콘크리트	25	혼합	2.2	500	70	3	0.4
	50	혼합	2.3	500	90	4	0.6

표 4) 섬유보강콘크리트의 특성비교

강섬유보강콘크리트의 제조는 현장에서 콘베이어벨트를 따라 골재와 시멘트, 강섬유가 차례로 투입, 혼합으로 이루어 진다(그림3). 혼합과정에서 강섬유가 서로 엉겨붙어 성게모양의 fiber ball을 형성하여 혼합기의 출구를 막히게 하거나 강섬유의 비균질한 배치를 방지하기 위하여 강섬유 분산기를 설치, fiber ball의 방지와 콘크리트내 섬유의 균등한 분산을 유도한다.

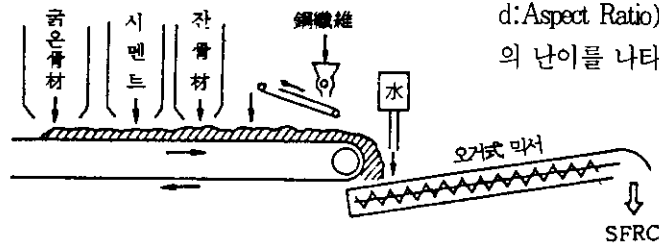


그림 3) 강섬유보강콘크리트의 제조

강섬유의 혼합율을 증가시키면 이에 비례하여 압축강도는 최고 15%까지 증가시킬수 있다고 한다. 그러나 이와 반비례하여 섬유의 혼합율이 증가할수록 반죽질기와 워커빌리티가 나빠져서 시공이 불량하게 되고 타설이된후에도 콘크리트내의 공간이 생기게 되어 콘크리트와 철근의 부착강도의 저하와 철근부식의 원인이 되기도 한다. 또한 섬유의 길이도 시공성에 영향을 주는데 그림 4)에서 섬유의 직경에 대한 비(l/d :Aspect Ratio)와 혼합율(중량%) 그리고 시공성의 난이도를 나타냈다.

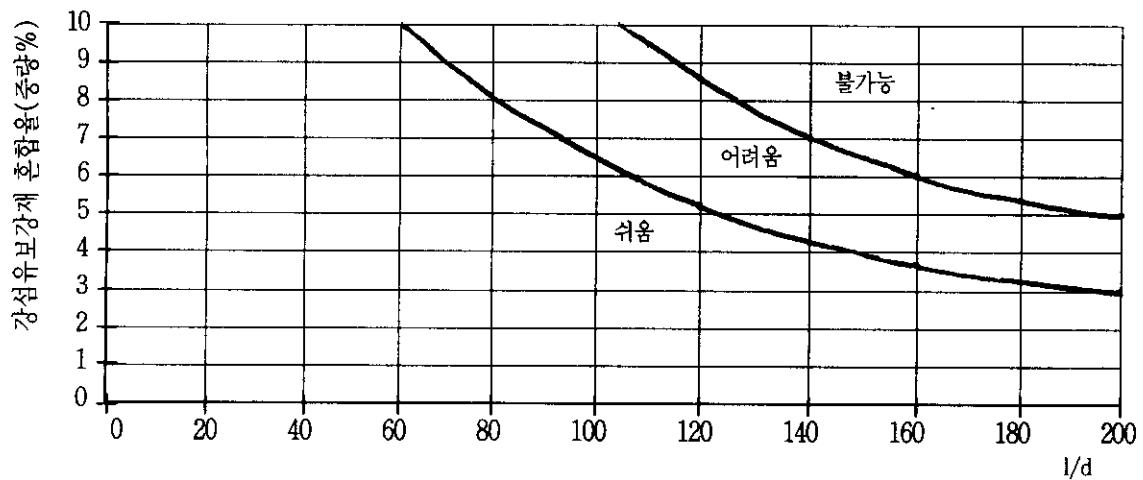


그림 4) 섬유의 길이/직경비와 혼합율, 시공성과의 관계

그림에서 보는바와 같이 l/d 의 클수록, 혼합율이 증가할수록 시공과 혼합의 어려움이 따르는데 l/d 가 100이상이고 혼합율이 10%이상이면 혼합기가 정지되고 시공도 불가능 하다. 이러한 어려움 때문에 강섬유중 길이가 짧은 단섬유를 사용하여

혼합을 쉽게 하기도 하지만 단섬유는 강도의 증가에 기여도가 적은 결점이 있고 반면에 장섬유는 혼합이 어려운 단점이 있으나 강도의 증가에 대한 기여도가 높다. 연구에 의하면 최적의 시공조건을 얻으려면 골재의 최대직경이 10mm일때 혼합율과

1/d 비가 100 에서 150이하, 골재직경이 2mm이하 일때는 혼합율과 1/d의 비가 160에서 200이하로 추천하고 있다. 강섬유 보강콘크리트의 이력므로 시공상 문제점을 개선하기 위하여 SIFCON(Slurry Infiltrated Fiber CONcrete)라는 방법이 개발이 되었는데 이방법은 강섬유를 골고루 분산 배치한후 유동상의 몰탈이나 시멘트반죽을 주입하여 부재도 제조하는 방법으로 강섬유의 혼합율을 최고 20% 까지 증가시킬수 있다고 한다. 강섬유 콘크리트의 염해에 대한 실험에 의하면 해수에 약10년간 침수 시킨 강섬유 보강콘크리트는 보통콘크리트가 40%의 강도저하를 나타내는 반면 강섬유보강콘크리트는 초기강도의 10%정도의 강도저하를 나타내어 해양구조물에 널리쓰여질수 있을 것이다. 또한 유기섬유보강재가 고온에 대하여 매우 취약성을 보이고 있는 반면에 강섬유보강재는 내화성에 우수한 편이다. 강섬유콘크리트보의 내화시험결과에 의하면 600 °C의 고온에서 25%의 강도저하를

나타내었다. 그러나 무엇보다도 강섬유의 장점으로서는 기존의 섬유보강재에 비하여 저가이고 (표5 참조) 다른 섬유보강콘크리트부재가 아직 구조재로 사용되지 못하고 있는 반면 강섬유콘크리트부재는 동하중이 작용하거나 폭발의 위험성이 있는 구조물, 원자력발전소, 활주로, 터널공사, 플랜트나 공장의 바닥구조물, 해양, 수리구조물등 매우 광범하게 사용되어 왔다. 이외에 강섬유콘크리트제품으로 Pre Cast 콘크리트관, Culvert, 침목, 건축부재용으로 활용된다.

2.2.3 탄소섬유

탄소섬유는 셀룰로스나 PAN, 역청의 탄화로 얻어지는데 고강도이며 특히 고온에 매우 강하여 용점이 1,650 °C에 달한다. 탄소섬유는 이러한 공학 적성질로 우주선이나 비행기, 스포츠용품에 많이

섬유보강재	밀도 (g/cm ³)	인장강도(kg/mm ²)1)	탄성계수(kg/mm ²)	가격(kg/원)2)
탄소섬유				
- PAN계 (고장력)	1.76	350	23	50,000-75,000
- PAN (고탄성)	1.82	230	36-70	225,000-300,000
- 역청계 (고탄성)	2.00	200	38-70	40,000-60,000
유리섬유				
- EGlas	2.55	260	7.2	1,500-2,000
- SGlas	2.55	460	7.5	75,000-15,000
아라미드섬유	1.44	280	13	25,000-35,000
강섬유				
- 보통	7.85	110	21	750-1,300
- 고강도	7.85	200	21	2,000-2,300

1) 평균값 2) 1980년대 기준 가격이며 생산회사, 제품에 따라 달라질수 있음

표5) 탄소, 유리 및 아라미드섬유의 특성과 가격

활용이 되어 왔다. 전세계에서의 연간 탄소섬유생산량은 8,500톤(1986년)의 생산능력을 가지고 있고 국내에서 연간 200톤가량의 PAN계의 탄소섬유가 생산이 되기는 하지만 섬유보강재로 사용되는 것은 아직은 고가인 관계로 국외에서 주로 교량이나 Pre Stressed용 인장재, 하이브리드구조용으로 부분적 사용되어 왔다. 콘크리트보강재로서 프리캐스트 panel 이나 고층건물의 curtain wall 제작에 사용된 예도 있지만 그사용범위는 아직 넓지는 못하다. 역청제 탄소섬유는 셀룰로오스계나 PAN계 탄소섬유보다 강도는 떨어지는편은 있으나 가격이 월등하게 저렴하다. 앞으로 역청제 탄소섬유가 대량생산되어 콘크리트보강재로 활용이 될경우 탄소강섬유의 1.5배가격으로 생산될수가 있어서 매우 주목되는 재료이며 라고 할수 있겠으나 콘크리트와 부착성이 난제로 남아있다. 표5)에 탄소섬유의 공학적 성질을 유리, 아라미드 및 강섬유와 비교하였다.

3. 맺음말

섬유보강재를 사용하여 콘크리트의 성질을 현저히 개선할수 있다는 것을 알게되어 최근에 섬유보강콘크리트를 사용한 시공사례가 증가되고 있다. 그 사용범위는 화분에서 부터 해양구조물까지 매우 광범위 하다. 섬유보강콘크리트는 비교적 근래에 개발이 되어 장기간의 사용실적이 없고 경제성, 내구성, 시공성에 문제가 있어 이부분에 대한 연구와 개발을 필요로 하고 있다. 그러나 장차 건설기술의 발달에 따른 고도의 기술과 시공, 경제성의 요구에 기존의 콘크리트가 안고 있는 문제점 해결에 콘크리트섬유보강재는 기존 콘크리트에 대한 인식이 많이 바뀌게 될것이다.

4. 참고문헌

- 1) 신희덕, 문영호, 섬유보강콘크리트의 기술현황과 전망, 산업연구원, 1988
- 2) W. Menz, Versuche mit Glasfaserbeton, 15. Forschungskolloquium des DAFSt, 1984
- 3) K. Gamski, Development of Building and Civil Engineering Composite (in Engineering Application of New Composite, Omega Scientific Publishing, Wallingford England, 1988)
- 4) H. Krenchel, S. Schah, Application of Polypropylene Fiber in Scandinavia, Concrete International, March, 1985
- 5) H. Haehne, "Dolanit" Hochfeste Acrylfaser fuer technische Einsatzgebiete, Chemiefaser/Textilindustrie, Dec. 1983
- 6) H. Haehne, Hochfeste Acrylfaser, Hoechst High Chem Magazine, H1, 1986
- 7) C.C.Chiao, T.T. Chiao, Aramid Fiber and Composite (in Handbook of Composite,) Van Nostrand Reinhold Book Company, New York, 1983
- 8) U.Kaiser, Glasfaserbeton-ein zeitgemasses Baumaterial, beton, H11, 1988
- 9) BASF Company, High Strength Tension Member of Carbon Fiber Composite
- 10) A. Gernitse, "ARAPREE" The Prestressing Element Composed of Resinbonded Twaron Fibers, HBG/Azko Company, Nether land

폐기콘크리트의 재활용

기술연구소 토목과장 이유방

1. 서론

최근에 들어와 환경문제의 대두와 함께 국내 건설현장이나 각종건축물의 해체공사 또는 도시재개발등에서 발생하는 건설폐기물은 현재까지 쓰레기처리장에서 매립되거나 간척지, 또는 매립지에서 투기되어 환경오염을 가중시키고 처리비용 부담과 주민들과의 마찰을 빚어왔다. 한편 지하자원의 고갈과 함께 향후 2000년대의 골재소요량은 지난 1974년에 비하여 엄청난 증가를 보이고 있는

원자재	세계 전체수요량 (단위: 백만톤)	
	1974년	2000년
석회석	108	217
모래	6,295	15,700
자갈	4,600	13,400

표1) 세계의 건설용 원자재 수요량

며(표1) 국제적인 자원공급의 불안정, 대량생산과 소비에 따른 환경문제의 심각성이 점차 심화됨에 따라 건설폐기물의 재사용이 이미 미국, 일본, 유럽의 국가에서 연구, 개발되어 일부 폐기물은 적당한 수거절차와 재생절차를 거쳐 재활용자재로서 다시 건설현장에 투입, 실용화되는 단계에 있다.

건설폐기물은 폐기콘크리트, 목재, 각종 플라스틱류, 벽돌 그리고 석재 등을 포함하지만, 이중 폐기콘크리트 재활용에 대한 연구와 실용화가 어느 정도 이루어졌고 경제적으로도 개발가치가 있는

것으로 알려져 있다. 본 글은 폐기콘크리트의 재활용, 즉 폐기콘크리트로 부터의 재생골재 환원과 활용 그리고 문제점, 경제성에 대하여 소개한다.

2. 폐기콘크리트의 재활용에 대한 국외의 기술개발

재생골재는 물론 천연의 모래나 자갈 보다는 그 물리적 특성이 뒤지는 면을 피할수는 없지만 재생골재가 천연골재의 필요조건을 어느정도 만족시키는한 경제적, 환경보호적인 측면에서 그 개발



그림 1) 독일의 폐기콘크리트 재활용시설

■ 技術資料 ■

가치는 상당히 크다고 할수 있다. 이미 미국에서는 폐기콘크리트를 노후화된 콘크리트고속도로의 개, 보수작업에 효과적으로 이용하고 있으며 화란에서는 연간 폐기콘크리트 발생량의 67%가, 독일의 경우 32% 이상이 각종 시설에 재활용 되고 있다. 일본도 이미 일본건축업자협회와 건설성 건축연구소에서 폐기콘크리트에서 재생골재 활용에 대한 지침서를 작성하여 폐기콘크리트의 재사용, 실용화에 대한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다. 그림 1, 2)는 독일의 폐기콘크리트 재활용시

설과 폐기콘크리트로 부터 재생골재를 얻기까지의 과정을 흐름도로 나타낸것이다. 먼저 수거된 콘크리트는 콘베이어벨트로 채로 이동, 여기서 크기별로 구분되어 큰덩어리의 콘크리트는 1차 파쇄된후 전자석으로 철근과 같은 금속이 분리된다. 콘크리트는 다시 채로 크기별로 분류, 입경이 작은 콘크리트는 직접 불순물제거장치로 나머지는 재차 2차파쇄과정을 거친후 전자석으로 또 한차례 금속류가 제거된다. 이어서 불순물 제거장치에서 콘크리트는 최종적으로 중량차이에 의한 방

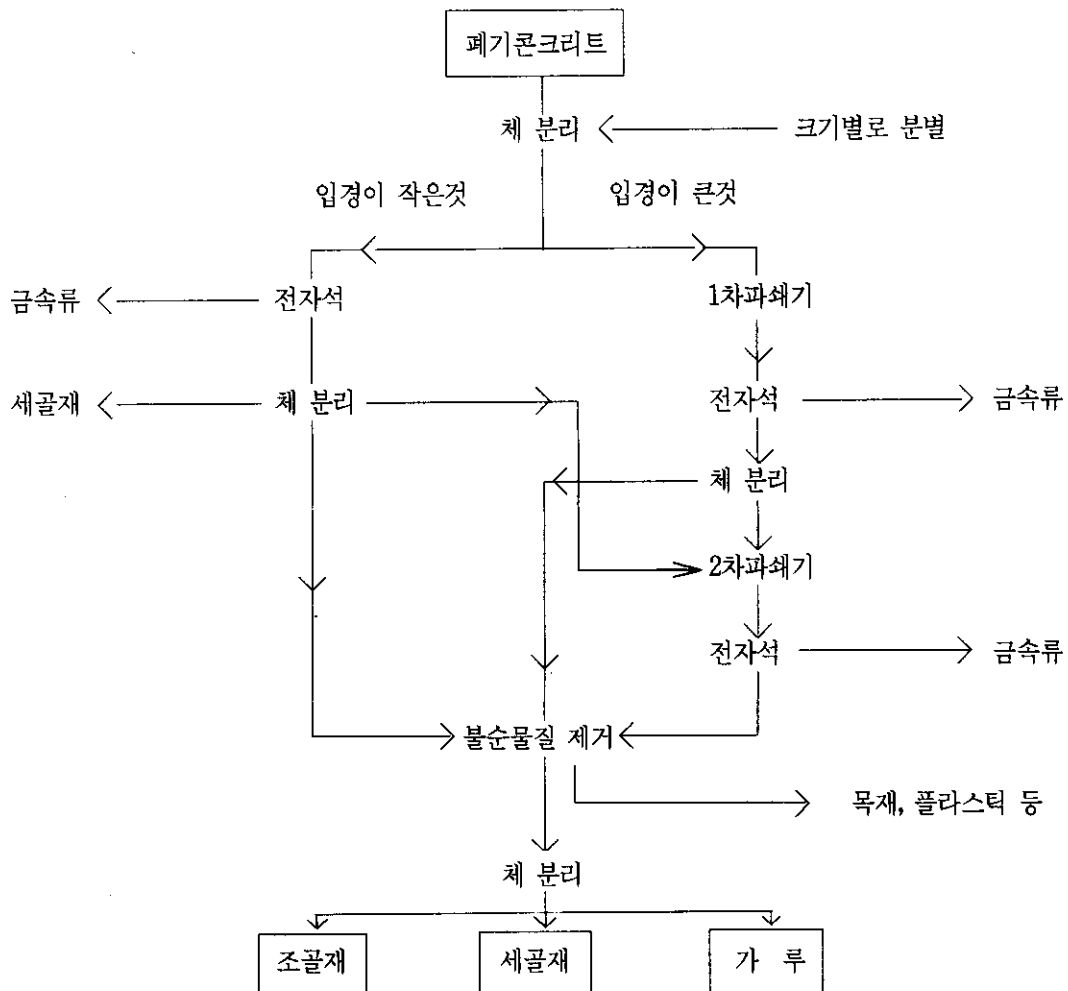


그림 2) 독일에서의 폐기콘크리트 재활용과정

■ 技術資料 ■

법으로 목재, 플라스틱류 등이 제거되어 골재의 크기별로 분리, 재생골재로 활용된다. 1차 체분리 과정에서 분리된 작은 콘크리트덩어리도 마찬가지로 금속분리와 체여과를 거친후, 입경이 큰것은 2차파쇄기로 보내지고 체를 통과한 세골재는 직접 불순물분리장치로 보내진다.

이와 같은 방법으로 얻어진 재생골재는 천연골재가격의 1/8가격으로 판매되는데 주로 주차장, 도로나 스포츠시설의 기초공사용, 보도블럭, 방음벽 등에 골재로 사용된다.

미국에서는 사용되는 방법도 그림 2)에 나타난 과정과 근본적인 차이점은 없는데, 현장에서 콘크리트를 40~75 cm 크기로 파쇄한후 트럭으로 분쇄기 위치까지 운반하여 덩어리가 큰 콘크리트는 1차파쇄기에서 15cm 이하로 부서지고 분쇄기와 체 사이에 전자석이 설치되어 철근이 분리, 회수된다.

(그림 3).

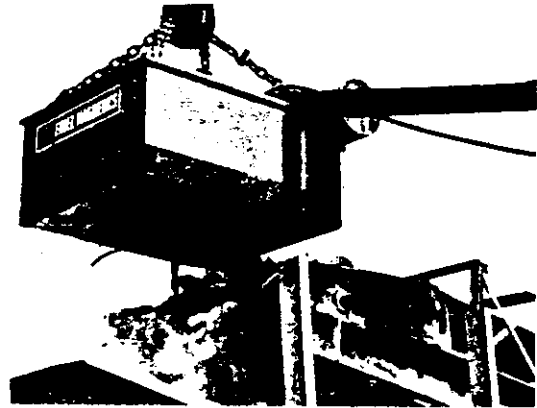


그림 3) 폐기콘크리트로 부터의 철근의 분리

그림 4)는 일본에서 개발된 폐기콘크리트의 재활용 과정을 나타낸 것이다.

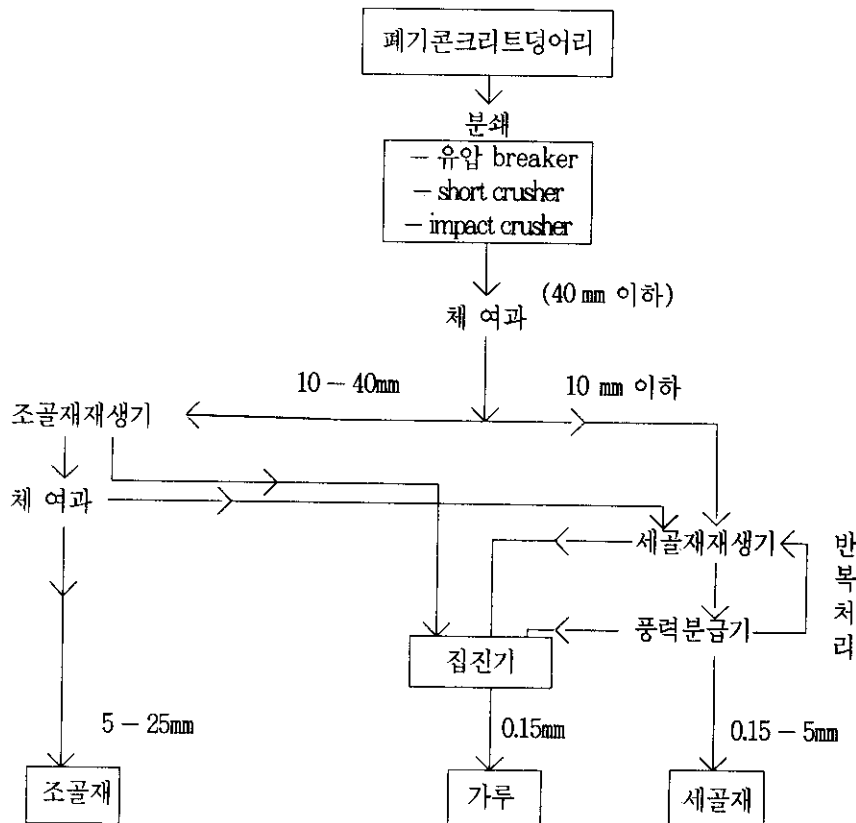


그림 4) 일본에서의 폐기콘크리트 재사용과정

■ 技術資料 ■

수거된 폐기콘크리트는 파쇄과정을 거친후 분별과정에서 10 - 40mm 의 크기의 콘크리트는 조골재재생기로, 그이하의 크기는 세골재 재생기로 유입이 된다. 여기서 얻어진 골재는 각 재생기에서 다시 분별및 회수과정을 거치게 되는데 조골재는 조골재 재생기의 원통에 편심회전체를 설치하고 그사이에 폐콘크리트분쇄물을 투입한후 회전가속하여 소요굵기의 조골재를 회수한다. 세골재는 분말상태 성분의 콘크리트는 공기를 불어넣어 장치

밖으로 배출, 필터로 여과되고 남은 세골재는 수집된다. 회수된 재생골재는 그 크기에 따라 조골재(5 - 25mm), 세골재(0.15 - 5mm)그리고 가루(0.15mm이하)로 분별수집이 되는데 가루는 포틀랜드시멘트와 성분이 비슷하기 때문에 포틀랜드시멘트 또는 특수시멘트의 원료로 재활용할수 있다.

참조로 일본 건축업협회에서 제시한 건축및 토목구조물에서의 재생골재사용 콘크리트의 설계기준강도를 표2, 3)에 나타내었다. 재생골재를 사용

콘크리트의 종류	세골재 (%)	재생조골재 투입율(%)	설계기준강도 (kgf/cm ²)	용 도
A	100	50이상	150 이하	간이 콘크리트
B	100	30 - 50미만	180 이하	
C	100	30이하	200 이하	일반구조용 콘크리트

표2) 재생콘크리트의 종류와 품질 (건축)

재 생 콘크리트	재생콘크리트 설계 기준강도(kgf/cm ²)		사용조골재	사용세골재	
I	210 이상(철근콘크리트)		재생골재 1종	보통골재	
II	160이상(무근콘크리트)		재생골재 2종	보통 혹은 재생 골재 1종	
III	160이하(버림콘크리트)		재생골재 3종	재생골재 2종	
항목	재생조골재			재생세골재	
	1종	2종	4종	1종	2종
흡수율	3이하	3이하 5이하	7이하	5이하	10이하
안전성	12이하	30이하 12이하	-	10이하	-

표 3) 재생콘크리트의 종류 및 골재 (토목)

한 구조물의 설계시 이 표를 이용하면 참조하면 재생골재 배합율에 따른 설계기준강도의 설정에 참조가 될것이다.

3. 재생골재를 이용한 콘크리트의 시공사례

재생골재를 보통골재에 일정량 혼합하거나 보통골재와 동등의 품질로 개선하면 일반구조용 콘크리트나 방음벽, 도로공사, 연약기초보강, 주차장이나 운동시설의 노면공사등에 이용할수있다. 대표적인 예로 미국 와이오밍州的 I - 80번 고속도로의 폐기콘크리트 재활용을 들 수 있다. I-80 고속도로는 60년대에 개통된 콘크리트고속도로로서 노면의 20cm는 콘크리트슬래브와 15cm두께의 쇠석포장으로 이루어진 도로이다. 이도로는 시공당시 화산암이 일부 골재로 사용되어 심한 알칼리 반응을 일으킴과 동시에 교통량의 증가로 노면이 손상을 입어 손상된 노면을 제거하고 재생골재를 사용

하여 새로 노면을 포장하였다(그림 5).

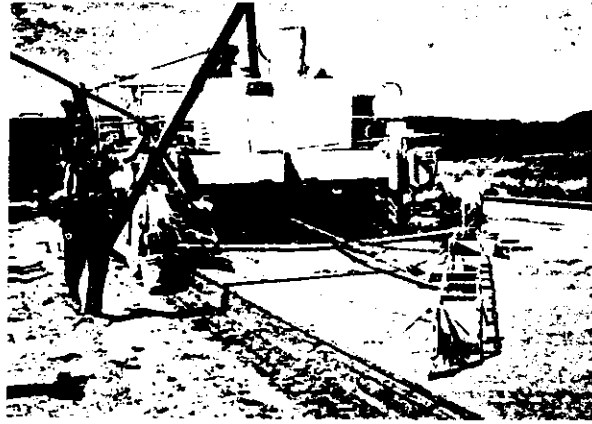


그림 5) 도로공사에서 폐기콘크리트의 재활용

사용된 재생골재는 수분흡수율을 감소시키기 위하여 4.75mm 이상의 골재가 사용되었고 재생골재의 알칼리반응의 진행을 방지하기위하여 석회석이 혼합되었다. 콘크리트 비비기와 시공성, 그리고 내구성을 향상시키기 위하여 fly ash 와 유동화제가 첨가되었다(표4 참조). 콘크리트 1입방미터

골재 및 혼합재	밀도 (ton/m ³)	수분흡수율 (%)	마모율(Los Angeless Abrasion Loss) %	혼합량 (kg/m ³)
재생조골재 (4.75 - 25.5 mm)	2.45	3.31	3.83	656
천연골재 (최대직경 25.4mm)	2.65	0.83	31.8	356
재생세골재 (<4.75mm)	2.36	6.45	—	150
천연모래 (<4.75mm)	2.63	0.76	—	523
fly ash			—	79
포틀랜드 시멘트				289

표4) 재생 및 천연골재의 시험결과 및 혼합량

당 사용된 골재는 재생골재 669 kg, 일반모래 535 kg, 물 140 l가 혼합 되었고 이에 대한 물/시멘트비는 0.48로 계산되었다. 이러한 배합율로 슬럼프테스트를 한 결과 슬럼프높이 25-38mm, 공기량 5.3-5.65%, 28일 평균 인장강도를 5.0N/mm²로 유지할수 있어 보통골재를 사용할때와 같은 만족한 결과를 얻었으며 골재구입 및 반입에 소요되는 비용을 대폭감소, km당 23,000-33,000 달러의 공사비절감을 가져올수 있었다고 한다.

4. 문제점

재생골재는 천연골재보다 물리적인 성상이 빈약하므로 폐기콘크리트를 사용한 재생골재콘크리트는 양질의 강모래, 강자갈을 사용한 콘크리트와 비교하여 작업성 과 시공성뿐만 아니라 강도 성상을 비롯한 공학적 특성이 불리한 것으로 알려짐에 따라 재생골재의 실용화 및 활용화를 위하여서는 재생골재콘크리트의 공학적 특성 및 품질향상이 선행되어야 할 과제로 남아있다. 그림 5는 재생골재를 사용한 콘크리트와 보통골재를 사용한 콘크리트의 콘크리트재령에 따른 강도의 증가를 나타낸 것이다.

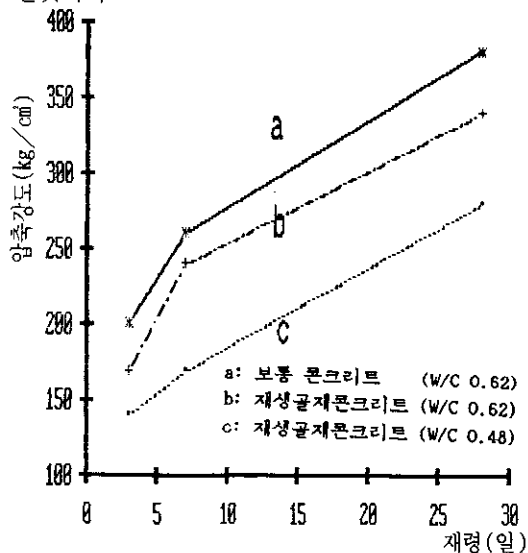


그림 6) 콘크리트 재령과 재생 및 보통골재를 이용한 콘크리트와의 관계

재생골재를 이용한 콘크리트는 보통 콘크리트 보다 초기부터 낮은압축강도를 보이면서 콘크리트 재령28일에 이르러서 보통콘크리트 강도의 평균 70%수준에 머물르고 있다. 강도저하현상은 그림에서 보다는바와 같이 여러가지 강도의 보통콘크리트와 이로부터 얻은 재생골재를 이용한 콘크리트와 보통콘크리트의 28일 압축강도를 나타낸 것이다. 재생골재를 이용한 콘크리트는 보통콘크리트보다 최고 30%정도 강도의 차이를 보이고 있는데 재사용콘크리트의 노후화, 알칼리반응, 파쇄 과정 따른 골재의 강도저하와 불순물의 함유 등에 원인을 들수있다.

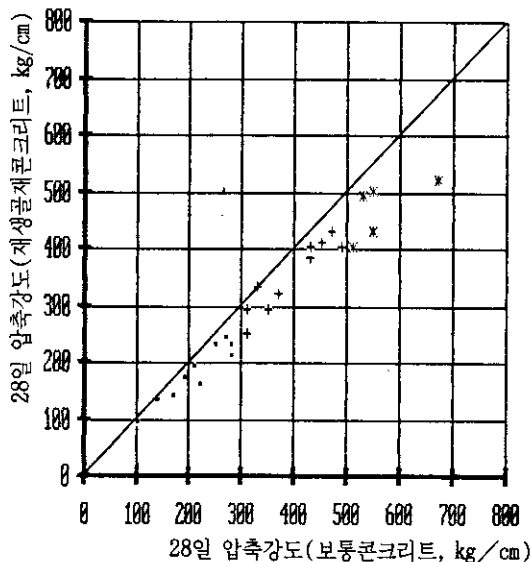


그림 7) 재생콘크리트와 보통콘크리트와의 28일강도 비교

재생골재는 시멘트수화물가루가 다량 포함되어 수분흡수율이 보통골재보다 높다. 따라서 요구되는 작업성과 시공성을 얻기위하여는 다량의 물이 소요된다. 그러나 이러한것을 개선하기 위한 무분별한 단위수량의 증가는 오히려 콘크리트학적 성능 및 품질저하를 가져와 재생콘크리트의 품질성능향상 및 건축성능개선이라는 2가지 목적을 만족

시켜줄수있는 재생골재콘크리트의 개발 및 품질 향상이 필요하다. 재생골재의 粒型, 粒度, 비중, 흡수율등은 파쇄기의 형식과 파쇄형태에 따라 많이 변동하는것으로 粒型은 일반적으로 깎자갈과 같은 각이 많이 진것으로서 다소 불리하며, 비중은 보통골재보다 적고 ($2.36 - 2.45 \text{ ton/m}^3$) 흡수율이 커 내구성에 문제가 있을것으로 예상된다. 또한 재생골재 제조시 불순물을 제거하는데 있어서의 경제적인 면도 문제점으로 되고 있으며 재생콘크리트는 보통콘크리트에 비하여 굳을때 건조수축이 크며 동결과 융해가 반복되면 강도가 낮아지기 쉬운 결점도 앞으로 해결해야될 문제이다.

5. 경제성

폐기콘크리트재순환의 경제성은 폐기콘크리트의 수송과 생산에 드는 비용과 단순매립에 소요되는 비용을 비교한다면 현재 우리나라의 실정으로 볼때 매립이나 투기가 유리할것으로 판단될수도 있다. 그러나 공사현장에서의 요구되는 양질의 골재는 지역에 따라 골재의 확보 및 반입의 어려움

이 따른다. 골재가격은 운반거리에 영향을 받을수 있고 이로 인하여 전체 공사비용에 중요한 변수로 작용할수도 있다. 더구나 도심지에서 발생하는 건설폐기물의 처분은 폐기물의 운반에서 부터 매립 처분 또는 투기까지 매립비용부담과 매립지확보의 어려움, 환경영향평가의 강화 그리고 최근에 우리나라에서도 일고있는 님비(NIMBY)현상으로 인한 인근주민과의 마찰, 보상비부담 등으로 앞으로 상당한 어려움이 따를것으로 예상된다. 각국의 사례를 볼때 폐기콘크리트로부터 얻어진 재생골재가 천연골재와 가격면에서 경쟁력을 갖추려면 앞서 밝힌바와 같이 재생골재가 가진 문제점도 해결이되야 하겠지만 폐기콘크리트의 발생현장으로 부터 폐기콘크리트 재활용설비까지 얼마나 멀리 떨어져 있는가가 재활용가치에 중요한 인자로 작용한다. 그림 7)은 재활용콘크리트와 보통 콘크리트의 생산가와 운송거리와의 관계를 나타낸것인데 보통콘크리트와 같은 가격으로 재생콘크리트가 생산이 되려면 약 15 mile 가까이 재활용시설이 위치해야 경제성이 있다. 그러나 이러한 문제는 건설현장에 인접하여 이동식 재활용시설을 설

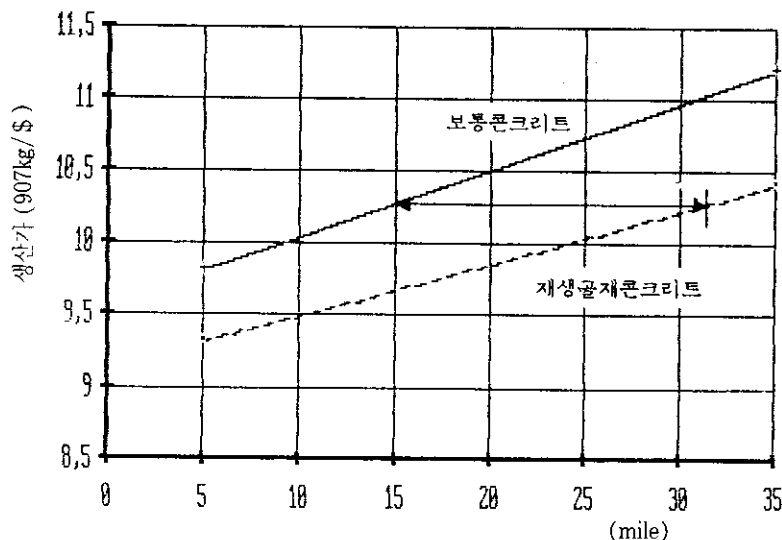


그림 8) 재활용콘크리트와 보통콘크리트의 골재운송거리에 따른 생산가격비교

치 운영함으로 해결될 것이며 재활용시설이 공사 현장으로 부터 20km 이내에 위치한다면 운송비는 골재생산가에 영향을 미치지 않는다고 한다.

6. 맺음말

폐기콘크리트의 재활용은 이미 외국에서는 자원의 재순환, 경제적인 시공 그리고 환경보호 라는 측면에서 실용화되어 폐기콘크리트가 이제는 새로운 자원으로서 그가치를 인정받고 있다. 그 활용범위도 점차 확대 되가고 있으며 이에대한 연구, 개발도 매우 활발하게 진행되고 있으나 품질 성능의 향상 및 건축성개선 이라는 2가지 목적을 만족시켜줄수 있는 재생콘크리트의 개발이 과제로 남아 있다. 현재 우리는 자원의 부족에 대한 적절한 대응책이 시급한문제이고 근래에 주택부족을 해결하기 위한 주택 200만호건설에따른 건설 자재과동을 겪었다. 도시재개발에 따른 엄청난양의 건설폐기물은 서울의 경우 난지도매립장의 폐쇄로 매립의 어려움과 무분별한 매립, 투기로 환경오염을 유발하고 있으며 지난 1992년 8월 붕괴된 행주대교해체시 발생하는 엄청난양의 폐기콘크리트의 처리문제에도 어려움을 겪었다. 그러나 현재 국내의 폐기콘크리트재활용에 대한 연구는

매우 초보적인 단계에 머물르고 있는 실정이다. 따라서 국내 건설업체 에서도 폐기콘크리트의 재활용이 자원의 재순환, 분배와 환경보호 그리고 건설비용경감 이라는 인식을 가지고 이에대한 연구와 개발에 관심을 가져야 할것이다.

참고문헌

- 1) 김무한, 재생골재콘크리트의 활용기술 개발, 21세기를 위한 주택정책 및 기술개발 국제회의논문집, 대한주택공사, 1992
- 2) 김광우, 박제선, 폐콘크리트 재활용, 대한토목학회지, Vol. 40, No.5, 1992
- 3) 폐콘크리트 골재 재활용, 건설기술정보, 1992년 9월
- 4) Dirk Kaestel, The Recycling of Aggregate Demolition Debris and Concrete, beton, Volume 3, 1992
- 5) Recycling of Concrete, beton, Volume 6, 1992
- 6) Transportation Research Board, Report No.154, National Research Council, Washington D.C., December, 1989
- 7) Concrete Technology, Institute of Buildingmaterial, Construction and Fire Safety, Technical University Braunschweig, Germany
- 8) Kuhne, V., Recycling of Demolition Materials, Baustoff-Recycling, No.1, 1988

스위스의 지하시설

기술연구소 전기 차장 김남진

1. 스위스의 민간방위법

스위스의 민간 방위법 (Civil Defence Law) 은 인접한 여러 나라들의 핵실험 및 공격의 위협을 느끼고 1959년경부터 국회에서 심의되어 1963년 10월 4일 제정된 연방법으로서 이후 수차례의 개정을 거쳐 현재에 이르고있다. 여기에서는 그중 쉼터(Shelter)를 중심으로한 법률, 조례 및 고시의 내용에 대해 알아본다.

쉼터는 전쟁, 방사능 화학오염등과 같은 긴급사태시의 대피시설로서 민간방위법이 제정됨에 따라 도시의 빌딩 및 교외에 집단적으로 만들어지고 있다. 또 이곳은 음료수 확보를 위한 저수조, 화학공장의 재료창고 및 기타시설로써 이용되고 있다.

스위스에서는 1988년 현재 쉼터의 수용력이 인구의 85%이상에 달하고 오는 1995년에는 100%에 달하도록 시설중에 있는데, 이나라에서는 이미 "필수시설"이라고 인식되어 있다.

1.1 민방위의 의의와 책임.

민간방위는 스위스 국민의 의무로서 다음과 같다.

- 1) 외국의 무력공격이나 강요에 대하여 저항하고, 독립유지와 영토보전에 공헌하고, 평화시는 긴급재해시 대피소의 역할을 한다.
- 2) 연방은 민간방위에 있어서 최고의 감독과 관리 책임을 가지며 필요한 법률을 제정하고 그 수행을 감독한다.
- 3) 연방은 필요한 자재를 준비하고 쉼터건설을 포함해서 민간방위에 필요한 비용의 평균 60%의 보조금을 제공한다.

- 4) 주 및 지방자치지역은 법으로 정해진 조직을 창설하고 방위시설에 이용되도록 지도한다.
- 5) 20세부터 60세까지의 스위스 시민은 민간방위에 관한 협력을 하지 않으면 안된다. 여자는 민간방위조직에 서비스의 의무화는 없고 자발적 지원은 가능하다.
- 6) 이법을 및 조례를 위반하는자는 금고 또는 벌금형에 처한다.

1.2 쉼터 건설 의무

- 1) 쉼터는 거주자가 전쟁, 천재, 약품의 폭발, 방사능, 화학오염 등과 같은 긴급사태로부터 대피하는 시설이다.
- 2) 스위스 국민의 자위를 위해서 모든거주지에는 쉼터를 건설해야한다. 이의무는 스위스에 거주하는 외국인에게도 적용된다.
- 3) 쉼터는 사유, 공공, 의료등의 지역방재시설로 분류된다.
- 4) 건물 소유자는 신축 및 개축시 개인용 지하실을 만들고 쉼터 및 피난구를 준비해야 한다.
- 5) 각주는 지하실이 없는 건물에 대해서 소유자에게 공동용 쉼터를 만들도록 권유하여야 한다.
- 6) 공공쉼터에 대해서는 각주 및 지방자치단체가 3년 이내에 건설하도록 감독, 지도를 해야한다.

1.3 쉼터 건설 기준

긴급시에 많은 사람들이 비교적 좁은 공간에 있게 되므로 가능한 쾌적한 상태가 될수 있는 구조이어야 한다.

건설기준은 연방정부에서 발행한 다음의 고시에 의한다.

1) 고시

- ① Technical Directions for the Construction of private Air Raid shelters (1984년 발행)
- ② Technical Directions for Special shelter (1982년 발행)

2) 위 고시의 요점은 다음과 같다.

① 쉼터의 크기 (1인당 소요단위량)

- 환기용 공기필터가 있는 경우 : 바닥면적 1㎡, 용적 25M³
- 자연환기의 경우 : 바닥면적 2㎡, 용적 4M³

② 쉼터의 용도에 따른 최소한의 크기는 아래와 같고 ①과 비교하여 큰값으로 한다.

- 주택과 레저하우스 : 방 1개마다 1인당 소요단위량
- 병원, 병동 : 베드 1개마다 "
- 호텔 : 베드 2개마다 "
- 레스토랑, 극장, 학교, 교회, 작업장등 : 좌석 2개마다 1인당 소요단위량
- 사업소등 : 좌석 2개에 1인당 소요단위량, 기본 최소바닥 40㎡
- 공장등 : 2인에 1인당 소요단위량, 기본최소바닥 150㎡
- 점포, 백화점등 : 기본최소바닥 40㎡
- 창고, 전시장등 : " 30㎡

③ 공공용 쉼터

상업용 역사등과 같이 일반인이 집합하는 지역 또는 원격지등의 건물이 적은 곳등에 개인 쉼터가 설치되어 있지 않는 경우에는 지방자치단체가 공공용 쉼터를 설치하여야 한다.

④ 지역 의료 쉼터

- 신축 또는 개축시에는 수술실과 간호실을 설치한다.
- 기존건물의 경우는 주에서 개수공사를 한다.
- 의료시설이 없는 지역에서는 주에서 긴급 의료 쉼터를 설치한다.

⑤ 보조금

공공용 쉼터 및 지역 의료 쉼터에 대한 연방정부 보조금은 책임관서의 예산능력을 감안해서 비용의 30%에서 70%을 부담하도록 한다.

2. 쉼터의 구조, 설비와 유리관리.

2.1 구조

원자탄등의 폭발, 건물의 도괴등으로 인한 압력, 진동, 열등이 쉼터에 미치므로 그 구조가 극히 견고할것이 요구된다.

그내력기준으로서는 일반적으로 1Bar, 특수한 경우에는 3Bar로 한다. (1Bar는 10TON/㎡)

1) 각부분의 두께

건물 전체를 RC(철근 콘크리트)조로 하고 천정은 40cm 벽체는 30cm, 바닥은 20cm를 기준으로 한다.

2) 출입문

강판으로 외장한 RC조로 두께 20cm이상으로 한다.

3) 피난구

출입문의 개폐가 불가능한 출입을 위하여 RC조로 구축한 파이프형 지하터널을 부설하여 또다른 피난구로 사용하도록 하여야 한다. 도어의 구조는 출입문과 같은 견고한 구조이어야 한다.

2.2 설비

핵무기로 야기되는 제 1차 방사능과 열복사는 구조체만으로 방호가 가능하지만 제 2차 방사능의 방사능재나 화학병기에 의한 독가스 및 좁은 실내의 오염공기, 진에 등에 대해서는 완전한 환기 시스템이 요구된다. 장시간에 걸친 쉼터내에서 생활에는 여러가지 실내가구의 준비와 음식물 저장에 요구된다. 이들 기계설비 및 가구등을 그림 2에 표시한다.

- ① 가스 필터가 달린 환기설비
 - ② 피난구와 공기 인 입구
 - ③ 출입구를 강판으로 외장한 문 : 그림 3참조
 - ④ 조정 밸브가 달려있는 배기구
 - ⑤ 조립식 침대 : 필요시에 쉼터내에서 조립하여 사용한다.
 - ⑥ 드라이 토일렛 (Dry Toilet)
 - ⑦ 밀봉한 식료품과 음료수
 - ⑧ 저장품 선반
 - ⑨ 약품이나 방사능재를 방지하는 장갑 코트등의 긴급용선반
 - ⑩ 침구류
 - ⑪ 토일렛용 커튼
 - ⑫ 기타 : 그림에는 나타나 있지않지만 중요한 시설로 비상조명 등 통신시설이 있다. 스위스 대도시에는 전기, 통신배선이 지하에 부설되어 있는 경우가 많고 또 자가 발전시설도 완전하게 갖추어진 것으로 추측된다.
- 전선, 가스, 상하수도등이 준비되어 있지 않는 쉼터는 아무 쓸모가 없기 때문이다.

2.3 유지관리

유사시 쉼터의 기능을 24시간 이내에 활용할수 있도록 평상시에 유지관리를 철저히 한다.

점검 내용은 다음과 같다.

- ① 1년마다의 정기점검
 - 환기기관의 유무에 상관없이 쉼터 출입문과 피난구 도어의 개폐의 난이도를 점검하고, 밀폐용 고무패킹의 손상과 출입문 외장 철제의 부식 등이 있으면 즉시 수리를 한다.
 - 1차 공기 필터의 더러움이 심할때는 소다수로 닦고 건조시킨후 재보관한다.
 - 가스용 필터를 꺼내어 건조시킨후 보호구 가까이 보관한다.
- ② 반년마다의 정기 점검
 - 환기용 장치는 가스필터를 제거하고 15분간 운전하면서 이상 유무를 체크한다.
 - 스크린의 체와 흡기관을 청소한다.
 - 옹축수 컨테이너의 물을 빼고, 누설시험을 실시한다.

참고문헌

1. 건설 정보 '92 11월호 : 한국건설 적산연구소
2. 전기기술 '92 9월호 : (주) 첨단 출판사

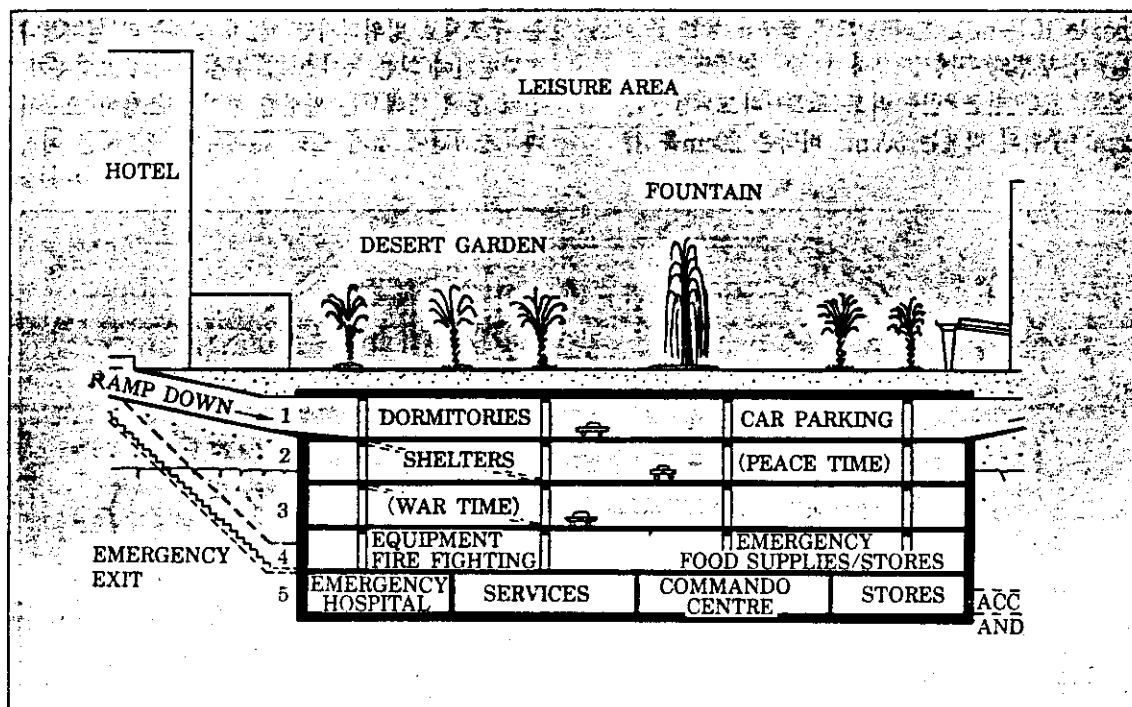


그림 1. 건물간의 공지를 이용한 공공주차장겸 쉼터

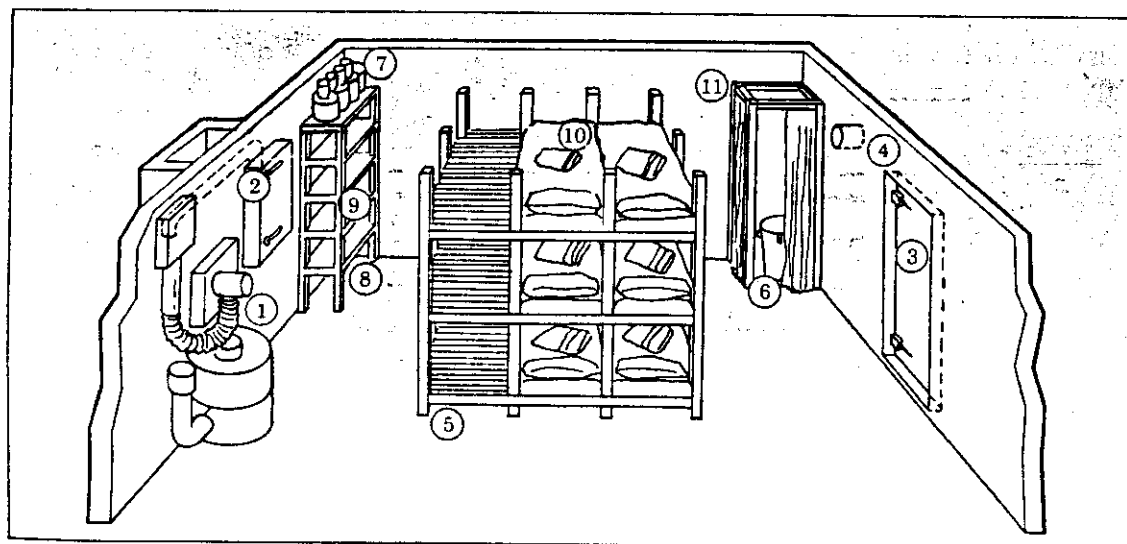
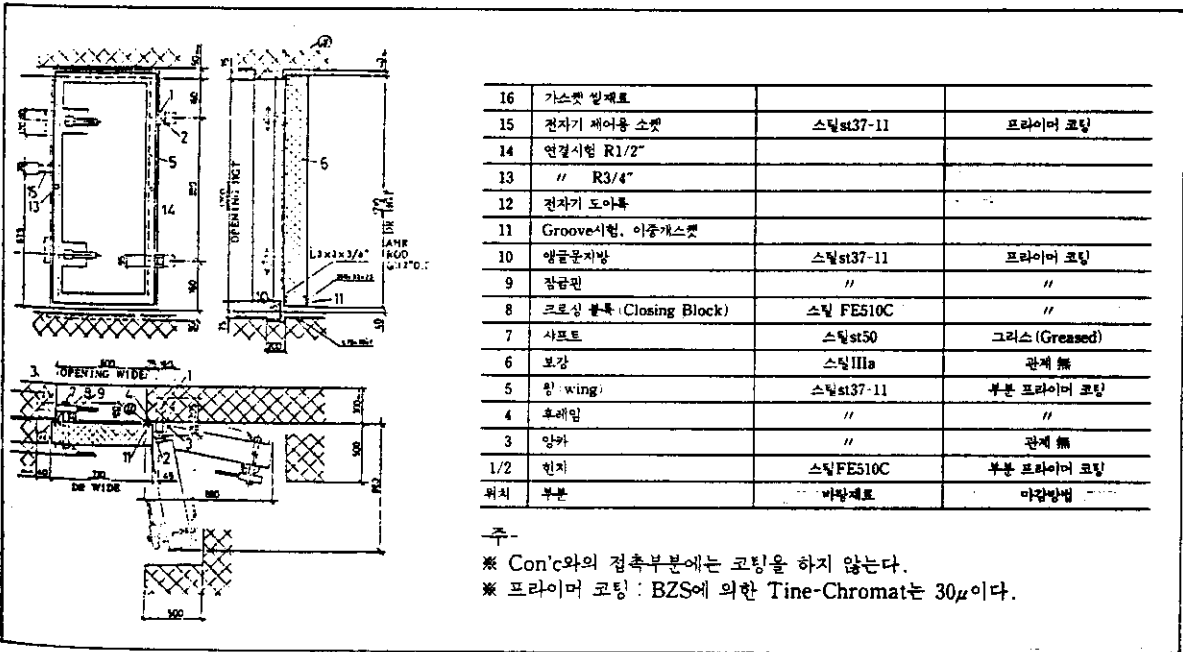


그림 2. 주택용 사유 쉼터의 내부설비

■ 技術資料 ■

그림 3. 방폭도아(Single)

〈600×1,200〉



(1) 수도관을 이용한 발전

일본에서는 정수장에서 각가정이나 공장에 연결된 배수관의 흐르는 물을 이용한 발전을 계획하고 있다. 이 계획은 정수장과 배수장의 중간지점에 소규모발전소를 설치, 정수장으로 부터 압력을 받고 흐르는 물을 이용하여 터빈을 돌리는 계획인데 1kw당 전력생산가를 기존의 150원에서 100원정도로 낮출수 있다고 한다.

(2) 도시지역에서 콘크리트로 포장금지

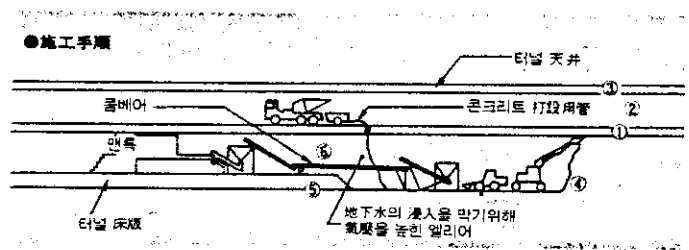
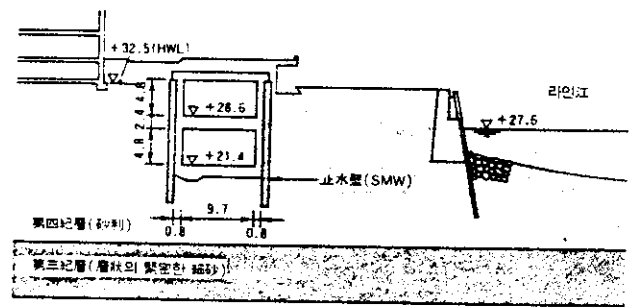
영국운수성에서는 소음이 문제가 되는 주거지역이나 도심지에서 소음을 줄이기 위하여 콘크리트 도로의 시공은 철근콘크리트노반만 허용되며 그외에는 다공성 아스팔트포장으로 해야한다는 법령을 발표하였는데 고속도로에서는 하루 75,000대 이상의 차량이 통과하는 지역과 모든 간선도로에 적용이 된다. 이 조치는 아스팔트업계에서는 환영을 하고 있으나 콘크리트 업계에서는 초기 투자액이나 마찰저항, 표면소음, 보수비 등을 둘러싸고 논쟁이 일것이라고 경고하고 나섰다.

(3) 시가지 활성을 위하여 강변 도로를 터널화

독일의 뒤셀도르프시에서는 도로로 분리된 라인강변을 주민에게 돌려주기위하여 2,700억원의 예산을 투자하여 2km의 강변도로를 터널화 하고 있다. 시내에서 가장 변화가인 구시가 옆의 강변도로를 지하화 하는 이 공사가 완공되면 하루 5만5천대의 차량이 통과하는 1번국도는 땅속으로 묻히고 그위를 각종공원시설과 수목을 심어 주민을 위한 휴식공간으로 제공할 예정이다. 시공방법

은 (그림참조) 터널의 上半을 굴착한 후 1) 중간부분의 터널床半 2) 下半터널의 측벽 3) 터널천정의 순으로 구축한다. 터널상반을 구축하고 나면 다음 하반으로 일정구간에 가압, 지하수의 침입을 막으며 4) 토사를 굴착하고 5) 터널상판 6) 하반터널의 측벽을 만들어 나간다. 일련의 작업이 끝나면 이와같은 방법을 되풀이 하여 터널하반을 구축해 나간다.

• 터널 断面圖



(4) 전천후 시공 가설지붕

일본 도큐건설은 개구율이 80%인 기자재의 반입작업에 전혀 지장이 없고 비·바람·눈·폭염 등 기후에 관계없이 공사를 할 수 있도록 작업현장의 환경을 크게 개선한 전천후시공 가설지붕 「선블레더」를 개발 실용화했다.

태풍이 불 때는 지붕을 내려 몸체에 고정, 형틀 자재의 양생에 사용할 수 있다.

이 가설지붕은 철골트러스재를 골조로하여 채광성이 뛰어나고 요트의 돛 등에 사용하는 영구적인 막재(膜材)를 적용한 것으로 아코디언처럼 전용가대(專用架臺) 위를 신축, 지붕이 벌어지도록 되어있다. 가설지붕은 풍력이 초속 35m, 적설하중 1㎡당 50kg(적설량 25cm)로 바람이나 눈에 대한 내력(耐力)을 감안 설계됐다.

지붕은 상승 및 하강은 물론 도리스팬 양방향으로의 이동도 가능하고, 넓게는 PC造 건축물에도 전용이 가능하다. 시스템은 가설발판의 바깥쪽 전용가대위에 레일을 설치, 철골트러스재 골조를 엮도록 되어 있다. 가설지붕 전체는 전동모터에 의해 개폐되고 건물이 올라감에 따라 지붕도 유압재키에 의해 상승된다.

가설지붕 전체는 전동모터에 의해 개폐되고 건물이 올라감에 따라 지붕도 유압재키에 의해 상승된다.

재키는 1회에 90cm씩 3회 반복해 1층분을 상승시키는데 유압회로에 안전장치가 설치돼 있기 때문에 균형을 맞춰 상승시킬 수 있다.

특히 보이스팬(20m) 모두 양방향으로 신축시킬 수 있기 때문에 공사규모에 관계없이 전용이 가능하고 7층까지 적용이 가능하다.

지지부재(支持部材)가 SRC造나 S造에는 적용할 수 없으나 몸체작업량이 많은 RC造에는 적용이 가능하다. 특히 지붕골조부재에 전기히터를 부착하면 눈이 많이 오는 지역에서도 사용할 수 있다.

(5) Best-Mix 熱源 시스템

일본 가지마社は 열부하 특성이 서로 다른 복합개발에 가장 적합한 열원을 제공할 수 있는 「베스트믹스 열원시스템」을 개발, 실용화 했다.

이 시스템은 용도가 상이한 2개 시설의 열부하

특성을 분석해 에너지절감, 공급의 안정성, 경제성 등의 관점에서 가장 적합한 에너지를 제공하도록 돼있다.

새 시스템을 적용한 「동경 east21」은 전기·가스등 1차 환산에너지 소비량으로 약12%, 원가 18%를 절감했다.

이 시스템은 가지마社가 지금까지 개발해온 각종 시뮬레이션기술을 활용한 것으로 자원 및 에너지절감, 무공해, 안정공급, 열원용량의 축소, 신뢰성확보 등을 실현했다.

가지마社は 시스템을 대규모 복합개발의 열원모델로 제안할 방침이다.

가지마가 「동경east 21」의 열부하 특성을 분석한 결과 (1) 호텔등은 연중 급탕부하, 24시간 부하, 부정기적인 연회장부하 (2) 사무소등은 낮시간의 피크부하와 냉난방부하가 크고 난방부하가 작은 것으로 나타났다.

이에따라 가지마는 사무소와 상업시설의 낮 시간의 최대 냉방부하를 평준화하기 위해 대형 온도상층형 축열조를 적용하고 또 호텔의 연중 24시간 전기 급탕 냉·난방부하에 대해서는 가스코제네레이션 시스템과 증기흡수식 냉동기 등 전기·가스 복합열원방식을 도입했다.

주요기기는 전동냉동기, 온도상층형 냉수조, 증기 흡수식 냉동기, 자스코제네레이션을 구성하는 가스엔진, 가스연료전지 등이 있다.

가스코 제네레이션 시스템은 연간 24시간 연속 운전과 함께 배열 온수 증기의 효율적인 이용으로 급탕부하의 대부분을 해결 할수있다.

또한 남은 잉여의 배열은 냉·난방에 이용하기 때문에 시설전체의 에너지 소비량을 크게 줄일 수 있다.

(6) 현장에서 泥土처리

일본大林組는 건설현장에서 발생하는 흙탕물을 효율적으로 탈수, 고형분으로 개량할 수 있는 신공법을 개발 실용화했다.

이 공법은 원심력을 이용한 분리처리기술「스크류디칸터Screw Dectanter」를 기본장치로 고형분을 개량하는 장치를 시스템화한 것으로 1시간 동안에 평균 13㎡의 흙탕물을 처리할 수 있다. 이는 종전 시스템의 3배에 달하는 처리능력이고, 1㎡의 개량 고형분을 만드는데 약 2~4kg의 흡수제와 50~100kg의 개량제가 필요한 것으로 나타났다. 개량한 고형분은 매립재 등으로 사용할 수 있을 뿐아니라 강도도 임의대로 조절할 수 있다.

「스크류디칸터」로 흙탕물을 수분과 고형분으로 분리한 다음 분리수는 그대로 방류, 고형분만 개량장치로 반송해 고분자 응집제(폴리머)와 시멘트 개량재를 첨가, 경화시키도록 돼있다.

장치는 연속방식에 의해 자동식 운전이 가능하게 설치면적은 약 100㎡가 필요하고 1시간당 처리능력은 10~15㎡로 종전시스템에 비해 면적당 처리능력이 3배나 되는 것으로 평가 됐다. 흙탕물을 필터에 통과시킨후 분리하는 종전의「필터프레스공법」의 경우 이 정도의 처리능력을 확보하기 위해서는 300㎡의 설치공간이 필요하다.

특히 처리비용은「필터프레스공법」에 비해 저렴할 뿐아니라 설치 등 유지관리가 쉬운 장점도 지니고 있다.

大林組는 일본의 建設省으로부터 이 공법의 기술평가를 취득했는데 이를 계기로 앞으로 대규모, 대심도화되고 있는 이수식(泥水式) 실드공법을 비롯하여 리버스 말뚝 축조, 지중연속벽공사 등에 적용해 나갈 계획이다.

(7) 생활하수의 이용

일본 후지다社は 세면이나 목욕후 발생하는 생활오수를 화장실세정수등 중수로 재이용하고 오수속에 포함돼 있는 질소, 인 등을 옥외조경 및 수경재배의 비료(액체비료)로 이용할 수 있는 종합 재이용 시스템을 개발했다.

건물내에서 발생되는 오수를 중수로 재이용하는 시스템은 대형빌딩을 중심으로 급속히 보급되고 있으나 오수속의 질소나 인 등 영양염류까지 재이용하는 것은 이번이 처음이다.

이번에 개발된 시스템의 특징은 오수의 종류에 따라 2종류의 보조시스템으로 구성돼 있고 생활오수를 중수로 이용함은 물론 식물재배등을 위한 액체비료를 추출하는 재료로 이용한다는 점이다.

시스템은 오수의 유기물(전분, 단백질 등)을 분해하거나 고형물을 제거하는 등 프로세스를 거친후 역삼투분리막을 통과시키면 식물에 필요한 영양염류를 포함한 무기농축용액을 얻을 수 있는 것으로 확인됐다.

후지다社は 내달말 완공예정인 별관(9층)과 기존의 본관(20층)에서 발생하는 생활오수를 하루 약70톤으로 추정하고 있는데 이 시스템을 적용함으로써 이중 화장실로 흐르는 세정수(40톤)를 중수이용으로 사용할 계획이다.

또 세면 및 목욕후 발생하는 물의 전량(25톤)과 화장실 세정수의 일부(5톤)에 빗물(10톤)을 중수의 원수로 사용키로 했다.

START운동 시공 개선 사례 소개

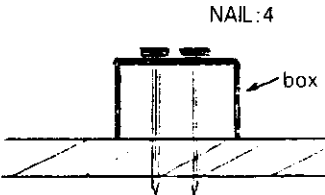
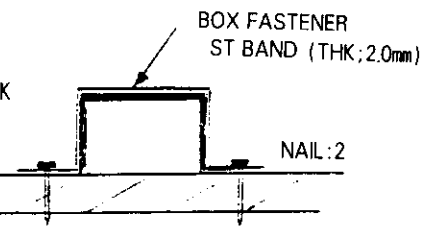
이번호 건설기술정보지에는 '92년 1년간 각 부서및 현장에서 START운동의 일환으로 시공, 공사 및 안전 관리개선에 대한 시공개선사례를 발췌, 수록하니 업무에 많은 참조를 바랍니다.

《수록 내용》

- ① box와 등기구보강겸용 고정대설치
- ② 신소재 전선관 사용으로 원가절감 및 시공의 편리
- ③ 램프교환기구 제작
- ④ 슬래브 콘크리트 이어치기시 단락이 방법개선
- ⑤ 화장실 방수턱 거꾸집 시공방법 개선
- ⑥ 견착식 콘크리트 바이브레이터 사용
- ⑦ 화장실 벽체방수 개선
- ⑧ 지하층 중공외벽내 결로수 처리방법 개선
- ⑨ RCD파일의 설치시 작업방법 개선
- ⑩ 외벽 panel의 용접개선안
- ⑪ 가설용 분전반에 발광스티커사용
- ⑫ 옥상방수시 roof drain의 시공법 개선
- ⑬ 우회도로신설 사전예고
- ⑭ 드릴의 효과적 관리

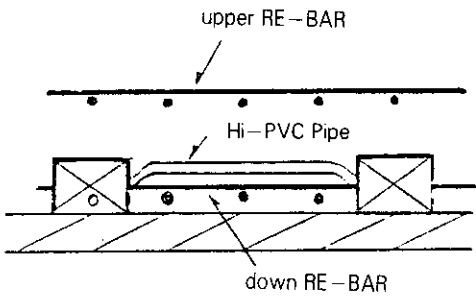
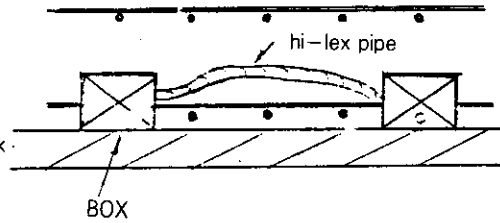
■ 施工 改善 事例 ■

제목: Box와 등기구 보강 겸용 고정대 설치

구분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	천정 슬래브내에 Box는 못을 사용하여 직접 거푸집에 고정하므로써 배선 작업시 다시 제거하여야 하는 불편이 있고, 제거후에도 Box내에는 못의 절단면이 날카롭게 남아 전선을 손상시켜 합선의 원인이 된다.
개 선 전	천정 슬래브 전등용 Box를 설치시 못을 사용하고 Box내를 관통하여 거푸집에 고정시키고 있다.
개 선 후	Box설치용 고정대를 사용한다.
효과(서술적)	Box설치용 고정대를 이용하여 Box를 고정하므로써 Box내 못이 없기때문에 전선의 보호가 되고, 고정대 설치용 못은 등기구 부착시 보강재의 지지점으로 이용 할수 있다.
개선안 유의점	1. Box크기에 맞도록 고정대를 제작한다. 2. 배관이 없는 방향에 설치한다.
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속 : 기술연구소 직위 : 차장 성명 : 김 남 진

■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 신소재 전선관 사용으로 원가절감 및 시공의 편리

구분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	현장의 작업여건과 기능공의 숙련도를 고려하여 시공이 용이한 신소재를 사용할 필요가 있다.
개 선 전	전기 배선용 배관을 Hi-PVC파이프로 시공하고 있다
개 선 후	기존 Hi-PVC배관작업을 신소재인 Hi-Lex파이프로 대체하여 시공한다.
효과(서술적)	철근의 bottom-bar시공전이나 top-bar가 시공후에도 Hi-Lex전선관을 사용할시는 작업이 계속적으로 가능하므로 정확한 시공을 할수 있을뿐만 아니라 작업에 소요되는 노력을 줄일수 있다
개선안 유의점	콘크리트 매입배관시에만 사용가능하다
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속 : 동소문재개발현장 직위 : 과장 성명 : 이 석 주

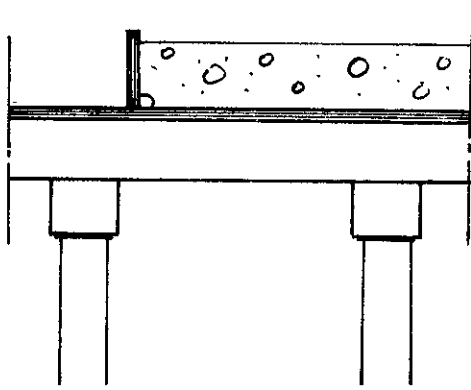
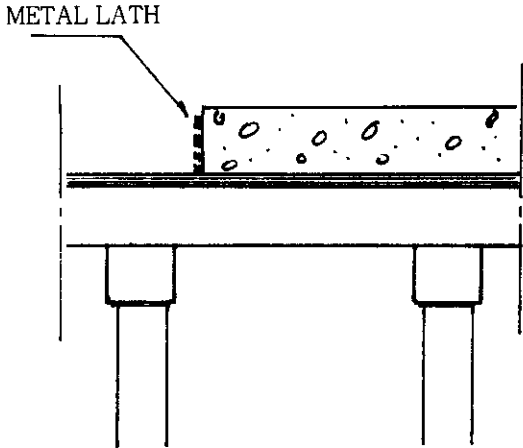
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 램프 교환기구 제작

구분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	천정이 높은곳에 설치되어있는 조명기구의 램프 교체작업시 사다리나 비계를 이용하여 작업하므로써 인적인 낭비와 안전관리상의 문제점이 있다.
개 선 전	두사람 이상이 사다리나 비계를 이동하면서 작업을 실시한다
개 선 후	한사람이 램프 교환기구를 사용하여 할수 있다
효과(서술적)	적은 예산으로 램프교환기구를 제작하여 작업을 할수 있으므로 작업장소 주위의 장애물에 관계없이 안전하게 작업을 할수 있다.
개선안 유의점	램프의 규격과 크기에 따라서 clip의 크기를 조절할수 있는 구조로 제작하도록 한다.
개 선 전 개 선 후	
제 안 자	소속 : 건축설계부 직위 : 주임 성명 : 어 익 수

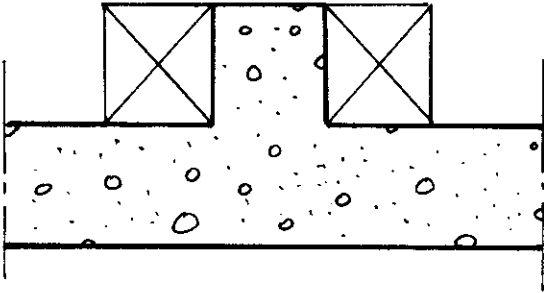
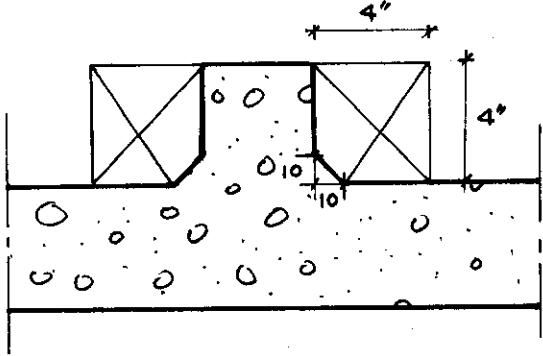
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 슬래브 콘크리트 이어치기 시 단막이 방법개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	슬래브 콘크리트 타설시 이어치기가 불가피하여 단막이 할 때의 방법개선
개 선 전	합板사용
개 선 후	metal lath사용
효과(서술적)	합板사용시 발생하는 합板 해체작업이 필요없고 면처리 (cold joint로 인한 구조적 결점 보완 작업)등이 절감 된다.
개선안 유의점	사용하는 metal lath의 높이가 슬래브 두께보다 낮아야 함
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속 : 인천문화회관 직위 : 과장 성명 : 최 영 옥

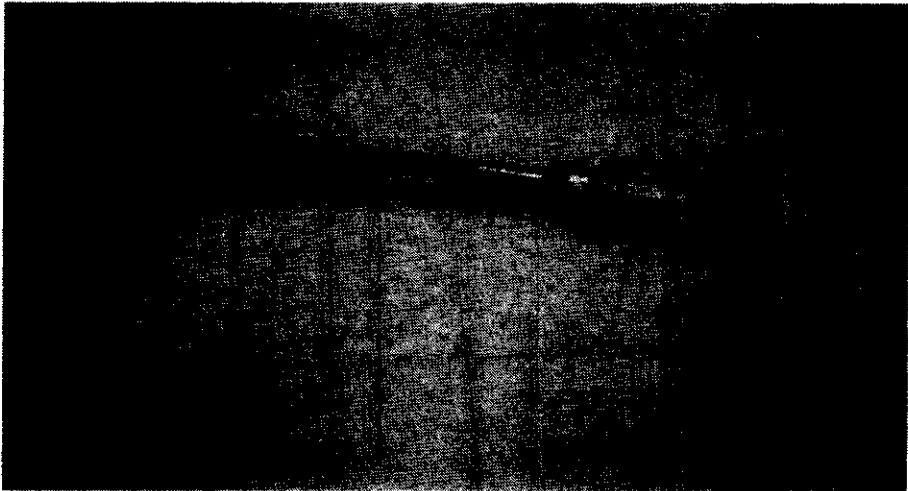
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 화장실 방수턱 거푸집 시공방법 개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	방수턱 콘크리트 타설시 市中 角材를 거푸집으로 사용하나 탈형이 어렵고 각이진 부위에 이물질이 남아있어 후속공정인 방수공사시 먼정리 품이 많이 소요됨
개 선 전	市販 角材 그대로 사용.
개 선 후	角材의 네모서리 中 하나를 모따기 하여 사용.
효과(서술적)	탈형용이 청소용이
개선안 유의점	
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속: 동소문제개발 직위: 과장 성명: 장 성 호

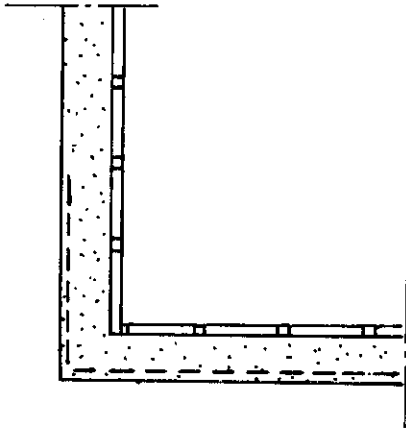
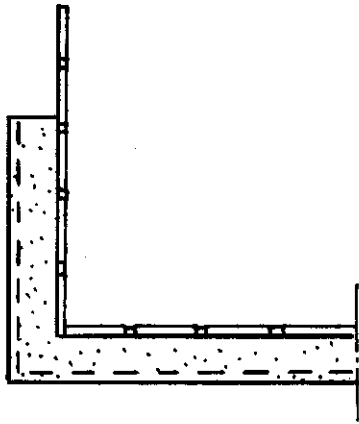
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 견착식 콘크리트 Vibrator 사용

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	아파트벽체의 콘크리트타설시 콘크리트의 채움을 좋게하기 위하여 나무망치나 Form Vibrator를 사용하는데 실효성이 부족하고 중량이 무거워 사용상 문제점 있어 품질관리에 어려움이 많음
개 선 전	
개 선 후	견착식 콘크리트 Vibrator (아래 그림 참조)를 사용.
효과(서술적)	적은인력 (1인)으로 콘크리트 다짐및 채움을 효과적으로 할수있고 곰보현상을 방지함으로서 품질관리에 기여
개선안 유의점	콘크리트타설시 펌프카 1대당 최소 견착식 Vibrator 2대를 확보하여 타설완료시 까지 지속적으로 사용
견착식 콘크리트 바이브레이터  전장 : 105cm (호스길이 60cm) 중량 : 4.2kg 사용전력 : 220V(단상)	
제 안 자	소속 : 동소문재개발현장 직위 : 과장 성명 : 김영원

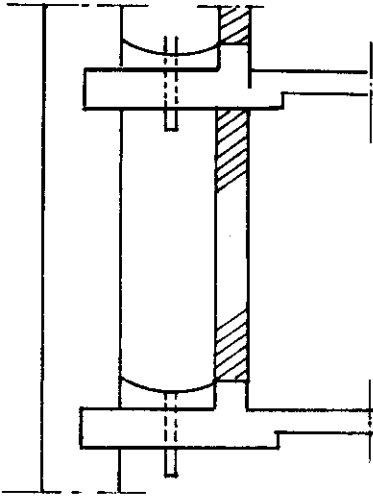
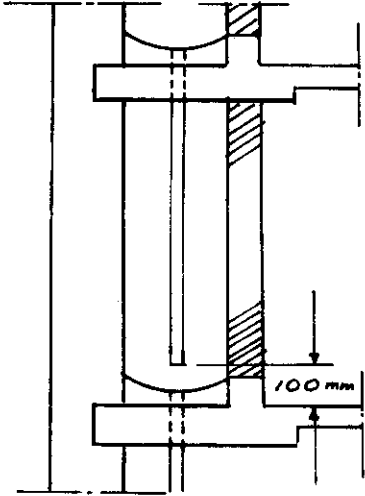
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 화장실 벽체 방수 개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	화장실 벽체가 콘크리트 벽으로 되어있는 경우 방수공사시 일정높이 (h:1000~1200 mm)이상 되는 부분(방수 불필요한 부분)에 보호 mortar이 시공되는 것을 개선 하고 자 함.
개 선 전	콘크리트벽 위의 방수, 미장, 타일공사가 순서적으로 행해질때 방수가 불필요한 부분(FL+1000~1200이상)에도 타일 먼 높이를 일정하게 하기 위하여 미장공사가 필요함.
개 선 후	거푸집 작업시 합판을 한장 덧붙여 콘크리트면이 recess되도록 하여 방수 불필요한 부분의 미장공사 생략 하도록 함. (합板 대응으로 styrofoam 사용가능)
효과(서술적)	불필요한 미장공사 생략가능.
개선안 유의점	형틀제거시 합板을 댄 부분 유의.
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속:현대쇼핑 직위:주임 성명:고명석

■ 施工 改善 事例 ■

제목: 지하층 중공외벽내 결로수 처리방법 개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	
개 선 전	짧은 배수관을 사용하여 落水高로 인한 물튀김으로 내벽이 젖는 현상 발생
개 선 후	아래 그림과 같이 배수관을 길게하여 내벽이 젖는 현상 방지. 상부에 통기관 또는 환기 grille설치
효과(서술적)	내부 누수현상 방지
개선안 유의점	
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속 : 한투사옥현장 직위 : 부장 성명 : 김용제

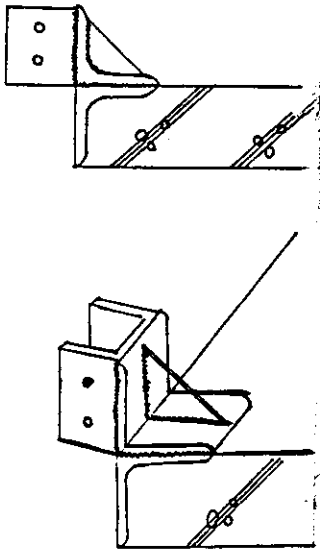
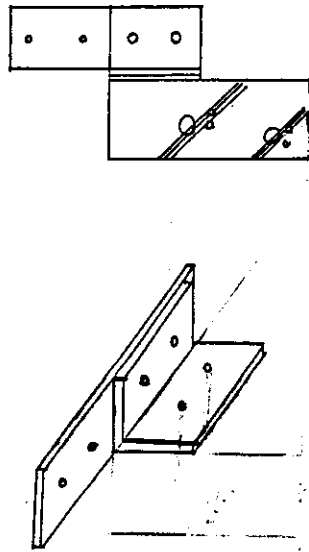
■ 施工 改善 事例 ■

제목 : RCD 파일 설치시 작업방법개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	PAD 콘크리트 타설함으로써 양생기간으로인한 작업시간 지연
개 선 전	PAD 콘크리트 타설한 다음 일정양생기간을 거쳐 RCD 파일을 시공함
개 선 후	각재 PAD를 사용함으로써 양생기간이 필요없고 작업능률이 향상됨
효과(서술적)	당초 각 개소마다 지내력 보강을 위한 무근콘크리트 타설을 각재로 대체함으로써 원가절감에 효과가 큼.
개선안 유의점	각재 상호간 견고하게 연결시키야 함.
개 선 전 개 선 후	
제 안 자	소속:유성한진오피스텔 직위:주임 성명:김국곤

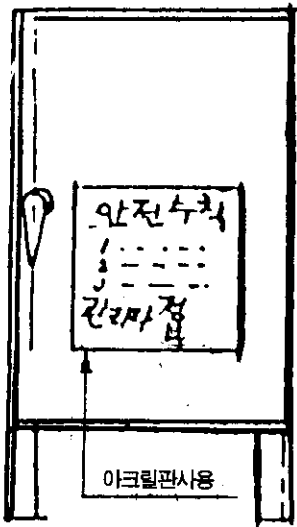
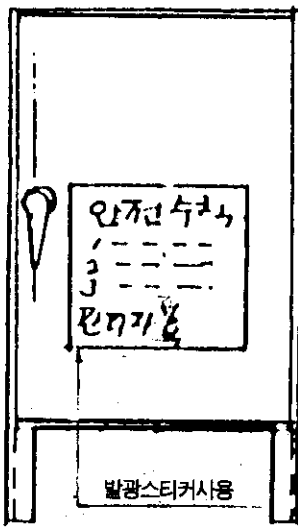
■ 施工 改善 事例 ■

제목:외벽 pannel

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	외벽 pannel을 지지하기 위한 bracket 설치시 용접개소가 많아 시간및 인력낭비를 초래함.
개 선 전	용접개소가 5개소이며 부재가 4개로 이루어짐. 일일시공량이 7개소임
개 선 후	용접개소가 없어지고 부재가 2개로되며 볼트고정 일일시공량 20개소 임.
효과(서술적)	일일시공량 증가 및 공기단축에 현저한 효과가 있음.
개선안 유의점	볼트구멍을 정확히 설치하여야함.
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속:수협전산센터 직위: 차장 성명: 이 운 재

■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 가설용 분전반에 발광스티커 부착

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	지하층이나 어두운 장소에 설치된 가설용 분전반은 정전시 위치 찾기가 곤란함.
개 선 전	아크릴판을 사용하여 각종 부착등을 가설 분전반에 부착
개 선 후	발광스티커를 사용하여 어두운곳 에서도 쉽게 찾을수 있음.
효과(서술적)	지하실 작업, 야간작업시 단락으로인한 정전 발생시 전원 복구시 발광스티커를 사용 하면 분전반을 용이하게 찾고 또 복구하는데 효과가 있음.
개선안 유의점	
개 선 전  개 선 후 	
제 안 자	소속 : 건축설계부 직위 : 주임 성명 : 박용호

■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 옥상방수시 roof drain시공법 개선

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	옥상방수 공사후 방수층 위에 물이 고여 누수하자 및 단열층 훼손(단열성능 저하) 하자 발생이 빈발함.
개 선 전	옥상방수 공사시 누름 콘크리트의 crack 발생 또는 control joint파단, 누수 등의 하자가 발생
개 선 후	구체 슬래브 콘크리트 타설시 구배를 형성하고 이중 roof drain사용. air vent 설치로 자유수 처리
효과(서술적)	1) 단열성능 저하 방지. 2) 빙결, 수증기압 등으로 인한 누름콘크리트 들뜸, crack 발생 방지 및 control joint 훼손 방지.
개선안 유의점	누름 콘크리트 타설시 drain구멍을 막고 drain주위(1000mm×1000mm)는 별도로 나중 에 한다.
제 안 자	소속 : 한투사옥현장 직위 : 부장 성명 : 김 용 제

제목 : 우회도로신설 사전예고

구 분	내 용
개 선 전	도로의 보수 및 불착시 공사와 동시에 공사및 우회도로 안내판을 설치하여 극심한 교통체증현상과 운전자 및 승객의 불만원인이 되고있으며 야간 교통사고의 위험성 이 있다
개 선 후	사전에 공사예정구간내 도로굴착 및 우회도로 신설 예정구간에 대한 안내판을 공사 시작전 1~2달전에 설치, 홍보함으로서 운전자 및 통행자에게 사전예고.
효과(서술적)	공사의 원활함과 교통체증 및 사고를 최소화시켜 주민과 통행차량에 대한 불만을 최대한 억제시키며 공사구간내 사고로 야기되는 현장의 불이익을 감소시킨다.
개선안 유의점	
제 안 자	소속 : 일산선7공구현장 직위 : 과장 성명 : 이한석

■ 施工 改善 事例 ■

제목 : 드릴의 효과적관리

구 분	내 용
배 경 설 명 (문 제 점)	콘크리트 부재에 앵커볼트를 설치하거나 암석의 파쇄용으로 쓰이는 드릴 비트(bit)의 직경이 제조회사에따라 inch 나 mm 단위로 생산이 되어 사용되는 드릴의 종류에 따라 구멍의 직경이 다르므로 설계규격과 일치시키는데 문제가 있음
개 선 전	현재 사용되는 드릴은 주로 HILTI, HITACHI, PHILLIPS, BOSCH, BLACK & DECKER 社 제품으로 각각 드릴비트의 규격이 서로 다르므로 드릴비트의 상호 호환성이 없고 설계규격에 맞게 구멍을 뚫어야 할 경우 여러회사 제품을 구입해야된다.
개 선 후	1. 앵커볼트의 직경이 드릴버트의 직경보다 2mm 이내일때는 비트의 팁(tip)을 앵커볼트의 직경과 같게 갈아서 사용 2. 드릴과 비트가 각각서로다른 회사제품일때는 아답터나 콘넥터를 사용 3. 가능한한 동일회사제품과 부품을 구입
효과(서술적)	1. 드릴머트의 직경과 앵커볼트의 직경이 차이가 있어도 새로운 장비의 구입없이 현장에서 처리함으로서 공사비절약 2. 전현장이 동일사 제품 및 시스템으로 구입, 통합관리함으로서 장비, 부품의 중복 구입을 피할수 있으며 요구에따라 유희장비 및 부품을 공급
개선안 유의점	콘크리트 앵커볼트 작업을 콘크리트의 강도, 볼트의 길이, 직경, 형태와 드릴의 규격을 꼭 확인
제 안 자	소속 : AFF현장 직위 : 주임 성명 : 장민홍