

강관말뚝 가이드북

한 국 철 강 협 회
강 구 조 센 터

CONTENTS

1. 강관말뚝은 어떤 곳에 사용될까? 7
2. 강관말뚝 기초는 어떤 장소에 적합한가? 9
3. 강관말뚝의 제조방법과 그 종류는? 13
4. 강관말뚝의 제조 범위는? 15
5. 강관말뚝의 KS F 4602 규격은? 17
6. 강관말뚝의 부속품 표준화는? 25
7. 국내 강관말뚝 제조회사 현황 및 공장위치는? 26
8. 강관말뚝 규격인 SKK400, SKK490은 어떤 것인가? 27
9. 강관말뚝과 P.H.C 말뚝의 차이점은? 28
10. 강관말뚝과 H형강과의 차이점은? 30
11. 강관말뚝의 시공 방법에는 어떤 종류가 있는가? 31
12. 다주(多住)식 공법이란 어떤 공법일까? 32
13. 산사태 방지에 강관은 사용할 수 있을까? 33
14. NON-FRICTION PIPE 공법(이중관 공법)이란 어떤 경우에 사용하는가? 34
15. 강관말뚝의 방식법 중 부식대와 전기방식법은? 36
16. 수중 기초공법이란? 38
17. 설계체제는 어떤가? 39
18. 강관말뚝을 설계하기 위해 필요한 조건은 무엇인가? ... 40

19. 강관말뚝의 개수, 간격, 외경, 두께, 길이는 어떻게 결정하는가?	41
20. 같은 조건의 경우, 소구경 다본(多本)과 대구경 소본(小本) 어느 쪽이 좋을까?	43
21. 교량의 하부공(下部工)의 명칭은?	44
22. 교축방향력, 교축직각방향력은 무엇인가?	45
23. 관용법, 변위를 고려한 계산법은 무엇인가?	47
24. 관용법의 계산의 예는?	48
25. EI란 무엇인가?	51
26. Z(단면계수)란 무엇인가?	52
27. 내부마찰각, 점착력이란 무엇인가?	54
28. 허용지지력은 각 말뚝 구경마다 어느 정도인가?	56
29. 허용수평력은 각 말뚝 구경마다 어느 정도인가?	57
30. 정역학적 지지력 공식이란, 어떤 공식을 사용하면 좋을까?	58
31. 동력학적 지지력 공식으로는 어떤 공식이 좋은가?	60
32. 대구경 강관말뚝의 지지력은 정말로 저하 되는 걸까?	61
33. 선단폐쇄말뚝은 어떤 때에 사용 가능한가?	62
34. 부주면 마찰력이란?	63
35. 경사말뚝의 역할과 그 사용장소는?	65
36. Chang의 식이란 무엇인가?	67

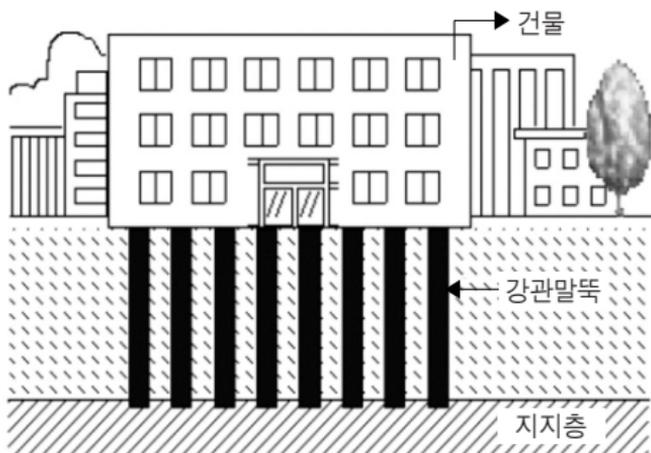
37. 무한길이, 유한길이의 말뚝이란 무엇인가?	68
38. 횡방향 지반반력계수란 무엇인가?	69
39. 왜 변위해 가지않을까, 교좌변위 지표변위란?	71
40. 강관말뚝의 설계에서 세부설계시 검토사항은 무엇인가?	73
41. Footing과의 결합은 어떤 방법이 일반적일까?	74
42. 말뚝머리강결, 말뚝머리힌지란 무엇인가?	75
43. 말뚝두부 및 선단보강밴드의 필요성은?	76
44. 두께가 다른 용접의 방법 및 위치는 어디로 하는가? ..	77
45. 재하(載荷)시험의 종류 및 방법은?	80
46. 재하(載荷)시험의 목적 및 얻는 결과는?	81
47. 강관말뚝 기초설계시 주의해야 할 토질은?	82
48. 토질주상도란 어떠한 것인가?	83
49. 지지층은 어떠한 것이고 어떻게 결정되는가? 지지층에서는 말뚝을 어떻게 박으면 좋은가?	86
50. N값이란 무엇인가?	87
51. 리바운드량 및 관입량의 측정방법은?	89
52. 벽강관식 기초공법이란 어떤 때에 이점이 있을까?	90
53. 벽강관의 이음은 어떤 타입이 좋을까?	92
54. 벽강관의 수축, 팽창은?	94
55. 벽강관식 기초공법의 합성효율(合成效率), 액상모르타르 및 배합은?	95

56. 향타기계의 종류는?	97
57. 디젤해머란?	98
58. 진동해머란?	100
59. 향타보조장치의 길이는?	102
60. 강관말뚝은 회전하는가?	104
61. 강관말뚝 향타 시공비는?	105
62. 공사중 좌굴발생 원인 및 검토방법은?	107
63. 강관말뚝 현장용접 방법은?	113
64. 강관말뚝의 현장용접시간은?	117
65. 현장용접 결함의 종류는?	118
66. 강관말뚝의 운반방법은?	120
67. 강관말뚝 보관상의 주의점은?	121
(부록) 강관말뚝 제조회사 연락처	122

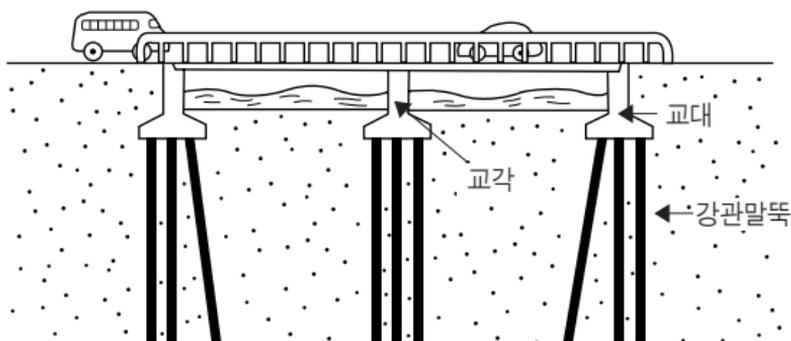
1. 강관말뚝은 어떤 곳에 사용될까?

강관말뚝의 용도는 다양하지만 크게 구분하면 건물 등의 기초, 교량의 기초, 항만·하천 구조물의 기초, 그 외로 나눌 수 있다.

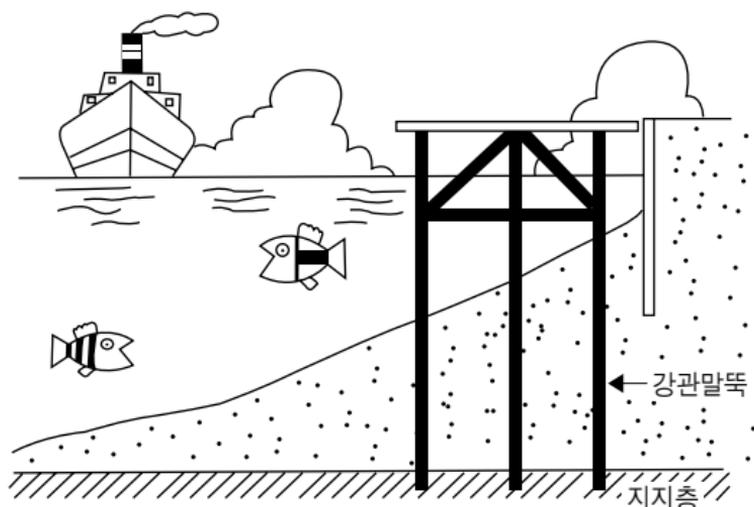
- **건물 등의 기초** : 건물기초, 기계기초, 옹벽기초, 각종 고로, 탱크, 경기장 등의 강관 말뚝



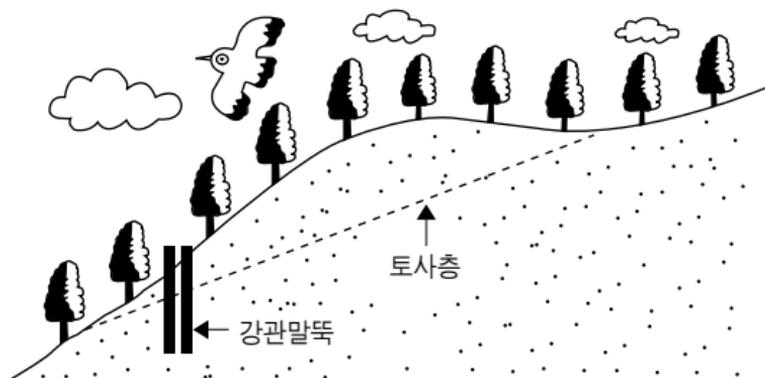
- **교량** : 도로 다리, 철도 다리, 입체 교차로의 교각, 교각 기초, 교대 기초



- **항만** : 하천 구조물의 기초 ; 하천옹벽의 말뚝, 선창(높은 곳에 오르내리기 위해 설치한 경사진 널비계), dolphin, 방파제, dock, 선대(선체를 올려 놓는 대), 수문 기초, 하천옹벽, 크레인 기초



- **그 이외** : 토사 방지 말뚝, 산 사태방지 말뚝, 토중 연속 벽



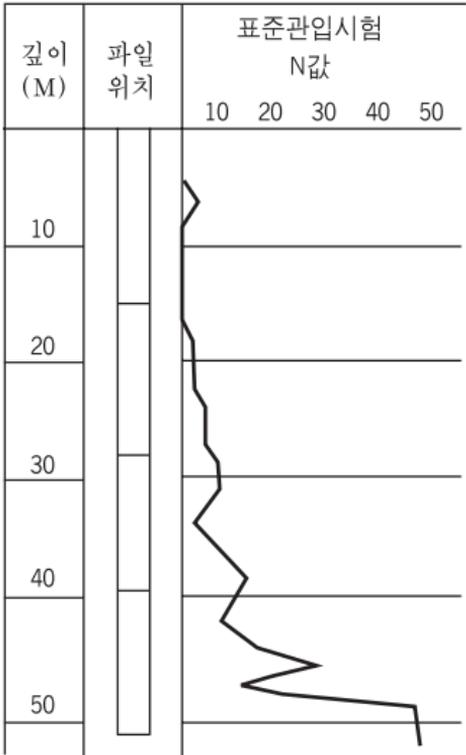
2. 강관말뚝 기초는 어떤 장소에 적합한가?

강관말뚝의 적용 범위는 지반 조건, 하중 조건에 따라 결정되지만 일반적으로 다음과 같은 조건의 장소에 적합하다.

- 강관말뚝의 장점이 다음과 같다.

(1) 지반이 약하고 지지층이 깊은 장소

- 지지층이 20M 이상인 곳에 효과를 발휘한다.



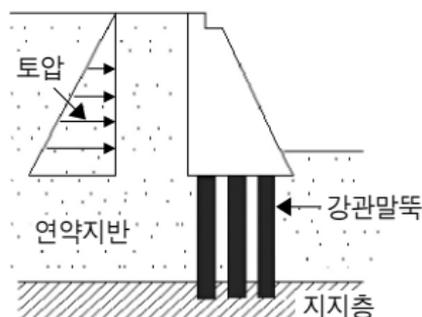
(2) 큰 하중을 받는 경우

고층빌딩, 장대교, 대형 교량 등의 큰 하중에 대해서 강관 말뚝은 효과를 발휘한다. 예를 들어 말뚝외경 600mm, 말뚝 길이 30m, 선단지반 N=30의 경우, 100t/본 이상의 하중에 저항이 가능하다.



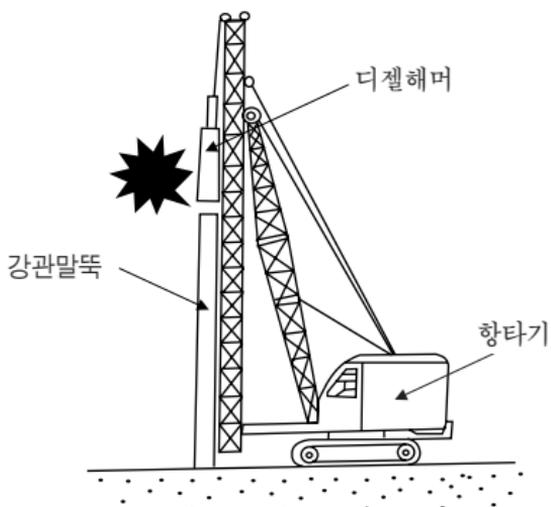
(3) 큰 수평력(횡하중)에 대항시키는 경우

지진발생시의 수평력, 토압, 수압, 바람 하중 등의 큰 횡 하중에 대하여 강관말뚝은 효과를 발휘한다. 예를 들면, 말뚝 외경 600mm, 횡방향 지반 반력 계수 $k=1.0\text{kg/cm}^3$, 변위 1.5cm의 경우, 15T/본 이상의 하중에 저항할 수 있다.



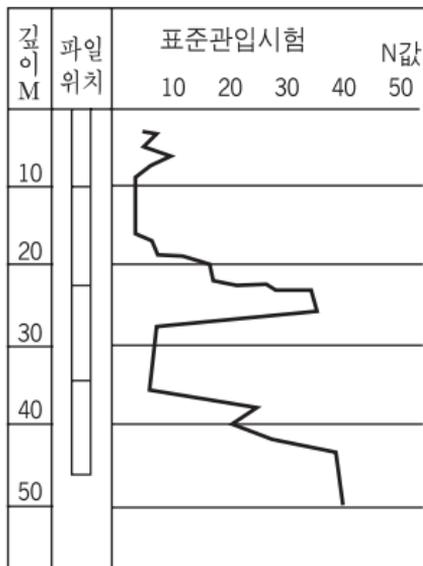
(4) 급속 시공이 필요한 경우

해머로 향타하기 때문에 급속시공이 가능하다. 예를 들면 일일 향타능력은 향타기 1대당 말뚝경 600mm, 말뚝 길이 36m=(12+12+12)로 130m~160m/일의 시공이 가능하다.

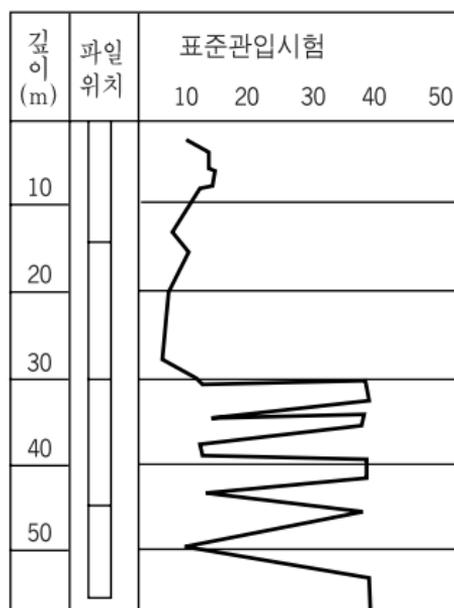


(5) 그 외, 아래의 그림과 같이 지반의 층이 변화하고 있는 경우

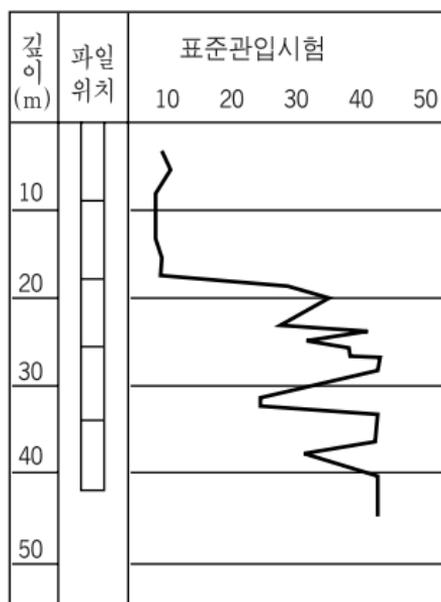
1) 얇은장소에 좋은 지층이 있고 그 아래에 압밀 침하층이 예상되는 경우



2) 견고한 층이 서로 층져 있고 큰 관입력을 필요로 하는 경우

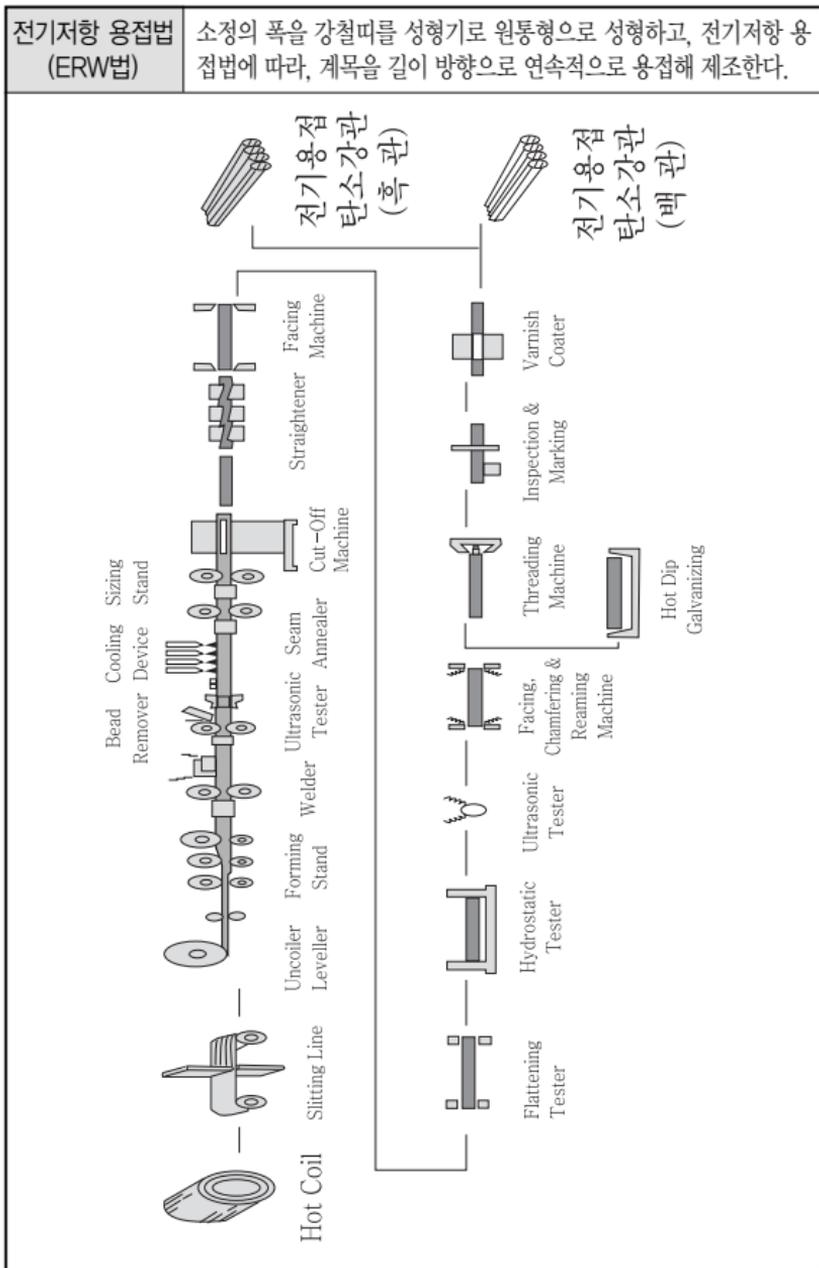


3) 견고한 층 관통이 필요하고 큰 타격 응력에 견뎌야 하는 경우

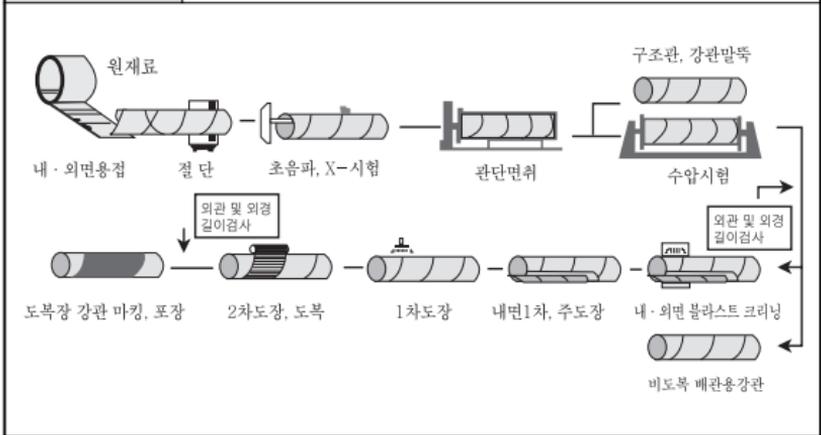


3. 강관말뚝의 제조방법과 그 종류는?

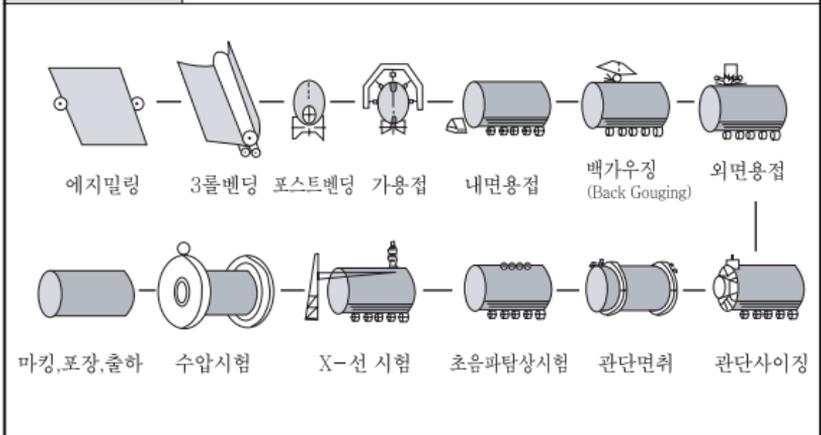
강관말뚝의 제조방법에는 아래의 3종류가 있다.



스파이럴법 (SP)	코일을 연속적으로 되감으면서 스파이럴 상태로 구부려 원통형으로 성형해 계목의 내외면을 용접한다.
-----------------------	---



판말이법 (R/B)	피라미드형의 3개 롤로 원통형으로 성형하고, 직선의 계목을 내외면 용접한다.
-----------------------	--



4. 강관말뚝의 제조 범위는?

강관말뚝은 강대 또는 강관을 전기저항용접 또는 아크 용접 방식으로 제조하며, 국내에서는 말뚝의 외경 및 관두께에 따라 아래의 표와 같이 제조 가능 범위를 구분한다.

〈표〉 강관말뚝의 제조 수치

외경 (mm)	두께 (mm)																							외경 (mm)	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
318.5																								318.5	
323.8																									323.8
339.7																									339.7
355.6																									355.6
406.4																									406.4
457.2																									457.2
508.0																									508.0
558.8																									558.8
600.0																									600.0
609.6																									609.6
700.0																									700.0
711.2																									711.2
800.0																									800.0
812.8																									812.8
900.0																									900.0
914.4																									914.4
1000.0																									1000.0
1016.0																									1016.0
1100.0																									1100.0
1117.6																									1117.6
1200.0																									1200.0
1219.2																									1219.2
1300.0																									1300.0
1320.8																									1320.8
1400.0																									1400.0
1422.4																									1422.4
1500.0																									1500.0
1524.0																									1524.0
1600.0																									1600.0
1625.6																									1625.6
1700.0																									1700.0
1727.0																									1727.0
1800.0																									1800.0
1828.0																									1828.0
1900.0																									1900.0
1930.4																									1930.4
2000.0																									2000.0
2235.2																									2235.2
2438.4																									2438.4
2641.6																									2641.6
2717.8																									2717.8
2768.6																									2768.6
2819.4																									2819.4
2997.2																									2997.2

 색 : 수치는 전기 저항 용접 강관(ERW)으로 제조한다.

 색 : 수치는 스파이럴 용접 강관의 제조 가능 범위이다.

 색 : 수치는 전기저항용접(ERW), SPIRAL 용접 가능 범위이다.

※ 단위 중량 계산 : 중량의 수치는 다음과 같이 계산하고 KSA3251-1에 따라 유효 숫자 3자릿수로 끝맺음 한다.

$$W = 0.02466t(D-t)$$

여기에서 W : 관의 중량(kg/m)

t : 관의 두께(mm)

D : 관의 외경(mm)

표 이외 및 중간 수치에 대해서는 상담에 따라서 협의 요망.

※ 소LOT 및 국내 조달가능 COIL 두께외의 규격에 대해서는 별도 상담후 협의 바랍니다.

5. 강관말뚝 KS F 4602 규격은?

1. 적용범위 : 이 규격은 토목·건축 등 구조물의 기초에 사용하는 강관말뚝(이하 말뚝이라 한다)에 대하여 규정한다.

2. 말뚝의 구성 및 각 부의 호칭

2.1 말뚝의 구성은 단관(單管) 또는 단관의 결합으로 이루어지고, 각 부의 호칭은 그림 1과 같다.

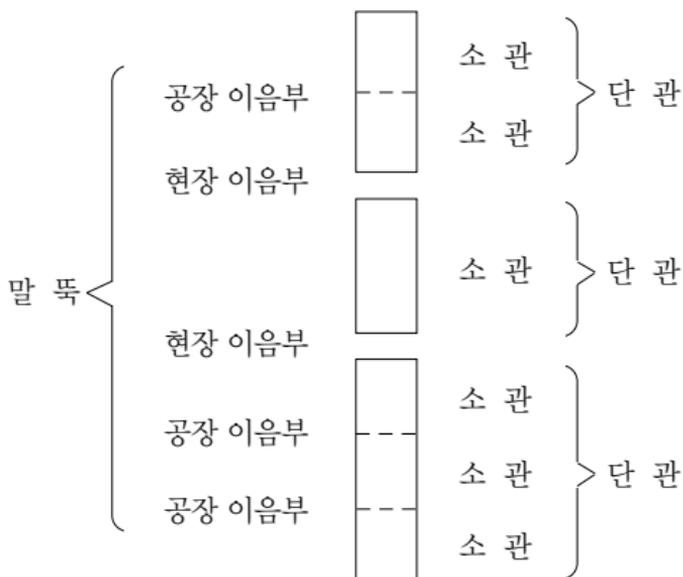


그림1 말뚝의 구성 및 각 부의 호칭

2.2 소관은 강대 또는 강판을 전기저항용접 또는 아크용접(스파이럴 이음매를 포함한다)을 하여 제조한 관을 말하며, 단관은 소관 그대로 또는 소관을 공장에서 용접한 이음관을 말한다.

2.3 동일 현장 이음부에 속하는 단관은 위의 것을 상향, 밑의 것을 하향이라 한다.

3. 품질

3.1 단관은 사용상 해로운 결함이 없어야 한다.

3.2 소관을 용접해서 단관으로 한 것은 소관의 이음매 용접부가 원둘레의 1/8 이상이 서로 어긋나 용접되어야 한다.

3.3 단관의 화학성분, 항복점, 인장강도, 신장률 및 편평 시험은 KS D 3566에 규정한 2종(STK400) 또는 4종(STK490)에 따른다. 다만, 용접부의 인장강도는 단관의이음매 용접부 및 공장 이음매에 적용하고, 편평 시험은 전기저항용접관의 이음매 용접부에 적용한다.

4.2 단관의 치수 및 무게

4.2.1 단관의 바깥지름, 두께, 단면적 및 무게는 표 1 및 표 2와 같다.

표 1 치수 및 무게

바깥지름 (mm)	두께 (mm)	단면적 (cm ²)	단위무게 (kg/m)
400	9	110.6	86.8
	12	146.3	115
500	9	138.8	109
	12	184.0	144
	14	213.8	168
600	9	167.1	131
	12	221.7	174
	14	257.7	202
	16	293.6	230
700	9	195.4	153
	12	259.4	204
	14	301.7	237
	16	343.8	270

표 2 치수 및 무게

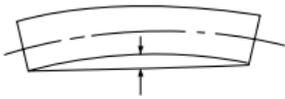
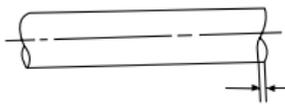
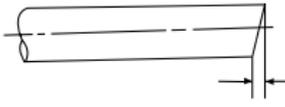
바깥지름 (mm)	두께 (mm)	단면적 (cm ²)	단위중량 (kg/m)
406.4	9	112.4	88.2
	12	148.7	117
508.0	9	141.1	111
	12	187.0	147
	14	217.3	171
609.6	9	169.8	133
	12	225.3	177
	14	262.0	206
	16	298.4	234
711.2	9	198.5	156
	12	263.6	207
	14	306.6	241
	16	349.4	274
812.8	9	227.3	178
	12	301.9	237
	14	351.3	276
	16	400.5	314
914.4	12	340.2	267
	14	396.0	311
	16	451.6	354
	19	534.5	420
1,016.0	12	378.5	297
	14	440.7	346
	16	502.7	395
	19	595.1	467

4.2.2 단관의 길이는 원칙적으로 6m이상 1m씩 길어지는 것으로 한다.

4.3 모양 및 치수의 허용차

4.3.1 단관의 모양 및 치수의 허용차는 표 3에 따른다.

표 3. 단관의 모양 및 치수 허용차

구분		허용차	측정방법
바깥 지름	관 끝부분	$\pm 0.5\%$	바깥둘레길이
	몸통부	$\pm 1.0\%$	
두께	두께 16mm 미만	바깥지름 500mm미만	+규정치 없음 -0.6mm
		바깥지름 500mm이상 800mm미만	+규정치 없음 -0.7mm
		바깥지름 800mm이상	+규정치 없음 -0.8mm
	두께 16mm 이상	바깥지름 800mm미만	+규정치 없음 -0.8mm
		바깥지름 800mm이상	+규정치 없음 -1.0mm
길이		+규정치 없음 0	
휨		길이의 0.1%이하	
용접이음이 되는 단면의 평면도		2mm이하	
용접이음이 되는 단면의 직각도		바깥지름의 0.5%이하 다만, 최대 4mm	

4.3.2 동일현장 이음부에 속하는 단관 바깥면의 치수차(이하 이음부의 치수차라 한다) 의 허용차는 표4에 따른다.

표 4. 이음부의 치수차의 허용차

바깥지름	이음부의 치수차의 허용차	측 정 방 법
700mm 미만	2mm 이하	상향과 하향의 바깥둘레길이차로 나타내며, 그 차를 $2\text{mm} \times \pi$ 이하로 한다.
700mm 이상	3mm 이하	상향과 하향의 바깥둘레길이차로 나타내며, 그 차를 $3\text{mm} \times \pi$ 이하로 한다.

5. 검사 : 검사는 제조공장에서 하는 것을 원칙으로 한다. 이 때, 주문자의 요구가 있으면 제조자는 검사에 주문자를 입회시킨다.

5.1 단관의 겉모양,모양,치수의 검사는 매 단관마다에 대하여 검사하는 것을 원칙으로 하며, 3.1,3.2와 4.에 대하여 적합하여야 한다.그라인더 또는 용접으로 결함을 제거하거나 보수를 할 경우에는 KS D 3500의 7.3에 따른다.

5.2 단관의 화학성분,인장강도,용접부 인장시험 및 편평 시험은 KS D 3566의 규정에 따라 시험하고, 3.3에 적합하여야 한다. 다만, 두께가 틀리는 관의 공장 이음부에서 채취한 시험편은 특히 동일 두께로 시험편을 절삭하지 않아도 좋다.

5.3 주문자는 5.1 및 5.2의 검사 이외에 단관의 용접부에 대하여 비파괴검사를 지정할수 있다. 이 때에 합부판 정기준은 사전에 제조자와 협의한다.

5.4 재시험은 KS D 3566의 규정에 따른다.

6. 포장 및 수송 : 수송중 단관이 변형되거나 이음부의 모양이 손상되지 않도록 주의하여야 한다.

7. 표시 : 검사에 합격한 단관에는 쉽게 지워지지 않는 방법으로 다음 사항을 명시하여야 한다. 다만, (4) 결합하는 단관의 번호 또는 기호의 표시에 대해서는 출하시 동일 로트에 속하는 각 단관의 모든 결합이 4.3.2에 적합할 때는 이를 생략할 수 있다.

(1) 품질을 표시하는 기호(SKK400-E 또는 SKK490-A)

(2) 치수(바깥지름, 두께 및 길이)

(3) 제조번호

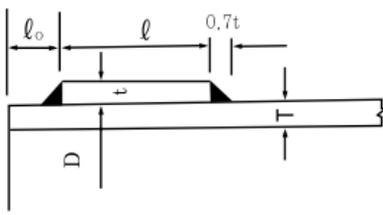
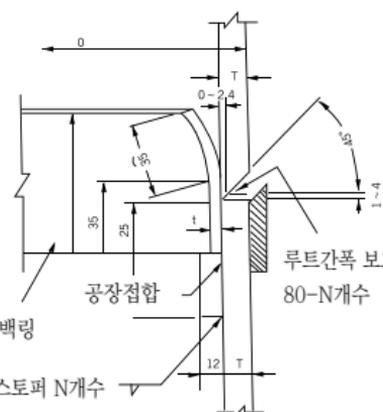
(4) 결합하는 단관의 번호 또는 기호

(5) 제조자 명 또는 그 약호

8. 보고 : 제조자는 검사증명서를 주문자에게 제출하여야 한다.

6. 강관말뚝의 부속품 표준화는?

아래에 표준화한 부속품을 표시합니다.

부속품	표준화개요																							
보강 밴드	<div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>설치부는 선단부만으로 한다.</p> <p>t : 9mm로 한다</p> <p>l : $\phi 609.6$미만은 200mm $\phi 609.6$이상은 300mm</p> <p>l₀ : 18mm로 한다.</p> </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">용접은 모퉁이 용접으로 하고, 각장은 6mm이상으로 한다.</p>																							
백링 & 스토퍼	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <div style="margin-top: 10px;"> <p>백링의 두께</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>외경 D(mm)</th> <th>두께 T(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,016 이하</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>1,016 이상</td> <td>6.0</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>스토퍼 개수</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>외경 D(mm)</th> <th>N (개수)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>609.6 이하</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>609.6~1,016</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>1,016 이상</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>백링의 높이</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>외경 D(mm)</th> <th>Ĥ (mm)</th> <th>ĥ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,016 이하</td> <td>50</td> <td>Ĥ=50의 경우 15</td> </tr> <tr> <td>1,016 이상</td> <td>70, 50°</td> <td>Ĥ=70의 경우 35</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">* 중공공법적용의 경우에는 50mm로 한다.</p>	외경 D(mm)	두께 T(mm)	1,016 이하	4.5	1,016 이상	6.0	외경 D(mm)	N (개수)	609.6 이하	4	609.6~1,016	6	1,016 이상	8	외경 D(mm)	Ĥ (mm)	ĥ (mm)	1,016 이하	50	Ĥ=50의 경우 15	1,016 이상	70, 50°	Ĥ=70의 경우 35
외경 D(mm)	두께 T(mm)																							
1,016 이하	4.5																							
1,016 이상	6.0																							
외경 D(mm)	N (개수)																							
609.6 이하	4																							
609.6~1,016	6																							
1,016 이상	8																							
외경 D(mm)	Ĥ (mm)	ĥ (mm)																						
1,016 이하	50	Ĥ=50의 경우 15																						
1,016 이상	70, 50°	Ĥ=70의 경우 35																						

7. 국내 강관말뚝 제조회사 현황 및 공장위치는?

국내 강관말뚝 제조공장은 아래와 같이 각지에 있지만 공장에 따라서 제조방법, 제조 가능범위가 다르기 때문에 주의가 필요하다.

* 국내 강관말뚝의 제조공장 및 사업장 주소



제조 업체명	사업장 주소(본사)	대표전화 지역번호(02)	FAX 지역번호(02)
동부제강(주)	서울시 강남구 대치동 891-10번지	2610-3527	2610-3535
동양철관(주)	서울시 용산구 갈월동 2-5 갑을빌딩 8층	777-7255	777-7256
미주제강(주)	서울시 영등포구 여의도동 신동해빌딩 3층	3215-5129	786-8838
(주)세아제강	서울시 중구 봉래동 1가 10번지 우리빌딩	3783-8114	3783-8067
한국주철관공업(주)	서울시 강남구 역삼동 707-38 테헤란로오피스빌딩 412호	565-4900	565-4905
현대하이스코(주)	서울시 강남구 역삼동 837-36번지	2112-9114	2112-9200
(주)휴스틸	서울시 강남구 대치동 943-19 테헤란로 신안빌딩 15층	828-9115	828-9104

8. 강관말뚝 규격인 SKK400, SKK490은 어떤 것인가?

(1) SKK400, SKK490

이것은 KS F 4602(강관말뚝)에 규정되어 있는 강관 말뚝의 규격을 말한다.

〈표1〉 기호의 표시

종류의 기호	참 고
	구 기호
SKK400	SPS41
SKK490	SPS50

〈표2〉 화학성분

종류의 기호	C	Si	Mn	P	S
SKK400	0.25이하	-	-	0.040이하	0.040이하
SKK490	0.18이하	0.55이하	1.50이하	0.04이하	

〈표3〉 기계적성질

기계적성질	인장강도 N/mm ²	항복점 또는 내력 N/mm ²	연신율(%) 5호시험편 가로방향	용접부 인장강도 N/mm ²	편평성 평판사이의 거리 (D는 관 바깥지름)
제법구분	아크용접, 전기저항용접			아크용접	전기저항용접
SKK400	400이상	235이상	18이상	400이상	2/3D
SKK490	490이상	315이상	18이상	490이상	7/8D

9. 강관말뚝과 P.H.C 말뚝의 차이점은?

강관말뚝과 PHC 말뚝의 차이는 다음의 표와 같다.

1. 재료의 성능

1) 기계적성질(설계수치)

강관말뚝			PHC말뚝			
항목	기준치		항목	기준치		
	SKK400	SKK490		A종	B종	C종
인장강도 kgf/cm ²	4,100	5,000	인장강도 kgf/cm ²	55		
항복점 kgf/cm ²	2,400	3,200	압축파괴강도 kgf/cm ²	800		
연신율 %	18	18	압축파괴변형 %	0.25		
탄성계수 kgf/cm ²	1,200,000		탄성계수 kgf/cm ² (Prestress 도입시)	350,000		

2) 허용응력도

항목	강관말뚝		PHC말뚝		
	SKK400	SK490	A종	B종	C종
압축응력도 kgf/cm ²	1,400	1,900	200	200	200
휨인장응력도 kgf/cm ²	1,400	1,900	10	20	20
전단응력도 kgf/cm ²	800	1,100	12	12	12

3) 표준성능

강관말뚝					PHC말뚝				
외경 (mm)	두께 (mm)	종류	허용축하중 tf	단위중량 kg/m	외경 (mm)	두께 (mm)	종류	허용축하중 tf	단위중량 kg/m
406.4	9	SKK400	123	88	400	65	A	109	180
508.0	12	SKK400	223	147	500	80	A	169	270
609.6	14	SKK400	302	206	600	90	A	231	380

2. 강관말뚝, PHC말뚝 성능비교

구 분		강 관 말 뚝	PHC 말뚝
항타 할때의 내력	압축강도	큰 내력을 얻을수 있음	두께가 두꺼워서 강관말뚝과 비슷.
	인장강도	내력이 큼	상당한 내력에 버틸 수 있지만 파손되기 쉬움.
지지력		지지력이 큼	지지력은 중간
항타 성능		N값 차가 큰 장소에서도 뚫는 것이 가능.	강관말뚝에 비교해 떨어짐.
장척시공		장척 시공이 가능 (시공예 $\phi 1200, l = 178M$)	30M 이하가 대다수
말뚝 단면적		순단면이 작아서 내리치는 저항이 적음	말뚝 단면이 큼 (강관말뚝에 비교해 두께는 약 10배)
항타길이 조절의 용이		가스절단, 용접이 가능	현장에서의 길이 조절이 어려움.
말뚝 두부처리		용접처리가 가능	용접 처리가 불가능
운반		PHC에 비교해 자체무게가 가벼워 운반이 용이	강관말뚝에 비해 중량이 커 운반이 어려움.

10. 강관말뚝과 H형강과의 차이점은?

◎ 강관말뚝

1) 방향성이 없다.

어떤 방향에서 하중을 가해도 말뚝의 강성이 같다.

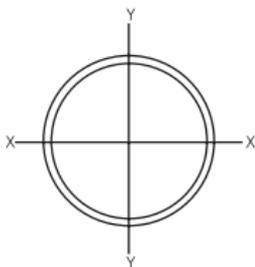
2) 말뚝의 종류가 많다.

말뚝이 사이즈가 많아 설계에 편리하다.

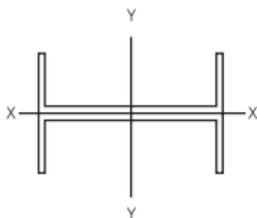
3) 현장 용접이 용이

Back Ring & Stopper로 시공이 가능하기 때문에 능률이 올라간다.

【강관말뚝】



【H형강말뚝】



◎ H형강 말뚝

1) 방향성이 있다.

하중의 방향에 따라서 강성이 다르다.

2) 항타 저항이 적다.

항타 저항이 강관말뚝에 비해서 작기 때문에 견고한 층을 뚫는 것이 가능하다.

3) 종류가 적다.

H형강말뚝의 사이즈는 최대 H400mm × 400mm 정도이기 때문에 설계는 한정되어 있어 큰 지지력을 얻을 수 없다.

4) 뽑아내는 것이 가능

뽑아내는 것이 가능하기 때문에 가설 구조물로 사용 가능하다.

11. 강관말뚝의 시공 방법에는 어떤 종류가 있는가?

강관말뚝의 시공방법을 분류해 보면

1. 향타기로 향타하는 방법 (디젤 해머 및 바이브레이터 해머 등을 사용)
2. 중굴(中掘)을 시행하는 말뚝을 촘촘히 세우는 방법 두가지 종류가 있다.

(1) 향타기로 향타하는 방법

강관말뚝은 다른 말뚝에 비해서 강한 타격력에 견디는 재료로 향타하는 방법이 좋은 결과를 얻을 수 있다.

- 장점으로는

1. 장척말뚝을 단기에 시공 가능하고, 시공 능률이 좋기 때문에 공사 가격이 싸다.
2. 견고한 지지층상에 향타하는 것이 가능하므로 연직(지평면과직각) 지지력이 크다.

- 단점으로는

1. 해머의 타격에 의해서 소음, 진동이 나온다.

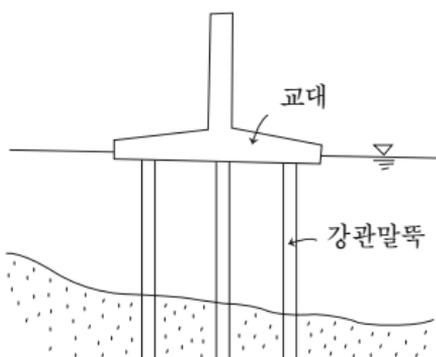
(2) 중굴(中掘)을 시행하는 말뚝을 촘촘히 세우는 방법

강관말뚝은 해머 이외로 시공하는 방법으로 중굴 공법과 트레볼링 공법이 있지만 아래와 같은 단점이 있다.

1. 굴착을 행하기 때문에 시공 능률이 나쁘고 공사 가격이 비싸다.
2. 굴착에 의해서 자연 지반을 파기 때문에 지지력이 충분하지 않다.

위의 사항에서 중굴 공법과 트레볼링 공법으로는 강관말뚝 사용의 장점이 없기 때문에 소음, 진동 등이 문제가 없는 장소에서는 향타하는 편이 좋다.

12. 다주(多住)식 공법이란 어떤 공법일까?



다주(多柱)식 공법이란, 몇 본의 말뚝을 다리처럼 교대에 결착시켜 하나의 기초구조로 만드는 공법이다.

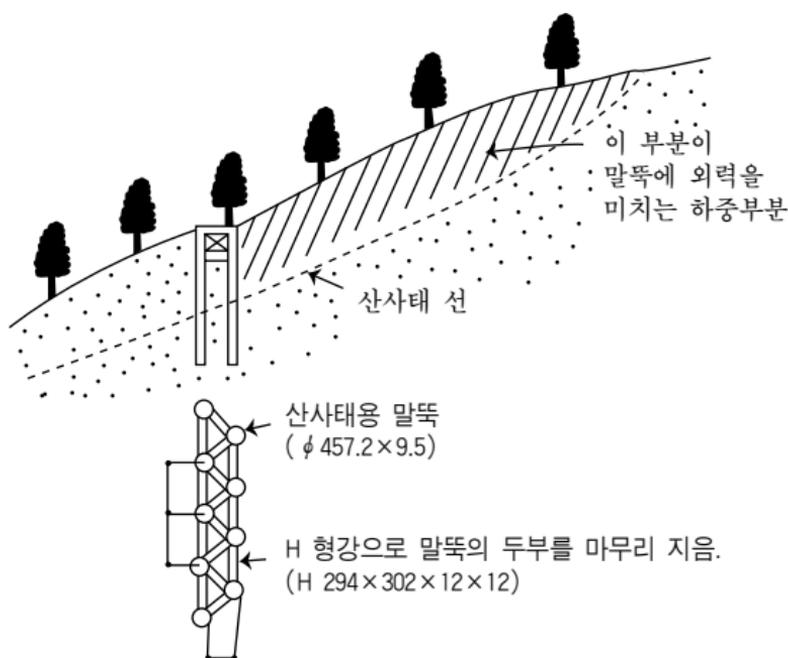
● 다주(多柱)식 공법의 이점

- 1) 위험한 수중시공이 없다.
- 2) 조류나 흐르는 하천수 가운데서도 시공이 가능하다. 비계 위에 시공기계를 놓기 때문에, 물의 흐름에 좌우 되지 않는다.
- 3) 지층이 암반이라도 굴삭기를 이용해 시공이 가능하다.
- 4) 견고한 지지층에 강관 말뚝을 세워 박는 것이 가능하기 때문에 지지력을 기대할 수 있다.



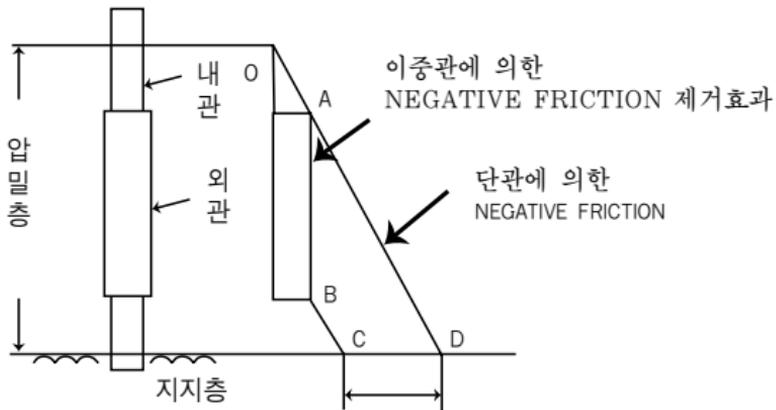
13. 산사태 방지에 강관은 사용할 수 있을까?

최근에는 산사태에 대한 항구적인 대책의 확립이 요망되고 있어 그 일환으로서 강관말뚝을 이용한 억제공법이 주목받고 있다. 설계에 대해서는 산사태 선(線)을 가정해서 어느 정도의 외력을 강관 말뚝이 버티는가를 판단하기 위해 면밀한 지질검사가 필요하다. 다만, 그에 관해서는 아직 확립된 설계법은 없다.



14. NON-FRICTION PIPE 공법(이중관 공법)이란 어떤 경우에 사용하는가?

NON-FRICTION PIPE 공법(이중관 공법)이란, 아래의 그림에 나타난 바와 같이 이중관 구조를 만들어 외관에서 NEGATIVE FRICTION을 담당하고, 내관에 FRICTION을 전달시키지 않도록 하는 공법이다.



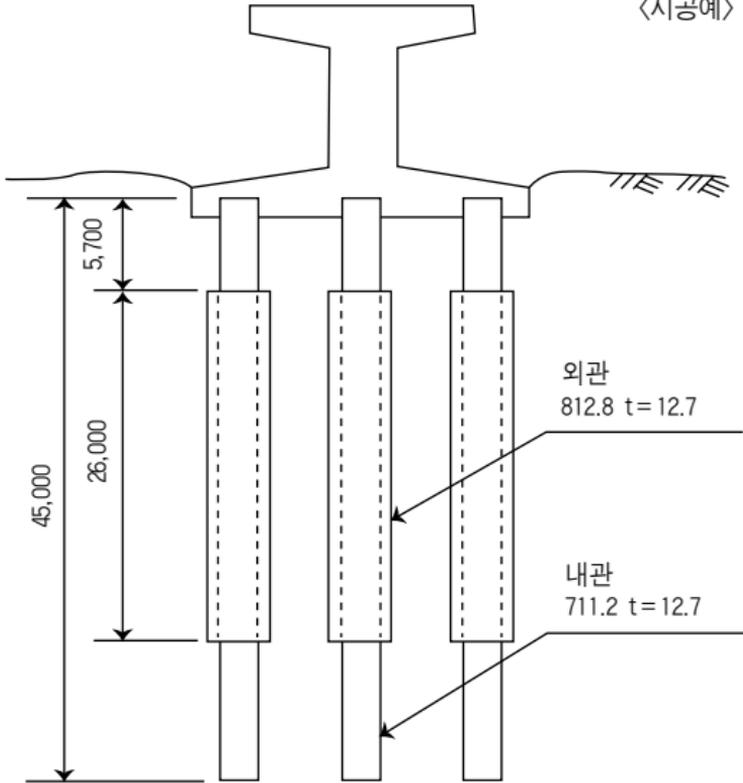
이중관과 단관의 NEGATIVE FRICTION 차이

POINT 0~A~D는 이중관을 하지 않는 경우의 NEGATIVE FRICTION이고, 이중관을 사용하면 POINT 0~A~B~C가 되어 C~D만큼의 지지력 증가가 이뤄진다.

이 공법은 NEGATIVE FRICTION 대책으로서 개발된 공법이지만, 일반에서는 강관의 두께를 증가시킴에 의해 대처 가능한 경우가 많으므로, 양자를 비교검토해서 설계를 하는 것이 중요하다. 덧붙여, NEGATIVE FRICTION 대책으로서 이중관 공법 외에 강관 외면에 수지 등을 도포해서 NEGATIVE FRICTION을 감소시키는 방법도 있다.

* NEGATIVE FRICTION이란 부주면마찰력

〈시공예〉



15. 강관말뚝 방식법 중 부식대와 전기방식법은?

강관말뚝의 방식법에는 다양한 방법이 있지만 일반적인 방법으로는 부식대를 생각하는 방법이 최적이기 때문에 설계시에 부식대를 반영 설계하는 방법을 일반적으로 권장한다.

1) 부식대에 의한 방법

이것이 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 부식대는 철의 부식을 고려해서 설계시에 충분한 관 두께를 고려함을 말하지만, 도로, 다리 하부구조 설계 지침으로는 외면 2mm의 부식대를 사용한다. 또한 항만 구조물 설계 기준에서는 아래 표에서 구조물의 내용 년수를 곱한 값을 이용한다.

부 식 환 경		부 식 속 도 (mm/년)
바다속 (海中)	HWL 이상	0.3
	HWL과 해저간	0.2
	해저침층중	0.05
땅속 (地中)	잔류수위 이상	0.05
	잔류수위 이하	0.03

(부식 속도는 외면만)

2) 강제 함유 성분에 따른 방식법

Ci, P, Si, Cr, Al, Mo, Ti, Ni 등의 유효원소를 단독 또는 여러 원소를 조합하거나 첨부해서 내식성이 좋은 많은 실용강을 제조한다.

3) 피복에 의한 방식법

피복에 의한 방법으로는

1. 강관말뚝의 외면을 콘크리트로 피복하는 방법.
2. 강관말뚝의 표면에 도료를 발라서 부식의 진행을 늦추는 방법.

피복재의 종류는 다음과 같다.

- 콘크리트 경화체
- 시멘트 경화체
- 타르 에폭시계 도료 : 막후 200 μ 정도 이상
- 아연 도료 : 2~3회 칠
- SLIP LAYER COATING
- F.B.E or PE COATING

4) 전기방식에 의한 방법

일반적으로 금속재료가 물과 토지와 접하는 부식이 발생하기 쉽기 때문이다.

이 부식은 온식이라고 불리기 때문에 그 주요 원인은 금속재료층의 불균등 및 물, 토양의 불 균등에 기초한 전지 작용에 의한 것이다.

이것을 방지하는 방법으로 외부 전원 방식과 유전 양극법의 두 개의 방법이 있지만 강관말뚝에는 일반적으로 유전양극법이 사용된다.

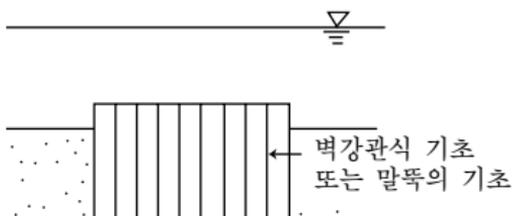
16. 수중 기초공법이란?

수중 기초공법이란 벽강관식 기초 또는 다주식 공법의 교각을, PREFAB 강철제 기초(FOOTING)와 수중 콘크리트 혹은 PREFAB 콘크리트로 형태를 만들어 시공하는 공법이다.

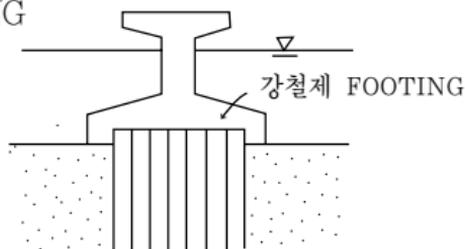
● 수중 기초 공법의 과정

본 공법의 이점은 다음과 같다.

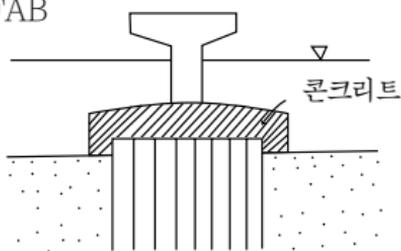
- (1) 말뚝의 타설
벽강관식 기초
또는 말뚝 기초



- (2) PREFAB 강철제 FOOTING
강철제 교각의 설치

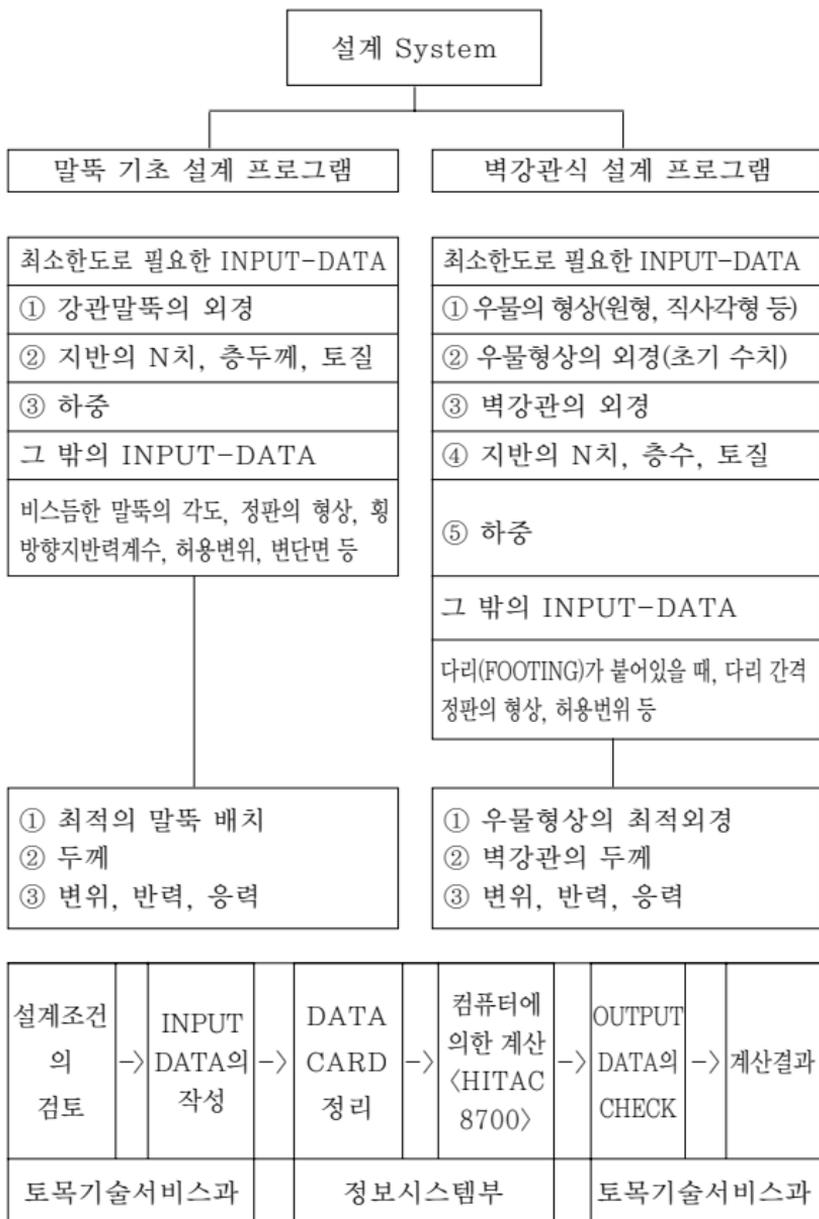


- (3) 수중 콘크리트 혹은 PREFAB
콘크리트 타설



- 1) 깊은 수심. 연약지반에서도 시공이 가능함.
- 2) 일손을 덜 수 있어, 공기가 짧다.

17. 설계체제는 어떤가?



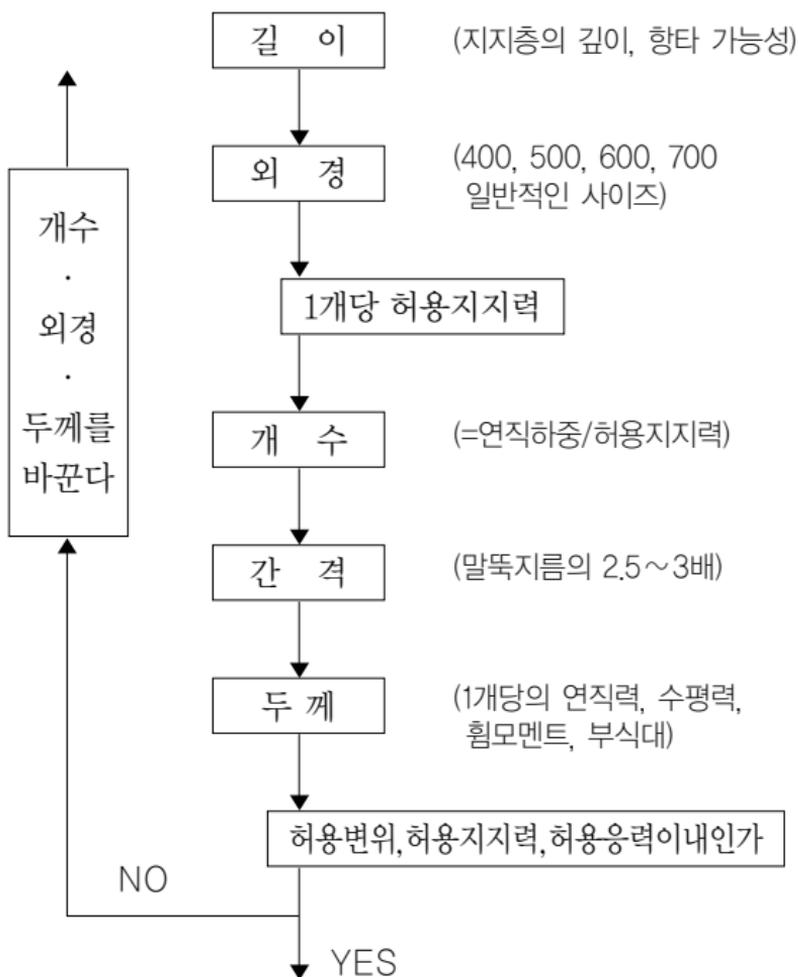
18. 강관말뚝을 설계하기 위해 필요한 조건은 무엇인가?

: 강관말뚝 설계 조건은 다음과 같다. 단, 아래표중에서 ○표에 대해서는 최소한 필요하다고 생각되는 항목이고, 그 외는 설계자의 판단으로 결정 할 수 있다.

	구조의 종별	군말뚝, 말뚝벤트 벽강관식기초 (井지형, 각부형)	
구조	크기의 제한	하천점위 면적의 제한, 인접구조물에 의한 제한	○
	말뚝두부 고정 조건	말뚝두부힌지나 말뚝두부고정이나 (말뚝 두부처리공법에 의해 결정)	
	연직하중 V		○
	수평하중 H		○
	모멘트 M		○
하중	교각 및 정판의 크기	위의 V.H.M에 교각, 정판의 하중이 포함되어질 때는 필요없음.	○
	수평진도	"	○
	연직진도	"	○
지반	토질주상도	N치, 토질	○
	계획지반고	세굴의 가능성, 준설의 가능성	○
	횡방향지반반력계수	평상시 및 지진시	
		단위체적중량, 내부마찰각 압밀계수, 그외	
허용량	허용지반반력 또는 지지력	㎡당 또는 말뚝 1개당	
	말뚝두부 허용 수평변위	평상시 및 지진시	
	허용 수평변위	"	
	말뚝두부 허용 연직변위	"	
	사이즈의 종류구별과 재질	인치사이즈인가 밀리사이즈인가? SKK400, SKK490 그외	
말뚝	외경, 두께의 제한		
	부식대		

19. 강관말뚝의 개수, 간격, 외경, 두께, 길이는 어떻게 결정하는가?

질문에 대한 여러요소를 한꺼번에 결정지을 방법은 없다. 엄밀하게는 다수의 편성에 대해서 비교설계를 시행, 그 중에서 가장 경제적인 것을 선택할 수 밖에 없다. 일반적으로 시행되는 설계의 흐름으로서는 아래처럼 된다.



외 경	대구경 말뚝을 사용하면 말뚝개수는 줄지만, 강철무게에 대해서는 일률적으로 말할 수 없다. 엑스트라의 추가와 시공기계의 대형화를 포함해서 생각할 필요가 있다.
간 격	말뚝간격을 넓히면 정판은 커지고, 또 보통은 정판두께도 두꺼워지기 때문에 하중이 증가한다. 이것에 의해 말뚝반력, 변위는 커지지만 말뚝머리회전각은 작아진다.
개 수	보통의 기초에서는 개수를 많게하면 변위, 반력, 응력은 작아진다. 단, 연약지반의 대형기초에서는 개수 증가로 인한 하중증가가 커지는 반대의 경우도 있다.
길 이	40m ~ 50m의 지지말뚝을 20m ~ 30m정도의 마찰말뚝으로 하고, 대신에 개수를 늘리는 방법은 비경제적이다.

20. 같은 조건의 경우, 소구경 다본(多本)과 대구경 소본(小本), 어느 쪽이 좋을까?

신일본제철의 전산프로그램에 따른 표준설계의 예

유효폭 10.5M, 전장 48M, 2경간연속 PLATE GIRDER 고정교각, 교각높이 12M, 횡방향 지반 반력(反力)계수 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서, 지표면 허용변위를 1.5cm로 하면, 필요한 강관 말뚝의 수는

외경 × 두께	본수	중량
500 × 9	$8 \times 5 = 40$	222.6
700 × 12	$6 \times 4 = 24$	250.2
1,000 × 12	$5 \times 3 = 15$	223.8

이 된다. 이 결과로 보는 한, 외경이 커짐에 따라 사용본수는 감소하지만, 중량은 500, 1000, 700의 순서가 되기 때문에 어느 한 쪽의 우열을 가리기는 어렵다.

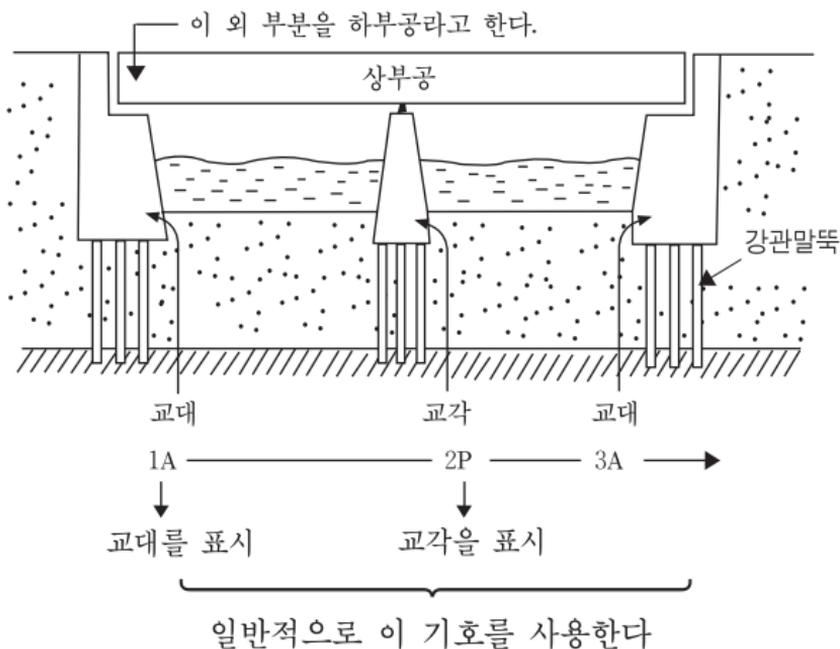
다만, 실제로는 외경이 커지는 경우에 시공기계의 대형화, 사용본수의 감소에 의한 공기의 단축(914.4이상의 EXTRA) 등을 덧붙여 고려하면, 경험적으로 600~700 정도의 사이즈가 표준적으로 좋은 사이즈라고 말할 수 있다.

이것은 변위의 제한으로부터 본수가 결정되는 경우이지만, 이 외에 말뚝의 허용응력·지지력에 따라서 결정되는 경우도 있다. 때문에 반드시 앞서 말한 예에 의한 결과가 맞는 것은 아니다.

21. 교량의 하부공(下部工)의 명칭은?

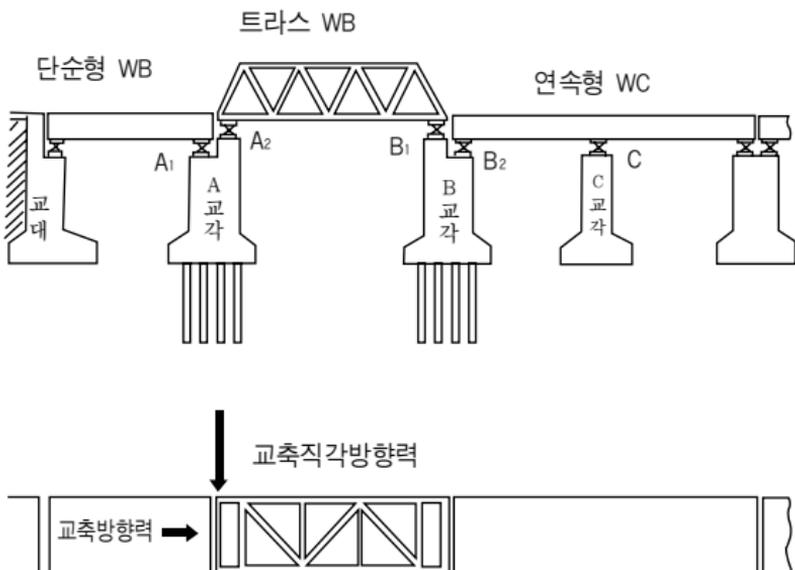
강관말뚝은 교량의 하부공(下部工)에 이용하는 경우가 상당히 많고, 교량 하부공의 각부의 명칭은 일반적으로 아래와 같이 부른다.

● 교량 하부공 각부 명칭



22. 교축방향력, 교축직각방향력은 무엇인가?

교축방향력, 교축직각방향력은 읽는 그대로 교량의 축 방향 및 축직각방향의 수평력을 말한다.



상부공에 걸리는 지진시 수평력이 하부공에 전해질때 경간의(단)모양, 경간에 대한 힘의 각도에 의해 하공부에 전달되는 수평력의 크기가 다르다.

따라서, 하부공을 설계할 경우는 대표적 2방향, 결국 교축방향, 교축직각방향에 대해서 검토하게 되어 있다.

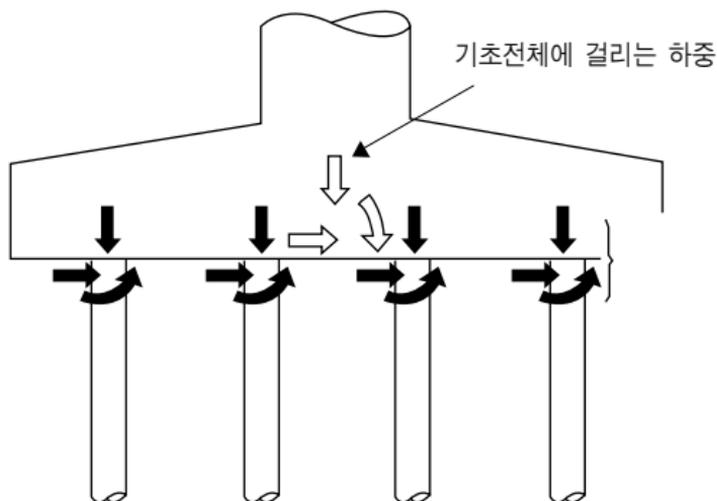
또, 그림의 왼쪽에 있는 교대에는, 토압이 교축방향으로만 작용하기 때문에 교축방향의 하중이 커진다.

교각명	하중방향	지승명	경간형상	계산식	교각에 걸리는 수평력H
A교각	교축방향	A1경간	미끌림 경간	$H1=(WA/2) \times 0.15$ (경간판의 미끌림마찰계수)	H=H1+H2
		A2경간	롤러경간	$H2=(WB/2) \times 0.05$ (구르는 마찰계수)	
	교축직각 방향	A1경간	고정	$H1=(WA/2) \times 0.2$ (수평진도)	H=H1+H2
		A2경간		$H2=(WB/2) \times 0.2$	
	교축방향	B1경간	고정경간	$H1=(WB/2) \times 0.2$	H=H1+H2
		B2경간	롤러경간	$H2=(WC/4) \times 0.15$	H=H1+H2
B교각	교축직각 방향	B1경간	고정	$H1=(WB/2) \times 0.2$	H=H1+H2
		B2경간		$H2=(WC/4) \times 0.2$	
C교각	교축방향	C경간	고정경간		H=WC×0.2
	교축직각 방향	C경간	고정		H=(WC/2)×0.2

※경간은 통상, 교축방향으로만 가동(미끌림, 롤러등)

23. 관용법, 변위를 고려한 계산법은 무엇인가?

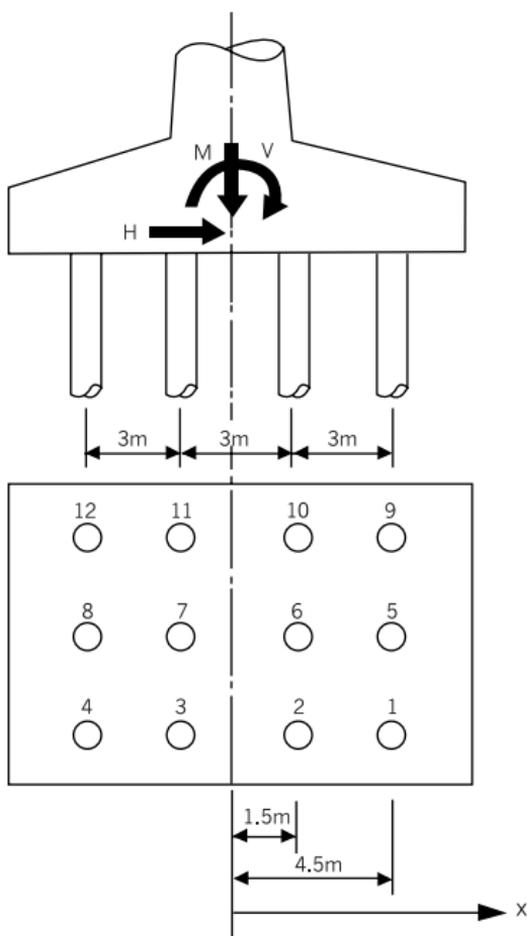
교각기초의 설계에 맞춰 말뚝배치를 가정했을 때, 각 말뚝의 말뚝머리에 어느 정도의 연직력과 수평력, 말뚝머리모멘트가 걸리는가를 구하는 계산법에는 다음의 두가지가 있다.



- ① 관용법 : 일반적으로 사용되고 있는 계산법으로, 경사말뚝, 벽강관말뚝등을 사용할 때에는 부정확하지만, 중·소 교량의 기초에서는 이것으로 충분하다.(변위는 대략치만)
- ② 변위를 고려한 계산법 : 현재로는 가장 이론적인 계산법이지만, 계산은 조금 복잡하다. 말뚝의 수평방향, 연직방향의 바네정수를 알아야 변위도 구할 수 있다.

24. 관용법의 계산의 예는?

23에 적혀있는 관용법의 계산예입니다.



위 그림과 같은 $4 \times 3 = 12$ 개의 콘은 말뚝만의 교량기초를 예로 들면

$$\left\{ \begin{array}{l} V(\text{연직하중}) = 200^T \\ H(\text{수평하중}) = 40^T \\ M(\text{모멘트}) = 160^{T-M} \end{array} \right.$$

(식)

$$P_H = \frac{H}{N}$$

$$P_{Vi} = \frac{V}{N} + \frac{X_i}{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_N^2} M$$

P_H ; 말뚝 1개당의 수평력(곧은 말뚝의 경우는 모든 말뚝은 같은 값)

P_{Vi} ; 말뚝의 연직력

V ; 연직하중 ($= 200^T$)

H ; 수평하중 ($= 40^T$)

M ; 모멘트 ($= 160^{T-M}$)

N ; 말뚝개수 ($= 12^*$)

X_i ; 말뚝군의 중심선에서 말뚝까지의 거리

$$X_1 = X_5 = X_9 = 4.5m$$

$$X_2 = X_6 = X_{10} = 1.5m$$

$$X_3 = X_7 = X_{11} = -1.5m$$

$$X_4 = X_8 = X_{12} = -4.5m$$

(계산)

$$P_H = \frac{H}{N} = \frac{40}{12} = \boxed{3.3} \text{ (TON/本)}$$

$$P_{V1} = \frac{V}{N} + \frac{X_1}{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_{12}^2} M$$

$$= \frac{200}{12} + \frac{4.5}{4.5^2 \times 6 + 1.5^2 \times 6} 160$$

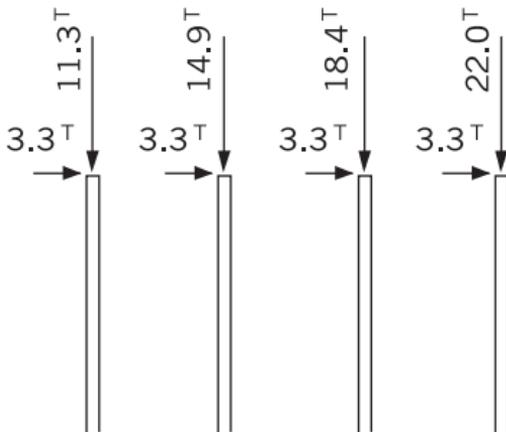
$$= \frac{200}{12} + \frac{4.5}{135} \cdot 160 = \boxed{22.0} \text{ (TON/本)} = P_{V5} = P_{V9}$$

$$P_{V2} = \frac{200}{12} + \frac{1.5}{135} \cdot 160 = \boxed{18.4} \text{ (TON/本)} = P_{V6} = P_{V10}$$

$$P_{V3} = \frac{200}{12} + \frac{-1.5}{135} \cdot 160 = \boxed{14.9} \text{ (TON/本)} = P_{V7} = P_{V11}$$

$$P_{V4} = \frac{200}{12} + \frac{-4.5}{135} \cdot 160 = \boxed{11.3} \text{ (TON/本)} = P_{V8} = P_{V12}$$

각 말뚝에 작용하는 하중은 다음과 같다

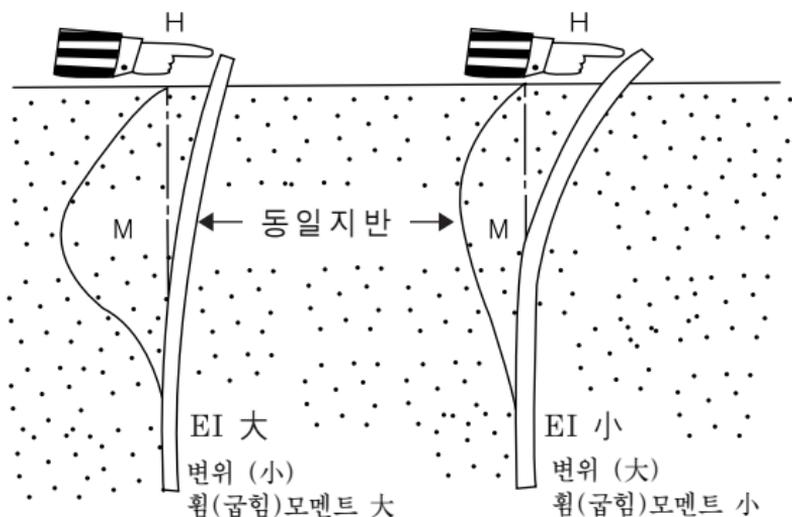


주)관용법의 경우, 말뚝머리모멘트 PM은 위의 계산으로는 구

할 수 없어서, 별도 $P_M = \frac{P_H}{2\beta}$ 의 식으로 구한다

25. EI란 무엇인가?

EI란, 부재(部材)가 가지는 강성을 말한다.



위 그림과 같은 경우, EI가 큰 쪽이 변위는 작지만, 휨(굽힘)모멘트는 분산되지 않은 채 일부에 집중되기 때문에, 최대 휨모멘트는 커지게 된다.

E	탄성계수	재질에 의해 결정됨	kg/cm ²
I	단면2차모멘트	단면형상에 의해 결정됨	cm ⁴

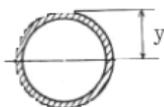
E	STEEL > CONCRETE > 목재		
I	 > 	 > 	

	PHC (PRESTRESSED CONCRETE) $\Phi 600 \times t 100$	STEEL $\Phi 600 \times t 9$
E	400,000	2,100,000
I	510,510	73,000
EI	20.4×10^6	15.3×10^6

26. Z(단면계수)란 무엇인가?

Z란, 단면계수를 가리키며, 중심축에 대하여 단면2차모멘트 (I)를 그 축으로부터 단면에서 가장 먼 지점까지의 거리로 나눈 수치입니다. 이것은 휨모멘트에 의한 응력을 계산하기 위한 필요치이다.

단면계수 $Z = I / y$



일반적으로 강관 등의 경우, 외경이 커지게 되면 단면2차모멘트(I)도, 거리(Y)도 커지게 되지만, Y에 비해 I가 커지게 되는 비율이 크기 때문에 Z는 커지게 된다.

예)

		$\Phi 500 \times t 12$		$\Phi 1,000 \times t 12$		$\Phi 1,500 \times t 12$	
			비율		비율		비율
y	cm	50	1.0	100	2.0	150	3.0
I	cm ⁴	54,800	1.0	454,500	8.3	1,553,000	28.3
Z	cm ³	2,190	1.0	9,090	4.2	20,700	9.5
(A:단면적)	cm ²	184.0	1.0	372.5	2.0	561.0	3.0

또, 단면적이 같은 경우(m당 단중이 같은 경우)에는 외경이 큰 쪽이 단면계수가 커지기 때문에, 응력계산 상, 외경이 큰 쪽이 유리하게 된다. (다만, 절곡 또는 향타 시 문제 있음.)

예)

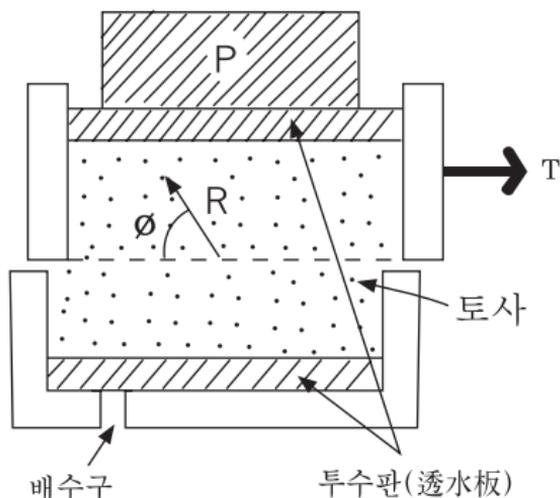
		Φ500×t16		Φ600×t13		Φ700×t11.5	
			비율		비율		비율
외경	50	1.0	1.0	60	1.2	70	1.4
단면적	243.3	1.0	1.0	239.7	0.99	248.7	1.0
I	71,300	1.0	1.0	103,307	1.45	147,432	2.07
Z	2,850	1.0	1.0	3,444	1.2	4,212	1.5

27. 내부마찰각, 점착력이란 무엇인가?

내부마찰각 ϕ , 점착력 C 는 땅의 전단 강도를 나타내 주는 수치입니다. 또, 땅의 파괴력은 전단에 의해 발생된다고 여겨지므로 양자는 땅의 파괴강도를 나타내 준다고도 말할 수 있다.

이것들을 구해줄 가장 간단한 시험이 그림 1에 나타난 직접 전단시험이다.

〈그림 1〉



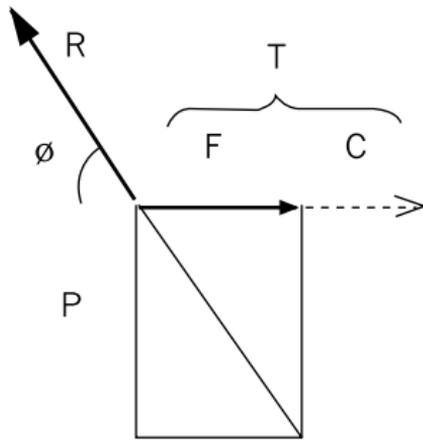
이 때, 전단강도 T 는

$T = (\text{점착력}) + (\text{마찰력})$ 이라고 생각된다. 여기서,

점착력 C : 수직하중 $P=0$ 에서도 작용하는 저항력으로 점성토의 주요 저항력

마찰력 F : 수직하중 P (흙, 모래 등)에 비례해서 작용하는 저항력이며 사질토의 주요 저항력

〈그림 2〉



$$T = C + F$$

$$= C + P * f(\text{마찰계수})$$

$= C + P * \tan\phi$ (ϕ 가 내부마찰각)으로 나타낼 수 있다.
 또 그림 2에서도 알 수 있듯이 내부마찰각 ϕ 이란 땅의 전단면에 작용하는 저항력 R의 방향을 나타내고 있다고도 말할 수 있다. (점착력은 제외)

N치 = 10전후의 보통의 사질토에서는 표준적으로 $\phi = 30$
 , 또, N치 = 5 전후의 보통의 점성토에서는 표준적으로 $C = 5MT * f/m^2$ 정도이다.

28. 허용지지력은 각 말뚝 구경마다 어느 정도인가?

말뚝 1개당의 허용지지력을 얼마로 잡을지는 재하(載荷)시험 및 정역학적 지지력공식에 의해 결정된다.

말뚝 구경(D)	허용지지력(1본당)
1,500	450t
1,000	200t
700	100t
500	60t
400	40t
350	30t
300	20t

허용지지력

말뚝구경 \ 말뚝길이	양질의 지반(N 20~30)		견고한 지반(N 30이상)	
	20m	30m	20m	30m
200mm	10t	15t	15t	20t
300	20	25	30	35
400	30	40	45	55
500	45	60	60	75
600	60	80	80	100
700	80	100	100	120
800	100	120	120	150

$$Q = (1.6 \sim 2.4) \times D \approx 2D$$

∴ Q : 허용지지력(t) D : 말뚝 구경(cm)

29. 허용수평력은 각 말뚝 구경마다 어느 정도인가?

허용수평력을 띠는 쪽에 대해서는 지반의 종류 및 횡방향 지반반력계수 k 치에 의해서 달라진다.

하기 조건의 참고치를 표에 나타내었다.

조건

1. k 치는 말뚝의 상부부터 $\pi/3\beta$ 까지의 깊이의 평균치를 이용해서 일정하다고 가정하고, 0.3, 1.0, 2.0kg/cm³의 3종류로 한다.
2. A는 두께 T=9mm, B는 두께 T=12mm 부식으로 2mm를 감했음
3. K치가 큰 경우에 말뚝의 상부의 변위가 커지게 되면 지반이 항복점을 넘는 경우가 있어, 이 면부터라도 허용수평력이 제한된다. 이 표에서는 K=2.0kg*f/cm³의 수평력을 최대치로 하고 있다.

허용수평력 참고치(단위/t/본)

허용수평 변위량	$\delta = 1.0\text{cm}$ (지진 시)			$\delta = 1.5\text{cm}$ (지진 시)			
	K치 말뚝직경	0.3 (kg/cm ³)	1.0	2.0	0.3	1.0	2.0
500mm		3A	7A	12B	4A	11A	12B
600		4A	9A	17B	6A	15A	17B
700		5A	11A	22B	8A	19A	22B
800		6A	14A	28B	10	24A	28B

30. 정역학적 지지력 공식이란, 어떤 공식을 사용하면 좋을까?

정역학적 지지력 공식은, 구조물이 완성된 후, 말뚝에 장기적 또는 단기적으로 걸리는 수직하중에 대하여 말뚝 자체적으로 저항이 생기는 말뚝의 지지력을 산정하는 공식을 말한다. 이 공식은 이제까지 여러가지가 제안되어 왔었지만, 그 중 기본이 되는 식은 다음의 3가지 식들로 대별해 볼 수가 있다.

* 정역학적 지지력 공식

말뚝의 지지력(R) = 말뚝의 선단지지력(Q) + 말뚝의 주변 마찰력(S)

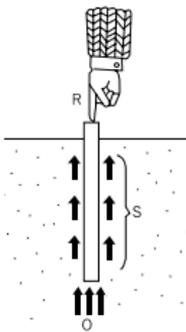
(1) Dörr 식 = 고전적지지력공식

(2) Terzaghi 식 = 토질시험결과를 이용한 정역학적 공식

(3) Meyerhof · Dunham식 = 표준관입시험결과를 대응한 공식

이상의 3가지 방식 중, 현재 강관말뚝에 제일 많이 사용되는 것은 세 번째 Meyerhof의 방식이다.

아래에 각각의 공식 및 적용범위를 나타낸다.



공식명	공 식	적 용 범 위
Terzaghi 식	$R_u = qdA_p + U_l f_s$	깊지 않은 기초를 대상으로 할 때
Meyerhof	$R_u = 40NAP + 1/5N_s A_s + N_c A_c / 2$	모래층에 있어서 깊은 기초의 이론으로 강관 말뚝에서는 가장 많이 사용되고 있다.
Dörr 식	$R_u = qdA_p + U_h c$ (점토성의 경우)	마찰 말뚝에 적용

〈기호〉

R_u : 말뚝의 극한지지력 (t)

q_d : 말뚝의 선단지반의 극한지지력도 (t/m^2)

A_p : 말뚝의 선단면적 (m^2)

U : 말뚝의 둘레길이(m)

l : 땅 속 부분에 있는 말뚝의 길이 (m)

f_s : 말뚝 외면(주변) 마찰력 (t/m^2)

N : 말뚝의 선단지반의 n치

N_s : 말뚝 선단까지의 모래층의 N치 평균

A_s : $U \times l_s$

N_c : 말뚝 선단까지의 점토층의 N치 평균

A_c : $U \times l_c$

h : 말뚝의 지지층에의 관입깊이 (m)

c : 땅의 점착력 (t/m^2)

31. 동력학적 지지력 공식으로는 어떤 공식이 좋은가?

동력학적 지지력 공식이란, 말뚝의 극한 지지력이 말뚝을 향타시의 저항과 동일하다는 가정 하에

$$W(\text{해머 일회 충격의 무게}) \times H(\text{낙하 높이}) \\ = F(\text{말뚝의 관입저항}) \times S(\text{말뚝의 관입량})$$

의 원리가 성립한다.

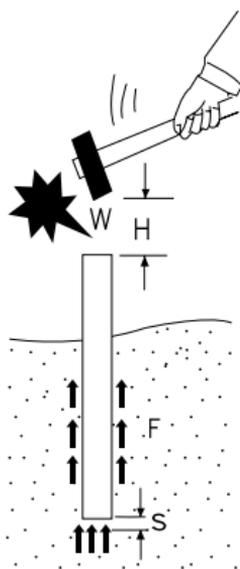
이 원리에 의해 향타 시의 여러 가지 FACTOR를 도입한 공식은 Hiley 식, 건축강 말뚝 기초설계시공기준의 향타 공식, Delmag사의 공식 등이 있지만, 동력학적 지지력 공식으로 설계되지는 않고, 재하시험결과 및 정역학적 지지력 공식으로 계산되는 바, 일반적으로 체크하는 정도에서 건축강 말뚝 기초설계시공기준의 향타 공식으로 행해진다.

건축강 말뚝 기초설계시공기준의 향타 공식

$$* R_a = 1/3 \times \frac{eF}{s + \frac{c}{2}}$$

- Ra : 장기허용지지력(t)
- S : 말뚝의 관입률(cm)
- C : REBOUND량(cm)
- e : 효율 E= 0.5로 한다.
- F : 타격 에너지 (t · cm)

(해머의 종류에 따라 다르고, 디젤해머의 경우 F=2WH)



32. 대구경 강관말뚝의 지지력은 정말로 저하 되는 걸까?

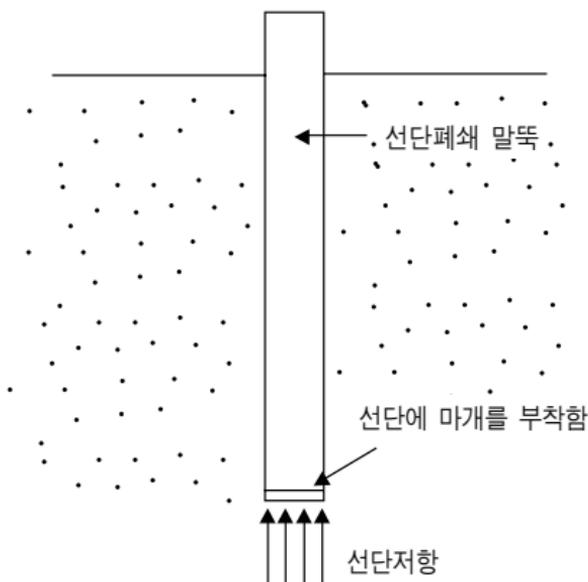
개단(開端)강관말뚝의 경우, 지지층에 말뚝의 밑 부분 관입길이가 짧으면, 단의 끝부분 저항은 작아지게 된다. 하지만, 대구경 개단(開端)강관말뚝에서도 지지층에 밑 부분 관입길이가 충분하다면, 폐단(閉端)강관말뚝과 동일한 끝단 저항을 가져 지지력이 저하되는 일은 발생하지 않는다. 일반적으로 말뚝의 끝단 저항은 향타기의 능력에 의해 결정된다고 생각해도 좋다. 대구경 강관말뚝이라도 대형 해머로 향타 시, 선단이 토사에 의해 완전히 폐쇄(閉塞)될 때까지 지지층에 관입시킬 수 있다. 일본 건설성 토목연구소가 지금까지의 재하시험의 예를 모은 결과에 의하면,

[만일 지지층에 박힌 말뚝의 밑 부분 길이 ÷ 말뚝 지름 = $a \geq 5$ 라면, 개단, 폐단강관말뚝 모두, 끝단 저항은 동일하다.]

말뚝의 구경이 커지게 되면, 관 주위 면(표면) 저항은 커지기 때문에, 전술한 사항들을 전부 합해서 고려해 볼 때, 일률적으로 대구경 말뚝의 지지력이 저하된다고는 말하는 것은 옳지 않다.

33. 선단폐쇄말뚝은 어떤 때에 사용 가능한가?

선단폐쇄말뚝이라는 것은 강관말뚝의 선단에 마개를 부착해서 선단저항을 크게하는 것으로 따라서 지지력을 증대시키기 위하여 사용되는 말뚝이다.



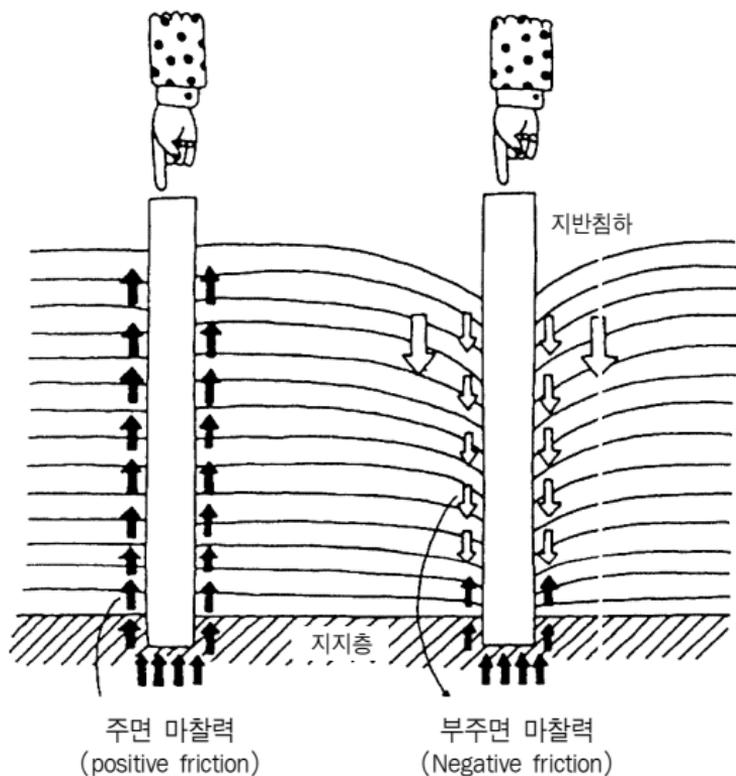
선단폐쇄말뚝은 아래와 같은 경우에 사용되고있다.

- (1) 지지층이 없는 경우에 선단저항으로 지지력을 증대시키는 경우
- (2) 주로 마찰말뚝으로서 사용되고 선단저항도 보는 경우

더구나 선단에 마개를 부착하면 항타시 저항이 크게되고 부력이 작용해서 말뚝의 삽입이 불가능하게 되는 경우가 있기 때문에 주의하는 것이 중요하다.

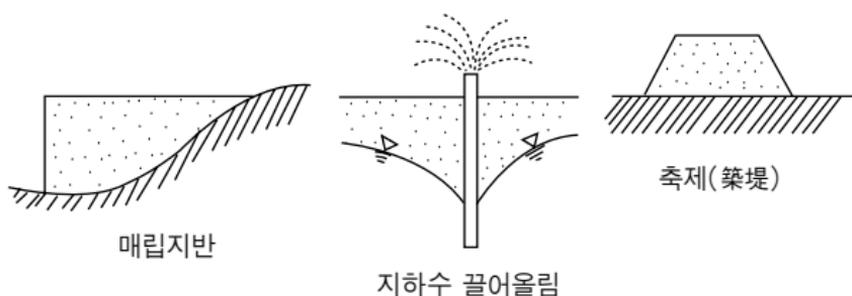
34. 부주면 마찰력이란?

정상적인 지반의 경우 침하를 일으키는 지반의 경우



일반적으로 말뚝머리에 수직하중이 걸리고 말뚝이 밀어넣어 지게끔 할 때는 말뚝원주면의 마찰력과 말뚝선단의 지지력이 이것에 저항한다. 이것을 주면마찰력이라고 한다. 그러나 말뚝 원주면의 지반이 계속침하하는 장소에서는 말뚝원주면의 마찰력은 사라지고 반대로 말뚝을 아래로 밀어넣는 힘이 생성한다. 이것을 부주면마찰력이라고 하고 이 경우의 저항력은 침하하지 않는 지반의 주면마찰력과 선단지지력만으로 된다.

따라서 다음 그림과 같은 장소에서는 말뚝사용의 설계상의 검토를 필요로 한다.



대책으로서는 말뚝직경·말뚝배치에 균형을 유지하여 부등침하를 방지함과 더불어 부주면 마찰력을 설계상 고려한 충분한 두께로 한다.

예를 들면 동일기초에 직경이 다른 말뚝을 사용하면 외주장에 비례하는 부주면 마찰력의 크기가 다르고 또한 분수가 치밀한 장소와 드문드문한 장소에서도 부주면 마찰력의 크기가 다르기 때문에 부등침하의 걱정이 나오기 때문이다.

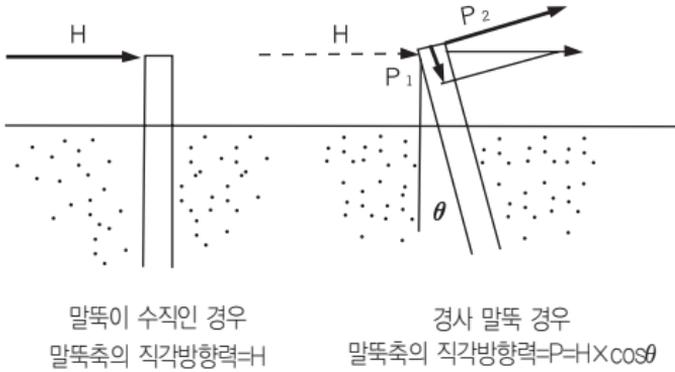
계산의 생각방법은

$\{ \text{부주면마찰력} + \text{장기지속하중} \} \times 1.5 \leq \text{말뚝 또는 지반의 항복내력}$ 이기 때문에 통상의 설계에서는 부주면마찰력을 생각했다고 해서 반드시 위험하게 된다고는 단정할 수 없다.

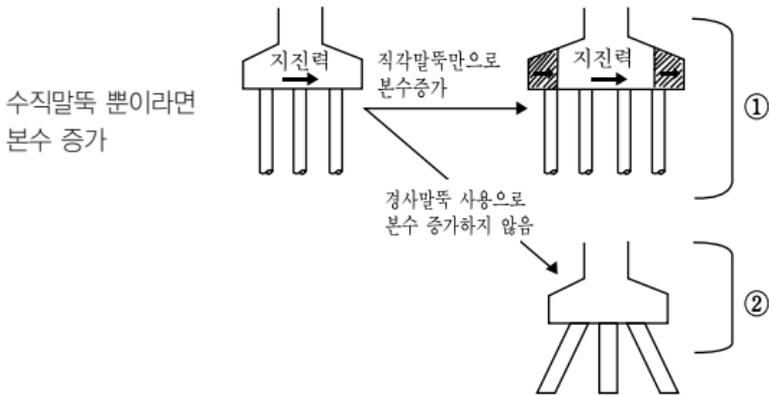
35. 경사말뚝의 역할과 그 사용장소는?

강관말뚝의 설계에 있어서 경사말뚝이 가끔 사용되고 있지만 이런 것들의 역할 및 어떤 장소에 사용되고있는지를 아래에 기록한다.

- (1) 경사말뚝은 수평력의 일부를 압입력 또는 인발력으로 바꾸기 때문에 수직말뚝과 비교해서 수평력에 대한 저항이 크게 된다.



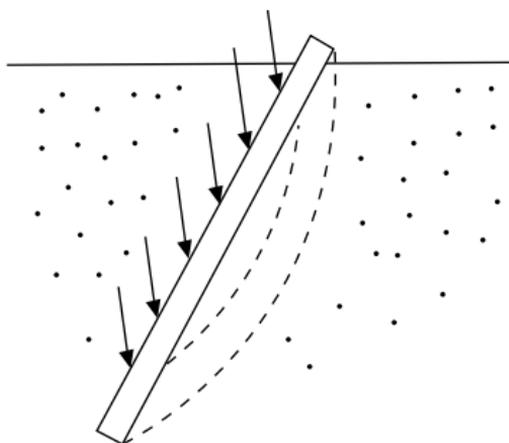
- (2) 연약지반 등에서는 말뚝분수 증가에 수반하는 하중증가에 따라서 반드시 수평변위는 작게 되지않지만 경사말뚝은 유효하다.



① 수직말뚝만으로 분수를 증가시키면 수평저항력은 크게 되지만
경사선부분 의 하중이 증가한다.

②하중의 증가가 없고 수평저항은 크게된다.

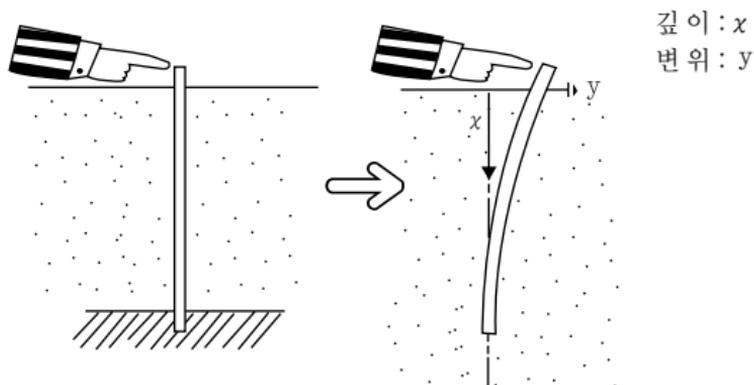
(3) 지반이 압밀(가압으로 눌림)침하하는 장소에서는 큰 각도의
경사말뚝은 주의를 요한다.



이것은 침하하는 토사가 경사말뚝의 위에 올라타서 말뚝에
대한 굽힘하중으로 되기 때문에 이와 같은 장소에서는 경사말
뚝각도는 10° 이하로 하는 편이양호한 결과를 얻을 수 있다.

36. Chang의 식이란 무엇인가?

Chang의 식이라고 하는 것은 말뚝머리에 수평력이 작용하고 있을 때에 그 말뚝이 어떤 깊이 x 에서 어느 정도의 변위를 하는지를 구하기 위한 가장 일반적인 식이다.



Chang은 지반을 무수의 탄성으로 생각하고 거기에서 다음과 같은 x 와 y 의 관계식을 생각했다.

$$EI(d^4y/dx^4)=Kby$$

EI : 말뚝의 굽힘강성

K : 지반반력계수

B : 말뚝직경

이것은 미분방정식이지만 이 해법은

$y=e^{\beta x}(A\cos\beta x+B\sin\beta x)+e^{-\beta x}(C\cos\beta x+D\sin\beta x)$ 으로 된다.

단지 A, B, C, D 는 말뚝머리와 말뚝하단의 상태에 따라서 결정되는 정수

$$\beta=4\sqrt{KB/4EI}$$

이 식에서 어떤 깊이 x 에서의 변위 y 가 구해지고 윗식을 미분하면 휨각도, 모멘트, 전단력을 구할 수 있다.

37. 무한길이, 유한길이의 말뚝이란 무엇인가?

말뚝이 지중부에서 무한하게 길다고 가정하면 변위와 응력의 계산이 극히 간단하게 된다. 실제에서는 무한히 긴 말뚝이라고 하는 것은 없지만 말뚝의 항타길이가 긴 경우 무한히 긴 것으로서 계산한 결과와 소정의 항타길이를 계산한 결과의 오차가 극히 작게 된다. 이 한계길이는 말뚝의 강성이 큰 경우와 지반이 약한 경우에 길게 된다.

다수의 계산결과에서 이 한계길이와 말뚝의 강성·지반의 탄성정수의 관계는 거의 다음처럼 되어있다.

$$\beta l \approx 3 \quad \text{단지} \quad \beta = 4\sqrt{KB/4EI}$$

K : 지반의 탄성정수(반력계수)

B : 말뚝구경

EI : 말뚝의 굽힘강성

l : 무한길이를 해도 좋은 한계길이

또한 Chang의 식에 따라 구해진 지중부의 제1부동점(변위 0으로 되는 깊이)와 휨각도가 0으로 되는 깊이 등이 모두 π (원주율)에 따라서 표현되고 있기 때문에 한계길이기도 $\pi \approx 3$ 으로서 $\beta l \approx \pi$ 로 표현한다.

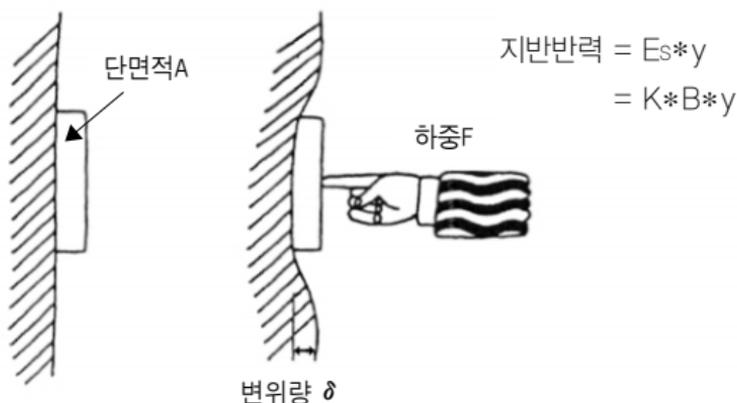
즉 $l > \pi/\beta$ 의 경우 무한길이의 말뚝으로서 계산한다.

$l \leq \pi/\beta$ 의 경우 유한길이의 말뚝으로서 계산한다.

38. 횡방향 지반반력계수란 무엇인가?

지반반력계수라고하는 것은 지반의 탄성정수라는 것이다.

말뚝에 횡방향 힘이 걸릴 때에 말뚝 전면의 지반은 눌러 압축되지만 이때 지반반력은 지반의 줄어든 양에 비례해서 발생한다. 이 경우의 비례정수 즉 탄성정수를 횡방향 지반반력계수라고 칭한다.

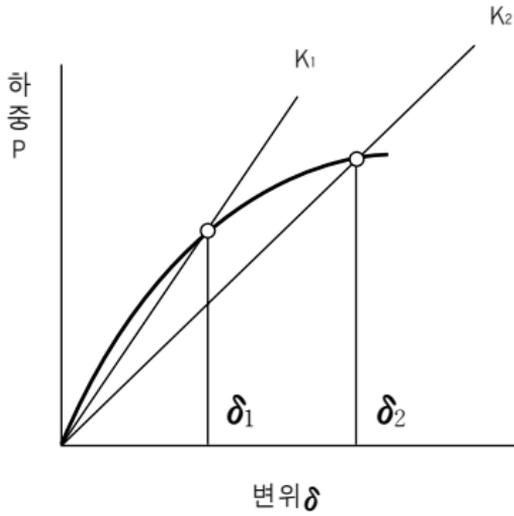


E_s : 말뚝폭 B당 지반의 탄성계수 kg/cm^2

K : 횡방향지반반력계수 kg/cm^3

횡방향지반반력계수(K)는 바꿔말하면 1cm^2 의 면적에 하중을 가할 때 지반이 1cm 변형하는데 필요한 하중이고 단위는 kg/cm^3 또는 T/cm^3 으로 나타난다.

또한 횡방향지반반력계수(K)는 변위량이 증가함에 따라서 아래 그림처럼 작게되기 때문에 허용변위량에 따라서 다음식처럼 보정하는 경우가 있다.



$$K = K_0 \delta_0^{-1/3}$$

K_0 : 변위 10mm일 때의 횡방향지반반력계수

δ_0 : 허용변위량(통상, 평상시에 10mm)

횡방향지반반력계수 K수치는 지반의 종류에 따라서 거의 아래표 처럼 된다.

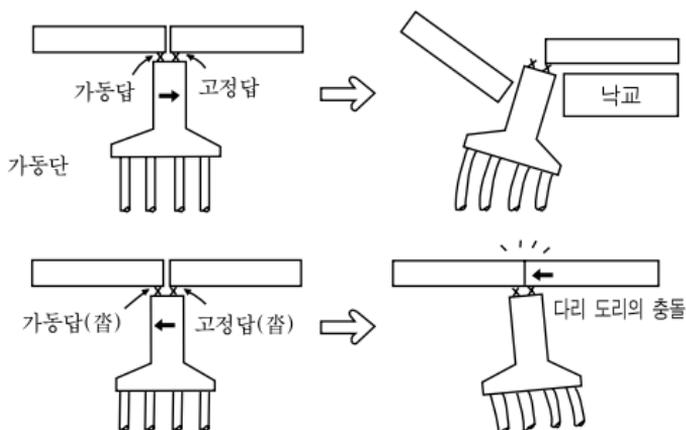
지반의 종류	불량	보통	양질
K 수치 (kg/cm^3)	0.3	1.0	2.0

39. 왜 변위해 가지않을까, 교좌변위 지표변위란?

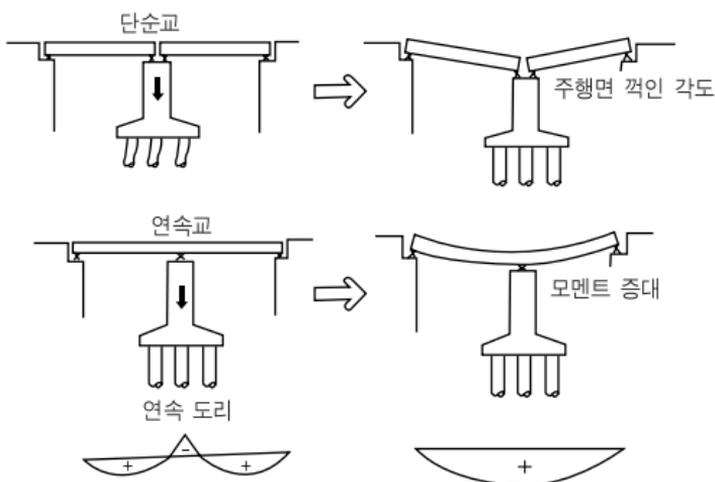
● 답좌변위

교좌가 수평 또는 수직방향으로 변위한 경우는 다음과 같은 피해를 발생시킨다.

(1) 수평변위



(2) 연직(鉛直)변위



교좌의 수평변위, 수직변위에 따라서 생성하는 장애를 예방하기 위해서 교좌에서의 변위를 규제한 교좌허용변위량이라고 부르는 수치가 있다.

교좌허용변위량의 일예

상부구조의 형식	수직변위량 (부등침하량)	수평변위량 (2경간)
정정구조*	$l / 2000$	$l / 500 \leq 150\text{mm}$
부정정구조**	$l / 4000$	$l / 1000 \leq 100\text{mm}$

l : 지간길이

*: 단순행·겔바행 등

**: 연속행 등

● 지표면변위

말뚝의 지표면(지중에 전부 들어있는 말뚝에서는 말뚝머리)에서의 수평변위량이 크게되면 일반적으로 말뚝전면의 지반이 항복 또는 파괴상태로 되고 계속해서 말뚝본체가 파괴한다고 생각된다.

이 지반에서 결정되는 지표면허용변위량은 그다지 크지않고 허용수평변위는 전술의 상부구조에서 제한되는 교좌 허용변위량으로 결정되는 것 보다도 지표면허용변위로 결정된다. 이것을 고려해서 설계의 하나의 방법으로서 아래표와 같은 지표면 허용변위량을 채용하고있는 경우도 있다.

지표면허용변위량(지진시)

K수치(kg/cm^2)	0.5 이하	0.5~2.0	2.0 이상
수평허용변위량(cm)	2.0	1.5	1.0

40. 강관말뚝의 설계에서 세부설계시 검토사항은 무엇인가?

세부설계검토사항

1. 말뚝머리처리에 관해서

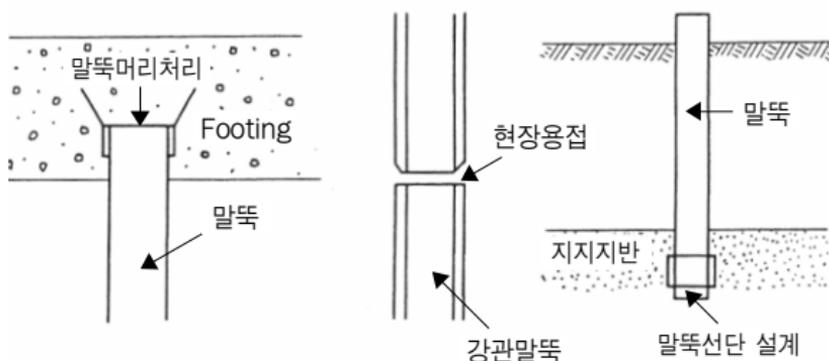
- 말뚝매입길이
- 말뚝머리 원형마개 · 보강 십자리브판두께, 체결방법
- 철근직경 · 본수 · 정착길이
- 보강밴드폭 · 판두께

2. 용접에 관해서

- 현장용접부위치
- 두께가 다른 용접부의 위치 및 용접방법

3. 말뚝선단에 관해서

- 보강밴드폭 · 판두께의 필요성
- 십자리브 · 사절판의 필요성



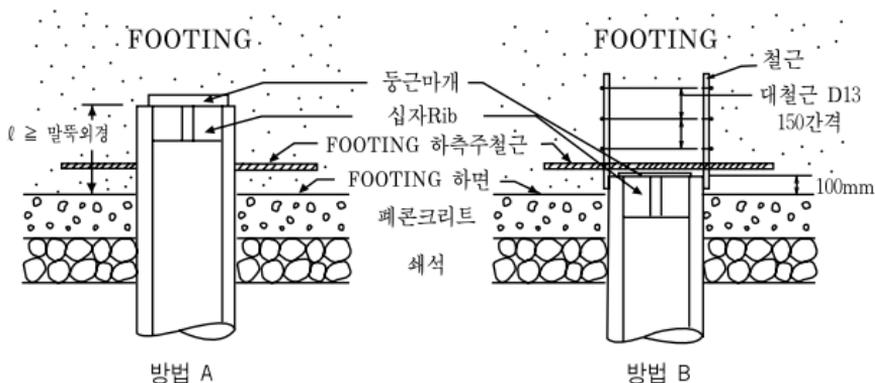
41. Footing과의 결합은 어떤 방법이 일반적일까?

토목구조물에서는 거의 말뚝머리강결의 가정으로 계산되지만 이 가정을 만족시키는 말뚝머리부와 footing과의 결합법에 관해서는 다음의 2가지 방법이 있다.

방법A: footing중에 말뚝을 일정길이만 매입하고 매입한 부분에 의해서 말뚝머리 구속모멘트에 저항하는 방법

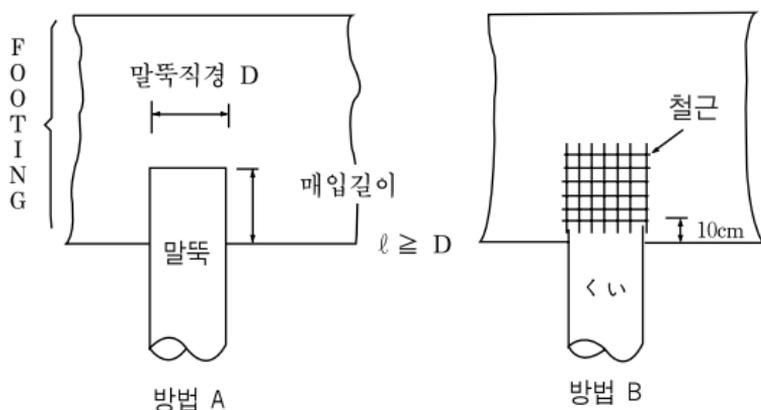
방법B: footing내로의 말뚝의 매입길이는 작지만 주로 철근으로 보강해서 말뚝머리구속모멘트에 저항하는 방법

이상의 어느 것에 따른 접합방법을 채용하고있는 것이 보통이다.



42. 말뚝머리강결, 말뚝머리힌지란 무엇인가?

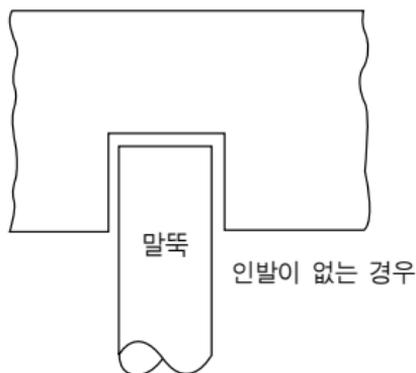
강결의 방법은 아래그림의 A, B가 있다.



이것은 말뚝머리부에 작용하는 압입력 혹은 인발력, 수평력 및 모멘트의 모든 것에 저항할 수 있는 것과 같은 구조로 한다고 하는 것이다.

이 방법을 사용하면 수평력이 걸릴 때의 최대힘모멘트는 통상 말뚝머리에서 발생한다.

이것에 대해서 말뚝머리힌지라고 하는 것은 압입력, 인발력, 수평력에는 저항하지만 모멘트에 대해서는 저항하지 않는 구조이다. 힌지결합은 현재 보통의 말뚝기초에서는 이용되지 않지만 구조로서는 아래그림 처럼 되어있다.



43. 말뚝두부 및 선단보강밴드의 필요성은?

(1) 두부보강밴드

두부보강이 항타됨에 따라서 유해한 손상을 생성할 우려가 있는 경우에 보강으로서 밴드를 부착한다. 일반적으로는 햄머의 선정이 적절하고 적정한 작업을 행하면 강관말뚝은 무보강으로 시공해도 지장이 없다.

집계를 사용하기도하고 지반의 상황에 따라서 편타를 일으킬 우려가 있는 경우만 보강을 행하는 것이 보통이다.

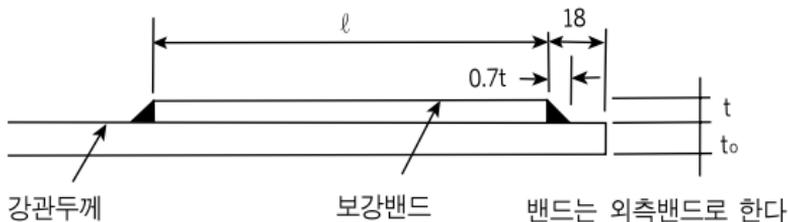
(2) 말뚝선단밴드

말뚝선단이 장애물 등에 따라 유해한 손상을 입을 우려가 있는 경우 혹은 硬지반으로의 항타를 용이하게 하는 경우에 보강으로서 밴드를 부착한다.

단지 선단 보강은 side friction*을 없애는 작용이 있고 9mm이상의 두께의 경우는 지지력이 감소하는 것도 있기 때문에 충분한 검토를 필요로 한다.

*side friction이라고 하는 것은 강관말뚝측면의 마찰력을 말한다.

● 말뚝머리 및 선단밴드의 표준적인 형상



$\phi 600$ 미만인 경우는 $l = 200\text{mm}$

$\phi 600$ 이상인 경우는 $l = 300\text{mm}$

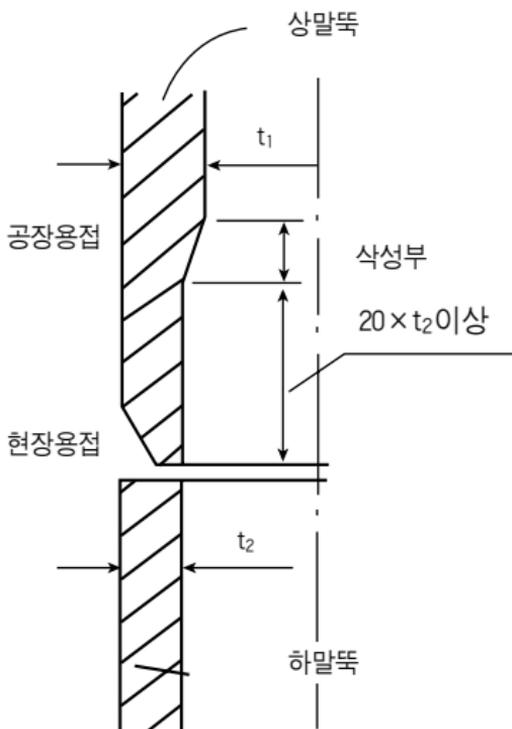
t 는 9mm

44. 두께가 다른 용접의 방법 및 위치는 어디로 하는가?

(1) 두께가 다른 용접의 방법

두께가 다른 용접은 아래 그림처럼 미리 공장에서 두께가 다른 용접을 행하고 현장용접은 동일두께 용접으로 하는 방법(JIS A5525)과 상말쪽에 테이퍼를 붙여서 현장용접을 행하는 방법 2종류가 있다.

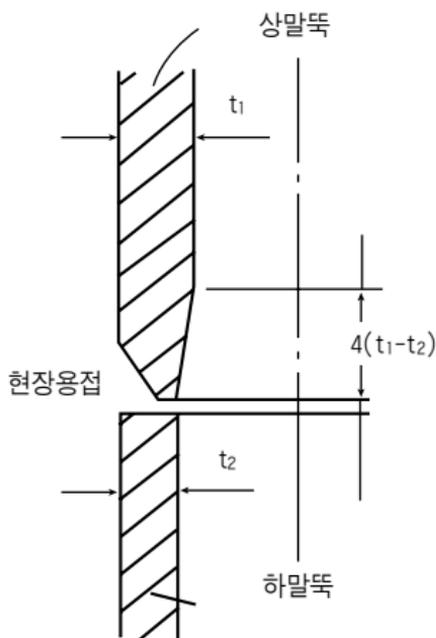
공장가공의 후판현장용접을 동일두께로 행하는 방법



관내측의 (삭성부)절삭부의 길이는 $4(t_1 - t_2)$ 보다 크게 한다.

단지 $t_1 - t_2$ 가 2mm 이하 일 때 또는 공장이음부를 양면용접으로 하는 경우에서 $t_1 - t_2$ 가 3mm이하일 때는 절삭하지 않아도 좋다.

상말뚝에 테이퍼를 붙여서 현장용접을 하는 방법



상말뚝에 $4(t_1 - t_2)$ 의 테이퍼를 붙여서 동일두께를 취하지않고 현장용접을 행한다.

상말뚝과 하말뚝의 차가 3mm보다 큰 경우는 그다지 사용되지않는다.

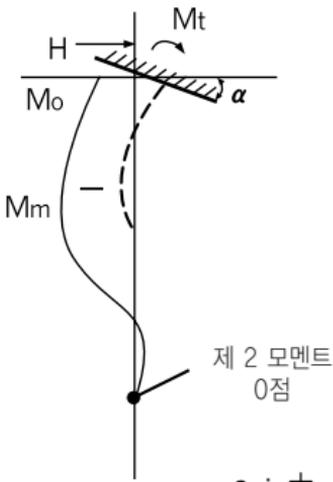
(2)두께가 다른 용접의 위치

두께가 다른 용접을 행하는 위치는 횡방향력의 작용이 큰 장소에서는 큰 두께로 하고 나머지 부분의 단면은 수직력 및 향타 시의 타격력에 대해서 견딜만한 두께로 한다.

단지 아래그림에 나타낸 것처럼 말뚝머리와 지중부의 휨모멘트의 관계는 말뚝머리조건에 따라서 다르고 두께가 다른 용접의 위치에 관해서도 다르게 된다.

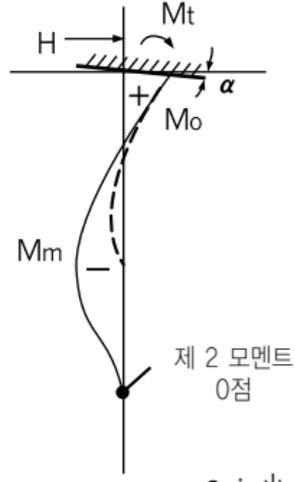
일반적으로는 제2모멘트 0점을 두께가 다른 용접의 위치로 하면 좋고 많은 경우 강관말뚝정척(12m 전후)를 두께가 다른 용접의 위치로 하고있다.

말뚝머리와 지중부의 굽힘 모멘트의 관계



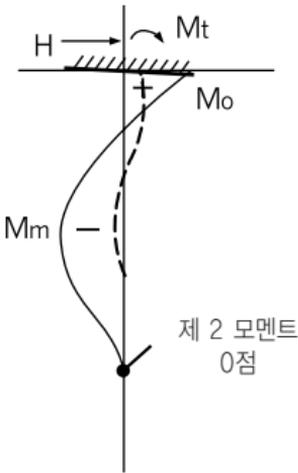
$a : \text{大}$

$$|M_m| > |M_o|$$



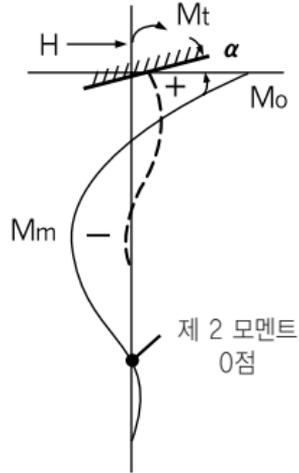
$a : \text{小}$

$$|M_m| \approx |M_o|$$



$a : 0$

$$|M_m| < |M_o|$$



$a : \text{負}$

$$|M_m| < |M_o|$$

45. 재하(載荷)시험의 종류 및 방법은?

재하시험의 종류를 대별하면 아래표의 4종류로 된다.

종류	개 략 도	측정항목
수직재하시험	<p>The diagram shows two methods for vertical load testing. The left method, '반력말뚝방식' (Reaction pile method), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile. The right method, '실하중방식' (Actual load method), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile, with a load stack on top.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 수직지지력 · 수직방향 탄력정수 · 말뚝체의 응력분포
수평재하시험	<p>The diagram shows two methods for horizontal load testing. The left method, '서로미는방식' (Opposing method), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile. The right method, '잡아당기는방식' (Pulling method), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile, with a P.C. 강봉 (P.C. rod) attached.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 수직지지력 · 수직방향 탄력정수 · 말뚝체의 응력분포
인발시험	<p>The diagram shows a pile being tested with a jack and a reaction pile, with a P.C. 강봉 (P.C. rod) attached. The load is applied to the pile, and the reaction pile is used to measure the pull-out force.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 허용인발력
진동시험	<p>The diagram shows two methods for vibration testing. The left method, '강제진동시험' (Forced vibration test), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile, with a 기진기 (vibrator) attached. The right method, '자유진동시험' (Free vibration test), shows a pile being tested with a jack and a reaction pile, with a P.C. 강봉 (P.C. rod) attached.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 동적성질 - 고유진동수 - 감쇠정수 등

46. 재하(載荷)시험의 목적 및 얻는 결과는?

강관말뚝의 지지력을 구하는 방법에는

- 정력학(靜力學)적 지지력 공식(MEYERHOF식 등)
- 동력학(動力學)적 공식(말뚝항타 공식)
- 재하(載荷)시험

의 3가지 방법이 있고, 그 중에서 재하시험에 의한 방법이 가장 확실하다. 재하시험은 설계 전에 실시하는 것이 이상적이지만, 시험말뚝을 항타 시 각종 가설비나 가설 공사가 필요하기 때문에, 많은 비용이 소요된다.

따라서, 대부분의 재하시험은 본공사의 일환으로서 기초 시공단계에서 실시되고 이미 가설에서 계산된 지지력을 실제로 확인하려할 때 사용되는 것이 대부분이다.

재하시험의 실시에 따라서 다음의 각항목이 판명된다.

- 허용지지력
- 항복하중
- 극한하중
- 탄력 정수(定數) (하중과 변위의 관계)
- 말뚝의 응력분포
- 말뚝의 시공자료

47. 강관말뚝 기초설계시 주의해야 할 토질은?

강관말뚝의 설계시에는 여러 가지 설계 조건이 필요하지만, 그 중에서 토질조건은 말뚝의 사이즈(지름 및 길이)를 결정하는 요인이 되는 경우가 많다.

그 요인이 되는 주의해야 할 점을 표에 나타내 보았다.

항목	설계에의 적용 및 주의해야 할 점
N치	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지지층을 결정하는 사질토 N>50, 점성토 N>30 2. 지지층보다 위에 단단한 층이 있을 때는 관통시 킬 가능성을 검토한다. (N>50에 층두께>5m로는 상당히 곤란함.)
입도분포	<ol style="list-style-type: none"> 1. 균일한 입도의 사질토(입도분포가 나쁜, $D_{60}/D_{10} = 4\sim 5$이하)는 모래의 유동화 검토를 시행 해, 설계지반면을 낮춘다. 2. 균일입도의 사질토는 관입저항이 크다.
자갈의 형태, 크기	<ol style="list-style-type: none"> 1. 항타 시 용이 판정 등근 것, 큰 것은 항타 작업 곤란

48. 토질주상도란 어떠한 것인가?

토질주상도는 그림에 나타나는 것처럼, 말뚝을 설계하기 때문에 최소한으로 필요로 하는 자료의 하나이다.

단위	높이	깊이	층의 두께	주상도	색 조	지질명	관찰
1					암갈색	사질점토	소량의 세사를 포함한 유기물을 혼입하고 있으며, 점성이 크다.
2	3.58	2.51	2.51				
3					암회청색	미사가 섞인 가는 모래	미사의 얇은 층을 끼고 있는 모래입자는 균일하고, 유기물을 포함한다.
4							
5	0.89	5.20	2.69				
6					암회청색	미사가 섞인 중간굵기의 모래	소량의 미사분을 포함한 모래입자는 균일하지 않고, 점성이 없이 줄줄 흐르는 상태이다.
7	-1.40	7.49	2.29				
8							
9							
10					암회청색	조개껍질 섞인 모래미사	다량의 조개껍질을 혼입하고, 조개껍질은 본래의 형태는 없다. 모래를 불균일하게 포함하고 함유량이 높다.
11							
12							
13							
14	-8.09	14.18	6.69				
15					맑은갈색	자갈	

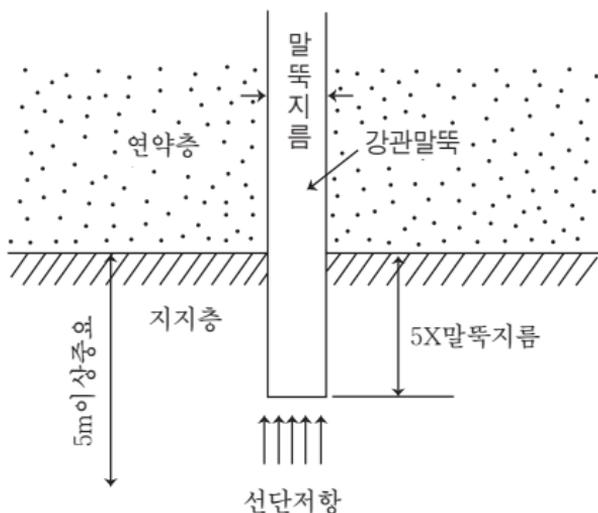
※미사(微砂): 모래보다 작지만 진흙보다 굵은 침적토

49. 지지층은 어떠한 것이고, 어떻게 결정되는가? 지지층에서는 말뚝을 어떻게 박으면 좋은가?

지지층이라는 것은 건축, 토목구조물의 하중을, 목적위치에 안전하게 보존하기 위해 필요한 강도의 지반을 말한다. 지지층의 강도는, 구조물의 연직하중 및 지질의 종류에 의해 달라지지만, 일반적으로는 강도는 N 값으로 나타내고, 사질토 $N > 50$, 점성토 $N > 30$ 의 이 5m 이상이면, 지지층이라고 보지 않아도 좋다. 말뚝의 지지층으로 들어가는 것을 폐색 효과가 생기는 직경의 15배 정도의 길이까지는 들어가는 것이 길어짐에 따라서, 선단지지력이 증가한다고 할 수 있다.

단, 이것의 최대치는 $40NA_p$ 이다. ($A_p = \frac{\pi D^2}{4}$)

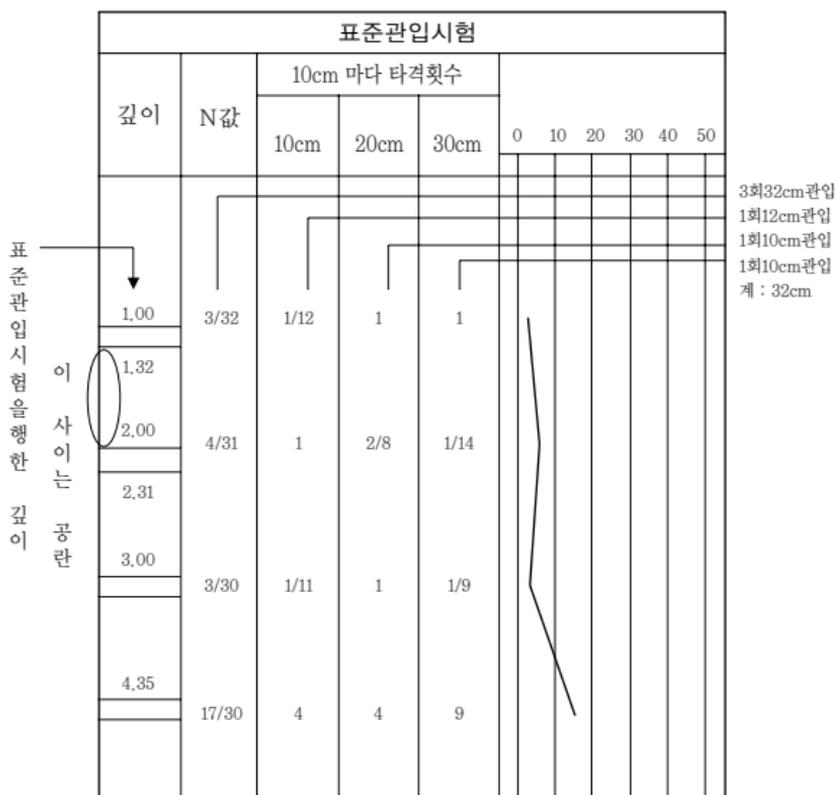
폐색효과 : 선단저항이 말뚝지름의 전면적에서 받을 수 있는 상태를 완전폐색이라고 하고, 이 효과를 일반적으로 폐색효과라고 한다.



50. N값이란 무엇인가?

N값이라는 것은, 지반의 경연을 판정하는 것 중 가장 대표적인 간단한 수치이다. N값을 구하기 위한 시험을 표준관입시험이라 칭하고, 무게 63.5kg의 쇠망치를 75cm 자유낙하시켜, 표준관입시험용 산플라티나를 30cm 박는 것으로 구하는 타격횟수를 N이라고 한다.

즉, 지반이 단단하면 필요타격횟수는 증가하고, 연약하면 감소한다. 이 방법은 당초에는 사질토의 밀도를 알기 위한 방법으로 미국에서 고안되었지만, 일본에서도 JIS A 1219로서 1961년에 제정되어 널리 사용되고 있다.



[중간층]

	점성토	사질토
연약지반	0~2	0~4
불량지반	2~4	4~10
보통지반	4~8	10~30
양호지반	8 이상	30이상

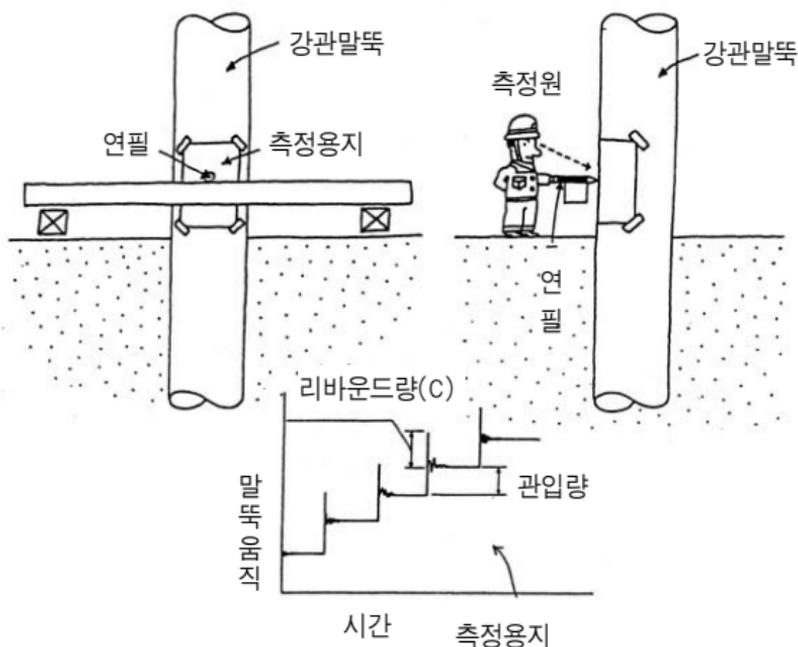
[지지층]

양호한 지지층으로서
사질토 N>50
점성토 N>30

51. 리바운드량 및 관입량의 측정방법은?

리바운드 및 관입량이라는 것은 말뚝의 동적지지력을 산정하는데 필요한 수치로 말뚝을 최종적으로 향타 고정시킨 후에 아래 그림처럼 측정원이 연필을 강관말뚝에 대어 리바운드 및 침하량을 측정한다.

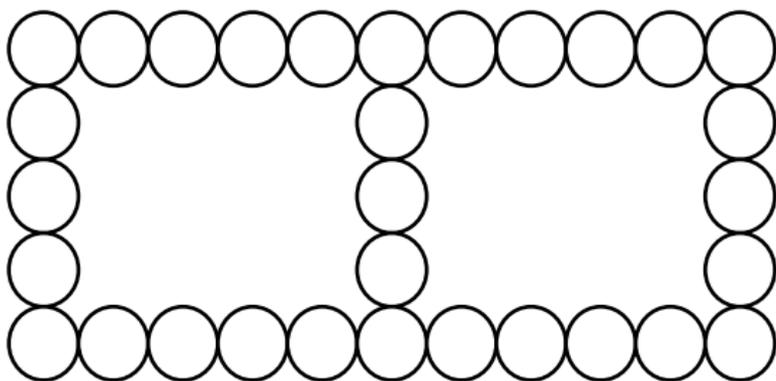
1) 리바운드량 및 침하량 측정



52. 벽강관식 기초공법이란 어떤 때에 이점이 있을까?

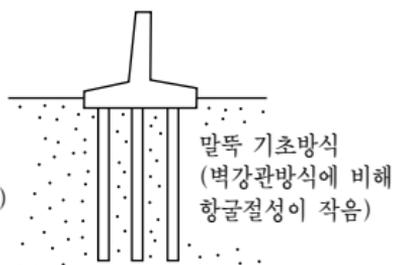
벽강관식 기초공법이란, 벽강관 혹은 H형 스틸시트파일을 현장에서 원형, 타원형, 또는 직사각형 등의 형식으로 연속항타를 실시해 폐합(閉合)시킨 철제 우물 형상을 만드는 것이다.

다리교각 기초도(강관말뚝 연속항타)



● 벽강관식 기초의 이점

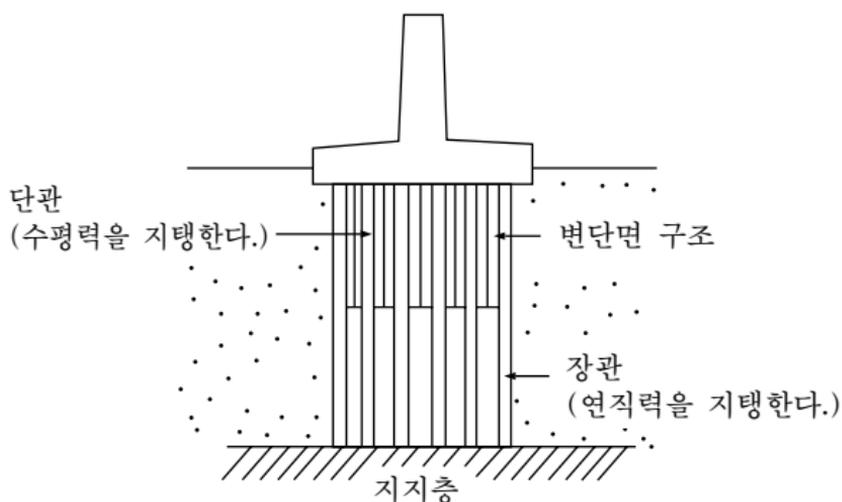
1) 큰 항굴절성과 연직지지력을 용이하게 한다.




 } 지지면적이 커서
 지지력도 크다.


 } 시트파일식에 비해
 지지면적이 작다

2) 필요에 따라서 변의 단면 구조를 쉽게 만들 수 있기 때문에, 경제적인 기초구조를 만들 수 있다.



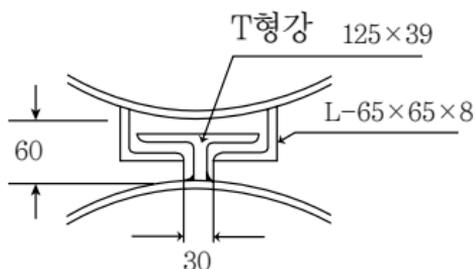
3) 콘크리트 구조에 비해서, 단순한 작업이기에 특수하게 숙련된 작업공을 필요로 하지 않으며, 시공의 간단화, 공기 단축 등이 가능하다.

53. 벽강관의 이음은 어떤 타입이 좋을까?

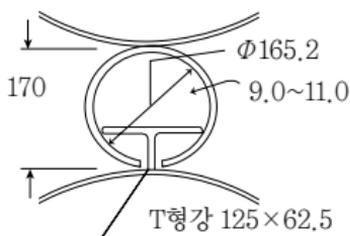
벽강관에 사용되는 이음은 2항만형, 파이프-T형, 파이프형 등이 있지만, 파이프-T형이 강도시험 결과 및 이음부에 모르타르 주입이 가능하기에 수밀성(水密性)이 우수한 편이다.

● 벽강관의 이음형태

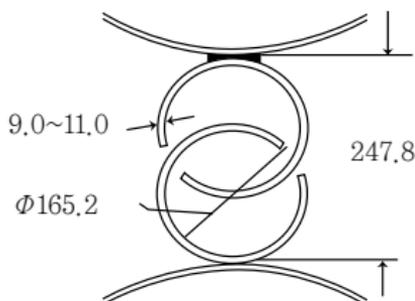
1) 2항만형



2) 파이프-T형



3) 파이프형

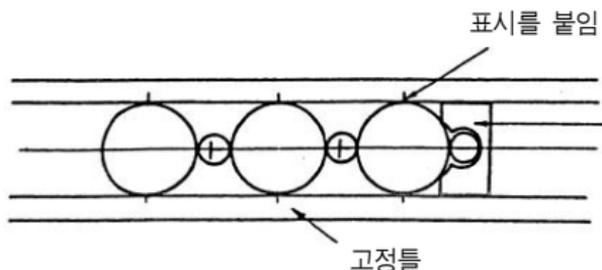


● 강도시험결과

명 칭	치 수	이음부 인장강도	장 점
2항만형	L 145×90×10×15.5	51.5	이음부 인장강도는 있지만 모르타르 주입불가
	T 125×85×19×10		
파이프- T형	○ 165.2×11	53.0	이음부에 모르타르 주입이 가능하므로 수밀성이 좋고 인장강도도 있다.
	T 100×50×7×5		
파이프형	○ 165.2×11	17.3	모르타르 주입은 가능하지만 인장강도는 약하다.

54. 벽강관의 수축, 팽창은?

벽강관의 시공정도(팽창, 수축)는 시공법에 의해 결정된다. 벽강관의 시공실적을 보면 팽창, 수축 모두의 현상을 보이고 있지만 이들 시공방법을 보면 각 현장에서 다른 시공을 하고 있는 것에 그 원인이 있다. 시공방법은 현장의 상태에 따라 최적의 방법을 사용할 수 없는 경우도 있지만 아래 그림과 같이 틀을 만들어 붙이고 그에 따라 소정의 위치에 벽강관 연결고리 고정장치를 부착 위치에 결정하면서 시공하면 구조물에 영향을 주는 수축 팽창의 발생율은 적어지게 된다.



벽강관의 연결고리 고정장치를 부착한다.



고정틀 및 연결고리 고정장치를 붙이지 않고 시공시 불량발생의 원인이 된다.

55. 벽강관식 기초공법의 합성효율(合成效率), 액상모르타르 및 배합은?

액상 모르타르(MORTAR GROUT)는 벽강관방식의 강성을 증가시키기 위해서 이음부에 액상모르타르를 주입하는 것으로, 지금까지의 실적으로는 액상 모르타르를 시행한 경우가 강성을 높인다는 결과가 나와 있어 이 방법은 일반에서는 이미 시행되고 있다.

"벽강관 기초의 설계와 시공지침"에서는 이것을 합성효율이라 말하고 있으며 아래와 같이 규정하고 있다.

합성효율

종 류	이 음 처 리	합성효율(μ)	비 고
형 강 시 트 파 일	Dubel 부착 flang 部 콘크리트를 내부에 채워 넣음	1.00	
	전단면 콘크리트로 채워 넣음	1.00	
	flang 部 콘크리트를 내부에 채워 넣음	1.00	
	이음부 50cm 용접	0.40	
강 관 시 트 파 일	벽강관 두부 고정(철근, 콘크리트 등으로 굳힘)	0.40	
	이음부 액상 모르타르 및 시트파일 두부 고정	0.50	
	벽강관 두부 고정(철근, 콘크리트 등으로 굳힘)	0.30	

액상 모르타르에 사용하는 모르타르의 배합에 관해서는 S : (C + F) = 1 : 1을 표준으로 사용하고 있다. 아래의 표는 배합의 예를 나타낸 것이다. 이 배합은 일반 모르타르 배합에 비해서 부드럽지 않은 편이다.

배 합	중 량(kg)
보통 PORTLAND CEMENT(C)	576
FLY ASH (F)	231
INTRUSION AID	6.9
모 래 (S)	807
물	369

56. 향타기계의 종류는?

향타기계는, 일반에게는 타격공법이 중심이며 다음에 시공기의 일람표를 게재한다.

공 법	시 공 기 계	이 용 도
타 격 공 법	디젤해머	가장 많이 사용되고 있음.
	기동(氣動)해머 스팀해머	해양공사의 대구경 말뚝에 사용이 많음.
	드롭해머	철제말뚝에는 사용이 적다.
진동공법	진동해머	철제 시트파일 향타에 많음.
압입공법*	JACK재하, SILENT MASTER	시가지에서 저소음 향타기로 사용되고 있음
중굴공법*	베노트기, 접지드릴, BORING MACHINE, REVERSE CIRCULATION 드릴	

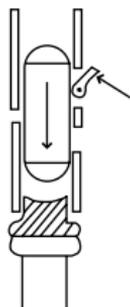
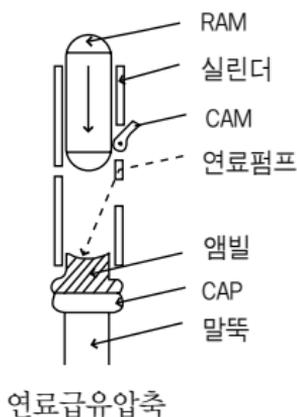
* 압입공법 : 원시적인 방법으로 추 또는 WINCH를 상하로 움직여 향타 시키는 방법

* 강관 내부를 상기 시공기계 (베노트, 접지드릴 등)으로 굴삭하면서 시공하는 방법

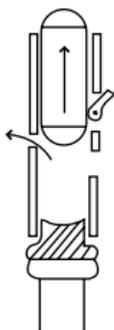
57. 디젤 해머란?

● 디젤해머의 작업원리

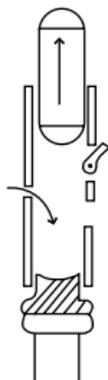
디젤 해머란 아래 그림과 같이 2사이클 디젤 기관과 동일한 구조로서 본체는, 그 중량과 낙하 높이에 따라 타격력이 결정되는 RAM, 충격력을 말뚝에 전달하는 앰빌, 이를 안내하는 실린더, 연료분사장치, 기동장치 등으로 구성되어 있다.



타격연료무화(霧化)



연소배기



흡기완료

디젤 해머는 강관말뚝 향타에 가장 많이 사용되고 있으며 특징으로서는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

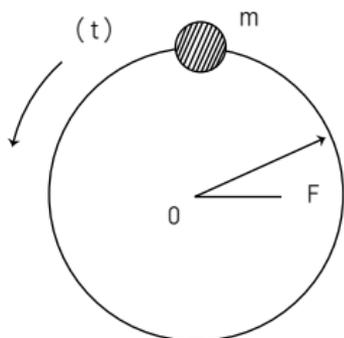
● **디젤해머의 장점**

- (1) 타격력이 크다.
- (2) 작업성, 기동성이 있어, 타격속도가 빠르다.
- (3) 램 중량을 말뚝 구경에 따라 선택할 수 있다.

또 다음과 같은 결점도 있다.

- (1) 비스듬한 말뚝 향타는 30' 정도까지 가능하지만 에너지 손실이 있음.
- (2) 연약지반에서는 발화하기 어려우므로 능률저하가 발생한다.
- (3) 장시간 연속 사용은 능력저하를 발생시킨다.
(20~30분 정도)
- (4) 진동, 소음이 발생한다.

58. 진동해머란?



F : 원심력

m : 질량

(t) : 속도

r : 질량과 회전중심(O)과의
거리

진동해머란 편심중추(偏心重錘)를 회전시킴으로서 진동력을 발생시켜 이를 말뚝에 전달하고, 주변마찰저항과 끝단저항을 배제한 말뚝을 향타하는 방법이다. 위 그림에 있어서 질량m의 물체를 (t)의 가속도로 회전시킨 경우의 원심력은 $F=m(t) r$ 로 나타난다. 원심력은 회전각 속도의 제곱에 비례하므로 고속회전에 따라 대출력을 얻을 수도 있겠지만, 일반적인 회전속도는 500~2,000 rpm 수준 정도이다.

진동해머의 능력(타격력의 크기)은 일반적으로 원동기의 모터 출력(kw)으로 나타난다.

● 진동해머의 장점

- (1) 뽑아 낼 수 있다.
- (2) 말뚝의 재향타 경우에 유효하다.
- (3) 진동, 소음이 적다

- 진동해머의 단점

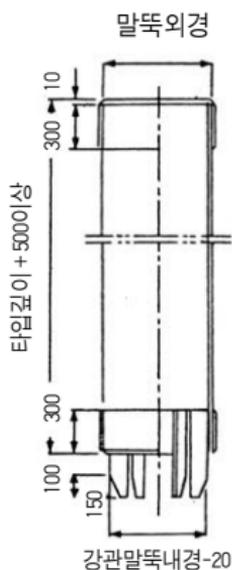
- (1) 지지력 판정방법이 없으므로 최종적으로 고정되었는지 알기가 어렵다.
- (2) 연약지반은 능률이 좋지만, 단단해 지면 출력이 저하 되고 향타속도가 늦어진다.

59. 향타보조장치의 길이는?

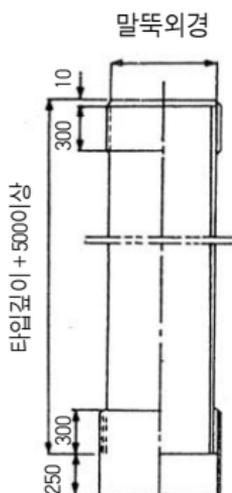
향타보조 장치는 지반굴착 이전에 말뚝을 향타하거나 수면하에 말뚝두부를 박을 경우에 사용된다. 형상은 일반적으로 전용가능한 견고한 것으로 하는 것이 좋다.

취급상 주의사항으로는 다음과 같은 것이 있다.

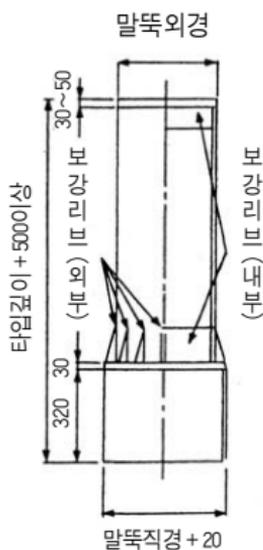
- ① 향타보조장치의 길이가 길어짐에 따라 편타가 발생하기 쉬우므로 적당한 길이(일반적으로 45m)로 하는 것이 좋다.
- ② 시공능률, 시공정도를 좋게 하기 위해서 향타보조장치는 말뚝과 같은 재질 및 단면의 것을 사용하는 것이 좋다.
- ③ 향타보조장치는 타격력에 충분히 견딜 수 있고 타격력이 균등하게 말뚝두부로 전달되는 구조로 한다.
- ④ 향타할 때에는 향타보조장치 및 말뚝의 축을 일치시켜 편타에 의한 말뚝두부의 손상을 방지한다.
- ⑤ 타격시에 말뚝내부에 토사와 물이 올라와 내압이 높아지는 위험이 있는 경우에는 향타보조장치의 저판을 개단으로 하여 토사와 물의 구속을 해방한다.



항타용



속파기용

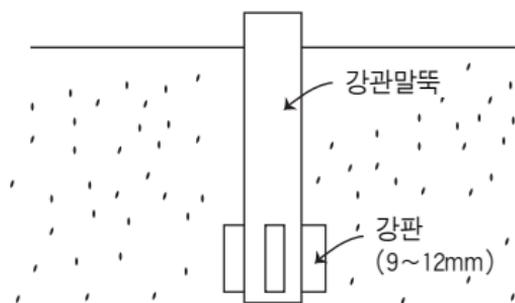


항타,
속파기용

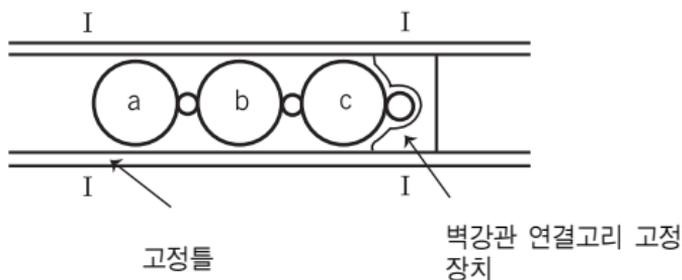
60. 강관말뚝은 회전하는가?

강관말뚝의 회전은 토질의 종류에 의해 다르고 어느정도 회전을 하는지 명확한 수치는 모르지만 회전하는 경우가 있을 수 있다. 또 스파이럴강관과 스트레이트빔강관의 회전량에 대해서도 명확한 수치는 알수 없지만 스파이럴강관은 비드 방향으로 회전하는 경향이 있다. 회전방지법으로서 아래와 같은 것도 생각할수 있다.

1) 강관말뚝 하단에 강판으로 날개를 다는 방법



2) 벽강관 연결고리 고정장치 사용방법



61. 강관말뚝항타 시공비는?

- 강관말뚝 400A×9T, L=12+13+13=38m(장비조합 : 디젤해머 2.2t+크롤러크레인 25t)
- 단가산출근거

1. T_b : 말뚝 1본당 타격시간 = $0.05\alpha \times \beta \times \ell (N+2)$
 토질계수 $\alpha = 1.09$, 해머의 계수 $\beta = 0.6$, 평균 N치 = 24.1,
 항타길이 $\ell - 1 = 37\text{m}$
 $T_b = 31.49\text{분} (0.5248\text{시간})$
2. T_w : 말뚝 1본당 용접시간 = 20.00분
 말뚝 이음 회수 $N = 2\text{회} = 40.00\text{분}$
3. T_s : 말뚝 1본당 세우기 및 위치조정시간 = 7.0분
 말뚝 세우기 회수 $N = 3\text{회} = 21.0\text{분}$
4. T_t : 말뚝 1본당 해머의 이동 및 준비시간 = $3.0\text{m} / 2.5\text{분}$
 = 1.2분
5. T_e : 말뚝 1본당 해머의 점검 및 급유 기타시간 = 6.0분
6. F : 작업계수 = 0.8
7. T_c : 말뚝 1본당 시공시간 = $T_b + T_w + T_s + T_t + T_e / F =$
 124.61분(2.0769시간)
8. T_o : 크레인 실가동시간 = $T_b + T_s + T_t + T_e / 60 = 0.9948\text{시간}$

9. 디젤해머(2.2t)

$$\text{재료비 (원)} \times T_b = \text{①}$$

$$\text{노무비 (원)} \times T_c = \text{②}$$

$$\text{경 비 (원)} \times T_c = \text{③}$$

10. 크롤러크레인(25t)

$$\text{재료비 (원)} \times T_o = \text{④}$$

$$\text{노무비 (원)} \times T_c = \text{⑤}$$

$$\text{경 비 (원)} \times T_c = \text{⑥}$$

$$\begin{aligned} 11. \text{반자동 용접봉} &= 0.88\text{kg/분} \times (\text{ 원/kg}) \times 2\text{회} \\ &= \text{⑦ (재료비)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12. \text{용접공} &= 40\text{분}(T_w)/480\text{분}(8\text{시간}) = 0.8333 \times (\text{ 원/인}) \\ &= \text{⑧ (노무비)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 13. \text{반자동 용접기 500AMP} &= 40\text{분}(T_w)/60\text{분} \times (\text{ 원/시간}) \\ &= \text{⑨(경 비)} \end{aligned}$$

14. 배치인원

$$\text{비계공 3인} \times T_c/8\text{시간} = 0.77883 \times (\text{ 원/인}) = \text{(가)}$$

$$\text{보통인부 2인} \times T_c/8\text{시간} = 0.51922 \times (\text{ 원/인}) = \text{(나)}$$

$$\text{소 계} = \text{(가)} + \text{(나)} = \text{⑩}$$

$$15. \text{CAP손료 400A} = T_c \times (\text{ 원/시간}) = \text{⑪}$$

16. 합 계 = 1) 재료비 + 2) 노무비 + 3) 경비

$$\text{재료비} = \text{①} + \text{④} + \text{⑦}$$

$$\text{노무비} = \text{②} + \text{⑤} + \text{⑧} + \text{⑩}$$

$$\text{경 비} = \text{③} + \text{⑥} + \text{⑨} + \text{⑪}$$

62. 공사중 좌굴발생 원인 및 검토방법은?

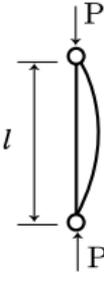
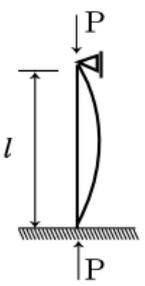
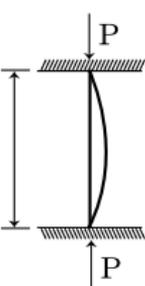
강말뚝의 좌굴에는 다음과 같은 것이 있다

- ① 지상노출 부분을 취하는 말뚝의 장주좌굴
- ② 지상부분에 있는 말뚝의 좌굴
- ③ 측면토압에 의한 좌굴
- ④ 말뚝 향타시의 두부좌굴

1. 지상부분의 말뚝의 좌굴

Euler의 장주좌굴 이론에 의해 검토할 수 있다.

표 1. Euler의 좌굴공식

지승	양단pin	1단 pin roller 1단고정	1단자유 1단고정	양단고정
하중이 걸리는 방향				
좌굴하중	$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2}$	$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	$P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$
압 축 응력도	$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 Ei^2}{l^2}$	$\sigma_{cr} = \frac{2\pi^2 Ei^2}{l^2}$	$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 Ei^2}{4l^2}$	$\sigma_{cr} = \frac{4\pi^2 Ei^2}{l^2}$

P_{cr} : Euler의 좌굴하중(t)

E : 말뚝재의 탄성계수(t/cm²)

I : 말뚝의 단면2차 Moment(cm⁴)

σ_p : 비례한도내에 있어서의 압축응력도(t/cm²)

σ_{cr} : 좌굴시 압축응력도(t/cm²)

σ_y : 항복점 압축응력도(t/cm²)

i : 단면 2차 반경(cm)

2. 지중부분에 있어서의 좌굴

통상의 경우는 좌굴이 생기지 않으나 말뚝의 세장화가 큰 경우에는 고려해야 하며 Bjerrum에 의하면 말뚝이 지중에서 수평방향 변위에 비례하는 반력을 받는 시에 좌굴한도 하중 P_{cr} 은 다음 식으로 나타낸다.

$$P_{cr} = \frac{n^2 \pi^2 EI}{l^2} + \frac{Kl^2}{n^2 \pi^2} \dots\dots\dots \text{식} \cdot 1$$

P_{cr} : 좌굴한계하중(kg)

I : 말뚝재료단면이차Moment(cm⁴)

n : 정의 정수

l : 말뚝의 좌굴길이(cm)

E : 말뚝재료탄성계수(kg/cm²)

k : Terzaghi의 횡방향 지반탄성계수(kg/cm²)

P_{cr} 을 최소로 하는 l 는 식 · 1에 있어서 $n=1$ 로 하여

$$\frac{\sigma P_{cr}}{\sigma l} = 0 \text{ 에서 } \dots\dots\dots \text{ 식 } \cdot 2$$

$$l = \pi \cdot 4 \frac{EI}{k}$$

이 값을 식 · 1에 대입하면

$$P_{cr} = 2 kEI \dots\dots\dots \text{ 식 } \cdot 3$$

로 된다. 말뚝이 항복점 강도 이하에서 좌굴하지 않기 위해서는 A를 말뚝이의 단면적(cm²), σ_y 를 말뚝재의 항복점(kg/cm²)으로 하면

$$P_{cr} \leq \sigma_y A \dots\dots\dots \text{ 식 } \cdot 4$$

로 되고 식 · 3, 식 · 4에서 말뚝이 지중에서 좌굴되지 않기 위한 I/A^2 , 횡방향 지반반력 계수 K는 다음과 같이 된다.

$$I/A^2 \leq \frac{\sigma_y^2}{4kE} \quad K \leq \frac{\sigma_y^2 A^2}{4EI} \dots\dots\dots \text{ 식 } \cdot 5$$

말뚝재료로서 SPS-41을 사용, $\sigma_y = 2,400 \text{ kg/cm}^2$ 로 가정하여 강관말뚝 수종에 대하여 I/A^2 , k를 구하면 다음 표 3 · 12와 같다.

표 3-12 지중에서 좌굴이 발생되지 않기 위한 값

규격 (mm)	I (cm ⁴)	A ² (cm ⁴)	$\frac{I}{A^2}$	$k = \frac{\sigma_y^2}{4E} \cdot \frac{A^2}{I}$
508 ϕ ×9.5t	46,200	148.8 ² =22,141.4	2.0866	0.33
812.8×9.5	193,000	239.7 ² =54,456.1	5.0995	0.13
1,016.0×9.5	380,000	300.4 ² =90,240.2	4.2110	0.16
1,500×12.0	1,552,700	561.0 ² =314,721.0	4.9336	0.14
2,000×12.0	3,702,600	749.5 ² =561,750.3	6.5911	0.10

3. 측면토압에 의한좌굴

선단폐쇄 말뚝이 지중에 향타되는 경우 토압, 수압 등의 측압에 의해 좌굴될 수 있다. Mises에 의하면 그림 3·9와 같이 관벽면에 수직으로 일정한 측압을 받는 경우의 좌굴압력 P_k는 1)4.9r r의 경우 다음식으로 나타난다.

$$P_k = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{r}\right)^2 \dots\dots\dots \text{식} \cdot 6$$

P_k : 좌굴이 일어나는 외력(t/cm²)

E : 강재의 탄성계수(2.1×10³t/cm²)

t : 강관의 두께(mm)

r : 강관의 반경(mm)

l : 외력을 받는 부분의 말뚝길이(mm)

ν : 강재의 포아송 비 = 0.3

따라서 P_k 값이 말뚝 표면에 작용하는 측압(토압+수압)보다 크면 안전하다.

지중에 있어서의 측압은 다음 식으로 나타낸다.

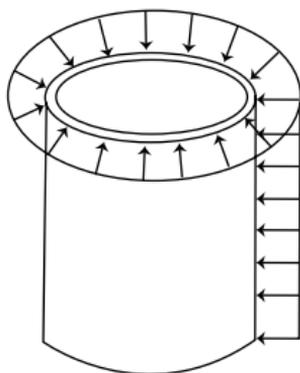


그림 3·9 측면토압

$$P = K_0 \{ rH + (r - r_w)(x - H) \} + r_w(x - H)$$

P : 측압(t/m^2)

r : 흙의 단위체적중량(t/m^3)

r_w : 물의 단위체적중량(t/m^3)

x : 지표면에서 좌굴을 고려한 점까지의 깊이(m)

H : 지표면에서 지하수면까지의 깊이(m)

k_0 : 토압계수

4. 항타시 국부좌굴

강관말뚝의 경우 항복점 이하의 응력에서는 국부좌굴은 발생되지 않으며 좌굴 응력도는 다음 식에 의한다.

$$\sigma_{cr} = \frac{E}{3(1-\nu^2)} \cdot \frac{t}{r} \quad (\text{Lorenz Timoshenco의 이론식}) \quad \dots\dots \text{식} \cdot 7$$

$$\sigma_{cr} = 0.194E \frac{t}{r} \quad (\text{Karman Tsien의 이론식}) \quad \dots\dots \text{식} \cdot 8$$

σ_{cr} : 좌굴응력도(kg/cm²)

r : 강관의 반경(cm)

t : 강관의 두께(cm)

E : 말뚝강재의 탄성계수(kg/cm²)

ν : 말뚝재료의 포아송 비

통상 강관말뚝의 판두께와 반경의 비 t/r는 0.01~0.07의 범위에 있고 좌굴은 탄성영역에서 일어나는 예는 드물고 소성영역에서 일어난다. 현재소성영역에서의 좌굴에 대해서는 충분히 알려져 있지 않다.

* 강말뚝 재료의 정수

비중	탄성계수(E)	포아송비(ν)
7.85	2,100,000kg/cm ²	0.3

63. 강관말뚝 현장용접 방법은?

용접이음 방법에는 수동 용접, 반자동 및 전자동 용접이 있지만 아직까지는 수동용접이 많이 사용되고 있는 실정이다. 그러나 향후 이음부의 품질관리를 위해 반자동 및 전자동 용접의 사용이 예상되므로 여기서는 이들에 대해 기술한다.

가) 반자동 용접

반자동 용접에는 탄산가스 쉴드 용접과 논가스(non-gas) 아크 용접이 사용된다. 오픈 웰드라 불리우는 논가스 아크 용접은 실드가스(shield gas)와 후력스(flux)를 외부에서 공급하는 일이 없이 복합 용접 와이어를 사용하는 것이다. 이 용접법은 용접속도가 빨라 고능율인 반면 사용전류가 400~480A 정도로 크므로 안정된 전력의 공급과 용접공의 기량이 필요하다.

용접이음부의 강도는 용접공의 기능에 거의 좌우된다. 그러나 용접공의 기능은 때에 따라 변하는 경우도 있으므로 착공전에는 단관시험에 의해 소정의 기능을 가지고 있는지의 여부를 검사하는 것도 필요할 것이다. 이음부의 용접시 주의할 점은 다음과 같다.

- 1) 환경정비 : 이음부의 용접작업에 우선하여 다음과 같은 환경정비를 하는 것이 필요하다.
 - ① 용접와이어가 습기를 흡수하지 않도록 보관한다.
 - ② 용접기구를 정비한다.
 - ③ 용접장소의 용접용 비계 등을 정비한다.

2) 용접준비 : 용접작업에 우선하여 아래와 같은 준비를 한다.

- ① 변형된 이음부는 수직으로 다시 고친다.
- ② 이음부의 수분, 녹, 흙, 기름 등은 가스버너 및 와이어 브러쉬로 제거한다.
- ③ 상부말뚝을 세우고 말뚝의 축선을 일치시켜 오차 등을 체크하고 수정한다.
- ④ 10m/s 이상의 바람이 불 경우에는 용접작업이 불가능해지며, 10 m/s이하라도 필요에 따라 방풍설비를 준비한다.
- ⑤ 0℃ 이하의 기온에서는 사전에 용접부를 가스버너에 의해 가열한다.

3) 용접조건 : 용접작업시에는 적절한 전류, 전압, 용접속도를 선정하여 결함이 발생하지 않도록 한다.

4) 용접작업 : 첫 번째 층의 용접은 깊이 녹여서 융합시키기 위해 소정전류에서 전압은 최대한 낮은 것으로 한다. 토치(torch)는 그림 1에서와 같이 용접진행방향으로 0°~45° 기울이고, 와이어의 겨냥위치는 수평면에서 위로 20°~30° 정도로 유지한다. 용접은 루트간격 유지 비드의 중앙에서 시작한다. 용접작업의 주의사항을 요약하면 아래와 같다.

- ① 안쪽의 링을 충분히 녹인다.
- ② 토치는 용접진행 방향의 반대쪽으로 기울이지 않는다.
- ③ 와이어의 돌출길이는 30~50mm로 한다. 돌출길이를 너무 짧게 하면 기공이 발생하기 쉬워지므로 이러한 점은

논가스아크용접에 있어서 가장 유의해야 한다.

- ④ 비드를 이을 때는 앞 비드의 종단부에서 아크를 발생시켜 약 20mm정도 backstep 한다.
- ⑤ 다층 용접의 경우 전층의 슬래그를 완전히 제거한 후 용접작업을 한다.

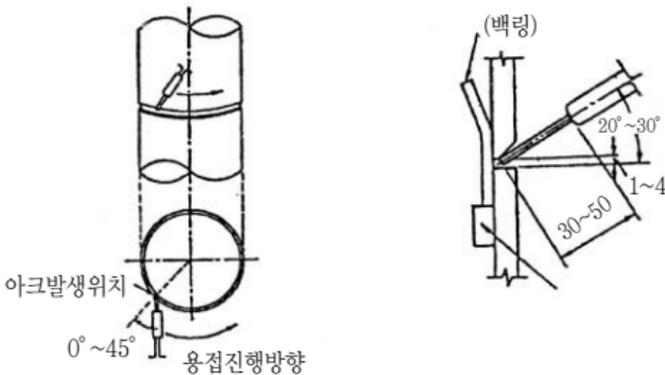
마무리 층의 용접은 특별히 마무리를 잘하기 위해 기존의 아크를 끊지 않고 수행하는 것이 바람직하다. 부득이 아크를 절단했을 경우는 첫 번째 층과 같은 요령으로 비드를 계속 잇는다. 토치각도는 그림 2에서와 같이 $0\sim 15^\circ$ 정도로 하고, 와이어의 조준위치는 1층 비드와 상부말뚝의 선단부로 형성되는 오목부로 한다. 이 경우 아크는 under-cut을 방해하므로 상부말뚝면에서 발생시켜서는 안된다.

나) 전자동 용접

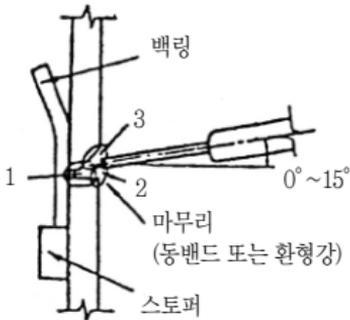
전자동 용접은 기본적으로 반자동 용접의 와이어 공급을 자동주행으로 바꾸어 놓은 것으로써 사용하는 용접 와이어의 종류에 따라 논가스 용접법과 탄산가스 실드 용접법이 있다. 그림 3에서는 그 일례를 나타내었다. 이들의 특징을 열거하면 다음과 같다.

- ① 자동연속용접이므로 숙련된 용접공을 필요로하지 않는다.
- ② 자동화로 인해 용접비드가 다른 방법보다 품질, 외관 모두 균일하게 안정되어 있다.
- ③ 장치는 경량화, 콤팩트화 되어 있어 현장에서의 운반이 용이하다.

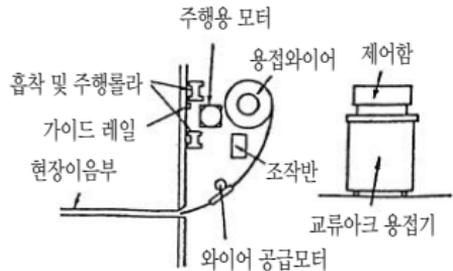
- ④ 무거운 토치를 쥐고 용접작업을 하는 반자동 용접공법과는 달리 용접작업도 자동적으로 하게되므로 작업자의 육체적 피로가 적다.
- ⑤ 대구경의 두께가 큰 강관말뚝일수록 유리하며 대경심선의 사용 및 이 전극식용접에 의한 급속시공도 가능하다.
- ⑥ 대구경 강관말뚝에는 장치를 2대 또는 그 이상을 동시에 이용하면 더욱 효율적이 될 수 있다.



1. 토치각도



2. 마무리층의 토치각도



3. 전자동 용접의 일례

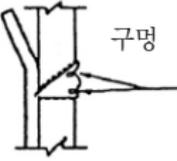
64. 강관말뚝의 현장용접시간은?

아래 그림은 수동, 반자동용접을 이용한 강관말뚝 연결이음의 표준적인 용접시간을 나타낸 것이다.

말뚝의 치수	500A×9T	500A×12T	600A×12T	1000A×14T
반자동 용접(분)	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	40 ~ 50
수동 용접(분)	40 ~ 60	50 ~ 70	60 ~ 80	140 ~ 160

65. 현장용접 결함의 종류는?

결 함	원 인	대 책
용입부족 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 루트간격이 좁을 때 2. 용접속도가 너무 빠를 때 또는 너무 느릴 때 3. 용접전류가 낮을 때 4. 토치각도 및 조준위치가 부적당할 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 루트간격 1~4mm를 확보한다. 2. 용접속도를 적정히 하여 슬래그가 선행하지 않도록 한다. 3. 전원 500A를 사용하므로 사용용을 고려하여 최대 전류 450A 정도가 적정하다. 4. 토치각도를 20°~30°로 지켜서 내부 링을 충분히 녹일 수 있는 조준위치로 한다.
슬래그용입 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 슬래그 제거가 불완전할 때 2. 용접속도가 너무 느릴 때 3. 토치를 전진법으로 용접했을 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전층의 슬래그는 완전히 제거한다. 2. 전류를 약간 높게 하여 슬래그가 선행하지 않는 속도로 한다. 3. 토치를 후퇴법(0°~45°)으로 한다.
언더컷 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접전류가 너무 높을 때 2. 토치각도 및 조준위치가 부적당할 때 3. 용접속도가 너무 빠를 때 4. 아크전압이 너무 높을 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 최종층의 전류를 350~400A의 범위로 내린다. 2. 토치각도를 0°~15°로 지키고 조준은 상부말뚝 선단면에서 아크를 발생시키지 않도록 한다. 3. 용착량이 부족하지 않도록 속도를 느리게 한다. 4. 아크전압을 26~28V로 내린다.
오버랩 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접전류가 낮을 때 2. 용접봉 이동속도가 느릴 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접전류를 올려, 용접봉 이동속도를 빠르게 한다. 2. 용접속도를 빠르게 한다.

결 함	원 인	대 책
<p>갈라짐</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이음새부분에 수분, 불순물이 혼입됐을 때 2. 열영향부가 경화했을 때 3. 용접와이어가 습기를 먹었을 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접전에 청소를 충분히 하고, 수분, 이토기름, 쓰레기, 녹 등을 완전히 제거한다. 2. 예열한다. 3. 용접와이어의 보관을 완전히 하고 사용할 때 재건조시킨다.
<p>블로홀</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 아크전압이 너무 낮을 때 2. 이음새부분에 수분, 불순물이 혼입됐을 때 3. 용접와이어가 습기를 먹었을 때 4. 와이어 돌출길이가 짧을 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 적절한 아크전압 26~30V를 사용한다. 2. 용접전에 청소를 충분히 하여 수분, 이토, 유지, 쓰레기, 녹 등을 완전히 제거한다. 3. 용접와이어의 보관을 완전히 하고 사용할 때 재건조시킨다. 4. 와이어 돌출길이가 30~50mm되도록 적정길이로 한다.
<p>구멍</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접와이어가 습기를 먹었을 때 2. 이음새부분에 수분, 불순물이 혼입됐을 때 3. 전류·전압이 부적당할 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 용접와이어의 보관을 완전히 하고 사용할 때 재건조시킨다. 2. 용접전에 청소를 충분히 하여 수분, 이토, 유지, 쓰레기, 녹 등을 완전히 제거한다. 3. 표준용접조건의 범위에서 한다.

66. 강관말뚝의 운반방법은?

일반적으로 강관말뚝의 운반은 선박을 이용한 해상운반과 철도, 트럭을 이용한 육상운반으로 나눌 수 있다.

아래 표는 트럭을 이용한 구경별 적재량을 나타낸다.

규격	길이	수량	차종
400A	12m기준	20본	24톤 트레일러 기준
500A	"	14본	"
600A	"	9본	"
700A	"	6본	"
800A	"	6본	"
900A	"	6본	"
1000A	"	3본	"

※ 18m 운반가능 - 통과경로, 통행시간에 제한있음

67. 강관말뚝 보관상의 주의점은?

강관말뚝의 보관장소로 크게 나누어 공장내 보관과 출하된 시공장소에 보관되는 2가지 경우로 생각할 수 있지만 공장내 보관에 대해서는 보관장소의 면적도 넓고 조건도 좋기 때문에 그다지 문제가 발생하지 않기에 여기에서는 현장에서의 보관상 주의사항에 대해서만 기술한다.

○ 현장보관상의 주의

- 1) 3단 이하로 소운반에 지장이 없을 넓이로 한다.
- 2) 강관의 무게에 의해 지반침하가 발생하지 않을 장소를 선택한다.
- 3) 시공순서에 맞춰서 적재하며 말뚝번호, 상향, 하향 등의 종별에 따라 분류 적재한다.
- 4) 적재시 가능한 변형이 발생하지 않는 3단 이하로 적재한다.
- 5) 장기간 보관하는 경우는 현장 이음매가 되는 말뚝단부는 직접 비바람에 노출되지 않도록 조치를 취한다.

강관말뚝 제조사 현황

제조 업체명	사업장 주소(본사)	대표전화	FAX
동부제강(주)	서울시 강남구 대치동 891-10번지	(02) 2610-3527	(02) 2610-3535
동양철관(주)	서울시 용산구 갈월동 2-5 갑을빌딩 8층	(02) 777-7255	(02) 777-7256
미주제강(주)	서울시 영등포구 여의도동 신동해빌딩 3층	(02) 3215-5129	(02) 786-8838
(주)세아제강	서울시 중구 봉래동 1가 10번지 우리빌딩	(02) 3783-8114	(02) 3783-8067
한국주철관공업(주)	서울시 강남구 역삼동 707-38 테헤란로오피스빌딩 412호	(02) 565-4900	(02) 565-4905
현대하이스코(주)	서울시 강남구 역삼동 837-36번지	(02) 2112-9114	(02) 2112-9200
(주)휴스틸	서울시 강남구 대치동 943-19 테헤란로 신안빌딩 15층	(02) 828-9115	(02) 828-9104

※ 가나다순

〈 편집 위원 〉

동부제강(주)	안상일 과장
동양철관(주)	김형용 팀장 오광훈 과장
미주제강(주)	정병욱 팀장 김광준 대리
(주)세아제강	조진호 팀장 윤용갑 과장
한국주철관공업(주)	홍선표 팀장
현대하이스코(주)	유상철 부장 김상준 대리
(주)휴스틸	한문공 팀장 정종민 과장
한국철강협회 강구조센터	손정근 팀장 이래균 과장

〈비매품〉

강관말뚝 가이드북

발행일 : 2005년 8월

발행자 : 한국철강협회 강구조센터
서울특별시 강남구 역삼동 735-3
(포스틸타워 19층)

Tel : (02) 559-3500

(02) 559-3501/6

Fax : (02) 559-3588

인 쇄 : 웃고문화사 (02)2267-3956