콘크리트 교량 동바리 설계기준 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2007년도 고속도로 설계 실무자료집(2008, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 최근 연이어 발생한 교량 붕괴 등의 동바리 사고와 관련하여 교량 상부 슬라브 콘크리트 타설로 부터 안전을 확보할 수 있는 콘크리트 교량 동바리 설계기준을 검토코자 함.

(1.1) 동바리 : 콘크리트 타설시 부터 소정의 강도를 얻을 때까지 고정 하중 및 작업 하중 등을 지지하기 위하여 설치하는 부재

2. 현황 및 문제점

2.1 동바리 사고현황 및 원인분석

(1) 동바리 사고현황

(1.1) 사고내용

일 시	공 사 명	사고현황	원 인
'07.○○.○○.	○○○~○○○간 ○○○ 가설공사	- 라멘교 슬래브 콘크리트 타설중 붕괴(L=50m) - 사망 5명, 부상 7명	시스템 동바리붕괴
'07.○○.○○.	○○~○○간 도로 확장 및 포장공사	- 라멘교 슬래브 콘크리트 타설후 붕괴(L=15m) - 부상 5명	시스템 동바리붕괴

(1.1.1) 고속도로의 경우 '05 ~ ' 06년 2건 발생(건설계획처-1513, 07.4.19)

(2) 원인분석(언론 보도내용)

(2.1) 시스템 동바리 구조계산 부실

(2.2) 시스템 동바리 수평재의 고정작업 부실, 고정핀 일부 누락, 거푸집을 지지하는 장선과 멍에의 부실고정 등의 시공부실

2.2 관련기준 및 현행

2.2.1 관련기준

2.2.1.1 콘크리트 표준시방서(건설교통부, '03)

(1) 제5장(거푸집 및 동바리)-1.7.3(거푸집 및 동바리 계산)

(1.1) (1) 거푸집 및 동바리는 연직방향하중, 수평방향하중 및 콘크리트 측압 등에 대해 설계해야 하며, 동바리의 설계는 강도뿐만 아니라 변형에 대해서 고려.

(1.2) (2) 풍압, 유수압, 지진 등의 영향을 크게 받을 때에는 별도로 이들 하중 고려.

2.2.1.2 가설공사 표준시방서(건설교통부, ‘04)

(1) 제3장(거푸집 및 동바리)-1.4(제출물)

(1.1) (4)-① 시공사는 동바리 시공계획서를 작성하여 책임감리원의 승인을 받아 시공하여야 한다. 시공계획서에는 고정하중, 활하중, 수평하중 및 기타 설계시 고려되는 하중 포함

(2) 제3장(거푸집 및 동바리)-1.5.5(수평하중)

(2.1) (1) 풍하중 이외에 타설시의 충격 또는 시공오차 등에 의한 최소의 수평하중을 고려하며, 풍하중과 최소 수평하중의 영향을 고려하여 불리한 경우에 검토

(3) 제3장(거푸집 및 동바리)-1.6.4(동바리 설계)

(3.1) (5) 동바리에 설치되는 수평연결재 및 가새는 예상되는 모든 수평하중을 지지하여 동바리 자체로 수평하중이 전달되지 않도록 하여야 함.

2.2.2 현 동바리 구조검토 및 시공도

2.2.2.1 설계조건

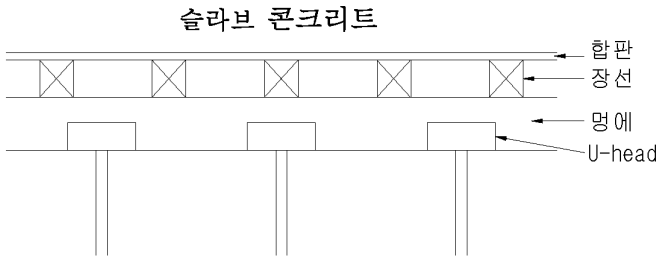
(1) 동바리 : ϕ 60.5 × 2.5t

(2) 설계하중

구 분		하 중 값	비 고
설계하중		0.379kgf/㎠	고정하중+활하중
고정하중	콘크리트	0.350kgf/㎠	헌치두께(1.4m)×자중
	거푸집	0.004kgf/㎠	
활하중		0.025kgf/㎠	

2.2.2.2 구조검토

(1) 단면도(일차원 검토)

도 해 도	비 고
	동바리 간격계산 및 응력 검토

(2) 검토결과

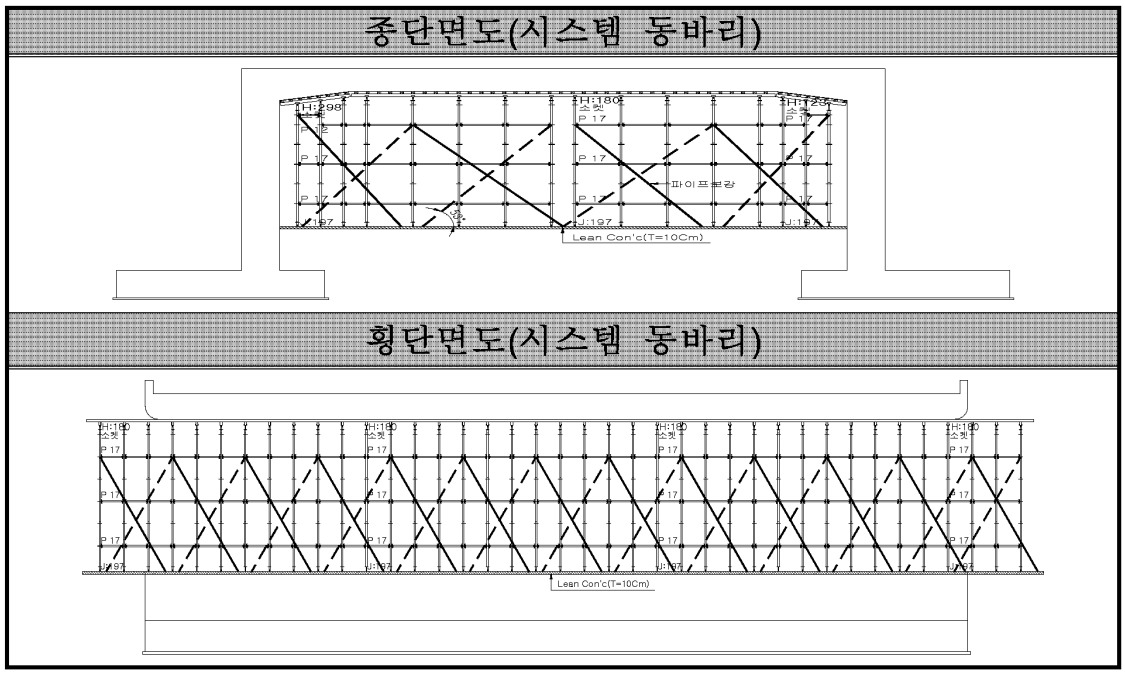
(2.1) 동바리 간격 : 91.4cm×61.0cm(종방향×횡방향)

(2.2) 동바리 응력검토 : 2,113.1kgf < 6,000kgf/본 OK

(2.2.1) Pa = 설계하중× 동바리 종간격 × 동바리 횡간격

= 0.379 kgf/㎠ × 91.4cm × 1.0cm = 2,113.1kgf

2.2.2.3 동바리 시공도



2.3 문제점

(1) 수평방향 하중 미적용 및 수평변위 미검토

(1.1) 축력만 받는 동바리 구조계산(1차원)으로 수평방향 하중(수평하중, 풍하중 등) 및 수평변위 검토 곤란

(1.2) 구조검토에 없는 가새를 경험적으로 시공도 작성

(2) 시공사가 구조계산 및 시공도면 등을 작성함으로 취약성 내포

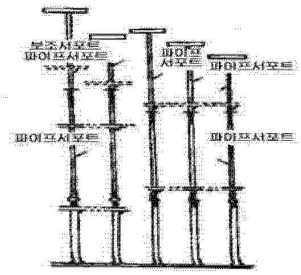
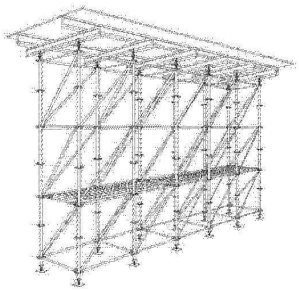
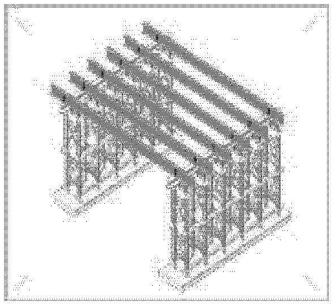
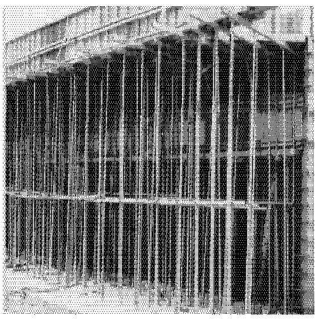
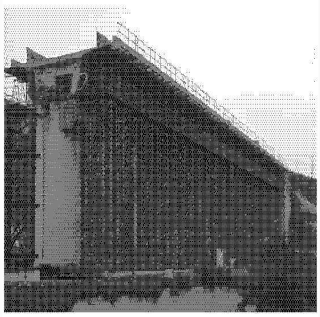
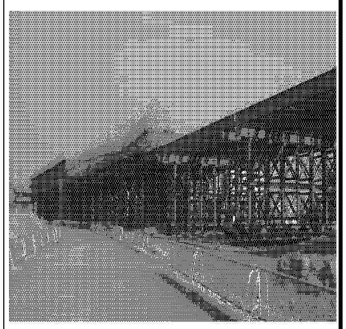
(2.1) 구조검토가 취약하고 경제성 위주의 시공사가 구조계산 및 시공상세도를 작성함으로 취약성 내포

(2.2) 실시설계시 가시설도(동바리)에 대한 구조계산 및 시공상세도를 작성하지 않고 있어 시공사에서 참고할 구조계산 및 시공도면에 대한 기초자료가 없음.

3. 개선내용

3.1 동바리 특성 비교 및 안정성 검토

3.1.1 동바리 특성 비교

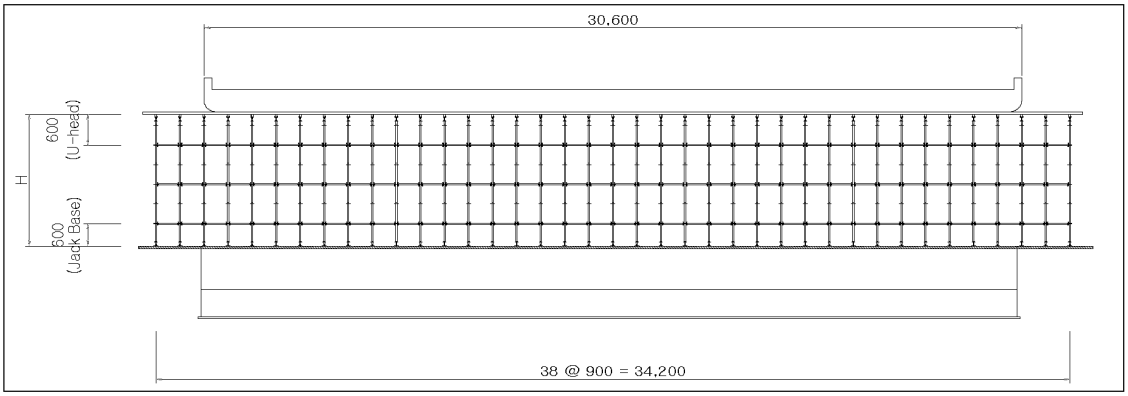
구 분	강관동바리 (Pipe Support)	시스템동바리 (System Support)	강재동바리 (Steel Support)
개요도			
전경도			
특 징	- 소 구조물에 유리 - 설치비용 저렴 - 장선,멍에와 동바리 고정 불편 - 형고가 높을 경우 설치가 곤란하며, 좌굴 위험이 큼 - 정확한 수직·수평 보강재 연결 곤란	- 중 구조물에 유리 - 설치비용 보통 - 장선,멍에와 동바리 고정 보통 - 강관동바리 설치가 곤란한 높은 형고 설치 가능 - 정확한 수직·수평 보강재 연결 가능	- 대 구조물에 유리 - 설치비용 과다 - 조립식으로 정확한 수직, 수평, 가새 연결 및 조정 가능 - 지반 안정성 확보 필요 - 하부 교통흐름 등을 고려시 적용
단 가	수직재 19,846 원/㎥, 수평재 3,317 원/㎡ ('07년 실적단가)		130,000원/ton

3.1.2 동바리 안전성 검토

3.1.2.1 설계조건

(1) 프로그램 : MIDAS/Civil(2006)

(2) 모델 단면도



(3) 사용재료

부 재	규 격	강 종	비 고
수직재(1,2m×0.9m)	ϕ60.5*mm* × 2.9*mm*	STK400	
수직재(U-Head,Jack Base)	ϕ48.6*mm* × 6.0*mm*	STK400	
수평재	ϕ42.7*mm* × 2.3*mm*	STK400	
가 새	ϕ42.7*mm* × 2.3*mm*	STK400	

(4) 설계하중

구 분		하 중 값	비 고
고정하중		29.280 kN/m	[2.4(콘크리트)×1m(두께)+0.4(거푸집)]×1.2(수직재간격)
활 하 중		4.500 kN/m	3.75kN/m^2×1.2m(수직재간격)
수평하중		0.666 kN/m	(고정하중+활하중)×2%×1.2m(수직재간격)
풍하중	수직재	0.090 kN/m	1.5kN/m^2×0.0605(수직재 원형단면)
	슬래브	3.600 kN/m	3.0kN/m^2×1.2m(슬래브 두께)
	가 새	0.641 kN/m	1.5kN/m^2×0.0427(가새 원형단면)

(4.1) 콘크리트 표준시방서(건교부, '03) - 1.7.3 거푸집 및 동바리 구조계산 및 도로교 설계기준(건교부, ' 05)-2.111 참조

3.1.2.2 안정성검토

(1) 검토방법

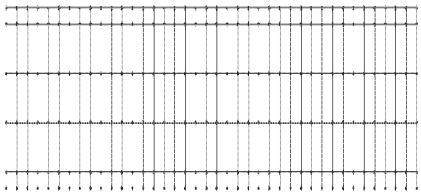
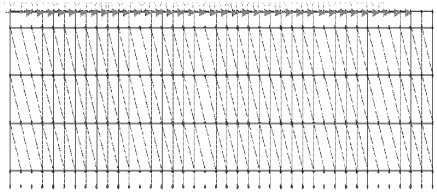
(1.1) 동바리 높이를 4.8m를 기준으로 1.8m씩 증가하여

(1.2) 수평재 간격 1.8m 및 1.35m, 가새 설치 및 미설치시 검토

(1.3) 수평하중과 풍하중은 각각 불리한 경우 검토

(1.4) 수직재는 힌지로 수평재는 고정으로 검토

(2) 검토단면

가새 미설치	가새 설치
	
- Case1 : 수평재간격 1.80m - Case2 : 수평재간격 1.35m	- Case3 : 수평재간격 1.80m

(3) 검토결과(2차원 해석)

높이	Case1			Case2			Case3		
(m)	응력비	변 위	비고	응력비	변 위	비고	응력비	변 위	비고
4.8	0.937(OK)	27.12	*	0.737(OK)	18.65	*	0.627(OK)	1.24	*
6.6	1.007(NG)	39.12	*	0.739(OK)	28.64	*	0.639(OK)	1.71	*
8.4	1.010(NG)	50.74	*	0.743(OK)	33.26	*	0.644(OK)	2.21	*
10.2	-	-	-	0.835(OK)	42.85	**	0.650(OK)	2.70	*
12.0	-	-	-	0.980(OK)	52.61	**	0.688(OK)	3.19	**
13.35	-	-	-	1.090(NG)	56.53	**	-	-	-
13.8	-	-	-	-	-	-	0.773(OK)	3.86	**
15.6	-	-	-	1.271(NG)	69.29	**	0.857(OK)	4.19	**
17.4	-	-	-	1.417(NG)	85.85	**	0.941(OK)	4.72	**
19.2	-	-	-	-	-	-	1.025(NG)	5.25	**

(3.1) * : 수평하중 지배, ** : 풍하중 지배

3.1.2.3 안정성 검토결과

(1) 가새 미설치시 수평변위가 과다 발생하며, 동바리 높이 약 13m이상 부터 응력이 N.G 발생

(2) 가새 설치시 동바리 높이 약 10m초과 부터(가새 설치시) 수평방향 하중은 풍하중이 지배

(2.1) 가새 : 동바리에 작용하는 횡력에 견딜 수 있도록 수평재와 수평재, 수직재와 수직재를 연결하여 고정하는 부재

3.2 개선방안

(1) 실시설계시 교량 동바리 구조검토 및 시공도면 작성

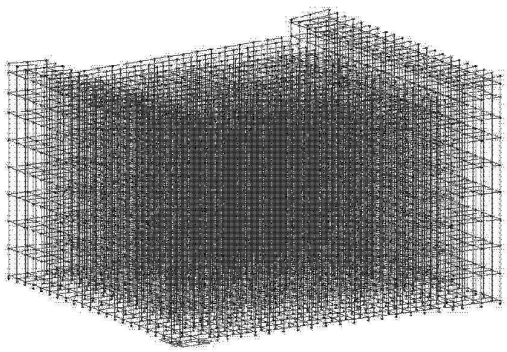
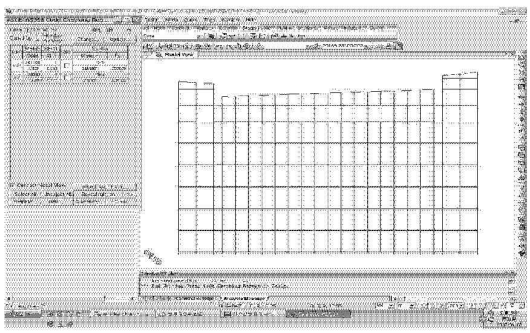
(1.1) 실시설계시 동바리 구조계산 및 시공도면을 작성하고 건설시 시공사가 구조계산서 및 설계도면을 참고하여 시공계획서 작성

(1.1.1) 동바리 구조계산서는 구조계산서에 수록하고 설계도면은 교량 가시설도로 별도 작성

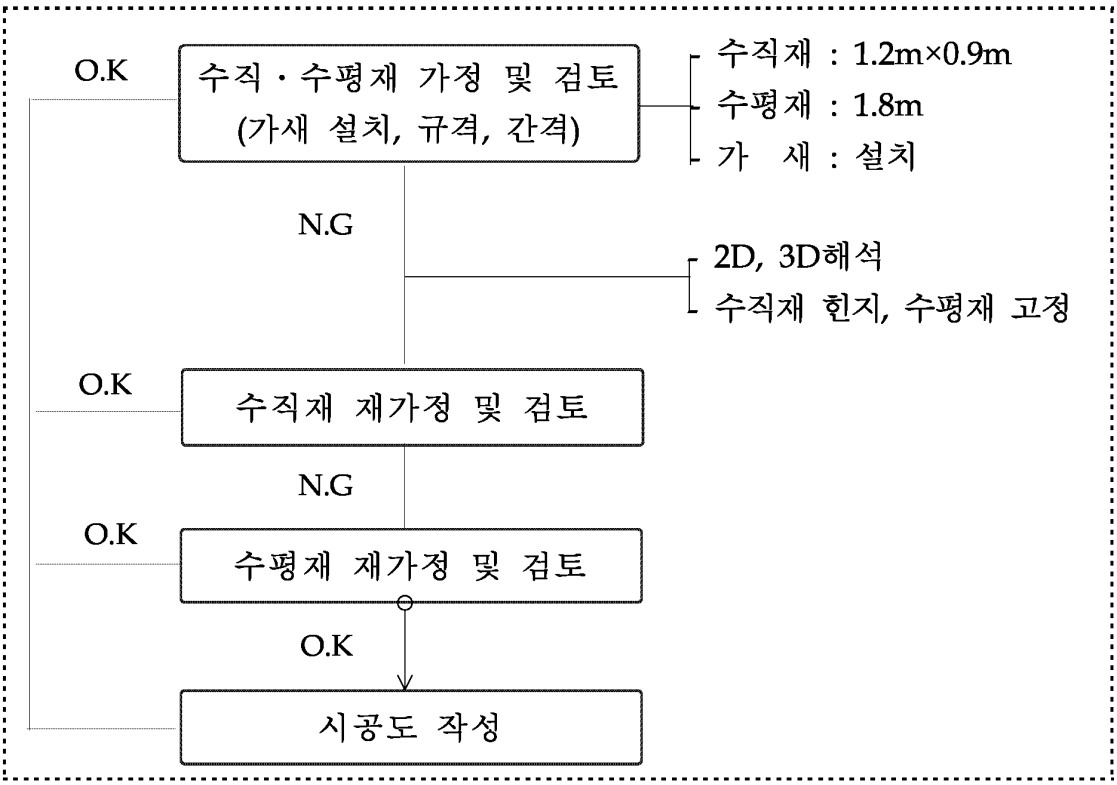
(1.1.2) 교량 가시설도는 계약문서로 효력은 없지만 시공계획서 제출 및 동바리 시공시 교량 가시설도에서 제시한 기준 이상으로 시공계획서 제출 및 시공

(1.2) 동바리 구조계산은 수평방향 하중 및 수평변위 검토가 가능한 2D(횡방향 및 종방향) 또는 3D 해석 수행

(1.2.1) 구조검토 단면 예시도

3-D	2-D
	

(1.2.2) 구조검토 절차



※ 동바리 재료의 성능 등은 붙임 "거푸집 동바리 구조·설치 안전관리 기준 및 가설기자재 구조검토 적용기준" 참조

(2) 동바리는 수평변위가 최소화 되도록 가새 설치

(3) 시스템 동바리 높이는 가급적 10m이하로 적용

(3.1) 시스템 동바리 높이가 10m초과시 수평방향 하중은 풍하중이 지배되어 수평변위 과다 발생 및 수평재 및 가새 추가 보강 등이 필요하므로

(3.2) 수평재 및 가새 추가 보강, 지반성토 등을 통한 높이 조정 및 강재동바리 적용 등에 대하여 안정성, 경제성, 시공성을 검토하여 적용

(3.2.1) 강관동바리는 강관 지주를 3본이상 이어서 사용하지 않도록 함. (고속도로 전문시방서, 한국도로공사, '04. 12)

4. 결론

(1) 설계중 노선 : 진행사항을 고려 본 기준 적용

(2) 설계완료후 미발주 또는 공사중 노선

(2.1) 공사주관부서에서 현장여건을 고려 적용여부 판단

5. 기타

5.1 시방서 변경(안)

고속도로 전문시방서 변경(안)
[6-3-3(동바리와 거푸집)]

당 초	변 경
1.3 참조규격 1.3.2 관련시방서 콘크리트 표준시방서 제5장 1.7.3 거푸집 및 동바리 계산	1.3 참조규격 1.3.2 관련시방서 콘크리트 표준시방서 제5장 1.7.3 거푸집 및 동바리 계산 및 가설공사 표준시방서 제3장 거푸집 및 동바리
1.5 제출물 1.5.3 시공상세도면 : 다음 사항을 나타낸 도면을 제출해야 한다. (2) 설계계산을 수반하는 동바리 및 회수절차를 포함한다.	1.5 제출물 1.5.3 시공상세도면 : 다음 사항을 나타낸 도면을 제출해야 한다. (2) 교량가시설도에서 제시한 기준이상으로 2D 또는 3D로 구조해석한 동바리 및 회수 절차를 포함한다.
3.8 동바리 조립 3.8.1 시공조건 확인 (4) 거푸집 지보공은 다음 하중에 충분한 것을 사용하며, 지보공 기초의 연직력과 구조물 경사에 따른 수평력에 대한 지지력을 확인하여야 한다. (타설시 콘크리트 중량)+(철근 중량)+(가설물 중량)+(호퍼, 바켓, 가설물 중량)+(작업원 중량)+(1,500N/㎡ (150kgf/㎡))	3.8 동바리 조립 3.8.1 시공조건 확인 (4) 거푸집 지보공은 콘크리트 표준시방서(제5장 1.7.3 거푸집 및 동바리 계산) 및 가설공사 표준시방서 (제3장 1.5 설계하중)에 제시된 설계하중을 충분히 지지할 수 있어야 하며, 지보공 기초의 연직력과 구조물 경사에 따른 수평력에 대한 지지력을 확인하여야 한다.

당 초	변 경
3.8.2 시공기준 (2) 강관동바리(파이프 서포트 제외) 강관 지주는 3본이상 이어서 사용하지 않도록 하며, 높이 2미터이내마다 수평 연결재를 2개방향으로 설치하고 수평연결재의 변위가 일어나지 않도록 이음부분은 견고하게 연결하여 조굴을 방지해야 한다.	3.8.2 시공기준 (2) 강관동바리(파이프 서포트 제외) 강관 지주는 3본이상 이어서 사용하지 않도록 하며, 높이 2미터이내마다 가새와 수평 연결재를 2개방향으로 설치하고 수평연결재의 변위가 일어나지 않도록 이음부분은 견고하게 연결하여 좌굴을 방지해야 한다 (6) 시스템 동바리 ① 시스템 동바리는 교량가시설도 및 구조계산서를 참조하여 작성한 시공상세도에 따라 설치해야 한다 ② 수직재와 수평 연결재는 직교되게 설치하고 체결후 흔들림이 없어야 한다. ③ 가새는 수평 연결재 및 수직재에 핀 또는 클램프 등의 결합방법에 의해 견고하게 결합되어 이탈되지 않도록 설치해야 한다. ④ 높이 2m이내마다 가새와 수평 연결재를 2개방향으로 설치하여 수평 연결재의 변위를 방지하고 동바리 자체로 수평하중이 전달되지 않도록 하여야한다. ⑤ 동바리 높이가 12m초과시 수직재의 수평변위가 발생되지 않도록 수평 연결재 및 가새보강, 성토 등을 통한 높이 조정, 강재동바리 적용 등을 검토해야 한다. ⑥ 초기 설치시 잭 스크류를 조절하여 수평을 확보하여 수직재의 편심에 의한 구조적 손실을 방지해야 한다.

당 초	변 경
	⑦ U헤드 잭에 얹히는 장선, 멍에재는 편심이 생기지 않도록 중심선에 놓여야 하며 쐐기 등으로 고정하고 편심에 의한 응력을 고려한 안정성 검토를 실시해야 한다. ⑧ 잭베이스의 전체길이는 600mm이내, 수직재와 물림부의 겹침은 150mm이상으로 설치해야 한다 ⑨ 수직재 설치시 수평 연결재와 수평 연결재 사이에 수직재의 연결부위가 2개소 이상이 되지 않도록 설치해야 한다. ⑩ 시스템 동바리 최하부에 설치하는 수직재는 잭베이스의 너트와 밀착되게 설치해야 한다. ⑪ 시스템동바리 상부의 U헤드의 폭은 멍에재 2개가 들어갈 수 있는 넓이 이상이 되어야 하며 쐐기 등을 사용하여 멍에재와 U헤드를 밀착시켜 멍에재와 U헤드와의 유격이 없어야 한다. ⑫ 콘크리트 타설 면이 기울어져 장선과 멍에가 완전한 밀착이 어려울 경우, 쐐기 등을 사용하여 장선과 멍에를 완전히 밀착시키고 못 등을 사용하여 고정을 하여야 한다. ⑬ 연결핀을 사용하여 수직재를 견고하게 조립하고 연결부위에 꺾어짐이 발생하지 않도록 해야 한다. ⑭ 지보공 기초의 연직력과 구조물 경사에 따른 수평력에 대해 미끄러짐 및 전도가 발생되지 않도록 검토해야 한다.

당 초	변 경
	⑮ 잭베이스를 설치할 때에는 잭 베이스 하부에 이물질이나 돌출부위가 없도록 바닥면을 정리해야 한다. U헤드와 강관연결부의 흔들림 방지를 위해 추가브레이싱을 설치해야 한다. 바닥이 경사진 곳에 설치할 경우에는 목재쐐기 등을 이용하여 동바리 바닥이 수평이 되도록 하고 서로 고정해야 한다. 부재와 부재와의 접속부 및 이음부에는 연결핀 등 전용철물을 사용하여 견고하게 연결해야 한다. 설치 완료 후에는 관리감독자의 확인을 받은 다음 콘크리트를 타설 하여야 하며 콘크리트 타설시 동바리 이상증후 관측을 위하여 점검자를 배치하여야 한다. 가새는 수평하중을 지반 또는 구조물에 안전하게 전달할 수 있도록 설치해야 한다. ㉑ 가새는 단일부재를 60°이내로 사용하는 것을 원칙으로 한다. ㉒ 단일부재의 가새사용이 불가능할 경우 다음과 같이 이음해야 한다 이음가새의 각도는 같아야 하며, 겹이음 가개간 이격 순간격 100mm이내, 가새의 이음위치는 엇갈리게 설치

당 초	변 경
.	㉓ 가새는 바닥에서 동바리 상단부까지 설치하며, 가새를 동바리 밑둥과 결속하는 경우에는 바닥에서 동바리와 가새재의 교차점까지의 거리가 300mm 이내로 하며, 해당 동바리는 바닥에 고정시켜 상승력에 저항할 수 있도록 해야한다. ㉔ 수밀성 구조체에는 매립형 긴결재를 사용해야 한다. ㉕ 해체된 자재를 정리정돈 할 때에는 가능한 한 같은 규격별로 정리하고 운반작업시에도 가능한 한 같은 규격별로 묶어 운반토록 하며 작업시 부재의 변형이 생기지 않도록 주의해야 한다. ㉖ 근로자는 당해 작업에 적합한 개인보호구(안전모, 안전대, 안전화, 안전장갑 등)를 착용 하여야 하며 비상시 대피요령 등을 숙지하여야 한다.