

기성 콘크리트 말뚝기초의 설계 시공상 문제점 및 대책

이기환 / 토목기술부 대리

국내에서 건설된 각종 구조물중 부등침하 등으로 구조물에 위대한 영향이 발생된 사례가 많이 보고되고 있는데, 대부분의 경우 기초에 문제가 있는 것으로 판명되었다. 이들 문제점은 비단 시공중에 발생된 것 뿐만 아니라 계획단계 및 설계상에서도 찾아볼 수 있다. 말뚝기초의 현황에 대한 문제점의 대략적인 내용은 외국의 경우와 크게 상이하지 않으나 우리나라의 경우 이러한 문제점들이 일부에 국한되지 않고 상당히 폭넓게 만연되어 있으며 또 여러가지 사정으로 이들 문제점들을 문제시하지 않으려는 데에도 있는 것으로 판단된다. 본고에서는 공사계획 단계, 설계시공상의 문제점을 분석하고 해결방안을 제시하고자 한다.

계획 및 설계상의 문제점

1. 사업계획 입안상의 문제점

말뚝기초의 설계 및 시공에 관련한 문제점 조사 과정에서 설계 또는 시공에 종사하는 많은 실무자들의 공통적인 견해는 근본적인, 즉 사업계획 단계에서의 비전문적 목표설정과 무리한 목표원수 그리고 여기에서 비롯되는 각종 과요가 악순환 되는 것으로 압축할 수 있다.

아무리 완벽하게 계획된 경우에도 지반조건 변화 등은 사전에 예측할 수 없는 경우가 많이 있어 초기의 가정하에 작성된 설계조건 확인이 필수적이며 지반조사와 관련한 충분한 예산 및 기간, 가정된 지반조건 및 지지력의 현장확인이 필요하다.

2. 지반조사상의 문제점

각종 기초를 설계함에 있어 지반조사의 중요성은 아무리 강조하여도 지나

치지 않은 부분이다. 적절하지 못한 지반조사는 기초의 파괴를 유발하거나 필요 이상의 안전율을 적용, 과잉 설계를 유발케 되어 비경제적인 설계를 하게 된다. 우리나라 SPT 시험의 신뢰도는 극히 저조하고, 국제적인 조류(정적관입 시험결과와 실제 말뚝 지지력의 상관관계가 우수하기 때문)가 정적관입시험에 의해 말뚝의 지지력을 추정하고 있으나, 국내의 실정은 거의 표준관입시험으로 일관하고 있는 실정이다. 이러한 현상의 원인은 궁극적으로 전술한 사업 계획상의 문제점과 지반조사에 허용되는 기간 및 예산상의 문제로 귀착된다.

3. 설계상의 문제점

말뚝기초의 설계는 크게 나누어 구조적인 설계와 토질 및 기초 측면의 설계로 구분할 수 있다. 선진국의 경우 일반적으로 말뚝기초의 설계는 토질, 기초측면 중심으로 검토되는 경우가 대부분으로 이는 불확실한 변수가 많은 토질, 기초측면의 고려가 실질적인 주요 항목이기 때문이다. 그러나 우리나라의 경우는 상황이 상당히 상이한 실정이다. 건축 구조물 기초설계 과정은 발주처에 따라 다소의 차이는 있으나 아래의 예와 대응 소이다.

① 건물하중 계산으로 기초에 전달되는 하중계산

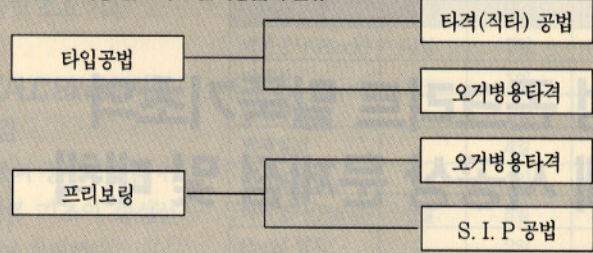
② 각 기초부에 전달되는 하중을 콘크리트 말뚝의 허용하중을 감안하여 말뚝직경 및 말뚝본수 계산

③ 표준관입시험 결과로부터 N40인 지지반 확인으로 말뚝 깊이 결정. 이상의 과정에서 토질, 기초측면의 고려는 세번째 과정의 지지층 깊이 확인 뿐이고 대부분의 설계는 상부구조 설계를 담당한 건축 구조 기술자에 의하여 시행되고 있다. 토질, 기초분야의 비전문가에 의한 기초 설계 그리고 표준관입시험 결과만을 고려하는 것은 말뚝기초 파괴를 유발하는 각종 지반조건에 대처하기에는 크게 미흡한 실정이며 또한 과잉설계로 비경제적인 시공을 하게 될 수도 있다.

〈표 1〉 기성 콘크리트 말뚝 종류 및 특성

구 분	RC 말뚝, 원심력 철근 콘크리트 말뚝	PC 말뚝, 프리텐션 방식 원심력, 프리스트레스, 콘크리트 말뚝	PHC 말뚝, 프리텐션 방식 원심력, 고강도 프리스트레스, 콘크리트 말뚝
상용 말뚝지름	25~30cm	300~600cm	300~1000cm
콘크리트 설계 기준 강도 F_c	400kg/cm ² 이상	500kg/cm ² 이상	800kg/cm ² 이상
콘크리트의 장기 허용 압축응력도 F_{cb}	100kg/cm ² 이하	125kg/cm ² 이하	200kg/cm ² 이하
유효 프리스트레스량 f_{ca}	-	40~100kg/cm ² 이상	40~160kg/cm ² 이상
장 단 점	-운반시나 시공시 균열이 많이 발생 -말뚝의 이음성능이 나쁨	-항타시 평균 0.5~1.5m 가량 두부손상이 발생 -Panel Shoe를 별도로 제작하여 본체에 결합, 분리 또는 파손 가능성 큼 -용접이음 어려움 (Bolt or Band)	-설계 지지력이 PC 말뚝의 1.6배 -타격력에 대해 큰 저항력 -휨에 대한 저항이 큼 -Flat Shoe 채움에 따른 관입량 증대 -Creep 건조 수축이 현저히 작음 -용접이음 용이
재령 기간	28일	28일	1일

〈그림 1〉 기성 콘크리트 말뚝공법의 분류



기성 콘크리트 말뚝 소개

〈표 1〉, 〈그림 1〉 참조

시공관리

국내의 경우 말뚝기초 공사는 일

반적으로 시공업자에 의하여 일반적으로 시공되고 있는 실정이고 시공 후 품질을 육안으로 관찰하기 어려울 뿐만 아니라 품질 시험 또한 그 빈도수가 적은편으로 하자 발생요인이 상당히 많다. 따라서 소요품질을 얻고 경제적이며 효율적인 시공을 위해서는 현장관리자의 기본적인 지식 및 시공중 철저한 관리가 요구된다.

1. 기성 콘크리트 말뚝의

반입시 품질검사

- PC 강봉의 선단이 금속재 정착장치 안에 있어야 한다.

- PHC Pile 선단의 Flat Shoe와 말뚝 본체의 접합부에 이격이 없어야 한다.

- 말뚝 본체 표면에 크랙이 없어야 한다.

2. 시험말뚝 시공

- 시험말뚝의 시공은 본 공사의 말뚝을 정확하고 안전하게 타입하기 위해서 없어서는 안되는 것이다.

- 시험말뚝은 지반상황, 말뚝의 타입 개수 또는 타입 넓이 등에 따라

충분한 시공관리 자료가 얻어지는 개수(일반적으로 전체 말뚝개수의 5% 정도)로 한다. 단 지지층이 불균일하거나 경사의 정도에 따라서 그 지점에 밀실하게 시험말뚝을 배치한다.
-시험말뚝의 측정항목 <표 2> 참조

3. 타입 말뚝 공법의 시공관리

직타 공법에 있어서 대부분의 경우 가장 큰 하자원인은 과도한 해머의 선택 및 불량한 쿠션재의 선정, 그리고 규정된 향타 기준을 지키지 못함에 있다.

1) 적정해머의 선정

해머는 말뚝을 손상시키지 않고, 지정한 타입깊이까지 경제적으로 타격하는 기종을 선정한다.

유압해머는 램 중량이 크고 낙하높이(최대낙하 높이는 1.2m정도가 일반적)를 조정할 수 있으므로 해머의 크기를 엄밀하게 검토할 필요는 없지만, 디젤해머의 2배 이상 중량이 필요하다.

유압해머의 경우는 가능한 큰 해머를 사용해서 낙하높이를 낮게 하는 편이 시공능률이 좋다. 최대 램 낙하높이는 기종에 따라 다르기 때문에 각 기종의 시공관리 시방서를 참조한다.

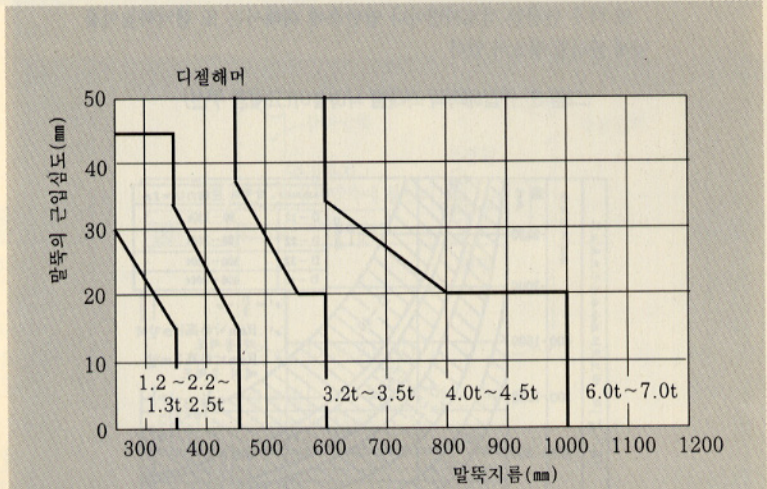
일반적으로 PHC 말뚝인 경우 관입깊이 10M 이내의 경우 2.5톤의 램이 적당하며 그 이상의 경우 3.5톤의 램이 적당하다.

2) 캡, 쿠션의 취급

캡은 디젤해머 또는 유압해머와 말뚝머리를 접촉시키는 기능을 가지

<표 2> 시험말뚝의 측정항목

시 공 단 계		측 정 항 목
시공기준	공 통	• 말뚝시방 (말뚝종류 · 치수 · 형상) • 시공년월일 · 일기 · 주변조건 • 야토크 (치수 · 형상)기타
	시공장비시방	• 말뚝타설기 · 해머기타
시공시	공 통	• 시공방법 · 시공순서 • 시공정밀도 (수직 · 수평의 위치) • 시공시에 발생한 특수사항 (주변지반의 거동 · 말뚝체의 이상 · 소음 · 진동) • 시공시 지반높이 · 지하수위
	작업개시시간	• 준비 · 세우기 · 용접
	작업시간	• 타입기타
	시공기록	• 타격횟수 - 해머낙하높이
타설정지시	공 통	• 말뚝머리표고 · 말뚝선단표고 • 근입깊이
	기 록	• 해머낙하높이 · 관입량 • 리바운드량 · 동적지지력 기타



주) 1. 말뚝의 타입깊이 10m 이상에서, 다음 조건의 경우에는 한단계 큰 규격을 이용한다.

- ① N값 20 이상에서 두께 3m 이상의 모래, 모래중간층을 타격할 경우
- ② 총두께 3m 이상의 점토 N 15 이상 등의 중간층을 타격할 경우

2. 말뚝의 타입 길이에는 보조말뚝 타격 길이를 포함한다.

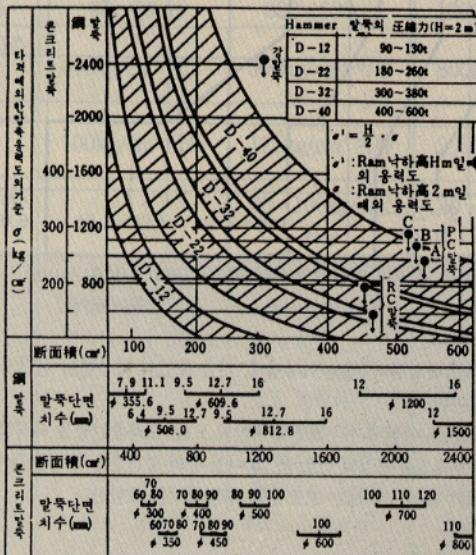
<그림 2> 콘크리트 말뚝의 해머 선정

최대 말뚝			램 낙하 높이 (cm)					
말뚝 종류	말뚝 지름 (mm)	두께 (mm)	20	40	60	80	100	120
PHC	300	60	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	350	60	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	400	65	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	450	70	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	500	80	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	600	90	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
PC	300	60	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	350	65	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	400	70	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	450	80	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	500	90	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	600	100	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
RC	300	60	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	350	65	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	400	70	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	450	75	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	500	80	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					
	600	90	[Bar chart showing penetration depth vs. drop height]					

주) N치 30~50인 보통 지반에서는 최대 램 낙하높이로 설정하는 데 말뚝 지름, 길이 및 지반조건에 따라서 타격용력이 증가하기 때문에 그림중의 검은 부분범위에서 램낙하높이를 낮게 할 필요가 있다. 이 점을 시험타 등에 의하여 확인하는 것이 바람직하다.

또 매우 단단한 점토지반이나 암반층에 대해서는 또 램낙하높이를 낮게 관리할 필요가 있다.

(그림 3) 유압해머의 최대 램 낙하높이(고체형 쿠션)



(그림 4) 디젤해머의 선정도표

고 있으며, 쿠션은 해머의 타격력을 완화함과 동시에 균일한 타격력을 말뚝머리에 전달(편타방지)하는 역할도 한다.

취급시 주의사항

- 편타의 원인이 되는 해머와 말뚝의 중심 어긋남은 해머의 앤빌과 캡, 캡과 쿠션, 캡과 말뚝머리와의 사이에 틈이 생기기 때문에, 해머 및 말뚝 지름에 따른 적절한 캡을 사용하고 또한 캡의 지름에 맞는 쿠션을 사용한다.

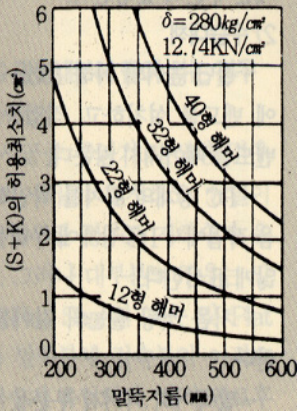
- 쿠션은 마모, 편감(片減)이 없는 것을 선정하고 마모되기 쉬우므로 자주 새로운 것으로 교환한다. 편감을 막기 위해서는 두께 이상의 쿠션재를 사용하고 나무결이 직각으로 되도록 접친다.

- 쿠션의 종류는 목재판, 두꺼운 종이, 합판, 마대, 가마니 등이 있으나 국내의 경우 일반적으로 합판을 2장 사용하여 타격효율을 높이고 있는데 소요품질을 얻기 위해서는 타격효율이 다소 떨어지더라도 12m/m 합판 5장 정도를 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

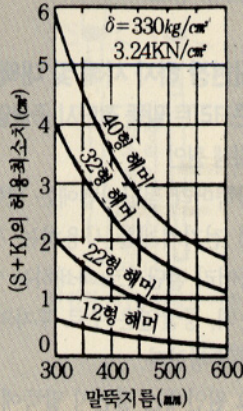
3) 말뚝의 타격정지 판단

말뚝의 타설정지는 설계도서, 시험말뚝의 결과에서 판단된 근입길이, 타격정지시 1타당 관입량, 타격횟수, 동적으로 추정한 지지력 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

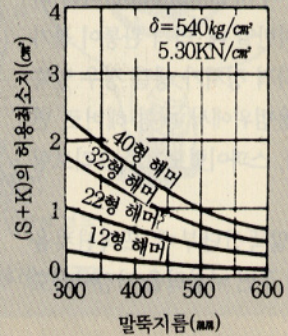
- 지지층의 근입길이 판단기준은 견고한 지지층에서는 말뚝지름의 12배, 별로 견고하지 않을 때는 말뚝지름의 5배 이상, 얇은 지지층에서는



(a) RC 말뚝을 타입한 경우



(b) PC 말뚝을 타입한 경우



(c) PHC 말뚝을 타입한 경우

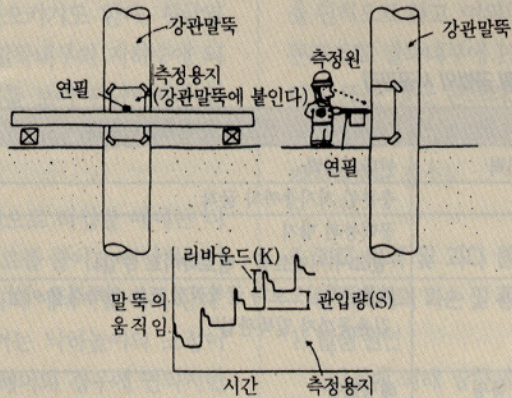
〈그림 5〉 S+K의 허용최소치

층두께의 1/3~1/2까지 타입했을 때
- 타격정지 관입식에 따라 구한 허용지력의 확인(침하량의 확인)

③ 말뚝 1m 관입에 필요한 항타수 및 최종 타격당 관입량(표 3, 4 참조)이 말뚝지름 이상 연속된 경우에 타격을 정지한다. 또한 해머와 말뚝 지름에 대해서, 1타마다 말뚝 변형량(침하량 + 리바운드량)의 최소치를 참고로 한다.〈그림 5〉 참조

- 타격에 의한 반복응력 발생회수의 증대는 말뚝손상의 원인이 되므로 타격회수를 제한해야 한다. 타격회수의 목표가 되는 수치는 타입해야 할 타격회수가 아니라, 제한 타격회수라는데 유의한다.

이상 타격정지시 판단기준의 목표를 나타냈으나 설계근거일지를 확보하기 위해 말뚝재 허용응력을 초과하



〈그림 6〉 관입량의 측정방법

〈표 3〉 말뚝 한개에 대한 제한 타격횟수

말뚝의 종류	PC말뚝	PHC 말뚝
제한 총 타격횟수	2000 이하	3000 이하
최종 10m부근의 제한타격횟수	500 이하	1500 이하

는 타격력을 반복 부하하면 말뚝이 손상되므로 충분히 주의하여 타설정지 판단을 한다.

중간층이 사층 등 타입에 따라 다져지는 지반일 때, 타격 관통이 불가능하여 타격 정지가 생길 경우 말뚝재의 허용범위에서 대형 해머로 변경하거나, 스파이럴오거로 프리보링을 한다.

또한 말뚝선단부에 프리션컷을 장치하여 주면 마찰력을 저감시키도록 한다.

(표 4) 말뚝 1m 깊이 관입에 필요한 횡타수(BPM) 및 최종타격당 관입량

말뚝의 종류	PC말뚝	PHC 말뚝
B.P.M(회)	120	200
최종타격당 관입량(mm)	8	5

(표 5) 프리보링 공법의 시공관리

구 분	선굴착 및 최종향타공법	S.I.P(Soil Cement Injection Pile)공법
말뚝의 지지력	선단지지력	주면마찰력 + 선단지지력
굴착심도	충분한 지지층까지 굴착	충분한 지지층까지 굴착
공벽유지	공벽붕괴 방지 (필요시 시멘트풀+벤토나이트 주입)	공벽붕괴 방지 (필요시 시멘트풀+벤토나이트 주입)
말뚝관입심도	최종굴착심도보다 굴착직경 또는 말뚝직경 이상 깊은 곳까지 말뚝관입 ¹⁾	말뚝의 선단부가 최종굴착심도보다 50cm범위 이내의 높은 곳까지만 관입 ²⁾ 경타에 의한 지지층에 말뚝 타입 ^{2,1)}
시멘트풀의 품질	해당없음	주면고정액의 시멘트 배합비 유지 ³⁾ 선단부고정액의 시멘트 배합비 유지 ⁴⁾

주) 1) 선굴착으로 인하여 선단지지층의 교란이 발생하므로 선단 지지력을 얻기 위해서는 선굴착 깊이보다 가능한 깊은 곳까지 최종향타가 필요하다.

2) 부배합의 시멘트풀을 선단부 고정용으로 사용할 경우 말뚝의 선단부가 선단부 고정액내에 위치하도록 한다.(최근 국내에 장비가 들어왔으나 시공실적 미비)

2-1) 국내의 경우 선단부 고정을 위한 부배합의 시멘트풀이 사용되지 못하는 바, 주면고정액의 시멘트함량을 2.5배 정도 이상 되도록 하고 프리보링에 의한 굴착심도 이상으로 경타에 의하여 지지층에 말뚝을 타입시키도록 한다.

3) 주면고정액의 표준시멘트 배합비는 물:시멘트:벤토나이트 = 450l : 120kg:25kg

4) 선단부 고정액은 물:시멘트비가 0.7~0.8정도가 되게 하며 말뚝직경에 따라 시멘트함량을 400~800kg이 되도록 한다.

4. 프리보링 공법의 시공관리

(표 5) 참조

국내현장 하자 사례 및 대책

1. 콘크리트 말뚝 절단시 종균열 발생

1) 발생 원인

말뚝머리 절단방법에는 말뚝머리 파쇄 전기기계를 사용하는 경우와 말뚝머리 절단기로 파쇄하는 방법이 있는데, 종균열은 주로 후자의 방법에서 발생한다.

그 원인에는 절단시 말뚝에 큰 힘

이 가해지고, 밴드를 사용하지않기 때문에 흔히 발생한다.

2) 수습대책

- 절단 높이의 아래 10cm~20cm에 밴드를 설치하고, 작업종료까지 밴드를 떼어내지 않는다.

- PC 강재의 위치를 확인하고 다음 작업에서 PC 강재에 무리를 주지 않게 표시한다.

- 처음 커팅 줄눈의 깊이를 깊게 한다.

- 말뚝머리 나머지 부분을 넘어뜨릴 때는 낙하충격이 본체의 PC 강재에 걸리지 않도록 말뚝 본체와 나머지 부분간의 PC 강재를 절단해준다.

3) 보강

콘크리트 말뚝 내부에 콘크리트

또는 철근 콘크리트를 타설하여 보강한다.

2. PHC 말뚝내부에 물이 차는 경우

1) 발생 원인

말뚝시공중 중파가 발생한 경우 지하수의 유입이 현저하고, 균열이 심하게 발생된 경우도 지하수가 유입된다. 그러나 대부분의 경우는 말뚝머리 Plat Shoe의 파손 및 Plat Shoe와 말뚝본체 접속부의 이격으로 지하수가 유입되며, 타격 완료후 2일 내지 3일 후에 육안으로 확인되는 경우가 대부분이다.

2) 수습대책

- 반입되는 말뚝의 품질상태를 체크한다.

- 적절한 해머 및 쿠션을 선정한다.

- 타격관리 기준에 의하여 시공 관리토록 한다.

3) 보강

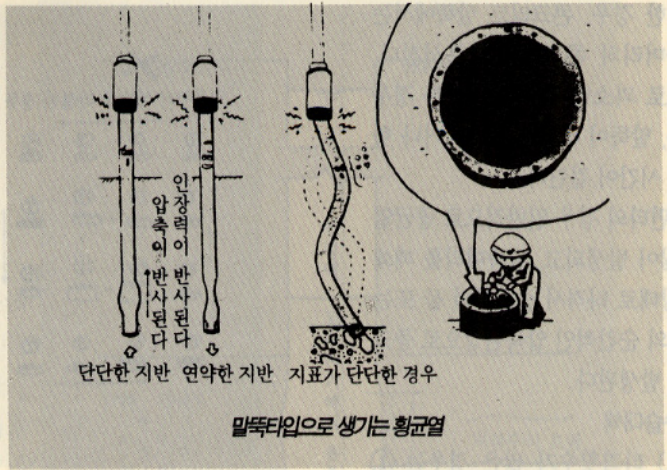
균열에 의하지않고 Plat Shoe상의 문제일 경우는 지하수를 펌핑 후 콘크리트를 타설한다.

* Plat Shoe의 파손이 아닌 말뚝 선단 파손의 경우는 정재하 시험시 순침하량이 허용치 이상으로 발생한 다.

3. 말뚝 타입으로 생기는 횡균열

1) 발생 원인

말뚝머리에 주어진 타격력은 말뚝체내를 지나, 말뚝선단에서 반사하여 되돌아 온다. 말뚝선단지반이 단단한 경우 압축력이 되돌아와 중



첩되거나, 선단지반이 연약하여 인장력이 반사될 경우 횡균열이 발생된다. 그리고 지표면이 단단한 지반에서는 말뚝 타격 초기에 지상의 말뚝이 타격압력으로 횡진동이 생겨 횡균열을 일으키기도 한다. 횡균열은 시공후 말뚝내부의 지하수에 의한 젖은상태를 보아 판단하거나 건전도 시험에 의하여 확인할 수 있다.

2) 수습대책

연약층 안으로 타입할 때에는 디젤해머의 연료를 줄이고 램낙높이를 낮춰서 타격 에너지를 적게 한다. 또, 유압해머는 낙하높이의 조정이 쉽고, 디젤 해머의 경우에 연약지반에서 발생하기 쉬운 무발화가 없으므로 취급이 용이하다. 지표면이 호박돌층으로 덮여 있는 등 지표면이 단단한 경우에는 호박돌을 제거하고, 낙하 높이를 조정하여 타입한다. PC 말뚝에는 A종, B종, C종이 있으며, 각각 프리스트레스량이 40, 80, 100kg/cm² 이므로 연약층에 타입하

는 경우와 횡진동이 예상되는 경우에는 프리스트레스량이 큰 말뚝을 사용한다.

3) 보강

하자말뚝 주위에 보강말뚝 시공을 원칙으로 하고, 여의치 않을 경우 콘크리트 말뚝내부에 H-Pile+콘크리트 또는 철근 콘크리트를 타설하여 보강한다.(이때의 지지력은 설계 지지력보다 감소)

4. 과다 타격 및 과다 램중량에 의한 말뚝머리의 파손 및 종균열

1) 발생 원인

- 타격에 의해 말뚝체에는 항복응력에 가까운 큰 압축응력이 발생한다. 따라서 길게 계속 타격하면 가장 큰 응력이 발생하는 말뚝머리 부근은 피로적인 변형이 생겨 말뚝머리의 콘크리트가 부서진다. 더욱이 장기간의 타격은 해머성능에도 악영향을 미친다.

- 말뚝에 대해서 과대한 해머로

말뚝체 삽입이 불가하든지 말뚝머리가 손상된다.

2) 수습대책

중간층을 관통하기 위해서는 말뚝체의 안정성을 고려하여 해머를 선정하거나, 프리보링을 하여 중간층을 관입하기 쉽게 한다. 해머만으로 관통하는 경우에는 다음 내용에 주의한다.

- 말뚝의 제조원에 의뢰하여 항타시의 말뚝체 응력과 관입의 가부를 검토받는다.

- 타격시 말뚝체 응력이 큰 경우에는 압축강도가 큰 말뚝으로 한다.

- 말뚝선단을 관입하기 쉬운 연필형으로 하고, 지지층이 경사진 경우에는 피한다.

- 큰 해머를 사용하는 경우에는 쿠션을 두껍게 하는 등 타격력을 완화한다.

7. S.I.P 시공시 밀다지기 불량에 의한 지지력 부족

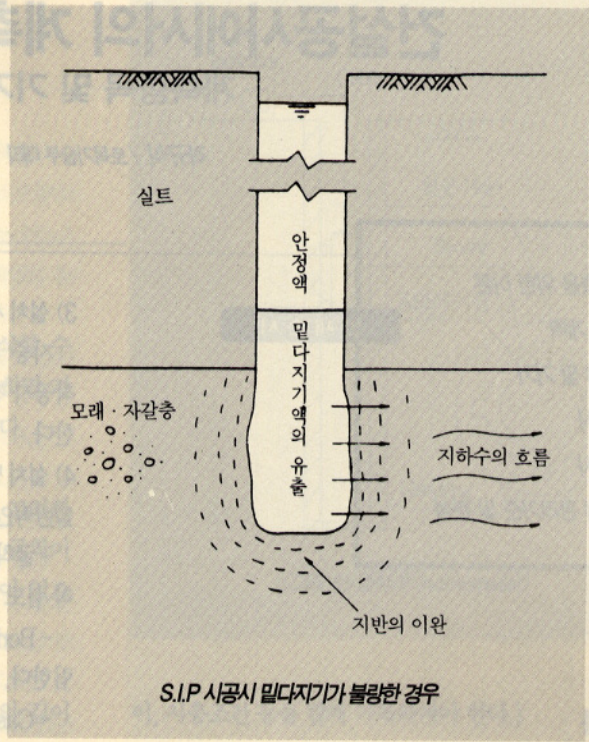
1) 발생 원인

매입 말뚝에서 선단 지반이 조밀한 모래자갈층에서 지하수유속이 70cm/min 로 크고, 피압수가 있는 경우 밀다짐액이 모래자갈층으로 흘러지고 선단 지반의 흐트러짐을 일으켜 지지력 부족현상이 발생한다.

2) 수습대책

- 사전조사에 의해 밀다짐액의 흘러짐이 예상되는 경우에는 다른 시공법을 이용하는 것을 우선 고려할 필요가 있다.

- 매입말뚝공법으로 하는 경우에



S.I.P 시공시 밀다지가 불량한 경우

는 시험시공 등에 의해 증점제(增粘制)의 사용과 시멘트의 배합 등을 적절하게 변경한다.

- 밀다짐액의 흘러짐이 발생한 경우에는 추가말뚝을 시공하여 지지력의 부족을 보완한다.

맺음말

현행 국내의 말뚝건설은 계획단계 및 설계상에서부터 시공 과정에 이르기까지 많은 문제점을 찾아볼 수 있으며 이러한 문제점들은 일부에 국한되지 않고 상당히 폭넓게만 연되어 있다.

또한 여러가지 사정으로 이들 문제점을 문제시하지 않으려하고 있으며 말뚝시공 완료후 육안에 의한 확

인이 어렵기 때문에 하자의 유무를 모르고 넘어가는 경우가 많다. 말뚝 기초의 궁극적인 목적이 구조물의 안정에 있고, 이와 병행하여 경제성이 만족되어야 한다고 볼때 현재의 시공방법은 어느정도 이를 충족시키고 있지만 경제성에만 치우치는 경향이 있고 시공관리가 미흡한 상태이다.

따라서 계획단계에서 최소한의 과정들이 생략되지 않을 수 있는 제도적 보완이 필요하며 외국에서와 같이 말뚝시공의 품질관리를 위한 기초공법의 합리적인 관리 규정을 국내 현실에 맞게 적용할 수 있는 표준 시방서의 제정이 요구된다. **SS**