수로암거 날개벽 연결철근 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2006년도 고속도로 설계 실무자료집(2007, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 수로암거와 날개벽(옹벽)을 연결하는 철근의 정착길이를 산정함에 있어 시방기준 및 구조 검토을 통하여 적정성을 검토코자 함

(2) 자체 감사지적사항(감사실-1524호, '05.10. 5)

(2.1) 철근 정착길이 산정은 『계산식에 의한 방법』 으로 산출함이 타당하므로 수로암거 날개벽 연결철근의 정착길이를 계산식에 의한 방법으로 변경

2. 현황 및 문제점

2.1 추진경위

(1) ‘00. 6 : 인장 이형철근 겹이음길이 적용기준 검토(설심일13201-117호)

(2) ‘01. 3 : 한국도로공사 암거표준도 제정

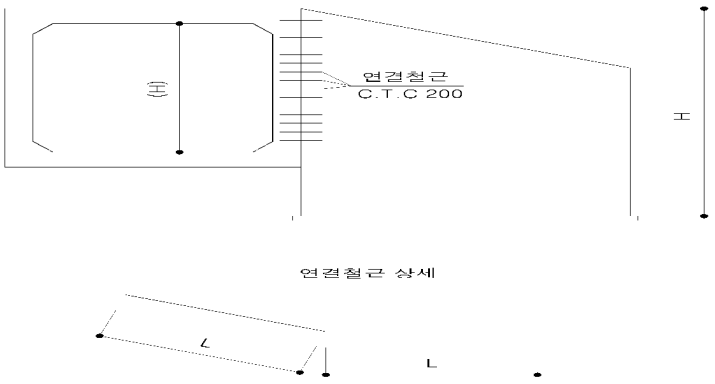
(3) ‘04. 4 : 건설교통부 암거표준도 개정

(4) ’04.12 : 암거표준도 적용검토(설계도10201-371호)

(4.1) 암거 실시설계시 허용단면력을 만족하고 경제적인 건설교통부 개정암거 표준도 적용

2.2 현 설계 적용 현황(건설교통부 암거표준도, 2003)

2.2.1 도면



2.2.2 적용 정착길이 현황

수로암거높이		1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m	4.5m
날개벽높이		H=3.05m	H=3.65m	H=4.25m	H=4.85m	H=5.40m	H=6.0m	H=6.65m
연결 철근	직 경	D13	D13	D16	D19	D22	D25	D25
	정 착 길 이	750㎜	1,000㎜	1,000㎜	1,000㎜ (1,500㎜)	1,000㎜ (1,500㎜)	1,000㎜ (1,500㎜)	1,000㎜ (1,500㎜)

※ ( ) : 배면 정착길이

2.2.3 설계 기준(설심일 13201-117호, '00.6.22)

(1) 시방규정에서 인장 이형철근 정착길이를 산정하는 방법은 기본 정착길이에 보정계수를 곱하여 계산하는 방법과 계산식에 의한 방법 두가지로 제시

(2) 고속도로 설계의 철근 정착길이 산정은 도로교설계기준 중 계산식에 의한 방법 적용을 원칙

(2.1) 계산식에 의한 방법

$$l_d = \frac{0.285 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{(\frac{c+K_{tr}}{d_b})}$$ 콘 · 설-식8.2.2 도로교-식4.3.8

$\frac{c+K_{tr}}{d_b}$는 2.5 이하

γ = 철근 또는 철선의 크기계수

c = 철근간격 또는 피복두께에 관련된 치수

K_{tr} = 횡방향 철근지수 = $\frac{A_{tr} f_{yt}}{107sn}$

3. 개선내용

3.1 적정성 검토

(1) 설계기준 정착길이 검토

날개벽(암거) 높이	철근 규격	정착장(㎜)	표준도(㎜)	비고
H=3.05m(1.5m)	D13	300	750	
H=3.65m(2.0m)	D13	300	1,000	
H=4.25m(2.5m)	D16	300	1,000	
H=4.85m(3.0m)	D19	340	1,000 (1,500)	
H=5.40m(3.5m)	D22	490	1,000 (1,500)	
H=6.00m(4.0m)	D25	560	1,000 (1,500)	
H=6.65m(4.5m)	D25	560	1,000 (1,500)	

(2) 구조 안정성 검토

(2.1) 지반조건을 고려한 부등침하가 발생될 경우의 연결철근에 작용하는 인장력과 전단력에 대한 매입길이가 계산식에 의한 정착길이보다 짧은 것으로 검토됨

날개벽(암거)높이	연결철근	부등침하 인장력(㎏)	부등침하 전단력(㎏)	정착길이(㎜)	계산식의 값	판정
H=4.85m(3.0m)	D19	856	756	114	340	O.K
H=6.65m(4.5m)	D25	1,617	902	216	560	O.K

4. 결론

(1) 수로암거 날개벽 연결철근의 정착길이를 설계기준 및 구조적 안정성을 검토한 결과 현행 표준도가 과다하게 적용되어 길이를 조정하여 시행

(2) 암거표준도 변경토록 요청

5. 기타

5.1 구조검토서 (수로암거 날개벽 연결 철근의 정착길이 검토)

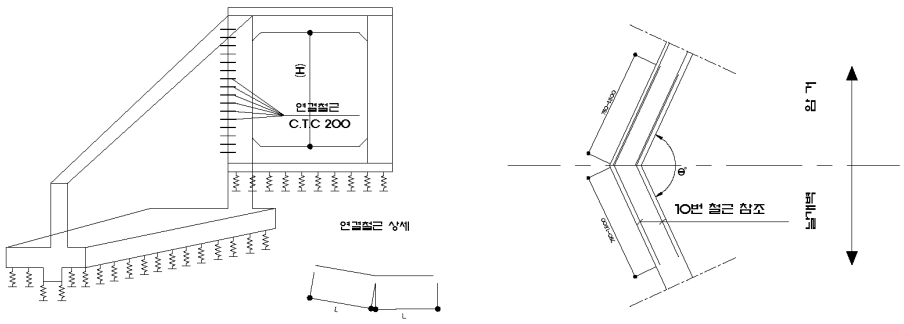
5.1.1 검토목적

수로암거 날개벽과 암거 본체의 연결 철근은 현행 건설교통부 발행 암거 표준도에 따른 정착 길이로 설계 및 시공 되고 있으나, 연결 철근의 정착길이를 『콘크리트구조설계기준 8.2.2. 인장이형철근 및 이형철선의 정착』 규정중 『계산식에 의한 방법』 을 적용하여 연결 철근의 구조적인 역할을 고려한 적정 정착 길이 확보 방안을 검토코자함.

5.1.2 검토내용

5.1.2.1 수로암거 날개벽 연결철근 적용현황

(1) 도로공사 암거표준도는 2003년 이후 미적용.



건설교통부 암거표준도(2003)								
날개벽 높이		H=3.05 (1.5)	H=3.65 (2.0)	H=4.25 (2.5)	H=4.85 (3.0)	H=5.40 (3.5)	H=6.00 (4.00)	H=6.65 (4.5)
연결철근	직경	D13	D13	D16	D19	D22	D25	D25
	정착장 (배면정착장)	750mm	1,000mm	1,000mm	1,000mm (1,500mm)	1,000mm (1,500mm)	1,000mm (1,500mm)	1,000mm (1,500mm)

한국도로공사 암거표준도(2001)								
날개벽 높이		-	H=4.00 (2.0)	H=4.25 (2.5)	H=5.15 (2.5-3.0)	H=5.65 (3.5)	-	-
연결철근	직경	-	D19	D19	D22	D22	-	-
	정착장		1,000mm	1,000mm	1,000mm	1,000mm		

5.1.2.2 겹이음 관련 설계 기준 검토

『콘크리트 구조 설계기준 제8장, 도로교설계기준 P255』 의 인장을 받는 이형철근의 정착길이에 대한 설계기준을 검토한 사항임.

(1) 기본정착 길이에 보정계수를 고려하여 산정하는 방법

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th colspan="2">내 용</th></tr>
<tr><td>기 본
정 착 길 이</td><td>D35 이하의 철근</td><td colspan="2">$\ell_d = \frac{0.152 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}}$
여기서, d_b=철근의 지름</td></tr>
<tr><td rowspan="4">수 정 계 수</td><td>철근지름
조 건</td><td>D19 이하의 철근과
이 형 철 선</td><td>D22 이상의 철근</td></tr>
<tr><td>정착되거나 이어지는 철근 순간격이 d_b이상이고 피복두께도 d_b이상이면서 ℓ_d전구간에 설계기준에 규정된 최소철근량 이상의 스터럽 또는 띠철근을 배근한 경우 또는 정착되거나 이어지는 철근 순간격이 $2d_b$이상이고 피복두께가 d_b이상인 경우</td><td>α・β・λ</td><td>1.25α・β・λ</td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>1.5α・β・λ</td><td>1.88α・β・λ</td></tr>
<tr><td colspan="3">① α = 철근배근 위치계수
(가) 상부철근(정착길이 또는 이음부 아래 30cm 초과되게 굳지 않은 콘크리 트가 치기된 수평철근) ····· 1.3
(나) 기타 철근 ····· 1.0
② β = 에폭시 도막 계수
(가) 덮개가 $3d_b$미만인 또는 순간격이 $6d_b$미만인 에폭시 도막철근 또는 철선 ····· 1.5
(나) 기타 에폭시 도막철근 또는 철선 ····· 1.2
(다) 도막되지 않은 철근 ····· 1.0
③ λ = 경량 콘크리트 계수
(가) fcp가 주어지지 않는 경량 콘크리트 ····· 1.3
(나) fcp가 주어지지 않는 경량 콘크리트 ····· $(1.8\sqrt{f_{ck}})/fct \geq 1.0$
(다) 보통 콘크리트 ····· 1.0
④ 에폭시 도막철근이 상부철근인 경우에는 상부철근의 수정계수 α와 에폭시 도막계수 β의 곱 α・β를 1.7보다 크게 취할 필요는 없다.</td></tr>
</table>

(1.1) 정착길이 Ld(cm)는 기본정착길이에 수정계수를 곱하여 구해야 하며, 이때 Ld≥30cm이라야 한다.

(2) 수식에 의한 정착길이 산정

구 분		내 용
기 본 정 착 길 이	D35 이하의 철근	$\ell_d = \frac{0.285 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+k_{tr}}{d_b}\right)}$ where, $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ < 2.5 이하
수 정 계 수	① γ = 철근 지름 계수 (가) D19 이하의 철근과 이형철선 : 0.8 (나) D22 이상의 철근 : 1.0 ② c = 피복두께 또는 철근간격 c는 철근 또는 철선의 중심으로부터 콘크리트 표면까지의 거리로 나타낸 피복두께 또는 철근 또는 철선의 중심간 거리 1/2중 작은 값을 사용하여 cm단위로 나타낸다. ktr = 횡방향 철근 치수 $\frac{A_{tr} f_{yt}}{107sn}$ 횡방향 철근이 배근되어 있더라도 설계를 간편하게 하기 위해 ktr=0로 사용할 수 있다.	

(2.1) 한국도로공사 기준 : 상기 두 방법중 도로공사(설삼일 13207-117) 지침에 의거하여 수식에 의한 방법 적용을 원칙으로 한다.

(3) 수로암거 날개벽 연결 철근의 정착장 및 이음장 계산 결과

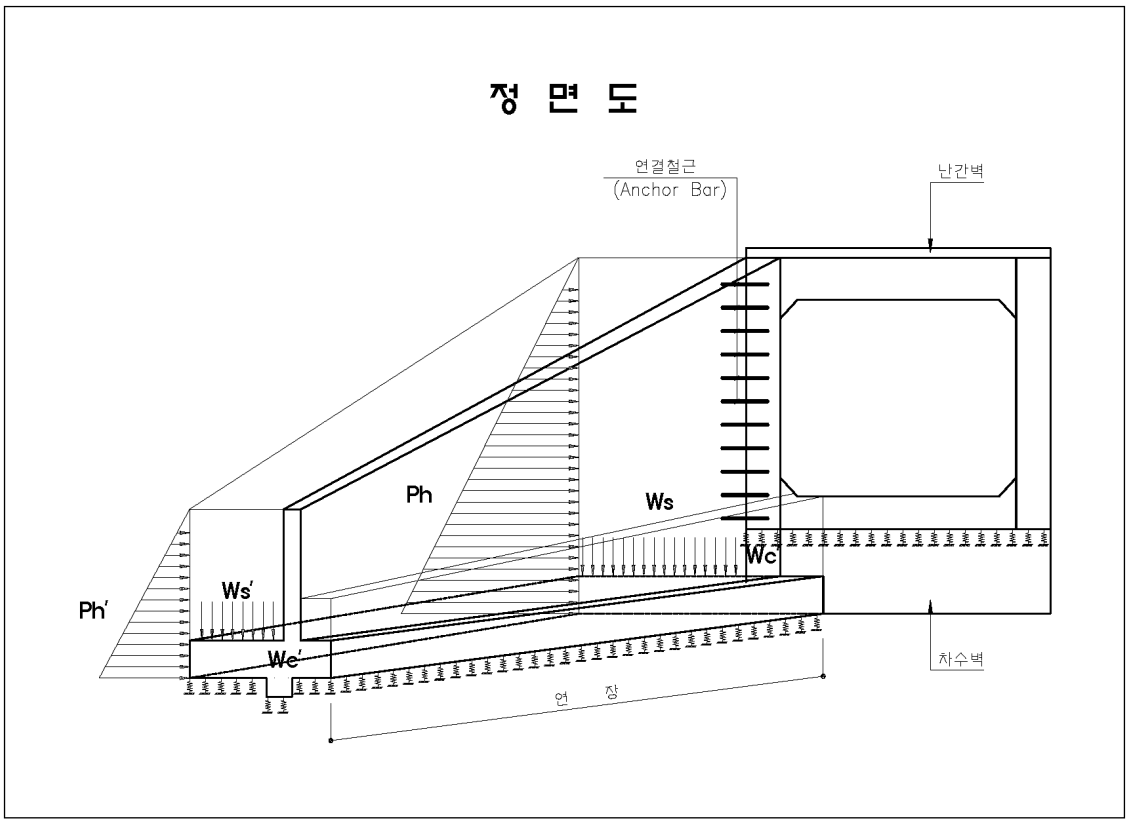
(3.1) 위의 설계 기준에 따라 옹벽형 날개벽 이음철근에 대하여 정착장을 수식에 의한 방법을 적용하여 계산한 결과는 다음과 같다.

(3.2) 정착장 검토조건 : fck=240kgf/㎠, fy=3,000kgf/㎠, 배면 덮개 : 80mm, C.T.C 200mm

구 분	정착장(mm)
D13	300
D16	300
D19	340
D22	490
D25	560
D29	640
D32	710

5.1.2.3 수로암거 날개벽 연결 철근의 구조적 역할 고찰.

(1) 암거 날개벽은 스스로 자립상태를 유지할 수 있도록 설계하며, 암거와 날개벽은 이음 철근을 두어 연결 처리한다. 연결 철근의 구조적인 기능은 날개벽 옹벽의 전도방지와 부등침하로 인한 본체와 접속부의 벌어짐을 방지하는 것이 주기능으로 다음 그림-1과 같이 토압에 의한 수평하중과 토사 및 구체 자중에 의한 연직하중을 기초지반과 분담하여 지지한다. 암거 기초부와 옹벽 기초부 토사의 다짐 및 지지력 차이에 따라 부등침하 발생시 연결부로 하중이 집중되는 구조형태이다. 따라서 연결 철근의 역학적인 기능은 철근의 정착길이 확보 이외에 부등침하에 따른 예상치 못한 힘에 대하여 전단과 휨에 저항하는 앵커 철근으로써의 구조적 기능을 수행한다.



〈그림 - 1〉

5.1.2.4 접합부 연결 철근 구조 검토 결과 분석

(1) 구조 검토 대상 선정 : 건설교통부 제정 암거표준도중 실무 적용 빈도가 높은 3.0×3.0와 가장 높은 4.5×4.5 수로암거 옹벽식 날개벽을 표준도에서 제시된 동일한 조건으로 검토함. (첨부도면 참조)

(2) 구조계산 개요

(2.1) 구조계산 적용 범위 : 암거 본체 및 옹벽 구체의 설계는 건설 교통부 제정 표준도 계산 결과를 준용하였으며, 본 검토에서는 옹벽과 암거의 접합부 연결 철근의 작용력 계산에 주안점을 두고 아래와 같은 경우에 대하여 계산을 시행하였음.

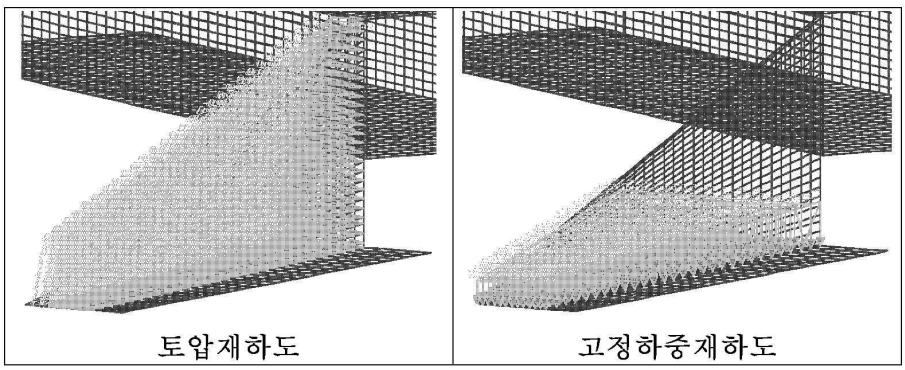
CASE	옹벽지지층조건		암거지지층조건		비 고
	N치	Kvo(t/m^2)	N치	Kvo(t/m^3)	
CASE-1	30	280.00	30	280.00	일반적인 경우
CASE-2	20	186.67	20	186.67	표준도 적용
CASE-3	10	93.33	20	186.67	수로부 지반이완
CASE-4	10	93.33	10	93.33	연약층내 설치시
CASE-5	10	93.33	30	280.00	공용후

(2.2) 설계기준 : 건설교통부 암거 표준도 제정 보고서와 동일.(P-9)

(2.3) 작용하중

(2.3.1) 고정하중 : 옹벽자중, 옹벽배면토 중량에 대하여 실하중 재하.

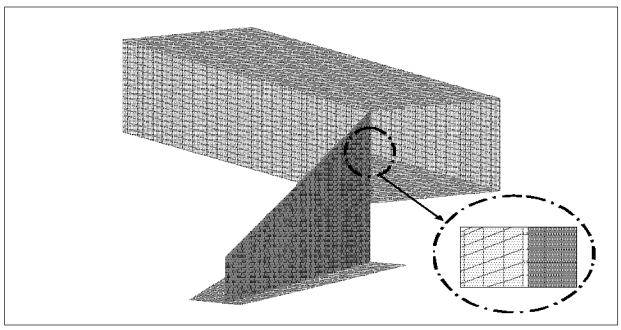
(2.3.2) 토압 : 옹벽 가상 배면에 작용하는 토압에 대해 시행쐐기법으로 산출



토압재하도 고정하중재하도

(2.4) 구조해석

(2.4.1) Modeling : 부등침하 영향에 따라 연결 철근의 작용력 산출을 유도하기 위해 옹벽과 암거의 실형상을 Shell Element를 사용하여 모델링하였으며, 연결철근은 Frame Element를 사용하였음.



(3) 계산 결과 분석

CASE	인장력 T(kg/EA)		전단력 H(kg/EA)		비 고
	3.0×3.0	4.5×4.5	3.0×3.0	4.5×4.5	
CASE-1	221	1483	278	374	
CASE-2	304	1543	392	344	
CASE-3	808	1071	741	667	
CASE-4	767	1617	742	265	
CASE-5	856	883	756	902	

(4) 연결부의 작용력에 대한 정착길이 및 겹이음 길이 검토 :

(4.1) Anchor 매입길이 산정

$$L=\frac{T}{u \cdot \tau_{oa}} \times \frac{1}{1.25}$$

T : 연결철근에 작용하는 인장력(kg)

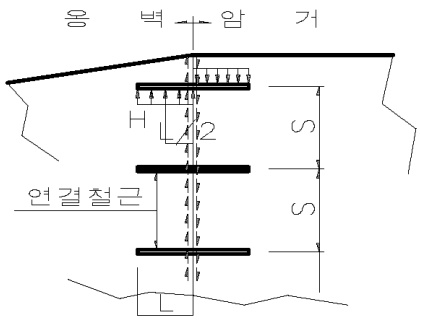
u : 연결철근 둘레 길이

τ oa : 콘크리트 부착응력 (콘크리트 설계 편람, 건설부, P-647)

= τ_{oa}=0.56$\sqrt{}$fck

구 분	CASE	인장력 T(kg)	매입길이 L(cm)	판 정
3.0×3.0 (d=19mm)	CASE-1	221	2.949	O.K
	CASE-2	304	4.056	O.K
	CASE-3	808	10.780	O.K
	CASE-4	767	10.233	O.K
	CASE-5	856	11.421	O.K
4.5×4.5 (d=25mm)	CASE-1	1483	19.200	O.K
	CASE-2	1543	20.600	O.K
	CASE-3	1071	14.600	O.K
	CASE-4	1617	21.600	O.K
	CASE-5	883	11.800	O.K

(4.2) Anchor 전단력에 의한 매입길이 산정



U=π · d · 0.56$\sqrt{}$fck · L · n

H · L/2=U · S

$l \geq \frac{H \cdot L/2}{U \cdot S}$

H : 작용 수평력 (kg)

U : ANCHOR BOLT 부착저항력(kg)

구 분	CASE	전단력 H(kg)	매입길이 L(cm)	판 정
3.0×3.0 (d=19mm)	CASE-1	278	0.116	O.K
	CASE-2	392	0.163	O.K
	CASE-3	741	0.309	O.K
	CASE-4	742	0.309	O.K
	CASE-5	756	0.315	O.K
4.5×4.5 (d=25mm)	CASE-1	374	0.137	O.K
	CASE-2	344	0.126	O.K
	CASE-3	667	0.245	O.K
	CASE-4	265	0.097	O.K
	CASE-5	902	0.331	O.K

5.2 검토 결론

수로암거 날개벽의 연결 철근은 『콘크리트 구조 설계기준』 의 『정착 및 이음』 설계기준을 만족하며, 연결철근의 구조적인 특성을 고려하여 매입 Anchor로써의 기능을 동시 만족하여야 하며 본 검토를 수행한 결과는 아래와 같다.

(1) 『콘크리트 구조 설계기준』 의 계산식에 의한 방법에 따라 계산된 길이는 철근 직경별로 30cm(D13)~56cm(D25)로 표준도에 적용된 연결철근 길이 75cm(D13), 100cm(D13~D25), 150cm(D19~D25)은 설계 기준을 상회하는 것으로 검토되었음.

(2) 수로암거 날개벽 및 암거 본체의 지반조건을 고려하여 부등침하가 발생되는 불리한 경우에 대하여 모델링하여 연결철근에 작용하는 인장력과 전단력에 대하여 허용응력 설계법으로 Anchor의 매입길이를 검토한 결과 『콘크리트 구조 설계기준』 의 계산식에 의한 방법에 따라 계산된 길이보다는 짧게 검토 되었음. 이는작용하중의 대부분을 지지지반이 분담하여 연결부로 전달하는 하중이 작은 것으로 사료된다.

(3) 따라서 암거표준도 제시된 연결철근의 정착길이는 철근의 직경별로 조정이 가능한 것으로 판단됨.