

안전진단 및 보수보강 사례

장동운 / 연구개발부 대리

'87년 12월에 준공한 경상남도 창원시 기계조립공장 건물의 주요구조부(슬래브, 보 및 벽체등) 균열과 관련한 구조적 안정성 검토를 중심으로 기술한다.

1. 균열 상태 조사결과

1987년 12월 준공이후 누수부분에 대하여 보수하였으나, 1층은 지

게차가 운행되고 중량물인 철재부품 보관소 등이 있는 구조물로서 균열이 지속적으로 진행되고 있었다.

1) 슬래브
1층 슬래브 하부의 경우 폭 0.1~1mm정도의 균열이 전체적으로 발견되었으며, 일부 슬래브에서는 수의 흔적이 발견되었다. 또한 통로 부분 슬래브에서 균열이 집중적으로 나타났다.

2층 슬래브의 경우 9개 슬래브에 0.1~0.4mm정도의 균열이 발견되었다.

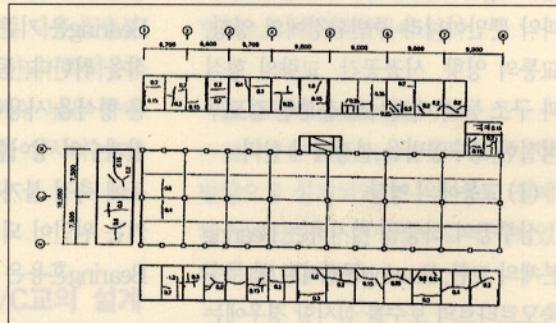
2) 보
보의 균열상황은 (표 2)와 같다.
3) 지하옹벽
지하 1층의 토압을 받는 옹벽에 0.1~1.0mm의 균열이 60개소에서 발생하였다.

(표 1) 조사 개요

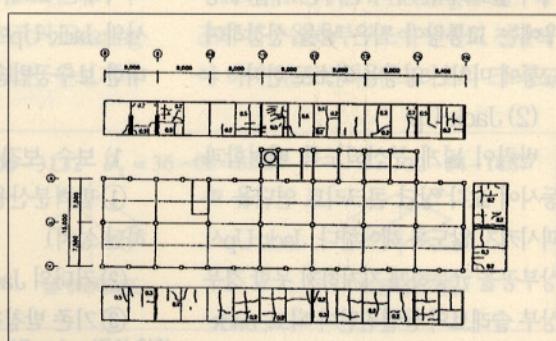
구분	내용
건물규모	지하1층, 지상 2층, 옥탑1층
구조형식	철근콘크리트 라멘조
기초형식	복합기초(독립기초+줄기초+온통기초)
반발경도계	콘크리트의 표면반발력을 이용한 강도 측정
철근탐지기	철근의 직경, 간격 및 피복두께 측정
CL-1000	경화된 콘크리트의 염분 측정
거리측정기	구조물의 치수측정
카메라	구조물의 현재상황 및 사용상태 보존
적용기준	극한강도설계법 ('94년, 대한건축학회)
기타	해석 프로그램 Gtstrudl

(표 2) 보 균열 발생 개요

균열발생개소		균열 패턴
1층	54개소	단부 경사균열발생 6개소
		보에 20~60cm 등간격으로 균열발생 48개소
2층	50개소	단부 경사균열발생 4개소
		보에 20~60cm 등간격으로 균열발생 46개소
지붕층	26개소	단부 경사균열발생 4개소
		보에 15~60cm 등간격으로 균열발생 22개소



(그림 1) 지하옹벽 균열도 (1)



(그림 2) 지하옹벽 균열도 (2)

2. 강도 측정결과

콘크리트의 압축강도는 슈미트햄머에 의한 반별강도법을 이용하여 추정하였다.

콘크리트는 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 설계되었으나, 슈미트해머로 측정한 강도의 평균은 1층 $161.9\text{kg}/\text{cm}^2$, 2층 $156.7\text{kg}/\text{cm}^2$, 지붕층 $126.7\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 설계기준강도에 비하여 현저히 낮았다.

(표 3) 콘크리트 강도 측정결과

구 분	설계조건	비파괴 검사결과	비 고
1층		$161.9\text{ kg}/\text{cm}^2$	
2층	$210\text{ kg}/\text{cm}^2$	$156.7\text{ kg}/\text{cm}^2$	
Roof		$126.7\text{ kg}/\text{cm}^2$	설계기준강도에 비하여 현저히 낮음

(표 4) 염분함유량 측정결과

No.	위 치	NaCl허용한도(%)	NaCl측정결과(%)	판 정
1	1층 보	0.04	0.007	적 합
2	1층 보	0.04	0.011	적 합
3	2층 보	0.04	0.005	적 합
4	2층 보	0.04	0.004	적 합
5	지붕층 보	0.04	0.004	적 합
6	지붕층 보	0.04	0.005	적 합

(표 5) 하중조사 결과

구분 실용도	하중	설계 조건	사용하중	비고	원인
지 붕	고정하중	570	870	증가	보호몰탈 증가
	적재하중	130	400	증가	냉각탑 증설
물탱크 실	고정하중	680	850	증가	보호몰탈 증가
	적재하중	1000	1000	양호	양호
사 무 실	고정하중	380	380	양호	
	적재하중	180	250	양호	
FA기계실/ 자료보관실	고정하중	450	380	감소	마감 감소
	적재하중	560	500	감소	용도 변경
식 당	고정하중	380	380	양호	
	적재하중	180	500	증가	용도 변경
주 방	고정하중	680	380	감소	마감 감소
	적재하중	180	500	증가	용도 변경
1 층 바 닥	고정하중	510	420	감소	마감 감소
	적재하중	400	750	증가	용도 변경

3. 철근배근 조사결과

- 보 주근은 대체로 설계도면과 거의 유사하게 배근된 것으로 판단되나 일부 전단보강근의 경우 약간 넓게 배근된 것으로 측정되었다.

- 기둥 및 슬래브는 설계도면과 유사하게 배근된 것으로 측정되었다.

4. 염분 함유량 측정결과

1층, 2층 및 지붕층보 총 7개소에

서 콘크리트 시료를 채취하여 실험한 결과는 (표 4)와 같으며, 결과는 양호한 것으로 나타냈다.

5. 중성화 시험결과

각종의 보 23개소에서 폐놀프탈인 1% 알콜용액법에 의하여 콘크리트 중성화 심도를 측정한 결과 $\text{Ph}8\sim10$ 이하의 중성화 부분이 1~20mm로 측정되었으며, 2층 보와 지붕층 보의 일부에서 지하층에 비하여 중성화 진행속도가 빠르게 진행되고 있었다.

6. 사용상태 조사결과

사용상태 조사는 구조물의 최초 설계시 고려한 하중을 근거로, 현재 사용하고 있는 하중을 조사 비교함으로써, 구조물의 안정성을 판단하는 기초 자료로 매우 중요하다. 사용조건에 대한 조사는 실별 마감상태와 용도 그리고 적재물의 상태부터 조사하였다. 하중조사 결과는 (표 5)와 같다.

7. 구조해석

구조검토시 휨모멘트는 부재의 단부를 중심으로 검토하였으며, 전단력은 위험 전단면에서 검토하였다. 콘크리트 강도는 비파괴 검사결과인 $150\text{ kg}/\text{cm}^2$ 를 기준으로 검토하였다.

1) 슬래브

다른 슬래브에 비하여 상대적으로 하중이 증가된 옥상의 설비부분, 2층 주방, 1층 통로부분의 슬래브는 구조 검토 결과, 구조적으로 안전한 것으로 나타났다.

2) 보

구조해석 결과, 하중조사에서 나타난 바와 같이 설계시 적용한 하중에 비하여 사용하중이 증가된 지붕층의

주보인 RG1과 RG4의 경우 휨모멘트에 대해서는 안전하나 위험전단면에서 전단력을 검토한 결과 보유내력이 20%, 10% 부족한 것으로 나타났으며, 2층 자료보관실의 경우 모멘트와 전단력이 각각 9.2%와 3% 부족한 것으로 나타났다. 그밖의 1층과 2층의 보는 구조적으로 안전한 것으로 나타났다. 해석결과는 (표 6)과 같다.

(표 6) 보 구조해석 결과

구분 실용도	검토조건	모멘트(t.m)			전단력 (Ton)	판정 (보강번호)
		내단부	중앙부	외단부		
RG1 (350×700)	작용하중	46.40	26.96	45.94	29.17	N. G.
	보유내력	53.90	33.2	53.9	25.01	(R3)
RG4(400×800) (물탱크실)	작용하중	62.90	54.52	34.43	32.32	N. G.
	보유내력	98.92	79.69	41.8	30.93	(R4)
RG4 (400×800)	작용하중	63.50	54.50	33.86	33.93	N.G.
	보유내력	98.92	79.69	41.8	30.93	
2G4(350×700) (자료보관실)	작용하중	50.48	46.65	39.54	27.02	N. G.
	보유내력	68.77	51.58	36.22	26.40	(R4)
2G4A(300×700) (주방/식당)	작용하중	54.31	50.07	43.72	33.41	O.K.
	보유내력	73.2	73.20	48.4	35.72	
2G4(350×700) (사무실)	작용하중	44.22	42.14	36.25	23.47	O.K.
	보유내력	68.77	51.58	36.22	26.40	

(표 7) 기둥 구조해석 결과

부재명	구분	검토조건	Size	축력(Ton)	모멘트(t.m)	판정(보강번호)
C1	B1	작용하중	600×600	212.5	1.0	O.K
		보유내력		270.9	1.4	
	2층	작용하중	500×500	78.2	4.6	O.K
		보유내력		247.3	4.8	
C3	1층	작용하중	500×800	73.3	20.2	O.K
		보유내력		222.4	58.1	
	2층	작용하중	500×800	37.1	40.8	O.K
		보유내력		87.3	67.6	
C4	1층	작용하중	500×500	75.9	17.3	O.K
		보유내력		142.4	30.5	
	2층	작용하중	500×500	39.5	32.9	N.G(R4)
		보유내력		22.5	24.5	

8. 각 부재별 검토결과

1) 슬래브 : 안전함

균열 : 1층 슬래브의 경우 준공 초기 과하중으로 발생한 균열이 대부분이며, 나머지 부분은 건조수축에 의한 균열로 판단됨.

내력 : 현재에 작용하는 하중에 대하여 안전한 것으로 판단됨.

보수 : 균열 폭이 0.4mm미만인 곳은 실린트 충진, 균열 폭이 0.4mm이상인 곳은 에폭시 충진

2) 보

• 지붕층

균열 : 건조수축과 휨에 의한 균열
내력 : 'RG1', 'RG4' 보가 전단력이 4.1t, 3t 부족

보수 : 균열 폭이 0.4mm미만인 곳은 실린트 충진, 균열 폭이 0.4mm이상인 곳은 에폭시 충진

보강 : RG1보 단부 양측면에 4.5t 철판보강과 물탱크실의 'RG4' 2개소는 브라켓 설치가 필요한 것으로 판단됨.

• 2층

균열 : 건조수축과 휨에 의한 균열

4개소에 전단균열 발생

내력 : 자료보관실의 보(2G4)가 전단력 및 모멘트가 부족

보수 : 균열 폭이 0.4mm미만인 곳은 실린트 충진, 균열 폭이 0.4mm이상인 곳은 에폭시 충진

보강 : 전단균열 보 단부 양측면에 4.5t 철판보강이 필요하며, 자료보관실의 보(2G4)는 유효길이를 줄이는 방안으로 브라켓 설치가 필요한 것으로 판단됨.

• 1층

균열 : 건조수축과 휨에 의한 균열

(표 8) RG4 보강후 구조검토 결과 ($f_c = 150\text{kg/cm}^2$)

구분 부재명	검토조건	모멘트(t.m)			전단력 (Ton)	판정
		내단부	중 앙	외단부		
보(RG4) (400X800)	작용하중	74.5	54.99	3.96	28.38	O.K.
	보유내력	98.92	79.69	41.8	30.93	

(표 9) 2C4 보강후 구조검토 결과 ($f_c = 150\text{kg/cm}^2$)

구분 부재명	검토조건	Size	축력(Ton)	모멘트(t.m)	판정
기둥 (C4)	2층	작용하중	99.7	18.04	O.K.
		보유내력	135.1	24.5	

이 주종이었으며 전단균열도 7개소

발견됨

내력 : 작용하중에 대하여 안전함

보수 : 균열 부분에 폭시 충진

보강 : 전단균열 보단부 양측면에

4.5t 철판보강이 필요한 것으로 판단됨

3) 기둥

• 2C4

내력 : 콘크리트 강도가 150kg/cm^2 일 때 축력과 모멘트가 부족한 것으로 나타남

보강 : 기둥의 모멘트 감소를 위하여 브라켓 설치가 필요한 것으로 판단됨

• 2C4를 제외한 나머지 기둥

내력 : 작용하중에 대하여 안전함

보강 : 필요없음

9. 보수 / 보강 설계

1) 보수 보강시 전제조건

본 건물의 보수보강은 건물주와 다음의 제한조건을 준수하는 것을 전제로 실시되었다.

• 건물은 증·개축 없이 현상태를 유지하면서 그대로 사용하며, 실의 용

도는 변경하지 않음

• 1층 통로 : Roller의 사용을 제한함.

• 옥상 설비 : 설비의 증설 없이 현상태로 사용

2) 철골 브라켓 보강후 검토결과

보강 브라켓(H-200×200×8×

12) 설치 후의 보와 기둥의 내력은 (표 8, 9)와 같다.

3) 보강설계

전단 및 휨부족부분에 대한 보강은 설계와 동일하게 휨모멘트 및 전단력 부족부에 대한 정확한 산정과 보강재의 보유내력에 대하여 충분히 검토하는 것이 매우 중요하다. 본 구조물에서는 보수 및 보강 형식을 시공품질의 확보 및 경제성을 고려하여 4가지 형식으로 단순화 하였다.

보수·보강 형식은 다음과 같다.

• R1 : 균열이 0.4mm미만 : 실린트 주입

• R2 : 균열이 0.4mm이상 : 에폭시 주입

• R3 : 보의 전단력 부족부분 : 보측면 철판 보강

• R4 : 기둥 및 보의 모멘트 보강 :

기둥과 보사이의 브라켓 설치

4) 보수 보강 상세도

보수·보강 상세도는 구조물의 안정성을 회복하도록 하는 것으로 보수·보강의 시공 정밀도에 따라 사용성이 결정될 수 있는 매우 중요한 공정으로, 상세도에는 단면 및 시공순서를 명기함으로써 설계자의 의도를 명확히 나타내는 것이다.

(그림 3~5)는 보수·보강 형식 및 보수보강 위치를 표시한 것이다.

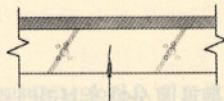
맺음말

일반적으로 콘크리트 구조물의 수명은 50년 정도로 예측한다. 그러나 구조물의 수명은 주기적인 점검 및 적절한 시기에 보수·보강을 하는 등의 유지관리가 이루어 질 때 그 수명까지 지탱되는 것이다.

본고에서는 유지관리 측면에서 구조물에 대한 안전진단을 실시하여 구조물의 현재의 상태(재료강도, 배근상태, 탄산화 등)를 정확히 측정하여, 현재의 사용하중이 안전한지를 검토하고 부족부분에 대해서는 보수·보강을 실시함으로써 구조물의 내구성을 확보하는 전반적인 과정을 하나의 사례를 통하여 알아보았다.

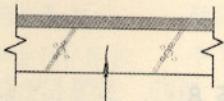
이러한 일련의 과정은 궁극적으로 구조물의 사용년한을 증진시킴으로써 구조물의 초기철거를 미연에 방지하고, 불필요한 비용의 절감효과 및 거주자의 안전성 확보 측면에서 매우 중요한 것으로 판단된다.

R1

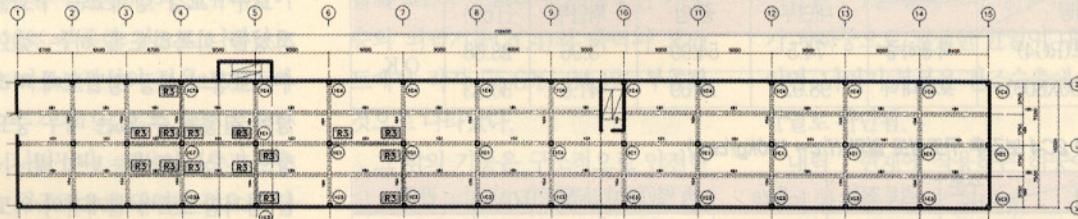


금연부위 V-CUTTING 후
SEALANT 충전(폭 0.4mm 미만)

R2

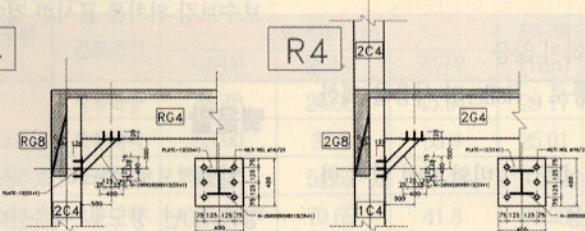


금연부위 V-CUTTING 후
EPOXY 충전(폭 0.4mm 이상)

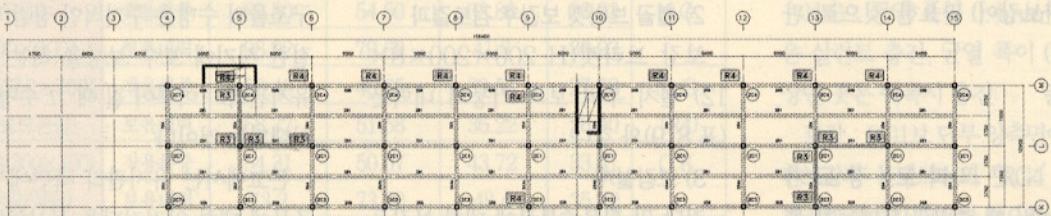


(그림 3) 1층 보강 평면도

R4



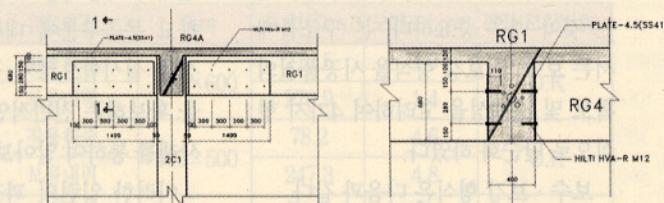
R4



(그림 4) 2층 보강 평면도

R3

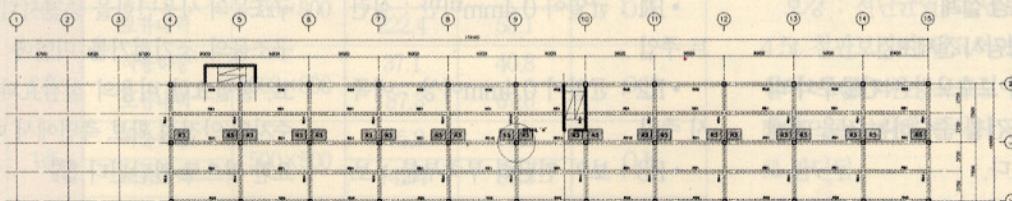
DETAIL "A"



1-1' SECTION

R3 공사순서

- 설치할 면을 깨끗이 청소한다.
- 천공할 부위에 주근의 위치를 파악한 후 엔커 볼트 위치를 표시한다.
- 드릴로 엔커 위치를 천공한다.
(M16볼트 최소삽입깊이 11cm)
- 제작된 브라켓을 설치한다.
- 엔커볼트를 삽입한다.
- 콘크리트면과 브라켓 사이의 겔과 기타 구조 부분을 에폭시로 충전한다.
- 마감처리를 한다.



(그림 5) 지붕층 보강 평면도