전단연결재(스터드) 설계 최적화 방안 검토

제공처 : 한국도로공사 기술심사실

출처 : 2008년도 고속도로 설계 실무자료집(2009, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 콘크리트 바닥판과 합성작용을 위한 강합성 교량의 전단연결재인 스터드의 직경과 배치간격을 최적화하여 시공성 및 경제성 향상을 도모하고자 함

(2) 대상교량 : Steel Box Girder교, 소수주형교, 개구제형교, PCT거더교 등

(2.1) 전단연결재(스터드)란?

(2.1.1) 교량바닥판에서 강재거더로 수평전단력이 전달될 때 충분한 내하력을 가짐과 동시에 바닥판이 들뜨는 것을 방지하기 위해 설치하는 것으로 일반적으로 머리와 줄기를 가지는 스터드(stud)를 사용한다.

2. 현황 및 문제점

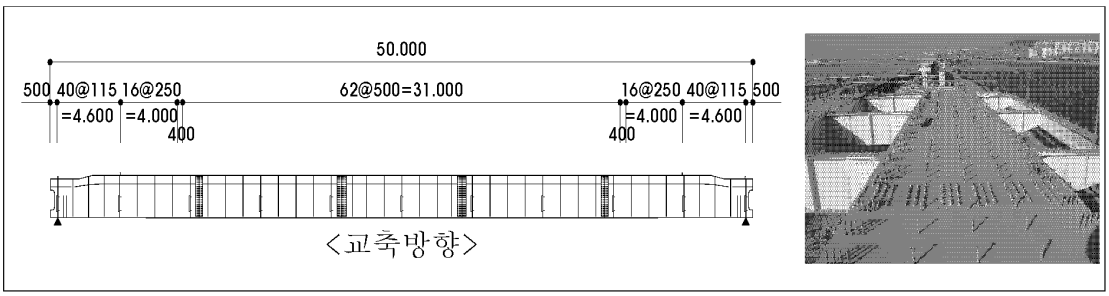
2.1 현황

(1) 설계기준

구 분	내 용
- 도로교설계기준(2005) - 강도로교 상세부 설계지침(2006)	▸스터드 줄기지름 : 19, 22, **25mm** 적용 ▸스터드 배치간격 : 바닥판 두께의 3배, 600mm 이하

(2) 현 설계

(2.1) 도로교 설계기준(2005년), 강도로교 상세부지침(2006년)상 스터드 직경을 ϕ 25mm까지 적용할 수 있으나, 대부분 ϕ22mm를 적용하고 있음
스터드 배치간격(교축방향)은 지점부(내부포함)를 제외한 중앙부를 대부분 500mm로 설계하고 있음



2.2 문제점

(1) 원자재 값(원유, 강재, 고철 등) 상승으로 인한 건설환경 악화

(2) 대부분 스터드 직경은 ϕ22mm, 배치간격(중앙부)은 500mm로 설계하고 있어 경제적인 측면에서 불리함.

(3) 슬래브 철근배근시 스터드와의 간섭으로 인하여 시공성 저하

3. 개선내용

3.1 검토(안)

3.1.1 검토조건

(1) Steel Box Girder교량 (가정)

(1.1) 단순교 : L=50m, 2차로(B=12.6m), 직선교

(1.2) 연속교 : L=130m(40m+50m+40m), 2차로(B=11.1m), 곡선교(R=300m)

(2) 직경 및 배치간격

(단위:mm)

구 분	당 초	검토안
직 경	φ22	φ25
최대 배치간격	500	600

3.1.2 검토내용

(1) 강도로교 설계 최적화를 위한 설계자문 (2008. 5. 14)

(1.1) 자문위원 : 경기대학교 조재병교수외 6인

(1.2) 자문결과 : 스터드 직경은 φ25mm까지는 구조적으로 문제가 없어 직경을 상향하여 스터드 수량 축소 의견제시

(2) 구조적 안정성

(2.1) 수평전단력 대비 허용전단력 검토 (배치간격 산정)

(2.2) 피로강도를 고려한 전단연결재 간격 검토 (배치간격 적정성 검토)

(2.3) 극한강도 검토 (필요 · 설치개수 산정)

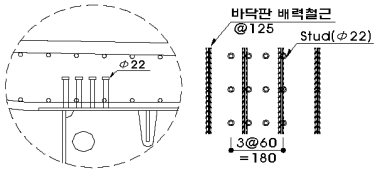
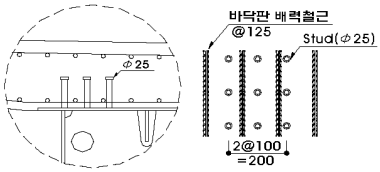
(2.3.1) 스터드 직경을 φ25mm까지 적용하여 검토한 결과, 구조적으로 안정함.(5장 : 구조 안정성 검토자료)

(3) 공사비 및 시공성

(3.1) 공사비

구 분		당 초 (φ22mm)	개 선 (φ25mm) 최대간격 500mm	최대간격 600mm
단 순 교	수 량 (개)	3,982	-	2,400 (▼40%)
	공사비(천원)	1,990	-	1,590 (▼20%)
연 속 교	수 량 (개)	8,930	5,580 (▼37%)	-
	공사비(천원)	4,460	3,690 (▼17%)	-

(3.2) 시공성

당 초	개 선
	

3.2 검토결과

(1) 스터드 직경은 구조적 안정성에 문제가 없고 공사비, 시공성측면에서도 유리하여 ϕ25mm를 적용

(2) 스터드 최대 배치간격(교축방향)은

(2.1) 단순교 : 지점부는 구조계산에 의거 배치간격을 산정하고 중앙부는 대부분 500mm 적용 ⇒ 600mm까지 적용

(2.2) 연속교 : 지점부(내부포함)는 대부분 125mm 적용

(2.2.1) 구조계산을 통하여 배치간격을 최대한 확대 적용

4. 결론

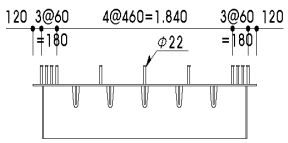
(1) 설계중 또는 VE시행 노선 : 본 방침 적용

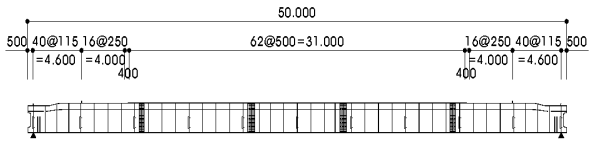
(2) 공사중인 노선 : 공사주관부서 판단 하에 적용

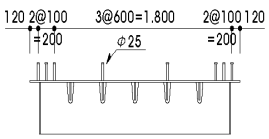
5. 기타

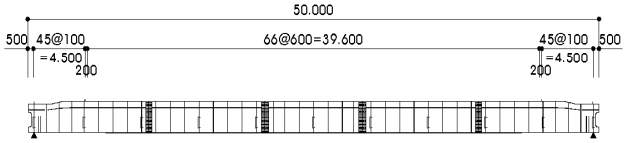
5.1 구조안정성 검토 자료

(1) 단순교 【L=50m, 2차로, B=12.6m】

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">검 토 내 용</th></tr>
<tr><td rowspan="4">당 초
Ø22mm</td><td colspan="2">

<교축직각방향>


<교축방향></td></tr>
<tr><td>설계기준</td><td>(교직)최소 52mm, (교축)최소 100mm, 최대 600mm</td></tr>
<tr><td>적 용</td><td>(교직)지점부 60mm, (교축)지점부 115mm, 중앙부 500mm</td></tr>
<tr><td>SIUD개수</td><td>11 EA (교직방향)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">개 선
Ø25mm</td><td colspan="2">

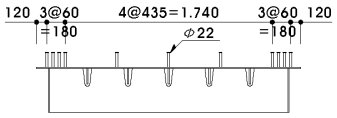
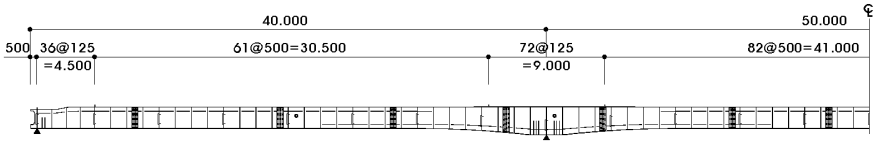
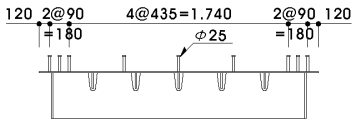
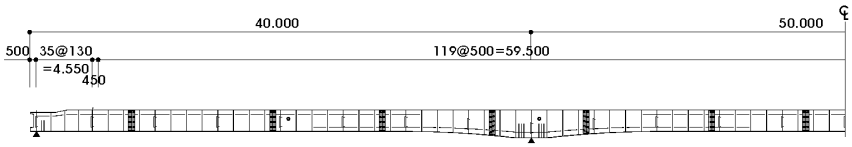
<교축직각방향>


<교축방향></td></tr>
<tr><td>설계기준</td><td>(교직)최소 55mm, (교축)최소 100mm, 최대 600mm</td></tr>
<tr><td>적 용</td><td>(교직)지점부 100mm, (교축)지점부 110mm, 중앙부 600mm</td></tr>
<tr><td>SIUD개수</td><td>8 EA (교직방향)</td></tr>
</table>

(1.1) 단순교 구조검토 결과

구 분			허용전단력 검토결과			피로설계 검토결과			극한강도 검토결과		배치 간격			비고
직 경 (배열)	콘크리트 강도 (MPa)	검토 위치	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	거더당 필요 개수 (ea)	거더당 설치 개수 (ea)	소요 간격 (mm)	설계 기준 (mm)	적용 간격 (mm)	판정
φ22 (11본)	27	지점부	2197.4	2.6E+05	120	333.7	2.1E+05	622	522	1991	120	100	115	OK
		중앙부 (최대)	308.0	2.6E+05	853	264.7	2.1E+05	784			784	600	500	OK
φ25 (6본)		지점부	2197.4	1.9E+05	84	333.7	1.5E+05	438	404	1146	84	100	80	NG
		중앙부 (최대)	308.0	1.9E+05	601	264.7	1.5E+05	553			553	600	500	OK
φ25 (7본)		지점부	2197.4	2.2E+05	98	333.7	1.7E+05	511	404	1232	98	100	95	NG
		중앙부 (최대)	308.0	2.2E+05	701	264.7	1.7E+05	645			645	600	500	OK
		지점부	2197.4	2.2E+05	98	333.7	1.7E+05	511	404	1141	98	100	95	NG
		중앙부 (최대)	308.0	2.2E+05	701	264.7	1.7E+05	645			645	600	600	OK
φ25 (8본)		지점부	2197.4	2.5E+05	112	333.7	2.0E+05	584	404	1304	112	100	110	OK
		중앙부 (최대)	308.0	2.5E+05	801	264.7	2.0E+05	737			737	600	500	OK
		지점부	2197.4	2.5E+05	112	333.7	2.0E+05	584	404	1200	112	100	110	OK
		중앙부 (최대)	308.0	2.5E+05	801	264.7	2.0E+05	737			737	600	600	OK
φ25 (9본)		지점부	2197.4	2.8E+05	126	333.7	2.2E+05	657	404	1395	126	100	125	OK
		중앙부 (최대)	308.0	2.8E+05	902	264.7	2.2E+05	829			829	600	500	OK
		지점부	2197.4	2.8E+05	126	333.7	2.2E+05	657	404	1278	126	100	125	OK
		중앙부 (최대)	308.0	2.8E+05	902	264.7	2.2E+05	829			829	600	600	OK

(2) 연속교 【L=130m(40+50+40), 2차로, B=11.1m】

구 분	검 토 내 용	
당 초 Ø22mm	 <교축직각방향>  <교축방향>	
	설계기준	(교직)최소 52mm, (교축)최소 100mm, 최대 600mm
	적 용	(교직)지점부 60mm, (교축)지점부 125mm, 중앙부 500mm
	STUD개수	11 EA (교직방향)
개 선 Ø25mm	 <교축직각방향>  <교축방향>	
	설계기준	(교직)최소 55mm, (교축)최소 100mm, 최대 600mm
	적 용	(교직)지점부 90mm, (교축)지점부 140mm, 중앙부 500mm
	STUD개수	9 EA (교직방향)

(2.1) 연속교 구조검토 결과

구 분			허용전단력 검토결과			피로설계 검토결과			극한강도 검토결과		배치 간격			비고
직 경 (배열)	콘크리트강도 (MPa)	검토 위치	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	거더당 필요개수 (ea)	거더당 설치개수 (ea)	소요 간격 (mm)	설계 기준 (mm)	적용 간격 (mm)	NG or OK
φ22 (11본)	27	지점부	1964.0	2.6E+05	134	449.9	2.1E+05	461	1824	4466	134	100	125	OK
		중앙부	512.7	2.6E+05	513	371.7	2.1E+05	559			513	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.6E+05	534	271.0	2.1E+05	766			534	600	125	OK
φ25 (6본)		지점부	1964.0	1.9E+05	94	449.9	1.5E+05	325	1412	2628	94	100	90	NG
		중앙부	512.7	1.9E+05	361	371.7	1.5E+05	393			361	600	350	OK
		내부지점	491.9	1.9E+05	376	271.0	1.5E+05	540			376	600	350	OK
φ25 (7본)		지점부	1964.0	2.2E+05	110	449.9	1.7E+05	379	1412	2695	110	100	105	OK
		중앙부	512.7	2.2E+05	421	371.7	1.7E+05	459			421	600	400	OK
		내부지점	491.9	2.2E+05	439	271.0	1.7E+05	630			439	600	400	OK
φ25 (8본)		지점부	1964.0	2.5E+05	126	449.9	2.0E+05	433	1412	2784	126	100	125	OK
		중앙부	512.7	2.5E+05	481	371.7	2.0E+05	525			481	600	450	OK
		내부지점	491.9	2.5E+05	502	271.0	2.0E+05	720			502	600	450	OK
φ25 (9본)		지점부	1964.0	2.7E+05	141	449.9	2.2E+05	488	1412	2790	141	100	140	OK
		중앙부	512.7	2.7E+05	542	371.7	2.2E+05	590			542	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.7E+05	564	271.0	2.2E+05	809			564	600	500	OK
φ25 (6본)	30	지점부	1964.0	2.0E+05	99	449.9	1.5E+05	325	1504	2604	99	100	95	NG
		중앙부	512.7	2.0E+05	381	371.7	1.5E+05	393			381	600	350	OK
		내부지점	491.9	2.0E+05	397	271.0	1.5E+05	540			397	600	350	OK
φ25 (7본)		지점부	1964.0	2.3E+05	116	449.9	1.7E+05	379	1504	2639	116	100	115	OK
		중앙부	512.7	2.3E+05	444	371.7	1.7E+05	459			444	600	400	OK
		내부지점	491.9	2.3E+05	463	271.0	1.7E+05	630			463	600	400	OK
φ25 (8본)		지점부	1964.0	2.6E+05	132	449.9	2.0E+05	433	1504	2528	132	100	130	OK
		중앙부	512.7	2.6E+05	507	371.7	2.0E+05	525			507	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.6E+05	529	271.0	2.0E+05	720			529	600	500	OK
φ25 (9본)		지점부	1964.0	2.9E+05	149	449.9	2.2E+05	488	1504	2637	149	100	145	OK
		중앙부	512.7	2.9E+05	571	371.7	2.2E+05	590			571	600	550	OK
		내부지점	491.9	2.9E+05	595	271.0	2.2E+05	809			595	600	550	OK

구 분			허용전단력 검토결과			피로설계 검토결과			극한강도 검토결과		배치 간격			비고
직 경 (배열)	콘크리트강도 (MPa)	검토 위치	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	수평 전단력 (N/mm)	허용 전단력 (N)	소요 간격 (mm)	거더당 필요개수 (ea)	거더당 설치개수 (ea)	소요 간격 (mm)	설계 기준 (mm)	적용 간격 (mm)	NG or OK
φ22 (11본)	27	지점부	1964.0	2.6E+05	134	449.9	2.1E+05	461	1824	4466	134	100	125	OK
		중앙부	512.7	2.6E+05	513	371.7	2.1E+05	559			513	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.6E+05	534	271.0	2.1E+05	766			534	600	125	OK
φ25 (6본)		지점부	1964.0	1.9E+05	94	449.9	1.5E+05	325	1412	2628	94	100	90	NG
		중앙부	512.7	1.9E+05	361	371.7	1.5E+05	393			361	600	350	OK
		내부지점	491.9	1.9E+05	376	271.0	1.5E+05	540			376	600	350	OK
φ25 (7본)		지점부	1964.0	2.2E+05	110	449.9	1.7E+05	379	1412	2695	110	100	105	OK
		중앙부	512.7	2.2E+05	421	371.7	1.7E+05	459			421	600	400	OK
		내부지점	491.9	2.2E+05	439	271.0	1.7E+05	630			439	600	400	OK
φ25 (8본)		지점부	1964.0	2.5E+05	126	449.9	2.0E+05	433	1412	2784	126	100	125	OK
		중앙부	512.7	2.5E+05	481	371.7	2.0E+05	525			481	600	450	OK
		내부지점	491.9	2.5E+05	502	271.0	2.0E+05	720			502	600	450	OK
φ25 (9본)		지점부	1964.0	2.7E+05	141	449.9	2.2E+05	488	1412	2790	141	100	140	OK
		중앙부	512.7	2.7E+05	542	371.7	2.2E+05	590			542	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.7E+05	564	271.0	2.2E+05	809			564	600	500	OK
φ25 (6본)	30	지점부	1964.0	2.0E+05	99	449.9	1.5E+05	325	1504	2604	99	100	95	NG
		중앙부	512.7	2.0E+05	381	371.7	1.5E+05	393			381	600	350	OK
		내부지점	491.9	2.0E+05	397	271.0	1.5E+05	540			397	600	350	OK
φ25 (7본)		지점부	1964.0	2.3E+05	116	449.9	1.7E+05	379	1504	2639	116	100	115	OK
		중앙부	512.7	2.3E+05	444	371.7	1.7E+05	459			444	600	400	OK
		내부지점	491.9	2.3E+05	463	271.0	1.7E+05	630			463	600	400	OK
φ25 (8본)		지점부	1964.0	2.6E+05	132	449.9	2.0E+05	433	1504	2528	132	100	130	OK
		중앙부	512.7	2.6E+05	507	371.7	2.0E+05	525			507	600	500	OK
		내부지점	491.9	2.6E+05	529	271.0	2.0E+05	720			529	600	500	OK
φ25 (9본)		지점부	1964.0	2.9E+05	149	449.9	2.2E+05	488	1504	2637	149	100	145	OK
		중앙부	512.7	2.9E+05	571	371.7	2.2E+05	590			571	600	550	OK
		내부지점	491.9	2.9E+05	595	271.0	2.2E+05	809			595	600	550	OK