

현장에서 발생하는 구조검토사항



상원구조 소장 강석규

1. 개요

현장에서 건축구조물을 시공하다 보면 실제 설계도서에서 가정하였던 것과 다소 상이한 조건이 발생할 경우가 있다. 특히 기초와 지하구조물 구축에 있어서는 자연의 다양성이 설계시 가정과 실제 시공과의 거리를 더욱 떨어뜨리는 역할을 한다. 본고에서는 현장에서 발생 하였던 구조물의 검토사례를 시공순서별로 요약, 소개 한다.

ANCHOR 1단의 연속띠장과 간섭된 부위에 적용한 보강 DETAIL로서 지하1층 외벽 상부에 WALL GIRDER 를 설치하여 벽체 콘크리트의 물량 증가 없이 보강 처리한 경우이다.

- ① 기초층 콘크리트 타설 (면적 50m×60m)
- ② EARTH ANCHOR 2단 제거
- ③ 합벽시공 (최상단 EARTH ANCHOR는 사장)

2. 흠막이 및 기초공사

2.1 합벽 시공시 벽체 보강

지하외벽을 흠막이벽과 합벽으로 시공하면 유리한 점이 많이 있으나 흠막이벽 외부로 돌출한 띠장이나 엄지말뚝의 수직오차에 의한 간섭이 발생하여 원설계 단면을 유지하기 위해서는 부득이 콘크리트 물량을 증가시켜야 한다. 그림 1.은 이를 보완하기 위하여 EARTH

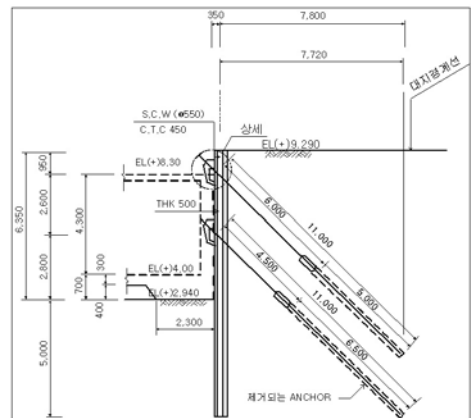


그림 1 현황도

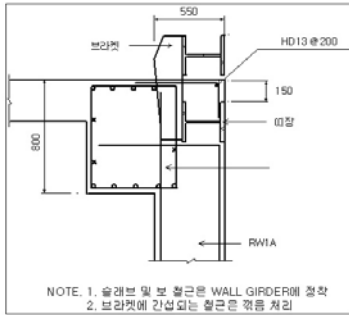


그림 2 합벽 시공시 띠장 간섭구간 보강상세

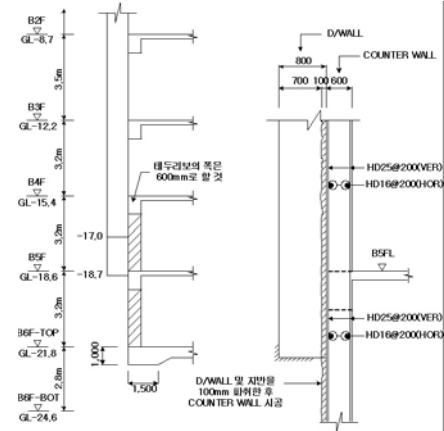


그림 3 카운터월의 단면도

2.2 카운터 월 설계 및 시공

현장에서 지하연속벽공법으로 흙막이벽을 구축하였을 때 암반에 의해 최하단부가 소정의 깊이까지 도달하지 못하였을 경우, 설치되는 카운터월의 시공사례를 보여주고 있다.

현장사례

- 공사명: 00사옥 신축공사 현장
- 규 모: 지상30층, 지하6층
- 구조형식: 지상 - 철골조
지하 - 철골조
- 시공방법: 탑다운공법 및 SPS공법 적용

이때 적용가능한 카운터월의 설계는 다음과 같은 순서에 의해 실시한다.

- 지중연속벽 Tip level 파악
- 설계도면상의 지하층 level 및 기초위치 파악
- 카운터월에 작용하는 토압 산정
- 카운터월의 해석 및 작용외력 파악
- 벽체단면산정 및 소요철근량 산정

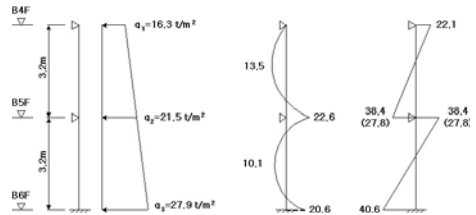


그림 4 흙막이벽에 작용하는 수평토압 및 모멘트, 전단력도

2.3 파일기초 편심에 대한 검토

현장에서 파일기초 시공시 여러 원인으로 인해 파일이 설계상의 위치와 다소 차이를 가지고 시공되어 편심이 발생하는 경우가 종종 일어난다. 본절은 이와 같이 파일의 수평오차에 의한 편심이 발생하였을 경우, 기초보강법에 대한 내용을 정리 요약한 것이다.

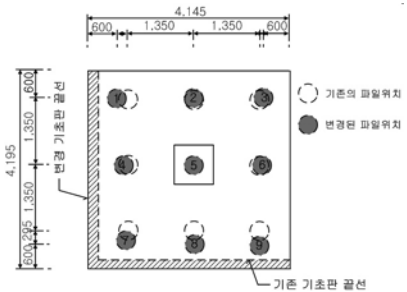


그림 5 파일 수평방향 위치 이동에 따른 기초판 크기 변경

표 1 현장타설말뚝의 제원

기초	위치	하중	지름	암반근입	철근량	철골근입	스터드
F1	①	1800	2000	연암 4.0m	H32@36	3.0m	20eax14열
F2	②	1300	2000	연암 2.5m	H32@36	2.0m	20eax10열
F3	③	1300	1500	연암 5.0m	H32@30	3.5m	10eax20열
F4	④	900	1500	연암 3.0m	H32@20	2.4m	10eax14열
F5	⑤	330	800	연암 4.0m		3.5m	

2.5 마이크로파일(Micro Pile)의 지지력

마이크로파일은 지반을 천공하고 강봉이나 강관을 삽입한 후 시멘트계의 밀크를 주입하여 지지말뚝을 형성하는 공법으로서, 직경 250mm 이하의 모든 소구경 말뚝을 마이크로파일이라 칭하지만 간혹 150mm 이하의 직경을 마이크로파일, 150mm 250mm 직경을 미니파일(Mini Pile) 이라고도 한다. 마이크로파일은 기존 구조물에 피해를 주지 않으며, 소형장비로 제한된 공간에서 작업이 가능하며, 압축력과 인장력을 동시에 지지할 수 있고, 호박돌이 협재된 전석층이나 지지층이 깊은 곳에 위치된 경우에도 큰 문제없이 시공이 가능하다.

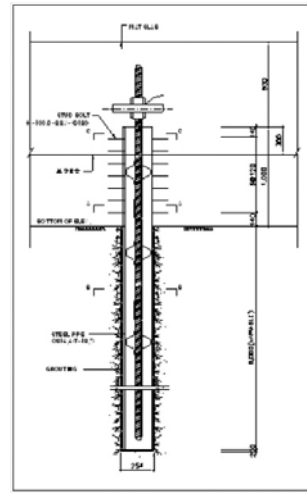


그림 8 기초단면도

표 2 마이크로 파일의 내력 비교(천공크기별)

천공경	4"(100mm)	6"(150mm)	6"(150mm)	10"(250mm)	7.5"(190mm)
강관	φ60.5x4.0	φ101.6x5.0	--	φ216.3x12.7	φ141.3x9.52
철근	--	--	φ50 ¹⁾	--	4-HD25
설계내력	10 t	20 t	50 t	130 t	70 t
근입 깊이	풍화토	10 m	5.0m ²⁾	0	3.0m
	풍화암	0.5 m	0.5 m	6.0m	9.0m

- 주 1) 카마파일 철근 $f_y=5.5 \text{ t/cm}^2$ 2mm 부식치 공제 안전율 1.75
 2) 카마파일은 자유장 5m 암반층의 정착장 6m 를 요구하고 있음.
 3) 일반사항 : 안전율 2.0

철근 $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$
 몰탈 $f_{ck} = 200 \text{ kg/cm}^2$
 강관 $f_y = 3,300 \text{ kg/cm}^2$

3. 철근콘크리트 공사

3.1 철근 피복두께

구조도면의 일반사항에 표기된 피복두께가 간혹 “콘크리트구조설계기준”(건교부, 1999)에 어긋나게 되어 있어 감리자, 설계자 및 시공자에게 혼선을 주고 있으며, 현장 여건에 부합된 피복두께를 선정하는데 있어 어려움이 있어 표 3과 같이 각 부재별, 조건별, 철근직경별로 분류된 철근의 피복두께를 제시하고자 한다.

표 3 부재별 철근 피복두께

부재	조건	철근 직경	피복두께 (mm)
슬래브	내측면	≥ D16	30, 2db (권고)
		≤ D13	20
	외측면	≥ D29	60
		≤ D25	50
보·기둥	내측면	≥ D35	60
		≤ D32	50
	외측면	≥ D29	60
		≤ D25	50
벽체	내측면	≥ D19	40, 2db (권고)
		≤ D16	30
	외측면	≥ D29	60
		≤ D16	40
기초	내측면	≥ D19	40, 2db (권고)
		≤ D16	30
	외측하단근	모든 철근	80 단, 말뚝 상단에서 50
		외측상단근	모든 철근

표 4 부재별 철근 피복두께 (염해 혹은 화학작용을 받는 경우)

부재	조건	철근 직경	피복두께 (mm)
슬래브	내측면	≥ D19	40, 2db (큰값)
		≤ D16	30
	외측면	≥ D29	60
		≤ D25	50
보·기둥	내측면	≥ D35	60
		≤ D32	50
	외측면	≤ D25	40
		모든철근	70
벽체	내측면	≥ D19	40, 2db (큰값)
		≤ D16	30
	외측면	≥ D29	60
		≤ D25	50
기초	내측면	≥ D19	40, 2db (큰값)
		≤ D16	30
	외측하단근	모든 철근	80 단, 말뚝 상단에서 50
		외측상단근	모든철근

● 특기사항

1. SOG 슬래브 및 보

지반 위에 버림콘크리트를 치는 경우에는 외측면 조건에 준하지만, 흙 위에 바로 타설하는 경우 기초의 외측하단근 조건에 준한다.

2. 지붕슬래브 상단근은 방수재+누름콘크리트 마감재가 있는 경우 내측면 조건에 준한다.

3. 외벽, 보, 기둥의 외측면이 외기에 노출되어도 타일과 같은 마감재가 붙어 있는 경우 내측면 조건에 준한다.

3.2 정착 및 이음길이

다음은 “콘크리트구조설계기준”에 의하여 산정된 정착 및 이음길이로서, 구조도면의 일반사항에 표시되는 값이 실제 현장의 여건을 고려하면 다소 큰 값이므로 이를 현장 여건을 고려하여 조정할 값이다.

적용조건

1) 슬래브

조건: 피복 2cm,

$$c = 2+1.0/2 = 2.5(D10), \alpha = 1.0, K_{tr}=0$$

$$1.3/2 = 2.65(D13), \beta = 1.0$$

피복 3cm,

$$c = 3+1.6/2 = 3.8(D16), \nu = 0.8$$

$$1.9/2 = 3.95 (D19), \lambda = 1.0$$

2) 보, 기둥

조건: 피복 4cm, 간격 4cm 이상, 순간격 3.0db 이상, stirrup/tie D10@300 이상

$$\alpha=1, \beta=1, \nu = 0.8 \text{ or } 1.0, \lambda = 1$$

3) 기타

조건: 피복 4cm, 간격 4cm 이상, 순간격 3.0db 이상, $\alpha=1, \beta=1, \nu = 0.8 \text{ or } 1.0, \lambda = 1, K_{tr}=0$

표 4 인장 이형철근의 정착 ($f_{ck}/f_y=210/3000 \text{ kg/cm}^2$)

적용	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
슬래브	일반	300	310	320	440				
	상부								
보, 기둥	일반	300	300	350	420	610	700	820	900
	상부	300	360	450	540	790	900	1060	1170
기타 (슬래브 이외)	일반	300	310	380	450	650	740	860	950
	상부	310	400	500	590	850	960	1120	1230
표준 갈고리	1.0	170	210	260	300	360	400	460	510
	0.7	150	150	180	210	250	280	330	360

표 5 압축 이형철근의 정착 ($f_{ck}/f_y=210/3000 \text{ kg/cm}^2$)

적용	위치	D10	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
모든부위		200	230	280	330	380	430	500	550

표 6 이음의 분류

배근/필요	겹침이음된 철근량의 비(%)	
	≤ 50%	> 50%
2 이상	A급이음	B급이음
2 미만	B급이음	B급이음

표 7 이음길이

A급	B급
1.0Ld	1.3Ld

3.3 각 부분 배근상세

본절에서는 철근 콘크리트구조에 단차가 발생하였을 경우, 현장에 적용된 철근 배근의 상세예를 보여준다.

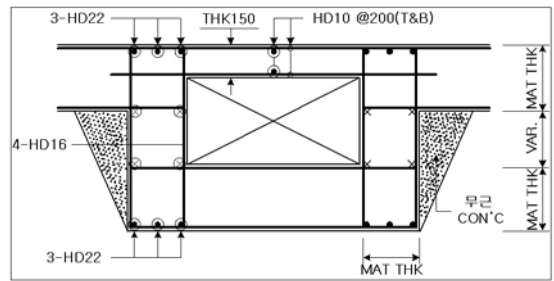


그림 12 집수정 SECTION

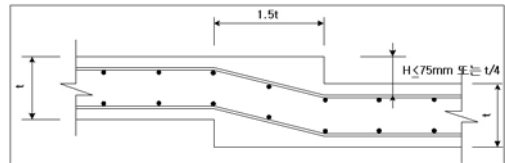
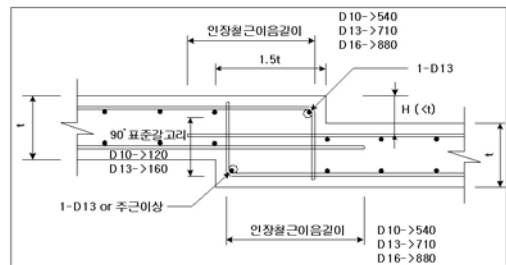
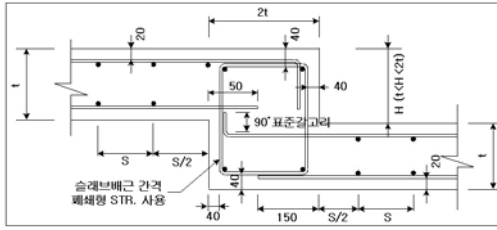


그림 13 단차가 나는 슬래브의 배근

(a) $H \leq 75\text{mm}$ 또는 $t/4$ 인 경우



(b) $H < t$ 이고 $H < 150$ 인 경우



(c) $t < H < 2t$ 인 경우

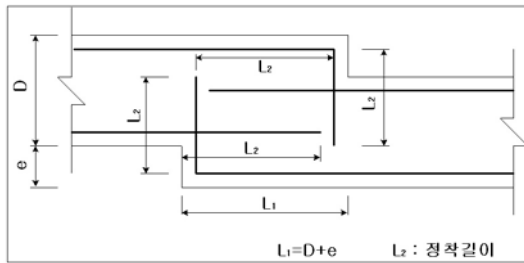


그림 14 단차가 나는 보의 배근

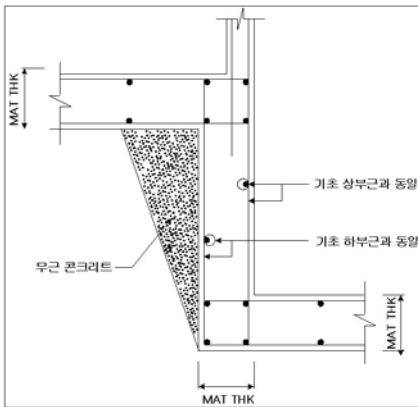


그림 15 단차가 나는 기초의 배근

3.4 시공단계의 작업장 바닥 보강방안

작업을 위한 공간을 대지 안이나 그 주변에서 구할 수 없으므로 1층 바닥을 작업바닥으로 이용하여야 한다. 그러기 위해서 1층 바닥에 사용될 작업하중(바닥적재 하중 및 장비하중)에 대해서 슬래브와 보 등의 바닥구조를 구조검토하고 부재의 내력이 부족할시 보강을 하

여야 한다.

■ 작업하중조건 : 레미콘차(총중량 26.0ton), 펌프카(총중량 22.8ton), 25톤 하이드로 크레인(차량중량 24.5ton 작업최대중량 49.5ton)의 운행에 대하여 바닥 구조에 대한 안전성 검토 및 보강설계

계수하중비교에서 시공시 하중이 설계하중보다 10% 큰 것으로 나타났다. 따라서 시공 하중에 의한 작용외력(모멘트 및 전단력)을 구하여 부재내력과 비교하였다. 비교결과, 보는 부재내력이 작용외력보다 큰 것으로 나타나 보강이 필요 없으나 슬래브는 부재내력이 작용외력보다 작아 보강이 필요하다.

슬래브의 보강은 슬래브 중앙 하부에 가설 SUPPORT를 설치하여 보강한다. 가설 SUPPORT는 최대 바퀴하중을 견딜 수 있어야 하므로 일반파이프 SUPPORT는 사용이 어렵다. 주로 가설SUPPORT는 JACK SUPPORT를 사용한다.

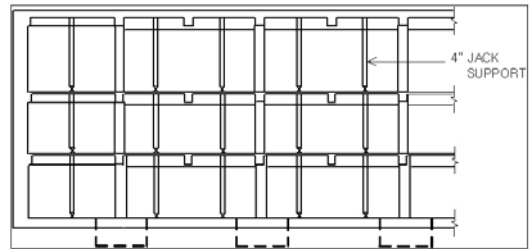


그림 16 슬래브 보강도 (가설 SUPPORT 설치 방안)

3.5 바닥슬래브 개구부 보강 방안

슬래브가 이미 타설된 후 화장실 측면에 덕트를 설치하고자 슬래브에 개구부를 만드는 경우이다.

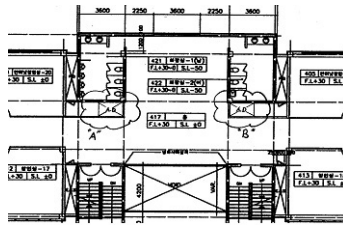


그림 17 슬래브의 개구부

- ① 보통 개구부가 슬래브 전체면적에 비해 작은 경우
나 개구부 크기가 600mm 600mm 이하인 경우 : 슬래브
개구부 주위에 철근보강을 하는 것으로 처리
- ② 바닥슬래브 콘크리트가 타설되지 않은 경우

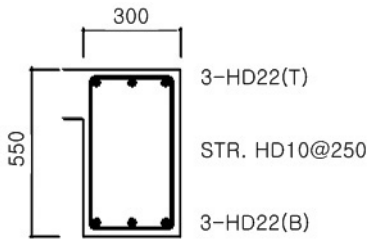


그림 18 OPENING 보강 (슬래브가 타설되지 않은 경우)

개구부 측면에 보강 BEAM(B H=300 550이상)을 설치하여 보강하며, 보의 스패니 크지 않은 경우(SPAN ≤5.0m이하) 기본배근(상,하부 주철근 3-HD22)정도면 안전한 것으로 판단된다. 다만, 보강보를 포함하여 개구부의 3변 이상이 보에 의해 구획된 경우에 한하며, 해당슬래브의 용도가 창고, 기계실, 공조실, 주방 등 적재하중이 큰 경우(500kg/m² 이상), 또는 보강보 위에 조적벽체의 높이가 3.0m 이상인 경우에는 별도의 구조검토가 필요하다.

- ③ 바닥슬래브 콘크리트가 기타설된 경우
이러한 경우 위와 같이 보강 BEAM을 설치하여야 하

나 RC로는 기 시공된 부분과의 접합이 어려우므로 철골보를 사용하여 보강한다. 위와 같은 조건의 경우H-294X 200X8X12 (SS400)의 단면을 가진 철골보를 사용하면 안전한 것으로 판단된다. 접합부는 CHEMICAL BOLT를 사용하여 보강철골보를 기존의 RC보에 접합하고, 바닥슬래브와 보강철골보 사이는 무수축몰탈 채움을 실시하여 바닥슬래브의 하중이 보강철골보에 직접 전달되도록 처리한다.

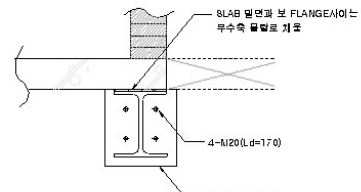
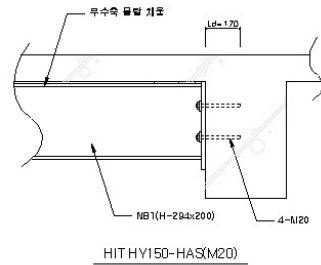


그림 19 2F, 3F 바닥 OPENING 보강 (슬래브가 기타설된 경우)

3.6 아파트 재시공에 따른 이어치기 구조검토

본절은 아파트 지하주차장 시공시 수회의 시공사 및 시공인력의 교체로 발생한 재시공시 슬래브와 보를 이어치는 부분에 대한 구조검토사례를 보여준다.

는 좁아야 한다. 또한 수축대의 폭은 0.6~0.9m 정도로 하고 수축대 부분은 총 건조수축의 40%정도 수축이 발생하는 시기인 조인트 주위 타설 후 2~4주 후에 타설하는 것을 권장하고 있다.

- (1) 실제 구조물의 계측과 균열발생 조사 결과 수축대는 균열 방지에 효과적임을 알 수 있었다.
- (2) 수축대 설치시 평면 형상 및 수직 부재의 배치, 개구부의 배치 등을 고려해야 하며 수축대가 효과를 발휘할 수 있는 유효거리를 고려해야 한다. 또한 부등수축으로 인한 균열은 수축대 설치와 더불어 재료, 시공에 대한 대책이 병행되어야 한다.
- (3) 수축대 폭은 철근의 이음길이를 고려하여 결정해야 하며 수축대 시공시 수축대 부위의 구조적 보강, 누수방지, 작업 안전통로 형성 등의 작업이 필요하다.
- (4) 평면 배치 형상이 복잡한 경우 현장의 상황에 따라 수축대와 시공준을 병행하여 적절히 계획하는 것이 바람직하다.

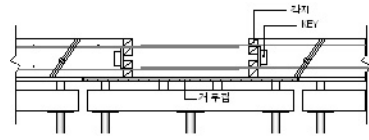


그림 28 수축대 상세 단면도

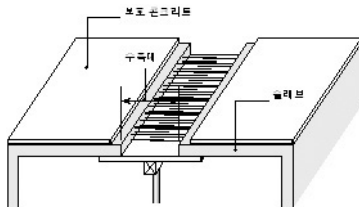


그림 25 수축대 설치 모습



그림 26 수축대 사진