



건물의 안전진단 사례

박 기 철 우리 협회 건축진단부 전문위원, 공학박사
남 윤 오 우리 협회 건축진단부 부장
이 용 남 우리 협회 건축진단부 대리

목 차

1. 서론
2. 진단건물 개요
3. 진단건물의 현황 조사
4. 진단건물의 안전성 검토
5. 보강 방안
6. 결론

1. 서론

우리 협회의 안전진단 업무 중 구조 안전성 검토를 요하는 진단대상 건축물이 한해에 약 140여개 정도 이르고 있어 이에 대한 구조검토 업무를 구조부에서 처리하고 있다. 금번에 안전진단 사례를 소개하는 건축물은 공장내에 있는 업무시설인 지상 5층, 지하 1층 규모의 사무실이다. 구조설계 당시의 구조계산서는 보관되어 있지 않아 확인을 할 수 없으나, 지하층 외곽 기둥의 횡력(토압 및 수압)에 대한 반영이 누락

된 것으로 추정되며, 진단 당시 외곽기둥에 전단균열이 발생되어 있는 등 구조적 안전성의 검토가 요구되었다.

또한 사무실의 일부층에서는 사무실 통로 이상의 적재하중이 작용하고 있어 구조체의 균열 및 처짐이 발생, 보강이 요구되는 부분도 있었으나 본 진단 사례에서는 외곽기둥의 전단균열을 중심으로 소개하고자 한다.

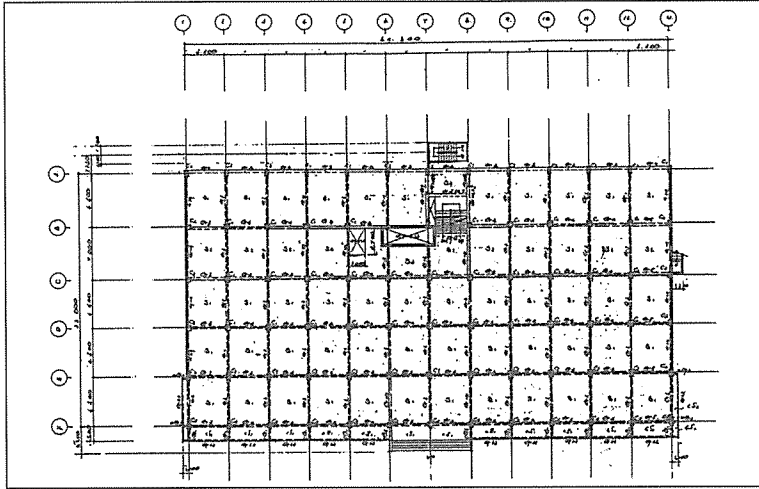
본 안전진단 사례가 안전진단 업무에 종사하는 분들에게 조금이나마 도움이 되었으면 하는 바람을 가져보며, 앞으로도 구조설계 및 안전진단 업무에 교훈이 될 수 있는 진단 사례를 엄선하여 발표할 예정이다.

2. 진단건물의 개요

2.1 건물 개요

- 1) 규 모 : 지하 1층, 지상 5층
- 2) 구 조 : 철근 콘크리트 라멘조
- 3) 용 도 : 업무시설

2.2 구조평면도



3. 진단건물의 현황 조사

균열폭은 1.2~1.4mm 정도를 나타냈다.

3.1 균열현황

균열측정은 균열확대경과 Vernier Calipers를 사용하여 조사하였으며, 대부분 지하층 외곽 기둥 C₄ 상단부에 사인장 균열이 발견되었으며, 철근콘크리트 기둥의 외부피복은 일부가 박락현상을 보이고 있었다.

〈사진1.2〉는 F/10열 및 F/11열 C₄ 기둥의 전형적인 전단균열 발생상태를 나타낸 것이며,

3.2 기둥의 띠철근 배근상태

띠철근 간격조사는 IRON SEEKER를 이용하여 F열 외곽기둥 중 사인장 균열이 가장 심한 F/10, F/11열 기둥을 대상으로 각각 측정하였다.

띠철근 간격은 F/10열 기둥에서 보하부로 부터 180mm, 380mm, 475mm, 280mm 간격으로, F/11열 기둥은 375mm, 425mm,



사진 1. F/10열 C₄ 기둥의 사인장 균열상태

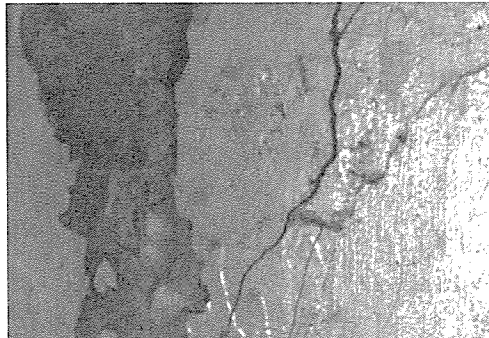


사진 2. F/11열 C₄ 기둥의 사인장 균열상태

335mm, 230mm 배근간격을 각각 나타냈으며 <그림 1, 2>에 띠철근의 배근상태를 나타냈다.

| | |
|------|-----------------------|
| 부재명 | C ₄ (F/10) |
| 단면 | |
| 부재위치 | 지하층(기둥) |

그림 1. F/10열 C₄기둥의 띠철근 배근상태

| | |
|------|-----------------------|
| 부재명 | C ₄ (F/11) |
| 단면 | |
| 부재위치 | 지하층(기둥) |

그림 2. F/11열 C₄기둥의 띠철근 배근상태

3.3 콘크리트 압축강도

건물구조체의 콘크리트 압축강도는 비파괴 시험방법인 콘크리트햄머법과 초음파탐상법을 이용하여 측정 가능한 부재를 대상으로 조사하였으며 평균압축강도는 각각 218.9kg/cm², 213.9 kg/cm²를 나타내어 설계기준강도를 만족시키고 있다.

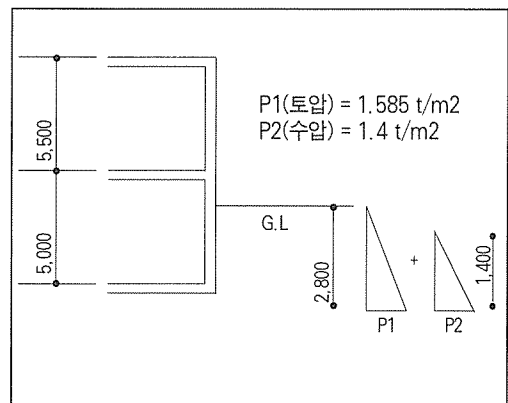
4. 진단건물의 안전성 검토

4.1 구조체의 재해석 기준

1) 적용기준

철근 콘크리트 부재의 내력 검토에는 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 계산기준을 적용한다.

2) 토압하중



3) 구조재료의 강도

- 콘크리트 압축강도 : $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- 철근의 항복강도 : $f_y = 2,400 \text{ kg/cm}^2$

4) 골조 해석

골조 해석은 강성매트릭스 변위법인 STA-AD-III 프로그램을 사용하여 해석함.

4.2 응력해석 결과

1) 토압만 고려시

- 최대 휨모멘트 : $M(\text{중앙부}) = 17.69 \text{ t} \cdot \text{m}$
 $M(\text{단부}) = -10.12 \text{ t} \cdot \text{m}$
- 최대 전단력 : $V(\text{상부}) = 14.14 \text{ t}$
 $V(\text{하부}) = 22.23 \text{ t}$

2) 토압 + 수압 고려시

- 최대 휨모멘트 : $M(\text{중앙부}) = 34.42 \text{ t} \cdot \text{m}$
 $M(\text{단 부}) = -19.70 \text{ t} \cdot \text{m}$
- 최대 전단력 : $V(\text{상부}) = 27.13 \text{ t}$
 $V(\text{하부}) = 43.27 \text{ t}$
- 3) 외곽기둥의 축하중 : Factored Load
 $= 87.9 \text{ t}$

4.3 기둥의 전단내력 검토

$$\bullet V_{C1} = (0.504\sqrt{f'_c} + 176 \rho_w \frac{V_u d}{M_u})bd$$

... ACI(4·3·4) (1)식

$$\bullet V_{C2} = 0.504(\frac{N_u}{140A_g})\sqrt{f'_c} bd$$

... ACI(4·3·5) (2)식

$$\bullet V_s = \frac{Anf_v d}{S} \dots \text{ACI}(4 \cdot 3 \cdot 10) \dots (3) \text{식}$$

$$\bullet M_y(\text{기둥}) = 0.8at \cdot f_y \cdot D + 0.5ND$$

$$(1 - \frac{N}{bD \cdot f'_c}) \dots \text{일본건축학회}(16 \cdot 18) \dots (4) \text{식}$$

기둥의 전단내력 검토식은 ACI 규준의 전단

내력 산정식을 이용하였으며 (1)식은 축하중이 없는 경우의 전단내력 산정식이며, (2)식은 축하중이 있는 경우에 전단내력 산정식이다. (3)식은 전단보강근이 있는 경우에 전단보강근(또는 띠철근)에 대한 전단내력 산정식으로 전단보강근의 단면적, 항복강도 및 전단보강근의 간격 등이 변수로 되어 있다. (4)식은 축하중이 작용하는 기둥부재의 휨내력 산정식으로 축하중이 작용함에 따라 휨내력이 증가하는 것을 알 수 있다. 전단내력 산정식에서도 축하중의 작용에 따라 전단내력이 상승하지만 어떤 일정치 이상으로 축하중이 증가할 경우에는 오히려 전단내력이 감소하는 경향을 나타낸다.

C_4 외곽기둥의 경우 띠철근은 평균간격이 D10 @345로 띠철근비($P_w = \frac{a_v}{bS}$)가 0.103%이다. 본 진단건물의 축하중 작용시 전단내력은 축하중이 없는 경우보다 약 34% 정도 전단내력의 증가를 나타냈으며, 콘크리트와 전단보강근을 고려한 전단내력이 17.89t으로 토압 작용시 14.14t, 토압 및 수압 작용시 27.53t으로 토압만 작용시 외곽기둥 C_4 의 전단내력이 외력을 약 26% 정도 상회하고 있어 문제는 없으나 토압과 더불어 수압 작용시 전단내력이 약 35% 정도 부족한 것으로 나타나 외곽기둥에 전단균열이 발생된 것으로 추정된다.

표 1. 전단 및 휨내력 산정 결과표

| 기둥 | | 기둥단면 및 배근 | (1)식 (t) | (2)식 (t) | (3)식 (t) | (2)+(3)식 (t) | (4)식 (t, m) | (4)식/M | (2)+(3)식/ V_u | 비고 |
|------------------|-------|--------------------------|----------|----------|----------|--------------|-------------|--------|-----------------|------------------|
| C_4 (F/10월) | 토압 | 40×40cm 4 - ϕ 22 | 10.80 | 14.54 | 3.35 | 17.89 | 21.0 | 2.07 | 1.26 | 휨 및 전단내력이 외력을 상회 |
| | 토압+수압 | HOOP D10 @ 345 | | | | | | | | 1.00 |
| C_4 (F/11월) | 토압 | 40×40cm 4 - ϕ 22 | 10.80 | 14.54 | 3.06 | 17.60 | 21.0 | 2.07 | 1.24 | 휨 및 전단내력이 외력을 상회 |
| | 토압+수압 | HOOP D10 @ 378 | | | | | | | | 1.00 |

또한 휨 내력은 토압 및 수압 작용시 내력과 외력의 비가 1.0으로 C₄ 외곽기둥은 휨파괴 이전에 전단파괴가 선행되는 위험한 파괴양상을 나타내고 있다. 따라서 지하 1층에 창문 설치로 인하여 외곽기둥에 전단파괴가 선행되는 요건을 갖추고 있어 설계시 정확한 내력검토가 누락된 것으로 판단된다.

5. 보강 방안

기둥의 보강은 전단내력을 증가시키기 위하여 철판 및 H-형강으로 보강하였으며 철판 보강은 사인장 균열이 발생된 기둥외부 부위에, H-형강은 기둥내부 부위에 각각 보강하였다. 강판 보강은 강판주입공법으로 보강하였으며 플레이

트 두께 6mm, M16 Anchor Bolt를 @300 간격으로 배치하였고, H-형강 크기는 H-150×150×7×10이며 Anchor Bolt 정착을 위해 기둥면과 접해있는 H-형강 양측에 6mm 플레이트를 용접하여 앵커볼트 M16 @500간격 이하로 설치하였다. H-형강 기둥의 상하부위는 콘크리트와의 일체성을 확보하기 위하여 16mm Base Plate를 앵커볼트 4-M22로 정착시켰다.

〈그림 3〉은 철판 및 H-형강 보강 상세도를 나타냈다.

6. 결론

○○전선 건물의 안전진단을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

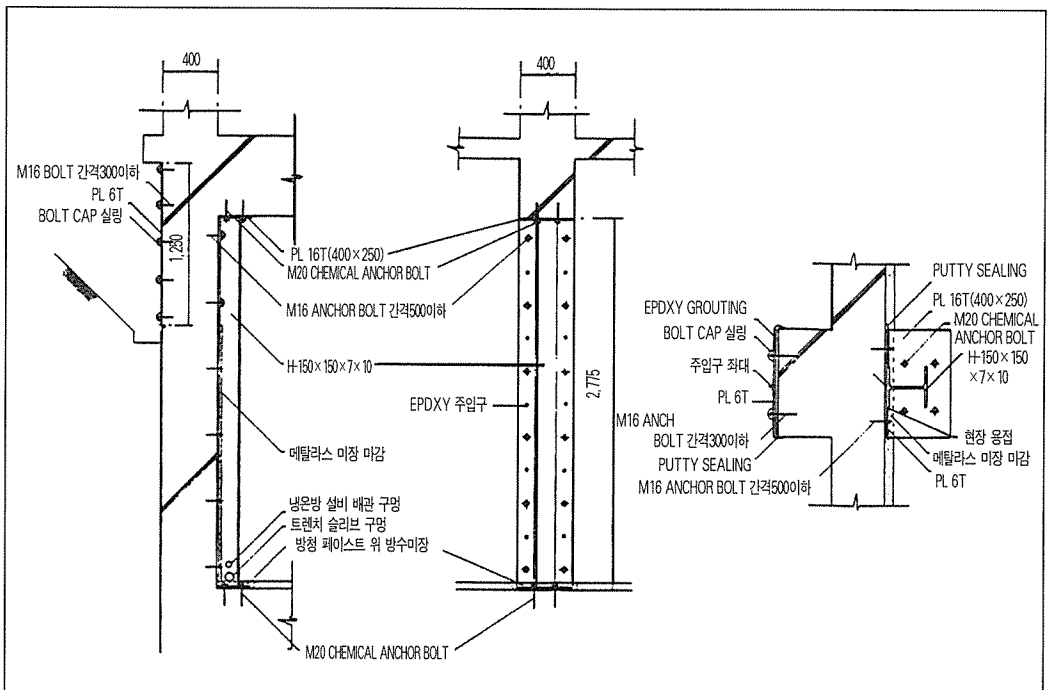


그림 3. 외곽기둥 보강 상세도

1) 지하1층 외곽기둥 C₄는 토압 및 수압에 의하여 휨파괴가 아닌 전단파괴가 선행되도록 띠철근이 배근되어 있었으며 띠철근비는 0.103%인 것으로 조사되었다.

2) 기둥의 콘크리트 압축강도는 추정 설계기 준강도 210kg/cm² 만족시키고 있다.

3) 외곽기둥 C₄는 토압 및 수압 작용시 휨내 력을 외력으로 나눈 값 1.0, 전단내력을 외력으 로 나눈 값 0.65를 나타내어 기둥에 사인장 균 열이 발생된 것으로 판단된다.

4) 외곽기둥 C₄는 사인장 균열이 발생되어 전단내력 재평가 결과 6mm 플레이트와 H-150 ×150×7×10 형강으로 휨 및 전단보강을 실시 하였다.

〈참고 문헌〉

1. “극한 강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계 산규준 및 해설”, 1994년, 대한건축학회
2. 鐵筋 コンクリート 構造計算規準・同解説, 1982 년, 日本建築學會

◆◆◆ 낙관론자 ◆◆◆

생김새가 똑같은 쌍둥이의 이야기다. 한 아이는 언제나 희망으로 가득한 낙관론자였 다. 그 아이는 말하곤 했다.

“모든 일이 잘 되어 가고 있어!”

다른 아이는 늘상 슬프고 절망적인 비관론자였다. 그 아이에 비하면 머피의 법칙에 나오는 머피는 오히려 낙관론자였다. 걱정이 된 부모는 아이들을 데리고 정신과 의 사를 찾아갔다.

의사는 부모에게 아이들의 성격에 균형을 가져다 주기 위해 한 가지 제안을 내놓았 다.

“다음 번 아이들의 생일날, 아이들을 각자 다른 방에 넣고 선물을 열어 보게 하십시 오. 비관적인 아이에겐 당신들이 사줄 수 있는 최고의 선물을 주고 낙관론자인 아이 의 선물상자에는 거름을 넣어주십시오.”

의사의 제안대로 두 아이에게 선물을 준 다음 부모는 비관론자인 아이의 방을 몰래 들여다보았다. 그러자 아이가 큰소리로 불평을 해대고 있었다.

“이 컴퓨터는 색깔이 맘에 안 들어... 이 계산기는 틀림없이 금방 고장이 날거야... 이 게임은 정말 싫어... 내가 아는 다른 아이는 이것보다 훨씬 큰 자동차를 갖고 있 단 말야...”

부모는 몰래 복도를 지나 낙관론자인 아이의 방으로 다가가 안을 들여다보았다. 그 아이는 신이나서 거름을 공중에 내던지며 이렇게 킁킁대고 있었다.

“날 놀리지 말아요! 이렇게 많은 거름이 있다면 틀림없이 당나귀를 한 마리 사오신 거죠?”

브라이언 카바노프의 <씨 뿌리는 사람의 더 많은 씨앗> 에서