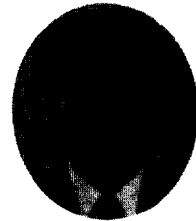


콘크리트구조물의 보수·보강기법

국내의 콘크리트 구조물의 보수·보강사례

- 건물 본체에 대한 보강사례 -

Cases for Repair and Strengthening R/C Building Structures in Korea



한 영 철*

1. 서 론

철근콘크리트 구조물은 공용기간 동안 환경조건 변화, 재료의 특성에 기인된 하자, 무분별한 초과하중 및 구조설계 오류와 시공 결함등 여러 가지 원인에 의하여 성능저하되어 구조물의 수명 단축 및 안정성을 떨어뜨리고 있다.

여러가지 원인에 의하여 발생된 철근콘크리트 구조물의 성능저하 부위는 보수, 보강을 통하여 성능저하에 대한 저항성을 향상시키고 부족한 내력등 구조물의 안정성을 회복시켜야 한다.

구조물의 손상원인은 구조체의 물성조사(콘크리트 강도 및 중성화 여부) 및 시공상태 조사(부재제원 및 철근배근 조사), 사용성 조사(용도변경에 따른 하중조건 변화)와 이를 고려한 구조검토 등의 안전진단을 통하여 그 원인을 판단하여야 한다. 이와 같은 손상원인에 대한 결과와 함께 보수, 보강설계가 이루어지고 현장과 보강부위의 대한

향후 유지관리를 고려하여 적절한 보수·보강방법이 선택되어져야 한다.

아래에 철근콘크리트 구조물의 하자 및 그에 따른 보수·보강방법을 사례별로 기술하였다.

2. 강재 보 설치 및 강판압착 보강방법

2.1 대상건물

- ① 건물명 : 서울 D사옥 보강
- ② 건물규모 : 옥탑 1층 / 지상 7층 / 지하 1층, 연면적 5,808m²
- ③ 구조형식 : 철근콘크리트 구조

2.2 피해상황

- ① 사무실 용도로 사용되고 있는 전 층 슬라브에 처짐이 상대적으로 4~5cm 정도 발생되어 있고 수평균열이 슬라브 상부에 보 경계에서 1.0~1.5mm 발생되어 있다. 보 단부에서는 사인장 균열

* 정회원, 쌍용양회(주) 진단기술팀 건축팀장, 공학박사

이 0.3~1.5mm의 균열로 2~3개 발생되어 있고 중앙부에서는 휨 균열이 25cm 간격으로 0.3mm 균열폭으로 관통되어 있고(참조, 그림 1) 철근이 노출되어 부식되어 있다.

- ② 콘크리트 표면에는 곰보가 발생되어 있으며 피복부가 떨어져 나가고 가수한 흔적이 역력했다.
- ③ 기둥의 상태는 양호하였다.

B5

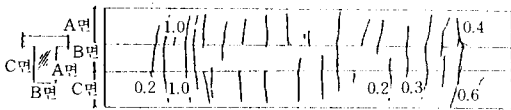


그림 1 휨재의 균열양상

2.3 안전진단

- ① 비파괴검사법에 의해 콘크리트 강도를 추정 하였으며 강도는 140kg/cm^2 으로 기준강도의 67% 수준이다.
- ② 보, 기둥의 철근은 도면대로 시공되었다.
- ③ 슬래브를 지지하는 작은 보가 도면대로 시공 되지 않아 슬래브 처짐의 주 원인이 되었으며 일부 거더의 춤이 작아 휨 강성을 지지하지 못하는

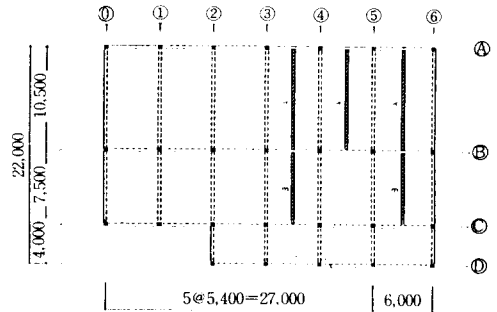
것으로 구조 검토되었다.

2.4 보강설계

① 이 건물은 시공도면에서 제시하고 있는 구조 부재(beam)를 생략하여 부재가 과대하게 처지는 명백한 오류를 범하였으며 가수(加水) 및 거푸집 조기 탈형등 시공관리의 미비로 인해 현 상태의 구조내력을 신뢰하지 못하는 상황이다.

② 슬래브 처짐에 대한 보강

그림 2와 같이 강재 보를 설치한다. 이를 위하여



보강부재
A→H-488×300×11×18
B→H-440×300×11×18

그림 2 강재 보의 보강위치

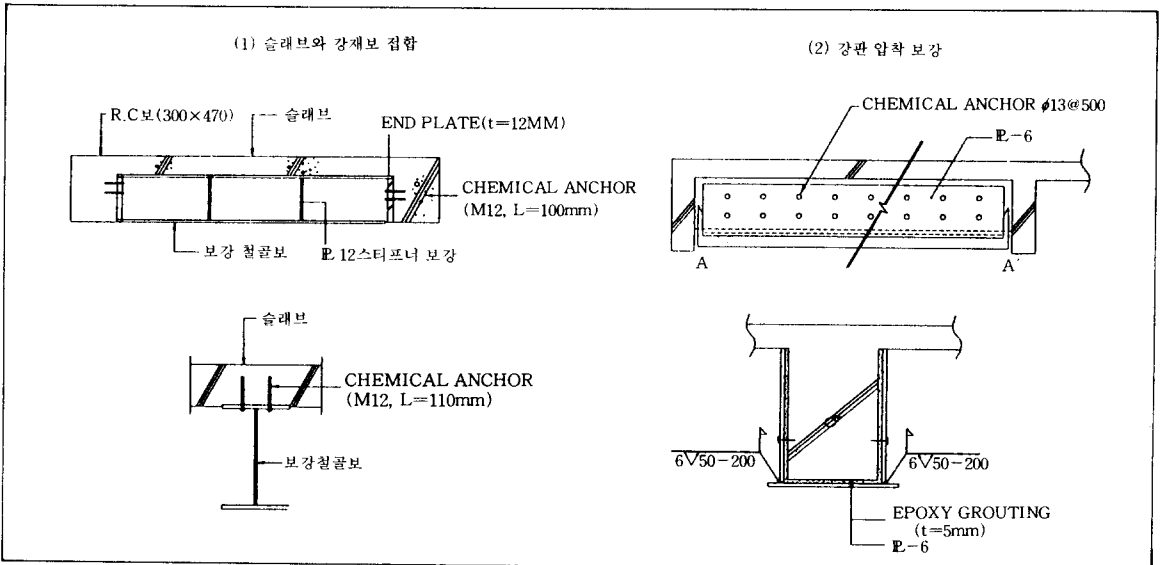


그림 3 강재 보 증설 및 강관압착공법

현재 상태의 시공조건(콘크리트 강도, 철근배근 등)을 고려한 구조검토를 하여 부족한 내력을 H형강을 사용하여 회복하도록 조치하였다.

③ 휨 강성 부족부위

그림 3.(1)과 같이 강재 보를 설치하여 휨 강성을 늘인다.

④ 휨 내력 부족 부위

그림 3.(2)와 같이 균열부에 대한 에폭시 그라우팅 이후 강판압착보강으로 내력을 증대시켰다.

2.5 보강시공

① 균열보수

가. 보 단부 및 중앙부에 발생되어 있는 0.3~1.5mm의 균열은 에폭시 그라우팅 시킨다. 우선 콘크리트 표면을 깨끗이 청소하고 신나등으로 이물질을 제거시킨다.

나. 균열의 양상 및 폭에 따라 노즐의 위치를 균열의 중심에 고정시킨다.

다. 실링은 24시간 이상 양생시키며 에폭시 주재와 경화재를 소정의 배합비로 혼합시키고 노즐 주입구를 통해 저압으로 압입시켜 양생한다. 이때 경화상태는 노즐에 있는 에폭시로 확인한다.

라. 노즐을 제거하고 실링재는 디스크 샌드등으로 제거, 마감 처리한다.

② 강판압착공법

가. 강판의 규격을 정한 후 재단 및 절곡하고 앵커 및 파이프 구멍을 소요치수에 맞게 가공한다. 강판의 녹은 제거하며 기름은 신나로 닦는다.

나. 콘크리트 접착면의 레이턴스, 오물, 녹, 도료, 기름기 등을 와이어브러쉬 또는 디스크 샌더로 청소하고 습기를 제거 건조상태를 유지한다.

다. 강판은 케미칼 앵커볼트로 사용하여 부착한다. 콘크리트 강도가 양호한 경우는 셋트 앵커(set anchor)를 사용할 수 있다.

라. 주입구 및 배기 파이프를 고정 설치하고 강판과 고정볼트 주위를 밀폐시킨 다음 주입

압에 견딜 수 있도록 경화 양생시킨다.

마. 에폭시는 소정의 배합비로 혼합하여 주입시키고 주입은 최하단부부터 시행하며 인접 주입 파이프에서 에폭시제가 유출될 때까지 확인한 후 다음 주입 파이프로 이동한다.

바. 주입이 완료된 후 에폭시가 완전히 경화될 때까지 양생시킨다.

사. 주입 파이프를 제거한 후 면을 평탄하게 하고 방청칠을 한다.

③ 강재 보 증설

가. 보가 누락되어 있는 부위에 그림 3과 같이 H-440×300×11×18을 설치하였다.

나. 상판 밑 부분의 접착면과 철골보의 접착면은 사전에 표면처리 한다.

다. 시공과정 중 상판의 움직임을 대비하여 고무 혹은 나무등으로 30cm 간격으로 설치한다.

라. 강재 보의 플랜지 끝 부위를 실링재로 밀봉하고 에폭시 주입파이프와 배기 파이프를 1m 간격으로 설치한다.

마. 실링재가 완전 경화된 후 에폭시제를 인접 파이프에서 나올 때까지 순차적으로 주입한다.

바. 주입파이프 제거 후 표면 마무리 작업을 한다.

3. 포스트텐션닝(post-tentionning)에 의한 보 보강방법

3.1 대상건물

① 건물명 : 충북 청주시 S 사옥

② 건물규모 : 지상 5층 / 지하 1층 연면적 3,532m²

③ 구조형식 : 철근콘크리트구조

④ 준공일 : 88년 12월 3일

3.2 피해상황

① 4층 거더에 휨 및 전단균열이 0.2~10mm 크기

로 관통되어 발생되어 있으며 균열이 계속 진행중이다.(그림 4)

② 사택 조적벽체는 수평균열이 발생되어 있고 슬래브에는 균열 및 미소한 처짐이 발생되어 있다.

③ 기둥 일부에 0.1~0.2mm 수평균열이 발생되어 있다.

③ 구조검토 결과 단면이 부족하며 일부 구조체에는 철근배근이 부족하였다.

④ 당초 설계에는 없었던 사육이 비대칭적으로 재하되어 있다.

⑤ 내측 거더나 보의 지간이 길어 하중편중 및 집중현상이 발생할 가능성이 있다.

4G/5, A-B

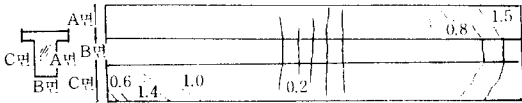


그림 4 현재 균열양상

3.3 안전진단

① 일부 부위 콘크리트 구체의 초음파 속도가 미약하게 나타났지만 전반적으로 설계기준강도에 접근된 강도(207kg/cm²)를 보였다.

② 기둥은 양호

3.4 보강설계

① 균열의 발생은 휨모멘트의 내력부족으로 판단되며 부족한 내력을 회복할 수 있도록 강판보강 혹은 포스트텐션닝(post-tentioning : 이하 P.T) 방법을 사용한다.

② 보의 지간이 길고 현재 보의 처짐이 많이 발생되어 있어 강판보강보다는 P.T방법을 선택하였다.(그림 5)

③ 케이블 정착구의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 나타났다.

④ 균열부는 에폭시 그라우팅하며 5층 증축부위는 철거하였다.

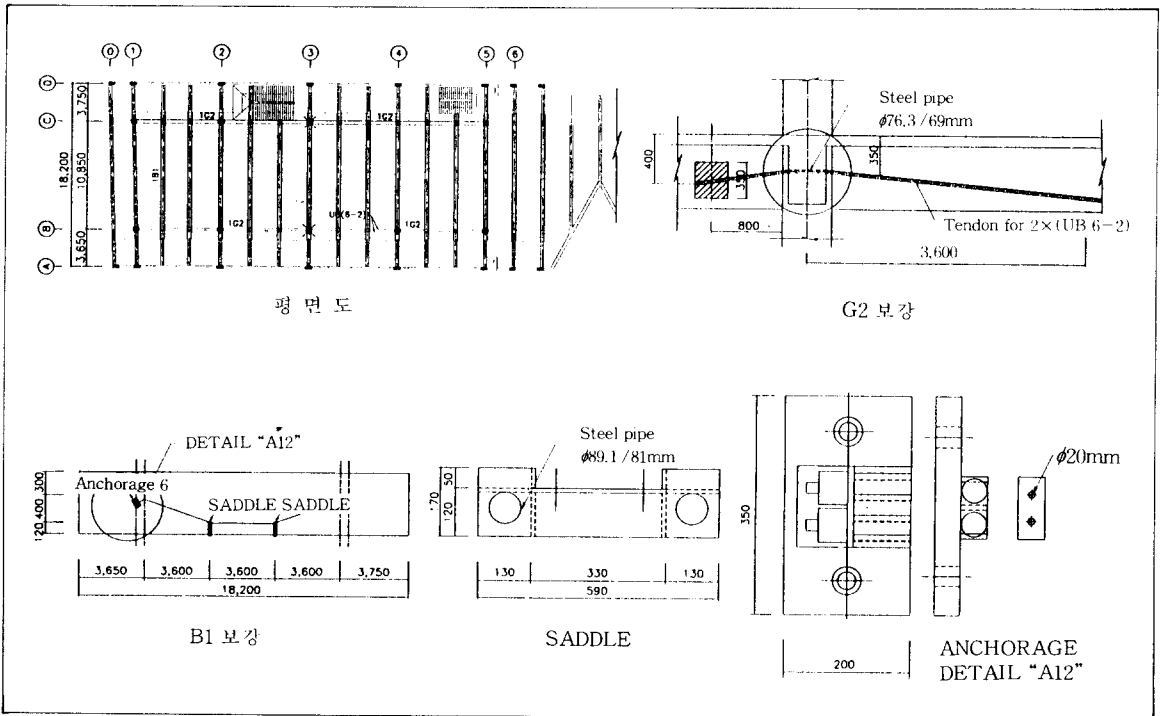


그림 5 포스트텐션닝 보강방법

4. 지반그라우팅 보강방법

량이 거의 미소하여 침하가 중지되었다고 보고 J.S.P보강방법은 계획단계로 그쳤다.

4.1 대상건물

- ① 건물명 : 충북 청주시 S 사옥
- ② 건물규모 : 3. P.T보강 구조물 사례건물

4.2 피해상황

- ① 건물의 외부 측면 기울기가 1.26cm 기울어져 있다.
- ② 외벽 조적부 사인장 균열 및 기둥 하부 사인장 균열 지반침하 가능성

4.3 보강설계

- ① 지반침하에 대해서 기둥 및 지중보 하부에 J.S.P보강방법을 이용하기로 하였다.(그림 6)
- ② 안전진단 이후 1년간 변위측정 결과 기울기

5. 기둥보강방법

5.1 대상건물

- ① 건물명 : 단양 H 시멘트 공장
- ② 건물규모 : 지상 3층
- ③ 구조형식 : 철근콘크리트구조+SRC구조
- ④ 준공일 : 65년

5.2 상황

- ① 시멘트 Cyclone Separator설비증축에 따른 기존 구조체의 안정성을 평가
- ② 하중증가에 따른 구조보강 설계

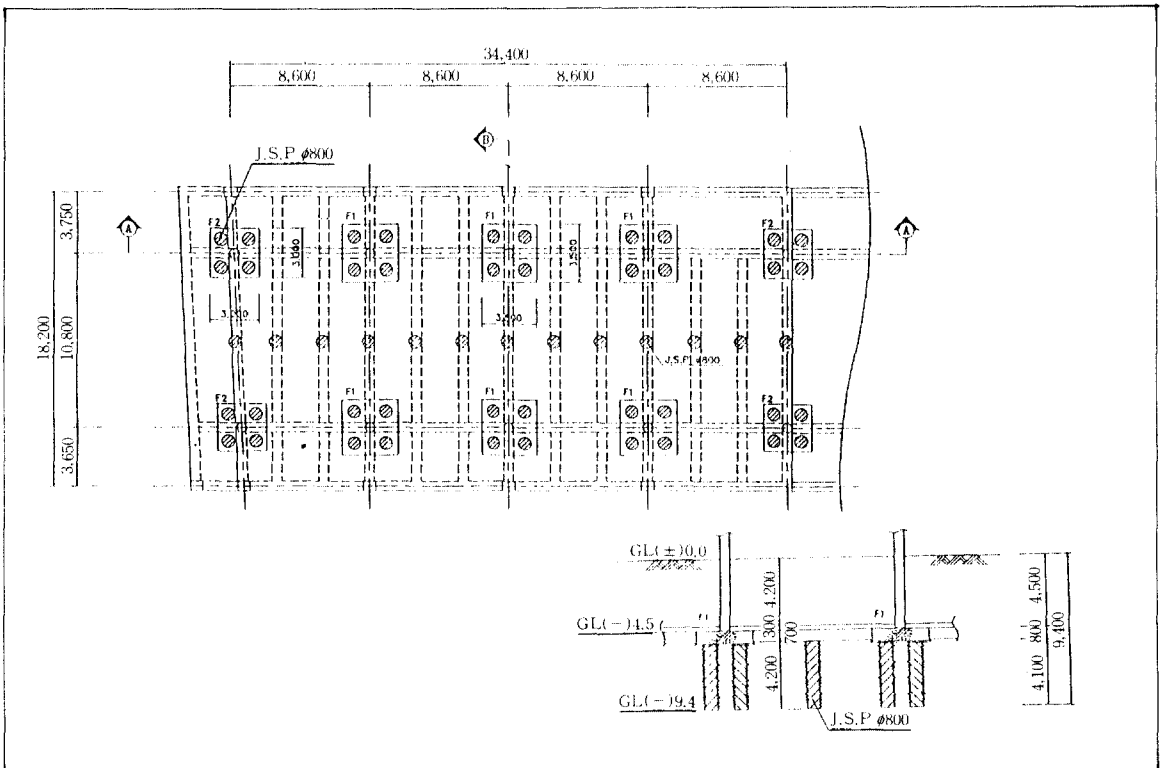


그림 6 지반보강공법(J.S.P 보강계획도면)

5.3 안전진단

- ① 콘크리트강도는 일부 설비설치 예정부에서 낮게 나타났다.(보통 300kg/cm², 미약부 150kg/cm²)
- ② 철근은 양호하게 배근

5.4 보강설계

① 공장내 C/M Cyclone Separator와 주변설비 지지 기둥은 현 상태의 부재단면으로도 안전한 것으로 검토되었으나 콘크리트의 성능저하등 재료적인 내구성 약화로 인해 발생될 수 있을 콘크리트 강도 저하와 설비 증축으로 인한 시공하중 증가 문제를 고려 철판압착공법으로 유도하였다.(그림 7)

② C/M Cyclone Separator를 지지하고 있는 보는 일부 관통균열 및 철근노출등이 발견되었으며 최초 시공상태의 부재력을 발휘할 수 없어 새로 증가되는 장비의 하중증가에 대한 안정성을 고려하여 현재의 보위에 철판보를 설치하여 Sep-

erator 지지하중을 기둥으로 직접 부담시키도록 하였다.

6. 지하수압 보강방법

6.1 대상건물

- ① 건물명 : S 분뇨 처리장
- ② 건물규모 : 지상 1층 / 지하 1층
- ③ 구조형식 : 철근콘크리트구조 / 기초형식 : 매트기초+확대기초
- ④ 준공일 : 95년 시공과정중 진단의뢰

6.2 피해상황

- ① 기둥 하부에 사인장 균열이 발생되어 있고 일부 보 단부에서는 0.2mm 폭의 수직균열이 일정하게 발생되어 있고 조적벽은 이격되어 있다.
- ② 탱크 내력벽은 사인장 균열이 0.2mm 정도 일정한 방향으로 나 있어 건물전체가 요동한 흔적

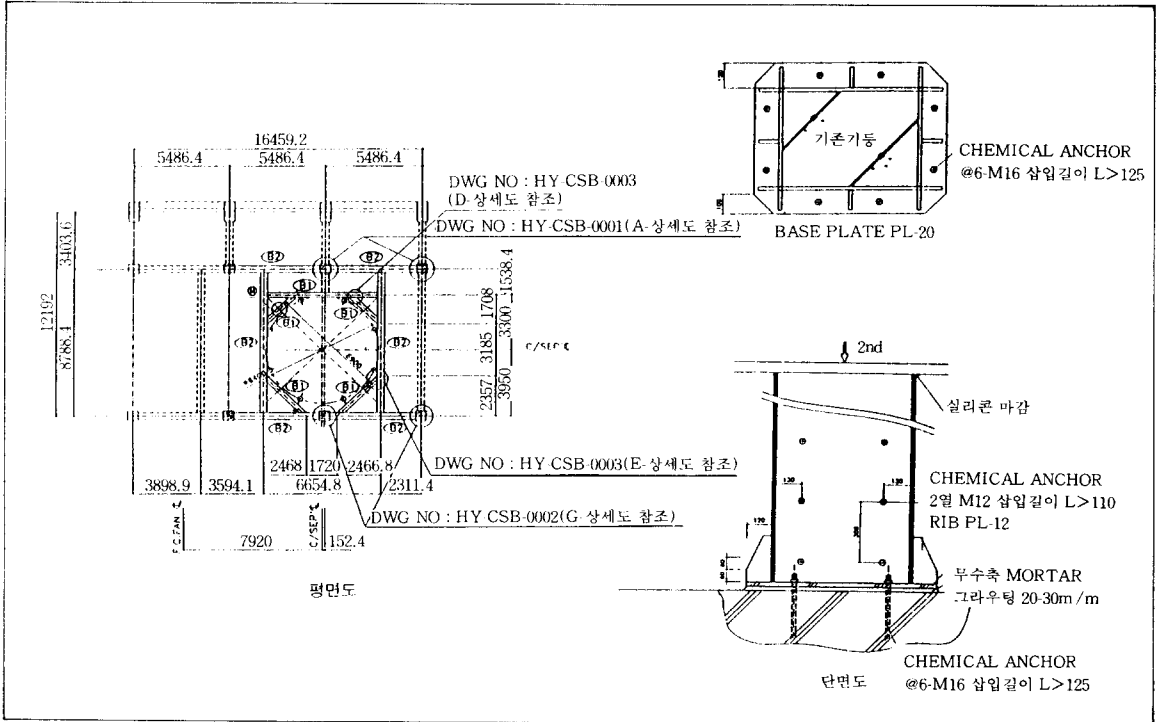


그림 7 기둥의 강판보강

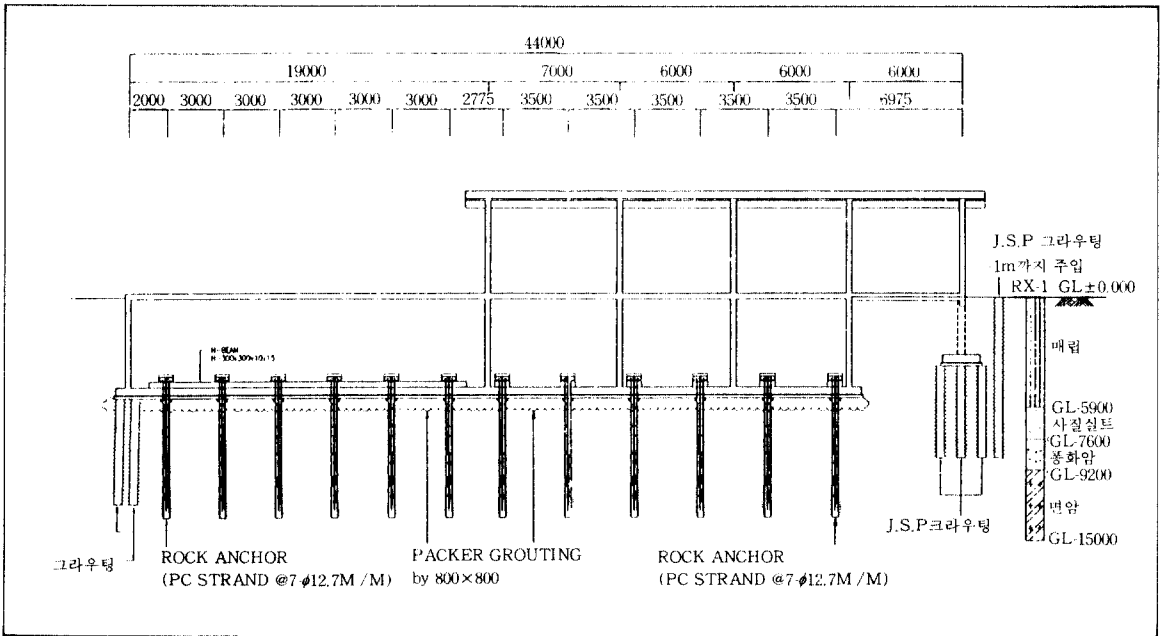


그림 8 지반보강공법(ROCK ANCHOR시공)

이 있다.

- ③ 보와 기둥 접합부는 관통균열이 발생되었다.

6.3 안전진단

- ① 계곡 바로 밑에 구조물이 위치하고 있어 대지에 유입되는 수량을 고려한 건축계획이 미비하다.
- ② 진단대상 구조물은 급격히 작용한 과다수압을 받아 일부 취약한 구조체로 부상하여 보에 전단균열을 발생시켰다. 구조체의 기울기는 최대 1/108를 나타내고 있어 수압을 받아 부상하였던 구조체로서는 양호한 결과를 가지고 있다.
- ③ 철근은 양호하게 배근된 것으로 나타났다.

6.4 보강설계

- ① 외부옹벽은 수압을 1층 바닥에서 -2.5m를 고려하여 계산할 경우 모멘트와 전단에 안전한 것으로 나타났으며 보, 기둥, 슬래브 역시 별도의 보강이 필요없다.
- ② 진단 구조물은 일시적인 과다수압(집수조 시공이전 상황)이 작용하여 건물이 부상하고 안정된 경우로 기초바닥면과 지반사이에 공동이 있는 것으로 예상되어 시멘트 크라우팅을 우선 보강 조치한다.
- ③ 차후 발생할 수 있는 집중호우로 인한 수위 상승방지를 위해 구조물 바닥에 rock anchor를 설치하여 부력에 저항할 수 있도록 한다.(그림 8)
- ④ 외부에 차수벽을 설치하여 계곡에서 유입되는 수량을 방지한다. **㉠**