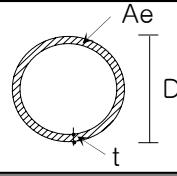


4. 지정 및 기초공사

4-1. 말뚝의 제원과 허용하중

① 강관 말뚝의 제원과
최대 허용하중은?

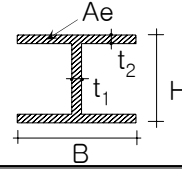


외경 D(mm)	두께 t(mm)	단위무게 W(kgf/m)	유효단면적 Ae (cm ²)	장기허용 압축응력도 Lfc(kgf/cm ²)	최대허용하중(개략 치, tf)
318.5	6.0	46.24	39.0	1431	50
	9.0	68.69	67.6	1506	90
339.7	9.0	73.40	72.3	1492	90
	12.0	96.97	102.3	1563	140
355.6	9.0	76.92	75.8	1482	100
	14.0	117.93	128.0	1595	180
406.4	9.0	88.20	87.0	1457	110
	12.0	116.71	123.3	1516	160
	16.0	154.04	170.8	1595	240
457.2	9.0	99.47	98.1	1437	120
	16.0	174.08	193.2	1560	270
508.0	9.0	110.75	109.3	1422	140
	12.0	146.78	155.2	1469	200
	16.0	194.12	215.5	1532	290
557.2	9.0	121.67	120.1	1409	150
	16.0	213.54	237.2	1510	320
609.6	9.0	133.30	131.6	1398	160
	16.0	234.21	260.2	1490	340
660.4	9.0	144.57	142.8	1389	170
	16.0	254.25	282.5	1474	370
711.2	16.0	274.30	304.9	1460	400
812.8	16.0	314.39	349.6	1437	450
914.4	16.0	354.47	394.3	1420	500

[주]

- 장기허용 인장응력 : $Lft(\text{kgf/cm}^2) = 1600$ (SPS400 기준)
- 장기허용 압축응력 :
 $Lfc(\text{kgf/cm}^2) = (0.8 + 2.5t/r) \times Lft \quad (0.01 \leq t/r \leq 0.08)$
 $Lfc(\text{kgf/cm}^2) = Lft \quad (t/r > 0.08)$
 $t = \text{강관말뚝 두께}, r = \text{강관말뚝 반경}$
- 최대허용하중(정밀치) = 유효단면적(Ae) x 장기허용압축응력도(Lfc) x 10^{-3}
- 최대허용하중(개략치)는 정밀치의 90% 수준에서 절삭한 값
- 유효단면적 : 부식치를 공제한 단면적
- 말뚝을 이어서 사용할 경우 산정식에 따라 허용하중을 저감시켜야 함

② H형강 말뚝의 제원과 최대 허용하중은?

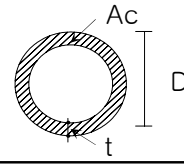


공칭 치수	표준단면치수	단위중량 W(kgf/m)	유효단면적Ae (cm ²)	최대허용하중 (개략치, tf)	
				SS400	SS490
200 x 200	H-200 x 204 x 12 x 12	56.2	47.9	60	80
	H-204 x 206 x 14 x 14	65.8	59.9	70	100
250 x 250	H-244 x 252 x 11 x 11	64.4	52.7	60	90
	H-250 x 255 x 14 x 14	82.2	75.0	90	120
300 x 200	H-294 x 200 x 8 x 12	56.8	44.94	50	70
	H-298 x 201 x 9 x 14	65.4	55.72	70	90
300 x 300	H-294 x 302 x 12 x 12	84.5	72.4	90	120
	H-300 x 300 x 10 x 15	94.0	84.3	100	140
	H-300 x 305 x 15 x 15	106.0	99.1	120	160
350 x 350	H-338 x 351 x 13 x 13	106.0	94.3	110	160
	H-344 x 354 x 16 x 16	131.0	125.4	150	210
	H-350 x 350 x 12 x 19	137.0	132.4	160	220
	H-350 x 357 x 19 x 19	156.0	156.7	190	260
400 x 400	H-388 x 402 x 15 x 15	140.0	131.4	160	220
	H-394 x 405 x 18 x 18	168.0	167.0	210	280
	H-400 x 400 x 13 x 21	172.0	171.2	210	290
	H-400 x 408 x 21 x 21	197.0	202.9	250	340
	H-414 x 405 x 18 x 28	232.0	247.2	310	420
	H-428 x 407 x 20 x 35	283.0	311.8	390	530

[주]

- 최대허용하중(정밀치) = 유효단면적(Ae) x 1.4 (SS400)
최대허용하중(정밀치) = 유효단면적(Ae) x 1.9 (SS490)
- 최대허용하중(개략치)는 정밀치의 90%수준에서 절삭한 값

③ PHC 말뚝의 제원과 최대 허용하중은?



직경 D(mm)	두께 t(mm)	종류	단위중량 W(kgf/m)	콘크리트 단 면적Ac(cm ²)	환산 단면적 Ae(cm ²)	허용 축방향 하중(tf)	실용 축방향하중 (tf)
300	60	A	118	452	464	72	50
		B			476	54	30
		C			484	45	25
350	60	A	142	547	561	88	60
		B			578	66	40
		C			585	55	30
400	65	A	178	684	702	109	80
		B			721	82	60
		C			735	68	50
450	70	A	217	836	859	134	100
		B			883	100	80
		C			899	84	60
500	80	A	274	1056	1084	169	120
		B			1113	127	100
		C			1132	106	80
600	90	A	375	1442	1480	231	160
		B			1519	173	140
		C			1546	144	120

[주]

- 말뚝 Prestress 정도에 따라 구분 (대부분 A종 사용)
A종 : 40kgf/cm², B종 : 80kgf/cm², C종 : 100kgf/cm²
- PHC 300 Series와 C종은 현재 국내에서 거의 생산되지 않음
- B종은 A종에 비하여 25%정도 비싸며, 휨응력에 유리하므로 수평하중을 받는 경우에 사용
- 허용축방향하중은 완벽한 시공을 전제로 한 재료허용하중을 의미
- 실용축방향하중은 지질조건 및 시공조건을 감안한 평균치이며, 현장특성에 따라 증감가능

4-2. 말뚝시공

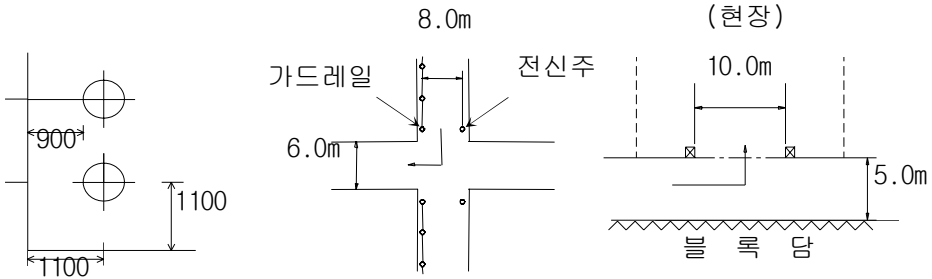
① 기성 콘크리트 말뚝 시공시 고려사항은?



어느 지점에
타격하지?

[소요작업면적]

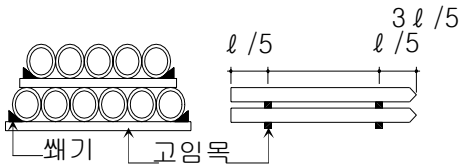
- 타격공법의 경우 항타가 가능한 최소면적 : 500m²이상



장애물로부터의 최소거리

현장진입도로의 요구폭 (말뚝길이 15m까지)

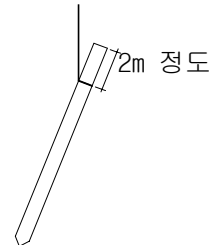
[말뚝의 반입 및 저장]



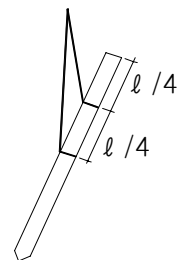
- 제작후 14일 이내 운반 금지
- 납품서 확인
(말뚝종류, 길이, 본수 등 확인)
- 규격·치수 및 균열여부 확인
(물을 뿌려본다.)
- 가능한 1단으로 하여 종류별로 저장.
부득이 2단 이상 쌓을 경우 각단의 받침대를 동일 수직면상에 배치
- 구르지 않도록 쌓기로 괴어 준다.
- 적치 장소는 박기 지점에 가깝고, 배수가 양호하며 지반이 견고할 것

[말뚝의 들기 (이동)]

$L < 12m$



$L \geq 12m$



② 기성 콘크리트 말뚝의 파손원인 및 대책은 무엇인가?

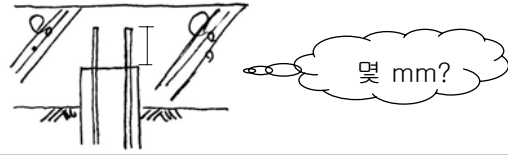


왜 파손됐을까?

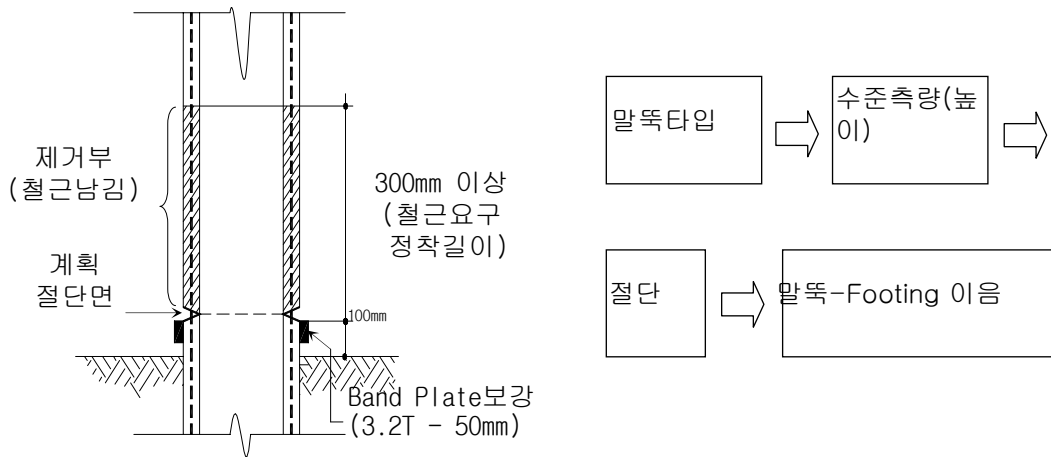
[말뚝 파손원인 및 대책]

구분	파손	전단 파괴	휨방향 균열	말뚝 중간부	말뚝 종간부	말뚝 종간부	폐단 말뚝 활용
원인	<ul style="list-style-type: none"> - Hammer의 과다 타격 - 말뚝 강도 부족 - 말뚝 두께의 결함 - 과잉항타 	<ul style="list-style-type: none"> - 편타에 의한 파손 - 과잉항타 - 말뚝 강도 부족 - 지반내 장애물 	<ul style="list-style-type: none"> - 연약지반 중 전단의 저항이 작을 때 말뚝에 발생되는 인장력이 편타에 의한 휨을 유발 	<ul style="list-style-type: none"> - 중앙부의 관입률이 안입되어 발생 - 편타에 의한 응력 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 전삭층에 의한 파손 - Hammer 용량의 과다 - 말뚝 강도 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐단 말뚝 끝 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐단 말뚝 활용
대책	<ul style="list-style-type: none"> - 말뚝두부보강 (철판 Ca사용) - 말뚝강도 증가 - 말뚝 형변경 	<ul style="list-style-type: none"> - 항타기 말뚝간 경사수정 - 말뚝강도 증가 - Hammer의 용량 및 타격 조정 	<ul style="list-style-type: none"> - 유효 Prestress가 큰 말뚝을 사용 - Cushion보강 <ul style="list-style-type: none"> · 최소 10cm이 · 5cm 2장 : 나무결 교차 - 유압 Hammer의 경유 Hammer의 타격높이를 10~20cm로 조절 	<ul style="list-style-type: none"> - 말뚝 끝에 유공 제어 판 부착 - Cushion 보강 	<ul style="list-style-type: none"> - 말뚝 끝에 유공 	<ul style="list-style-type: none"> - Preboring의 관입 형식 변경 - Hammer의 용량 및 타격 조정 - 말뚝 선단부의 Shoe 보강 	<ul style="list-style-type: none"> - PC, PHC Pile 등: 선단 보강 > - 보통 RC PILE : riction Cutter >

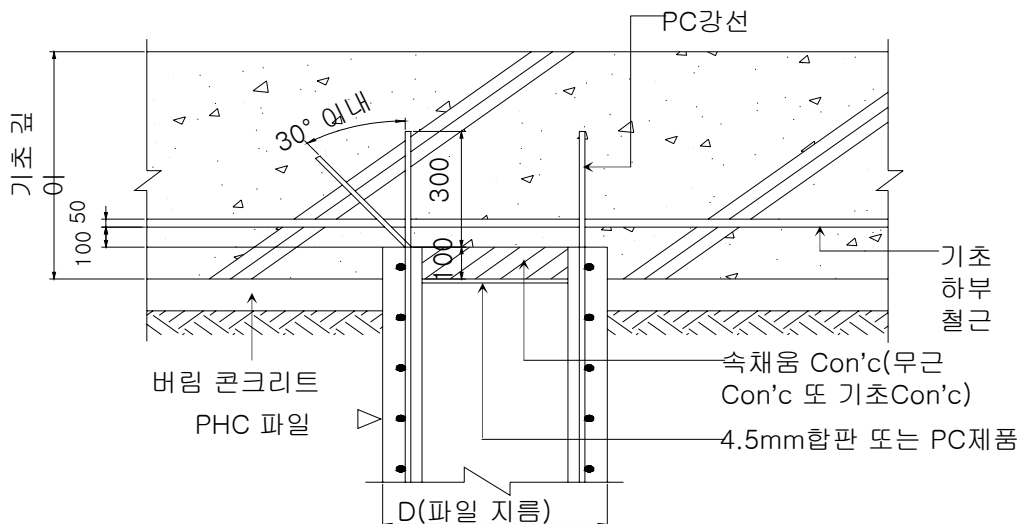
③ 기성 콘크리트 말뚝의 두부처리는 어떻게 하는가?



[말뚝 두부 처리]

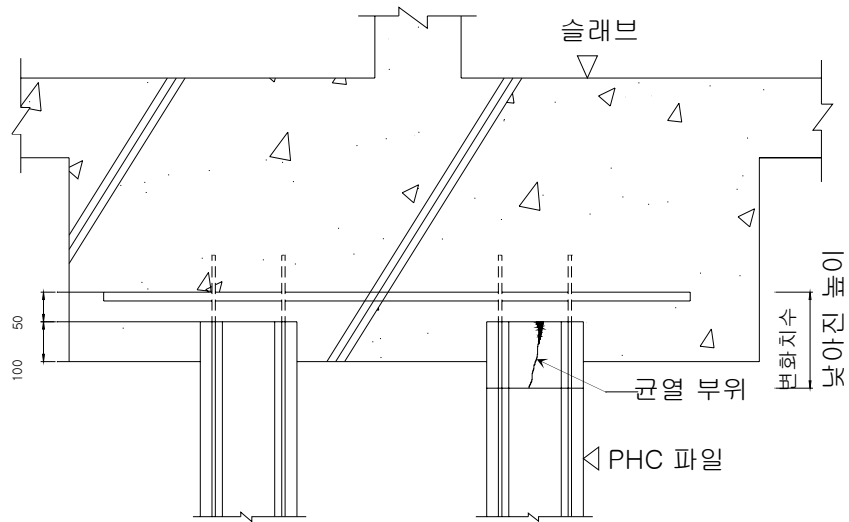


일반적인 경우

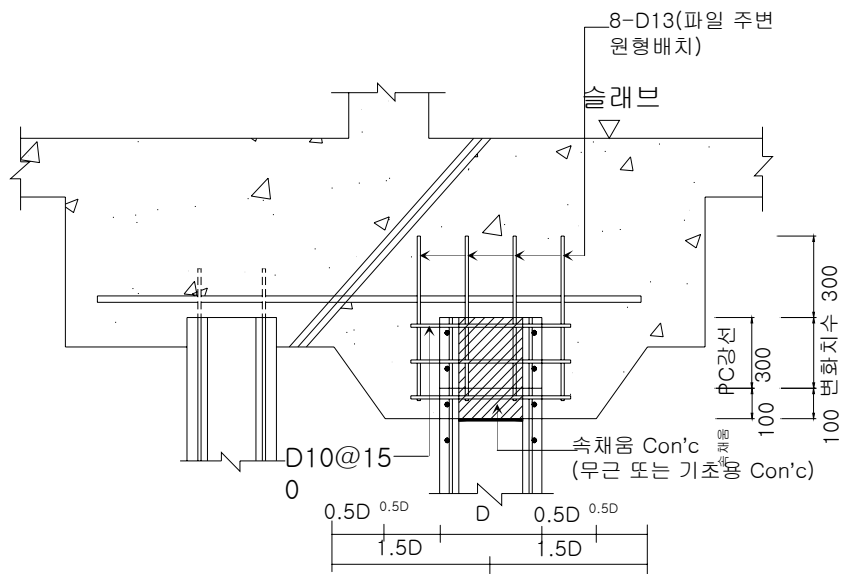


말뚝머리가 부분적으로 낮은 경우 또는 절단부위 하부가 균열이 간 경우

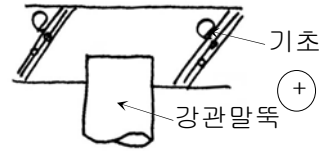
[현황]



[보강안 : 파일주위 보강]

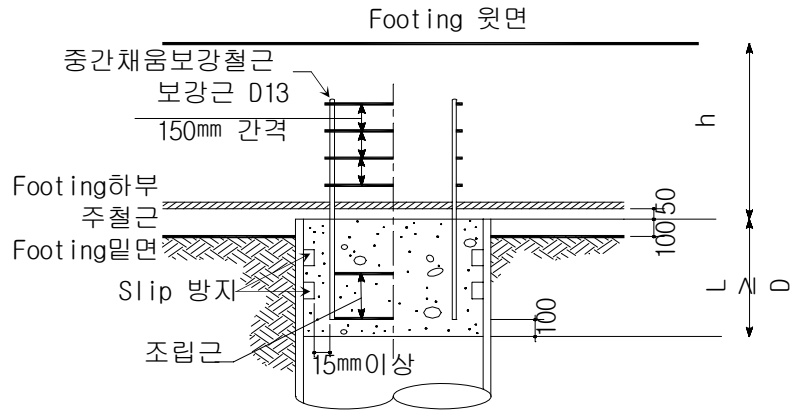


④ 강관말뚝과 기초(Footing)는
어떻게 정착시키는가?

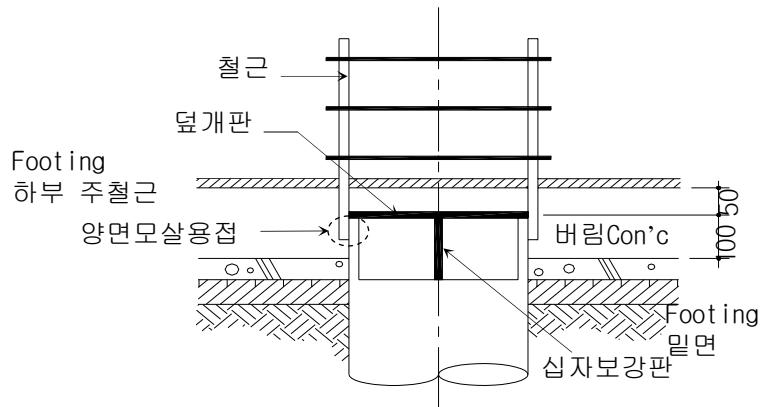


[말뚝-Footing의 정착상세]

중간채움 Con'c를 이용하는 경우



십자보강판을 이용하는 경우

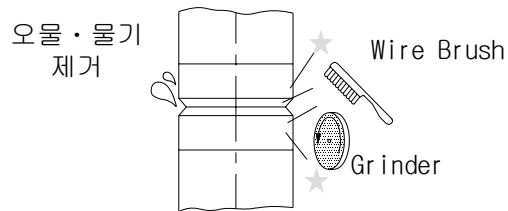


⑤ 강관말뚝 용접시 주의사항은?

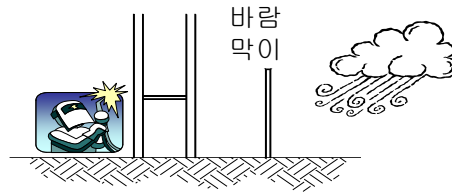


[용접시 주의사항]

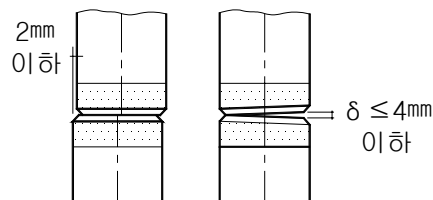
- 용접전 Wire Brush 및 걸레로 오물·물기 제거



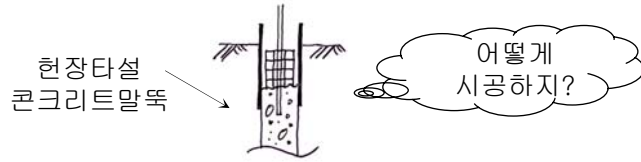
- 용접후 Slag 제거·확인
- 비바람이 불 때는 용접부를 보호 (바람이 초속 10m/sec 이상 일 때는 충분한 방호설비 승인을 받고 실시)



- 작업장 바닥 상태가 좋지 못할 때는 작업대 설치
- 용접공의 자격은 반자동 용접 가능자
- 5℃ 이하의 경우 용접을 삼가
단, 5℃ ~ -10℃의 경우에 용접부 100mm이내의 부분을 모두 36℃ 이상으로 예열시킬 때는 가능
- 허용오차



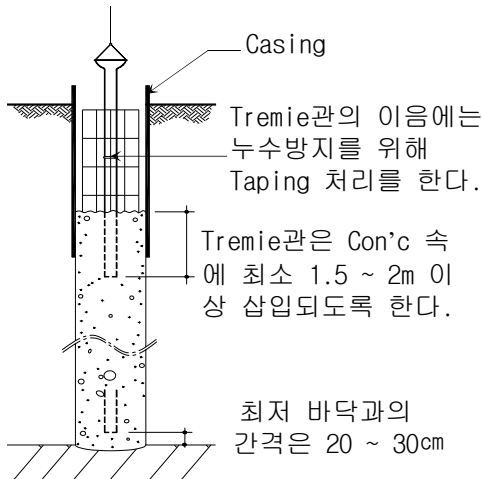
⑥ 현장타설 콘크리트 말뚝 시공시 고려사항은?



[Con'c배합]

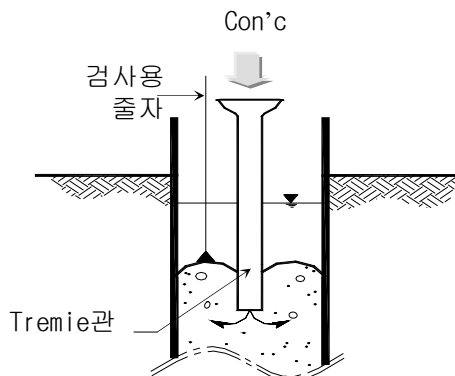
물시멘트비	소요 Slump	단위 시멘트량	비고
55% 이하	18~21cm 이하	350kgf/m ³ 이상	이수 속에서 타설하는 경우
60% 이하	18cm 이하	270kgf/m ³ 이상	공기중에서 타설하는 경우

[Con'c 타설]



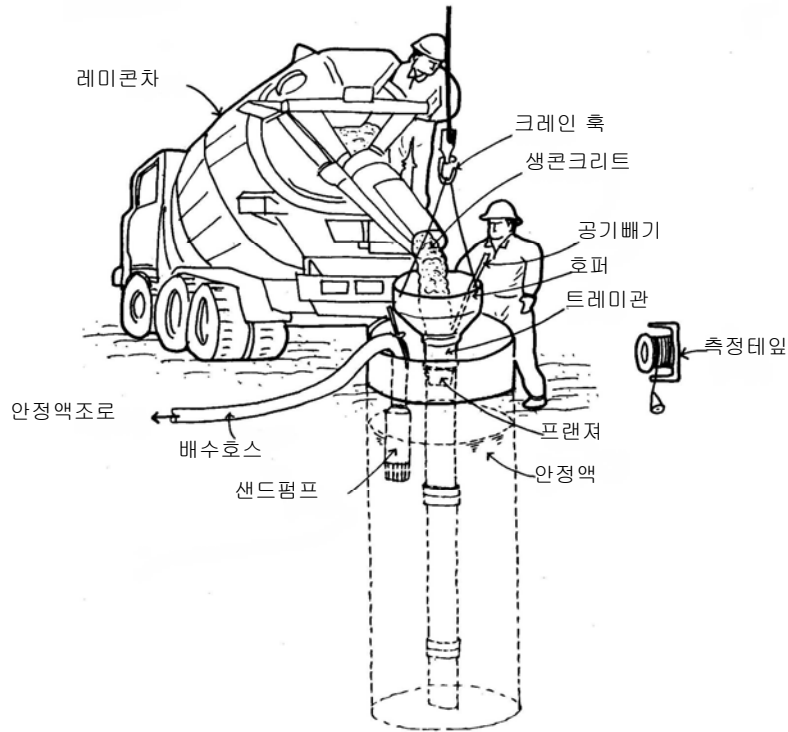
- 혼합비비기부터 타설종료까지의 시간
 - 25℃ 이상 : 90분 이내
 - 25℃ 미만 : 120분 이내
- Con'c 타설은 중단되지 않도록 한다.
(Slime 혼입 방지)

[Con'c Level]



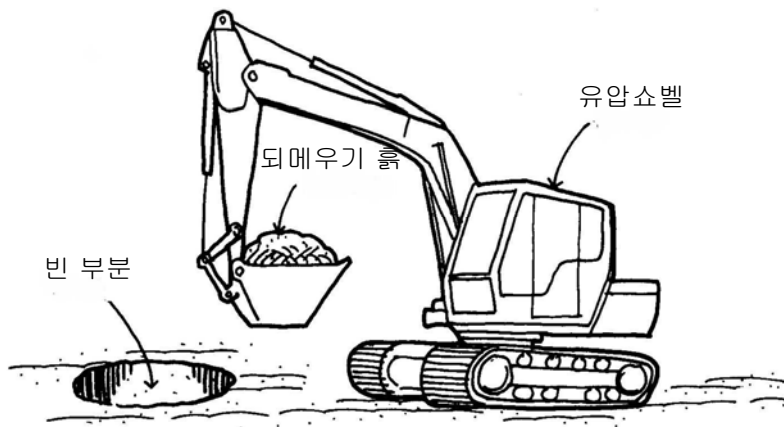
- Con'c Level을 측량하여 Con'c Level 상승과 사용 Con'c량을 비교
→ Con'c의 유출여부, 공벽 붕괴 여부를 확인한다.
- 줄자 측량은 3개소 이상 제일 깊은 곳을 기준

- 콘크리트 타설모습



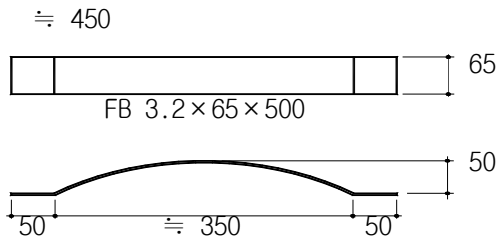
[말뚝 천공홀 되메우기시 주의사항]

- Con'c 타설후 최저 2시간 이상은 놔둘 것
- 굴삭토 중 양질의 흙이나 쇠석 사용
- 흙막이 벽이 가까운 경우는 흙막이벽의 안정을 위해 되메우기 시기를 가능한 빠르게 한다.
- 말뚝의 완성 여부를 표시한다.
: 눈에 띄는 끈 등으로 위치 표시
- 필요시 안전성 확보를 위해 철판 등으로 구멍을 막아 추락사고를 방지한다.

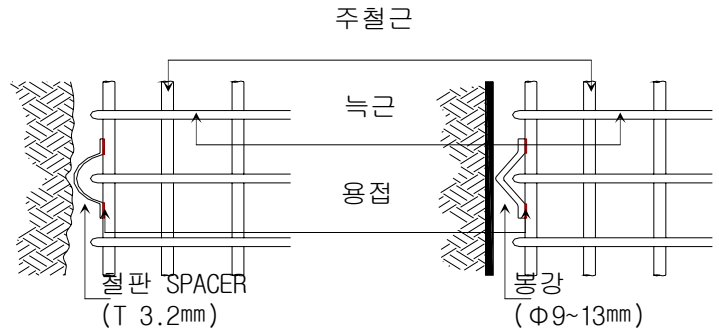


[철근망(Steel Cage)]

- 철판 Spacer



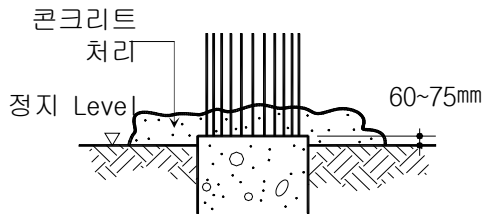
- 4m 간격
- 말뚝주변 4~6개 설치



- Casing이 없는 경우

- Casing이 있는 경우

[말뚝 두부 처리]

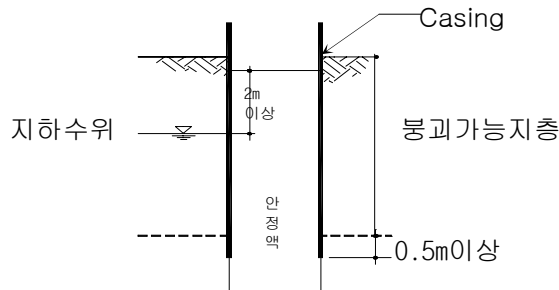


Over-Flow로
두부콘크리트 처리



- Breaker 파쇄 불필요
- 타설직후 상부 Level 정리 가능

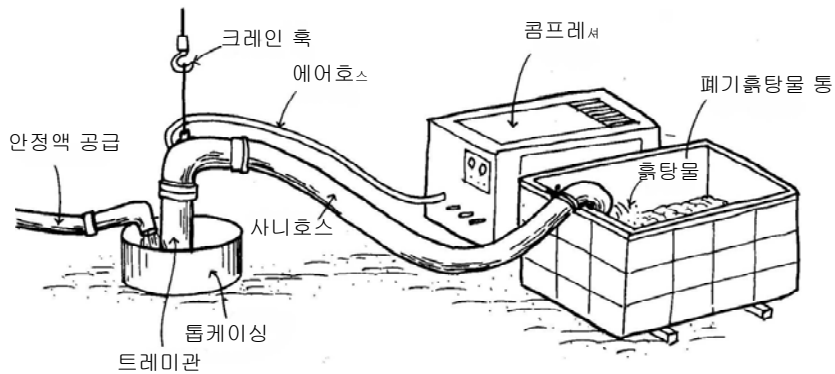
[공벽유지]



- 붕괴 가능 지층의 경우 Casing을 이용한다.
- 공벽 수위를 지하수위보다 높게 하여 선단지반의 교란을 방지
- 배수공법으로 피압수의 압력을 저하시킨다.
- 정수압 유지 : 0.2kgf/cm²이상
- 안정액 이용

[Slime의 처리]

- 콘크리트 타설 직전의 Slime 양은 10cm 이하 유지
- 슬라임 처리방법
- ① 슬라임 처리용의 전용 버킷으로 긁어낸다.
- ② 수중 펌프를 구멍밑에 가라앉게 하여 물을 순환시켜서 지상의 처리설비로 제거한다.
- ③ 콘크리트 타설용의 트레미를 사용하여 에어리프트, 리버스 서큘레이션용 펌프 등으로 물과 함께 빨아내어 처리한다.

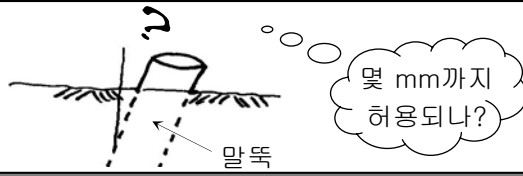


[참고] 부지면적에 따른 굴착기 사용 사례

- 현장타설말뚝(RCD)의 경우

- 덕수빌딩 현장 : 대지면적 1,000평 → 굴착기 2대
- 그랜드 백화점 : 대지면적 3,000평 → 굴착기 3대
- 굴착기에 따른 장비의 조합을 검토한다.

⑦ 현장타설 콘크리트 말뚝의 시공오차는 어느 정도까지 허용되나?



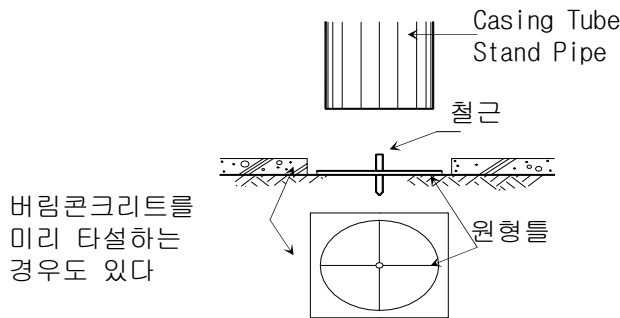
[수직 · 수평정밀도]

수직정밀도 → 오차한계 : 1/300

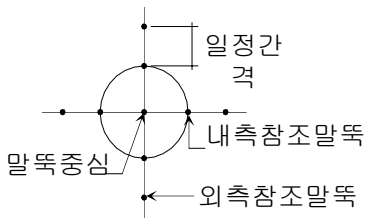
- Casing Tube, Stand Pipe의 연직성은 굴착초기 5 ~ 6 m
압입시 결정되므로 이때까지는 Transit 등으로 수직도를 확인
- 굴착중 기계가 기울지 않도록 지반을 평평히 유지
: 공동부 메우기, 되메움부 다짐, 지반개량, 버림 콘크리트 선타설 등

수평정밀도 → 오차한계 : 10cm

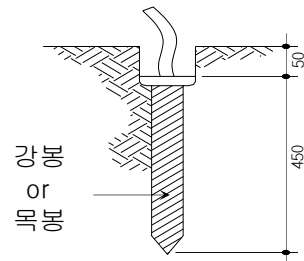
- Casing Tube, Stand Pipe 이용 공법은 중심점을 볼 수 없으므로 참조말뚝 또는 원형틀로 평면상 위치 확인



< 원형틀에 의한 중심잡기 >



< 참조말뚝 >



⑧ 말뚝 시공시 생긴 오차는 어떻게 보강해야 하는가?



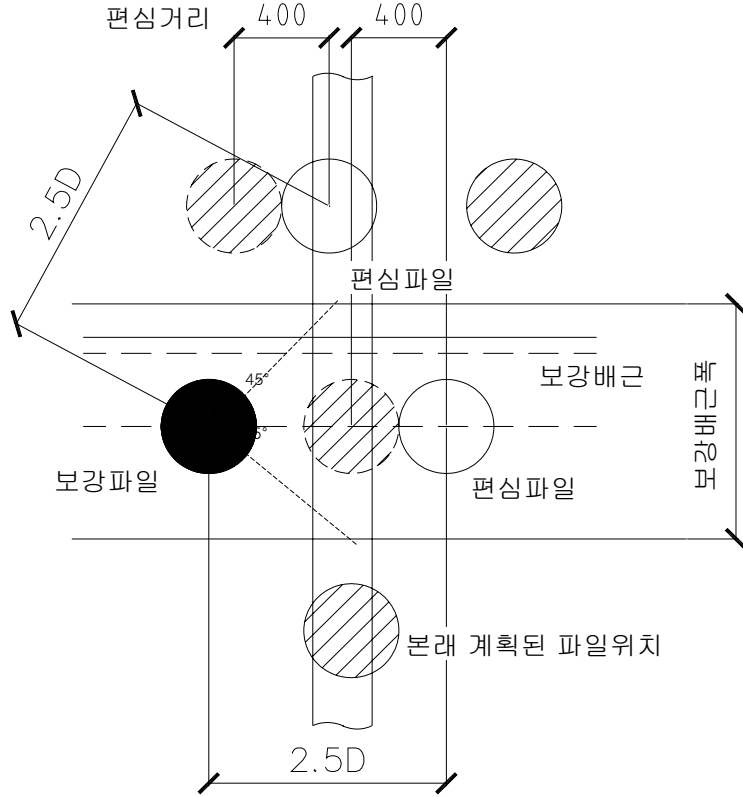
[보강방법]

-파일 시공 오차에 대한 보강시 해당 기술팀의 지원을 받을 것

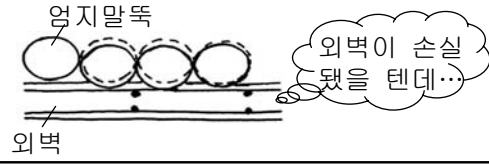
시공오차	보 강 방 법
설계위치 이탈	<ul style="list-style-type: none"> - 설계위치에서 벗어난 거리가 150mm를 초과한 경우 : 구조검토하여 추가 항타 및 기초 보강 - 독립기초, 줄기초 그리고 매트기초의 외곽 말뚝이 75~150mm 벗어난 경우 : 말뚝 중심선 외측에서 벗어난 만큼 기초를 확대하고 철근은 구조검토에 의해 보강하여 배근
수직도 불량	<ul style="list-style-type: none"> - 항타 완료 후 각도기 등으로 계측하여 수직에 대한 기울기가 Pile 길이의 1/50 이상일 경우 : 보강말뚝 시공
항타중 종파	<ul style="list-style-type: none"> - 항타 완료 후 거울로 비춰 보거나 다림추 등으로 종파여부 확인 - 종파시 보강말뚝을 설계위치에 인접하여 추가 항타 (최소 이격거리 검토 요망) - 말뚝중심선 외측으로 벗어난 만큼 기초폭을 확대하고 철근은 구조검토에 의해 보강

[현장 지원 사례]

- 파일 공사시 발생하는 문제점은 즉시 확인이 어려우나, 추후에는 보강파일의 시공이 불가능하여 심각한 문제가 발생할 수 있으므로 버림콘크리트 타설시까지 기다리지 말고 공사중 수시로 편심에 대한 실측을 통하여 시기적절한 보강이 이루어질 수 있도록 한다.



⑨ 합벽 시공시 엄지말뚝 변위에 따라 발생하는 지하외벽의 손실 보강안은?



- 합벽 시공시 장비의 수직도 및 토압에 의한 엄지말뚝의 변위 등을 고려하여 지하외벽과 엄지말뚝의 이격거리를 둠
- 지하외벽과 엄지말뚝의 이격거리 : 터파기 깊이의 $1/150 \sim 1/200$
- 지반조건 및 시공상의 원인 등으로 이격거리 이상 변위가 발생했을 경우 지하외벽 단면 손실에 대해 다음과 같이 보강함

① 축소 변경된 두께에 대한 보강

- 전단 보강 : 콘크리트 강도 증가 또는 전단 철근 추가
- 휨 보강 : 철근량 재검토하여 추가 보강

② 벽체 중간에 버트레스 추가

- 건축 계획상 가능 여부 확인하여 적용
- 버트레스 추가할 경우, 벽체 배근조건이(주근방향 등) 달라지므로 재설계 필요

4-3. 기초공사

① 지내력과 파일심도는 어떻게 알 수 있는가?



- 지반조사 보고서 상의 시추 주상도를 참고하여 기초 저면의 지지력과 파일 심도를 판단한다.

[지내력]

- 사질토 기준 표준관입시험의 "N"값을 지내력으로 판단할 수 있다.



예

시추 주상도에 따르면 표준 관입시험에 의해 N의 값이 30이 나왔다. 그렇다면 지내력은 어느 정도라고 예상할 수 있는가?

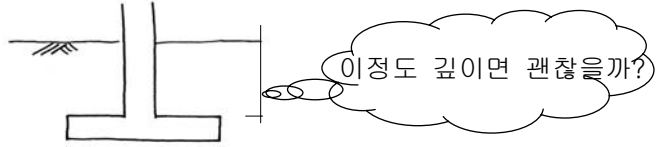
풀이

N=30이면, 대략 지내력(f_b)=30t/m²로 예상할 수 있다.

[파일심도]

- 대구경이 아닌 일반적인 파일의 경우 풍화암 하부 1.0m까지를 파일 심도로 한다.

② 지역에 따른 동결심도는?

**[동결심도]**

- 기초 시공시 지표면 이하 묻힘깊이는 동결심도를 기준하여 결정
- 겨울철 얼어 붙었던 땅이 봄철에 융해될 때 땅은 연약해지며, 이에 따라 기초가 침하할 수 있고, 상부 구조물에 하자가 발생하게 됨
⇒ 기초 저면을 동결 심도 이하로 근입하여야 함
- 동결 깊이는 흙의 종류, 투수량, 지하수위 등 건물이 놓이는 주변 자연 여건과 밀접한 관계가 있음. 모세관 상승 높이가 높고 투수성도 적당히 큰 실트질에서 흙의 동상 피해가 커짐
- 지역별 동결심도(해당 기술팀에 문의)

[동결 심도를 고려한 기초 단면 상세]

- ㉠ 동결 심도 : 지표면에서 기초 저면까지의 깊이
- ㉡ 일반적으로 도면에 표기된 기초 저면까지의 깊이 800~1000mm는 서울, 경기 지역을 기준으로 한 것이므로 지역별로 축소 또는 증가됨
- ㉢ 지하층이 없는 저층 건물과 같이 Mat 기초 두께가 작아 동결심도 이상의 두께가 확보되지 않을 경우 터파기 깊이를 줄이고자 한다면 기초 가장자리에 동결심도 이상의 두께가 되도록 기초판에 요철을 둠