현장타설말뚝 주철근 단면변화 적용성 검토

제공처 : 한국도로공사 기술심사처

출처 : 2011년도 고속도로 설계 실무자료집(2012, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 현장타설말뚝의 단면설계에 대한 현행 설계기준 조사 및 적용성 검토

(2) 경제성, 시공성 개선 등 가치향상을 위한 합리적인 설계방법 제시

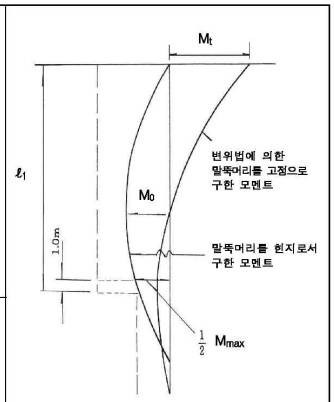
2. 현황 및 문제점

2.1 현장타설말뚝 단면 설계기준

(1) 주철근 [도로교설계기준(건교부, 2005), 도로설계요령(한국도로공사, 2009.12)]

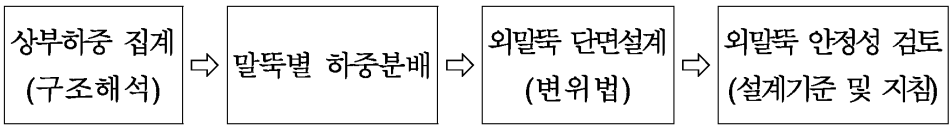
항 목	최 대	최 소
철근량	6%	0.4%
지 름	-	22mm
순간격	-	철근직경의 2배 이상 혹은 조골재 최대치수의 2배 이상
개 수	-	6개

(2) 주철근 단면변화 [도로설계요령(한국도로공사, 2009.12)]

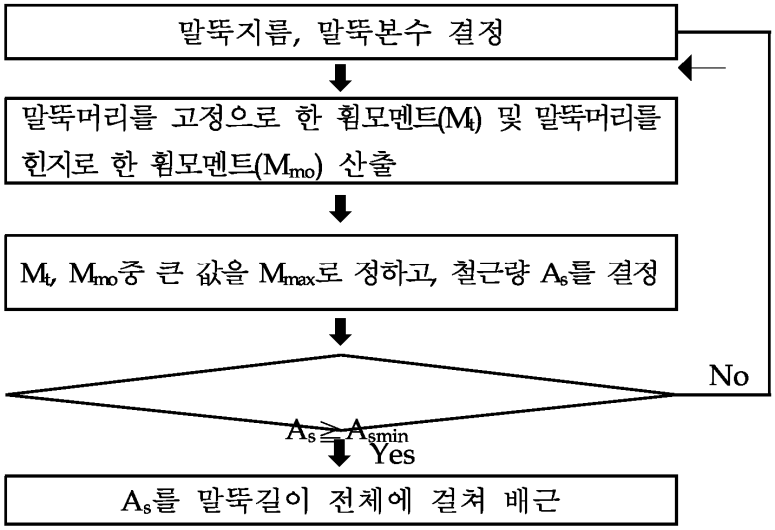
<table>
<tr><td>말뚝 머리부의 소요 철근량 변화 위치(1단계)</td><td>l_1 = ($\frac{1}{2}$ M_{max}의 위치) + 1.0m
$l = 35\phi + 0.1 + l_1 + 40\phi$(m)
l_1 : 확대기초 저면에서 철근변화 위치까지의 거리
l : 일단째의 철근길이
ϕ : 철근직경(m)</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>단면변화 위치(2단계)</td><td>$L = l_1 + 11.0$m</td></tr>
<tr><td>단면변화 시키는 경우 철근량</td><td colspan="2"><table><tr><td>단면변화수</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>철근량</td><td>A_S</td><td>계산상 필요한 양 이상
단, $1/2A_S$ 이상</td><td>계산상 필요한 양 이상
단, $1/4A_S$ 이상</td></tr></table>단, 최하단 철근량 배치는 최소 0.4%</td></tr>
</table>

2.2 현장타설말뚝 단면설계 방법

(1) 말뚝기초 설계 절차



(2) 현행 외말뚝 단면설계 흐름도



2.3 현 실태 및 문제점

2.3.1 현 실태

(1) 말뚝의 발생 단면력에 따라 주철근량을 감소(최대 2회), 배치하는 주철근 단면 변화 규정이 있으나, 현행 설계 시 미적용하고 있음

(1.1) 목포-광양 등 5개 건설사업단 현장타설말뚝 설계교량 31개소 조사결과 주철근 단면변화 규정 미적용

(2) 일괄입찰공사, 민자사업 등 주철근 단면변화 규정 적용 사례

사업명	교량명	공사기간	비 고
부산신항 진입철도 건설공사	녹산교	2004. 12 ~ 2008. 12	발주청 : 부산지방해양수산청 시공사 : 삼성물산 설계사 : 청석엔지니어링
인천대교 민자유치시설사업	인천대교	2004. 10 ~ 2009. 10	주무관청 : 건설교통부 시공사 : 삼성JV 설계자 : 서영엔지니어링

(3) 동일 개념으로 기성말뚝은 국내외적으로 말뚝의 단면력 변화에 따라 복합체로 구성된 말뚝재료 개발 및 사용 중(예, 복합말뚝)

국내사례	해외사례
	

2.3.2 주철근 단면변화 규정 적용 시 문제점

(1) 하부 철근망(주철근 단면변화 구간)의 철근량은 상부 철근망(말뚝 머리부) 철근량의 1/2을 배치하는 것이 시공성 측면에서 바람직함

(1.1) 하부 철근망의 철근간격이 부등간격으로 설치되는 것을 배제하여 검측 등 품질관리 용이

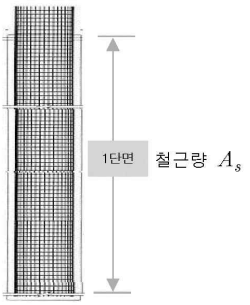
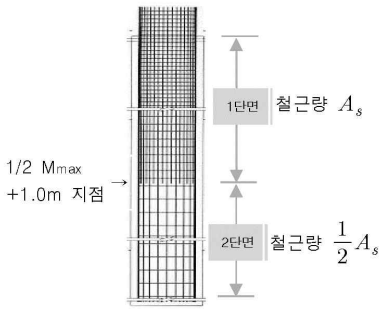
(2) 상부 철근망의 소요 철근량(A_S)이 0.8% 미만으로 산정된 경우, 하부 철근망에 $1/2A_S$ 배치 시 최소 철근량(0.4%) 규정에 위배

(3) 한 교각(교대)내에 말뚝길이가 일정하지 않을 경우 말뚝상부 이음위치가 서로 달라 시공성 불리

3. 개선내용

3.1 주철근 단면변화 적용 방안 검토

3.1.1 적용방안 비교 검토

구 분	현 행	개 선
개념도		 ※ 1. 구조계산상 가능 시 3단면 적용 2. 최하단 철근량 배치는 최소 0.4%
장·단점	· 말뚝 구조계산 간단 · 철근 배근이 일률적이므로 시공 용이 · 말뚝의 하부(축력 지배)는 철근이 과다하게 배근	· 단면변화 위치 별 구조계산 필요 · 지반조건 변화 시 철근 배치 조정 필요 · 경제성 유리
사용 철근량	말뚝길이 50m, N치 6~10, 말뚝머리부의 소요철근량 0.7% 가정 시 개선방안을 적용 할 경우 철근량 약 20% 절감 기대	

(1) 검토의견

(1.1) 현장타설말뚝 단면설계 시 경제적인 설계를 위해 도로설계요령의 「주철근 단면변화 규정」을 적용하여 설계하는 것이 바람직함

(1.2) 단, 말뚝의 길이가 짧거나, 경제적 효과에 비해 시공성이 떨어지는 경우, 지반조건이 특수한 경우(경사지반, N값의 비균질 · 비균등 변화 등) 등 적용 곤란 시 기존 배근 방법 적용

3.1.2 말뚝머리부의 소요 철근량(A_S)에 따른 설계적용 방법

(1) $A_S \geq 0.8\%$ 인 경우 : 주철근 단면변화 적용

(2) $A_S < 0.8\%$ 인 경우 : 현행 방법으로 설계한 경우와 주철근 단면변화를 적용한 경우의 경제성을 비교 검토 후 적용여부 판단. 단, 주철근 단면변화 적용 검토 시 말뚝머리부의 소요 철근량을 철근 갯수 조정 등을 통해 0.8%로 증가 시킨 후 검토

3.1.3 적용 시 유의사항

(1) 공사착수 전 확인보링을 통해 지반조건의 변화여부 사전 검토

(2) 현장 지반조건이 설계 지반조건과 다른 경우(지반정수 N치가 다른 경우) 주철근 단면변화 위치를 지반조건에 맞게 조정

4. 결론

(1) 설계 중인 노선 및 VE 수행 시 : 본 방침 적용

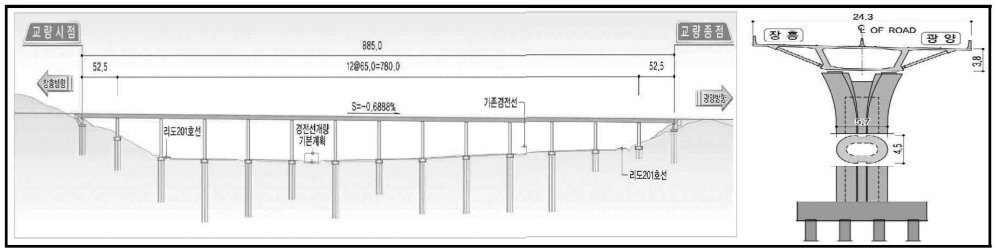
(2) 설계완료 및 공사 중인 노선 : 주관부서에서 적용여부 판단

5. 기타

5.1 주철근 단면변화 적용성 검토

5.1.1 검토 대상교량

(1) 교량명 : 목포-광양고속도로 제9공구 차산교



(2) 설계조건

(2.1) 왕복 4차로

(2.2) 말뚝직경 : D = 1.5m

(2.3) 탄성계수 : 23,236MPa

(2.4) 기초 : B = 14.4m, L = 11m

(2.5) 말뚝길이 : L = 58.5 ~ 9.6m

(2.6) 1/β m의 평균 N치 : 6~24

5.1.2 주철근 단면변화 위치 검토

부위	말뚝설계 길이(m)	말뚝본수	사용철근	주철근의 철근비(%)	말뚝머리 평균N치	1/β (m)	단면변화위치 $^1/_2M_{max}$위치+1(m)
A1	28	18	D25-18개	0.5	28	5.520	11.0
P1	29.8	12	D25-18개	0.5	22	5.900	12.0
P2	41.1	"	D29-31개	1.2	15	6.499	13.0
P3	58.5	"	"	1.2	6	8.369	16.5
P4	52.9	"	"	1.2	6	8.369	16.5
P5	35	"	"	0.9	10	7.269	14.5
P6	53	"	"	0.9	7	8.020	16.0
P7	30.9	"	"	0.9	7	8.020	16.0
P8	51.3	"	"	0.9	6	8.369	16.5
P9	53.2	"	"	0.9	10	7.269	14.5
P10	53.7	"	"	0.9	7	8.020	16.0
P11	41.1	"	D25-18개	0.5	8	7.799	15.5
P12	18.1	"	〃	0.5	20	6.057	12.0
P13	9.6	"	〃	0.5	18	6.236	12.5
A2	30.8	18	〃	0.5	14	6.684	13.5

※ 1/β : 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반 깊이

(1) A1, P1, P11~P13, A2 말뚝 : 주철근 단면변화 시 하단부 철근량이 최소 철근량 0.4%보다 부족

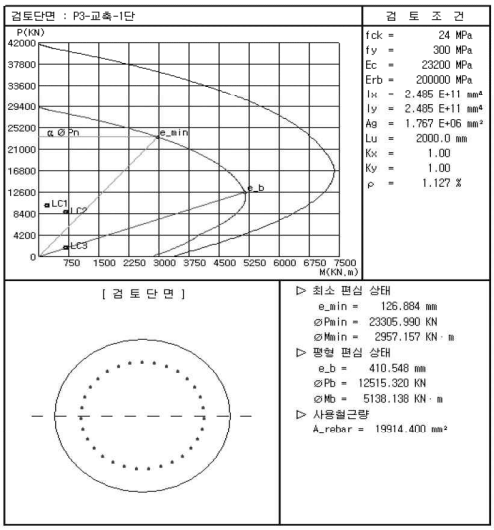
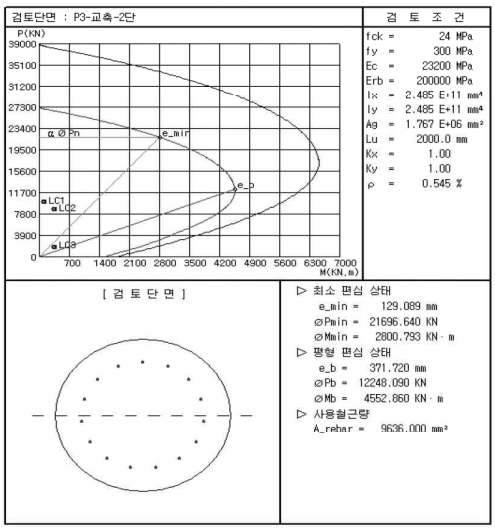
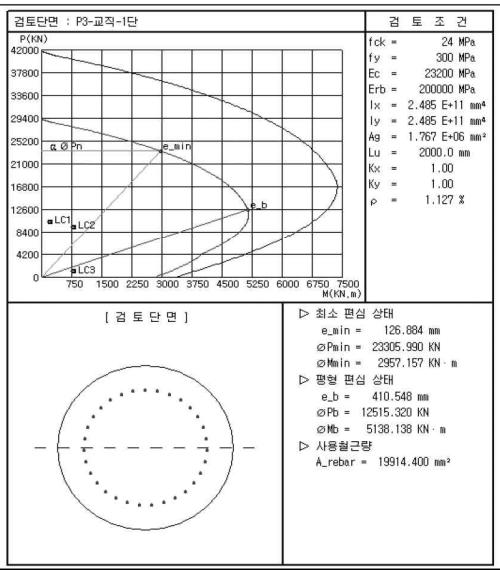
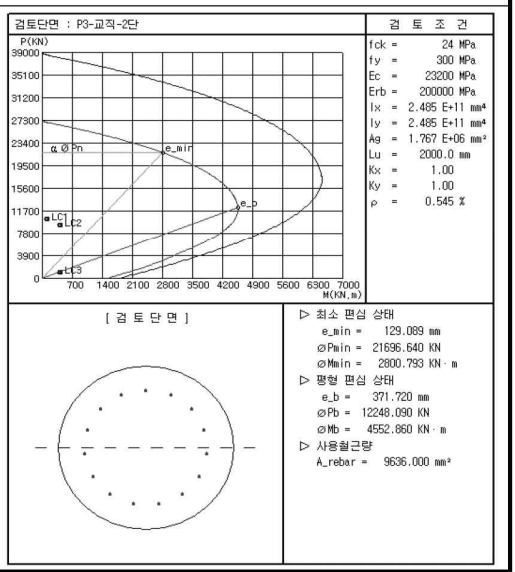
(1.1) 말뚝머리부 철근량을 0.8% 이상 조정 후 주철근 단면변화 시킨 경우와 경제성 비교 후 적용여부 검토

(2) P2~P10 말뚝 : 단면변화구간의 주철근량을 1/2로 감소시킨 후 단면해석한 결과 최소철근량과 단면력이 설계기준에 만족

<단면변화 설계 예시(P3)>

구 분	사용철근	철근량	철근량(%)
제1단 길이(L=16.5m)	D29-31개	199.144	1.127
제2단 길이(L=42.0m)	D29-15개	96.360	0.545

※ 제3단 단면변화(기초 하면으로부터 27.5m 지점)는 최소철근량 미달로 미적용

구분	제1단계(말뚝 두부지점)	제2단계(기초하면에서 16.5m 지점)
교축방향		
교축직각방향		

5.1.3 공사비 절감액

(1) 수량 증감 현황

단위 : 톤(철근), 개(커플러)

부위	본당 철근량			본당 커플러			전체 수량
	기존	변경	증감	기존	변경	증감	
P2	8.516	6.517	-1.999	155	95	-60	○ 당 초 - 철근 : 1,238.034 - 커플러 : 23,244 ○ 변 경 - 철근 : 1,018.074 - 커플러 : 17,304 ○ 증 감 - 철근 : 감 219.960 (감18%) - 커플러 : 감 5,940 (감26%)
P3	11.882	8.794	-3.088	217	142	-75	
P4	10.839	8.174	-2.665	186	126	-60	
P5	6.229	5.074	-1.155	124	94	-30	
P6	9.056	6.886	-2.170	186	126	-60	
P7	5.657	4.866	-0.791	124	94	-30	
P8	8.813	6.804	-2.009	186	126	-60	
P9	9.023	6.782	-2.241	186	126	-60	
P10	9.157	6.945	-2.212	186	126	-60	

(2) 공사비 절감액(2006년 대안단가 기준) : 338,863천원

(2.1) 철근(자재비+시공비) : 219.960톤×779,922원/톤×1.5643(잡비율)= 268,358,235원

(2.2) 커플러 : 5,940개× 4,643원/개×1.5643(잡비율)= 43,142,486원

(2.3) 철근망 건입 : 219.960톤× 79,524원/톤×1.5643(잡비율)= 27,362,890원

5.2 현장타설말뚝 주철근 설계흐름도

