핑거 조인트 설계기준 및 개선방안 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2004년도 고속도로 설계 실무자료집(2005, 한국도로공사)

1. 일반현황

핑거 조인트는 내구성 및 사용성(소음, 진동 저감), 유지관리 편의성으로 인해 사용빈도가 점차 확대되고 있는 추세이나 현행 설계기준상에 설계하중 및 설계방법, 재질 등에 대한 기준이 명확치 않은 상태이므로 이에 대한 설계기준 및 개선방안을 검토코자 함.

2. 현황 및 문제점

2.1 핑거 조인트 관련 방침 내용

(1) 하자현황 분석에 따른 교량 신축이음장치 적용형식 검토
(구조계 11107-19, '02. 7. 11)
(1.1) 100mm 이하의 규격에는 내구성, 누수방지에 유리한 모노셀, 레일식(스트립씰) 사용
(1.2) 100mm 초과시 주거지역 등이 인접하여 소음민원이 우려되는 지역은 강핑거 형식 사용
(1.3) 100mm 초과하고 교통량이 많아 보수작업이 어려운 구간에서는 내구성이 우수한 강핑거 형식 사용

2.2 핑거 조인트 특징

2.2.1 장점

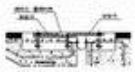
(1) 소음, 진동에 유리
(2) 1m 단위길이로 제작되어 레일식에 비해 시공성과 부분교체 등 유지관리면에 유리
(3) 강재 또는 합금으로 구성되어 내구성 양호

2.2.2 적용상의 문제점

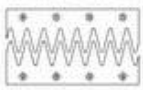
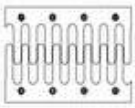
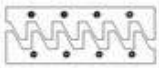
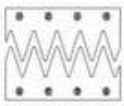
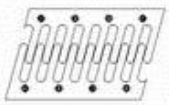
(1) 핑거 조인트 설계하중, 제원 등에 관한 국내 규정이 없음
(1.1) 각 생산업체 별로 자체 실험자료 또는 해외규정을 준용설계
(2) 생산업체별로 주요 부속품의 재질 및 강재 두께 상이
(2.1) 유지관리 곤란 및 조잡한 제품 사용우려
(3) 형식 특성상 별도의 방수 또는 배수처리 필요
(3.1) 신축유간이 작은 경우 유지관리 곤란

2.2.3 핑거 조인트의 구분

(1) 지지형식에 따른 구분

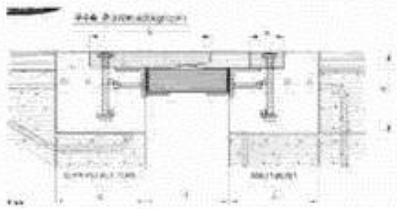
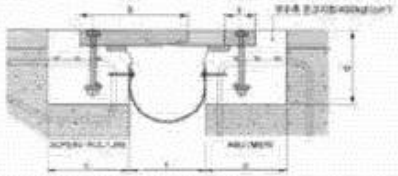
구 분	외팔보형식 (캔틸레버식)	양단지지식
단 면 도		
특 성	-각각의 핑거판을 앵커볼트로 각 위치에 독립적으로 설치 -볼트에 인발력 크게 발생 -소음발생이 작음 -종단경사에 대한 적용성 우수	-양단지지식으로 구조적 유리 -비대칭의 핑거판 설치 -암핑거와 수핑거로 구분 설치됨 -종단경사 교량에서 앵커볼트 파손 잦음
적 용 성	-사용 제한없음	-종단경사 급한 구간 적용불리

(2) 신축량 규모 및 교량조건에 따른 적용 구분

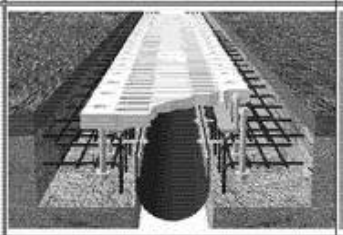
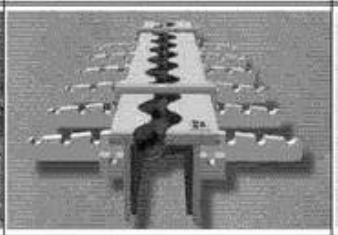
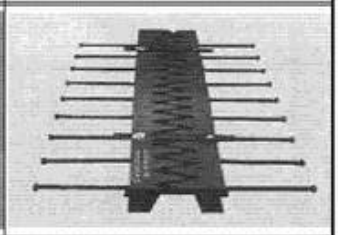
구 분	신축량 100mm 미만	신축량 100 ~ 250mm	신축량 150mm 이상
직선교량			
곡선교량 사각교량			
특 성	- 핑거의 규격 및 형상은 제조사별로 상이함. - 신축유간에 따라 핑거의 순 길이가 점차 커지면서 핑거의 형상도 점차 세장해지는 경향이 있음. - 사교의 경우 핑거형상을 변경하여 횡변위 흡수가능		

(2.1) 통상적인 형상 및 규격을 나타낸 것이며 세부 형상 및 규격은 제작사에 따라 다소간의 차이가 있음.

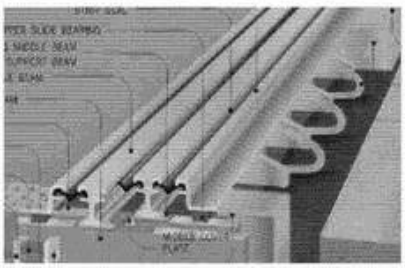
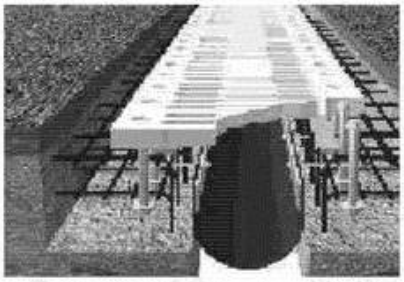
(3) 배수방식에 따른 구분

구 분	비 배 수 방 식	배 수 방 식
단 면 도		
특 성	-핑거하단에 방수용 봉함재 설치 -접근이 곤란한 소형 핑거형에 적용 -부분적인 누수 가능 -핑거 사이에 적체되는 이물질 주기적 청소 필요 -봉함재에 대한 품질관리 필요 -별도의 우수홈통 불필요	-핑거하단에 방수시트 설치 -접근이 가능한 중대형 핑거형에 적용 -방수시트에 이물질 적체로 주기적 청소필요하나 작업조건 열악 -별도의 우수홈통 설치 요함
현 재 적 용 실 태	- 핑거형식 배수처리문제의 근본적 해소책은 현재 없으며, 업체별로 배수방식과 비배수방식 적용 규격이 상이하나 - 신축량 160mm 이하는 비배수 형식을 많이 적용하고 - 신축량 160mm ~ 250mm 는 비배수 형식과 배수형식을 혼용하고 있으며 - 신축량 250mm 이상은 내구성, 유지관리등을 고려 배수형식을 많이 사용.	

(4) 핑거 고정형식에 따른 분류

구 분	앵커볼트 방식	앵커플레이트 방식	앵커바 방식
형 태			
특 성	- 보수작업시 콘크리트 깨기 불필요 - 유지관리 양호 - 원철판 절삭 가공 - 핑거판 1.0m 단위제작	- 보수작업시 콘크리트 깨기 필요 - 원철판 절삭 가공 - 핑거판 1.0m 단위제작	- 보수 작업시 콘크리트 깨기 필요 - H-Beam 절삭 가공 - 핑거판, 방수장치 1.8m 단위로 일체 제작
적용성	- 앵커볼트방식은 기존 콘크리트를 깨지 않고 신축이음 장치의 교체가 가능한 형식이며, 앵커플레이트나 앵커바 형식은 시공성은 좋으나 부분보수시 기존 콘크리트를 깨내어야하는 등 유지관리 면에서 다소불리함.		

2.2.4 핑거조인트와 레일조인트의 특성비교

구 분	Rail Joint	Finger Joint
형 상		
신축량범위	80~1200mm	50~700mm
특 성	• 신축량이 커 회전변위가 큰 장대교량에 유리 • 각방향 신축이 가능하여 모든 교량형태에 적용가능 • Block out크기가 다소 큼 • 구조가 복잡하고 유지보수가 까다로움 • 동절기 소음증가(민원), 주행성 저하	• Block out의 크기가 작아 거더교에 효과적 • 주행성이 우수하고 소음이 적음 • 주요 구성요소가 강재이므로 내구성 우수 • 구조가 단순하여 하자요소 적음. • 신축량이 큰 장대교량의 적용성에 문제 있음 • 사교, 급한 종단경사 적용시 정밀 검토 필요 • 레벨조정, 방수처리 등 시공 난이도 높음
시공성 및 유지보수	• 정밀시공이 요구됨 • 제품중량이 커서 운반 및 설치시 중장비 소요 • 조립 완료 상태로 현장 반입 되므로 품질관리 양호 • 온도에 따른 프리세팅 용이 • 중하자 발생시 보수비용 고가, 보수기간 증가	• 1m 길이로 제작되어 무게가 가벼워 운반, 취급등 시공 용이 • 분할시공으로 인접 Finger간 Level 조정에 정밀시공 필요 • 대부분 볼트 형식으로 시공시 시공간편 • 부분적 차량통제로 보수가 가능함 • 신축이음부 방수, 배수처리 문제 상존
적용성	• 국내 고속도로, 주요국도 및 간선도로에서 가장 보편적으로 적용하는 형식이며 최근 유지관리상의 문제점이 지적되면서 사용이 다소 감소하고 있음.	• Rail형식에 비해 사용빈도는 적으나 증가추세임. 특히 도심지의 경우 소음발생이 적고, 유지보수의 간편성으로 교통통제 최소화가 가능하여 사용증가.

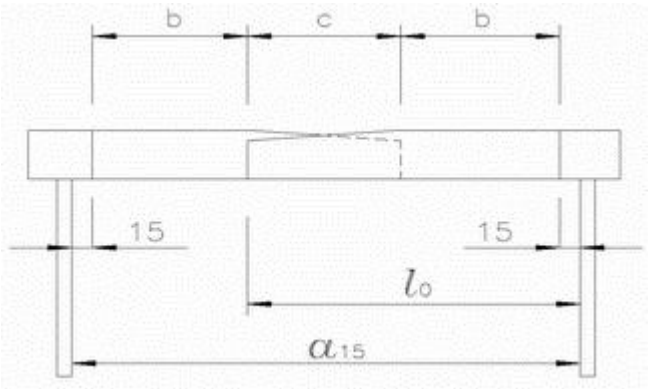
3. 개선내용

3.1 설계기준안

(1) 핑거 조인트 주요 설계기준(별첨 구조계산예 참조)

구 분	현 행	개 선	비 고
설계하중	P=8.0~10.0tonf, i=0.8~1.0 제작사 및 시방기준별 적용 규정 상이.	P=9.6tonf, i=1.0 적용	'92도로설계요령 기준
핑거 플레이트 최소두께	19 ~ 50mm까지 별도기준없이 제작사별로 임의 적용	$T_{min}=\sqrt{\frac{6M}{bfa}}$에 따라 두께산정(최소32mm 이상)	'92도로설계요령 기준
핑거길이	기준없음	$l_o = l + b_{min} + c_{min} + 15(mm)$	외팔보 형식 기준
복부유간	기준없음	$a15 = l_o + b + 15(mm)$ 여기서, $b=\Delta lt^{(*)} + b_{min}$	"
응력검토	응력검토 항목 없음	핑거길이 산출식과 연관해 응력검토 (허용응력 이하 확인)	알루미늄합금의 경우 f_a = 1400kgf/cm^2

(2) 핑거길이 및 복부유간 산정



(2.1) 핑거의 길이 l_o = △l+ b_{min} + c_{min}+15(mm) 여기서 △l : 신축량

(2.2) 복부유간 a_{15} = △l_o+b+15(mm)

(2.2.1) 여기서 b=△$lt^{(*)}$ + b_{min}

(2.2.2) △$lt^{(*)}$ = 표준온도(설치시 15℃)에서 최고온도까지 온도차에 의한 신축량

신축거더길이	L≤50m	50m<L≤100m	100m<L≤150m	150m<L≤200m
핑거의 최소유간 b_{min}	20mm	25mm	30mm	35mm
핑거의 최소캡 c_{min}	25mm	30mm	35mm	40mm

(3) 핑거 조인트 주요 부위 재질

구 분	현 행	개 선		비 고[4]
		강 재	알루미늄 합금	
핑거플레이트	SS400, SM490B, 알루미늄 합금 제작사별 별도 적용	SM400B 이상 (두께 32mm 이상)	인장/압축 허용응력 1400kgf/cm^2 이상[1] 의 알루미늄합금	도로설계요령 (1992)기준
고무부재	합성고무, Chroloprene 등 제작사별 별도 적용	천연 혹은 합성고무 (KSM 6518)	천연 혹은 합성고무 (KSM 6518)	-
앵커볼트 (PS타이볼트)	F10T, G10.9, HR8.8 등 제작사별 적용	F10T 이상 (G10.9〃이상)[2]	HR8.8 등 급[3] +카드늄도금	-
앵카플레이트	SS400, 알루미늄 합금 등	SS400 이상	동 알루미늄 합금	도로설계요령 (1992)기준

註) 1. 강재 항복강도 4000kgf/㎠ 이상에 상응 2. G는 Grade의 약자 3. HR8.8에서 HR은 경도(Rockwell Hardness)등급을 나타냄

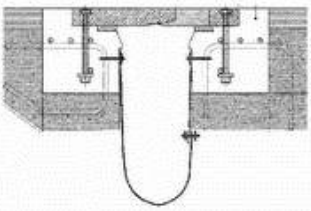
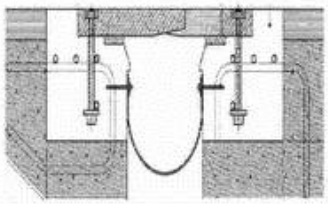
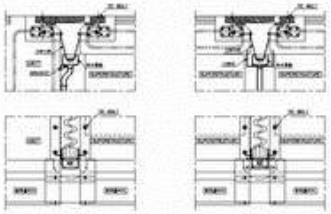
4. 비고에 표기된 참고기준은 강재 핑거조인트 기준이며, 알루미늄합금 제품의 재질규정은 양화대교 성능개선공사에 적용된 프랑스 시방기준에 준함.

(3.1) 핑거 조인트의 재질 및 치수는 일반적인 기준을 나타낸 것이며, 사용되는 제품의 종류, 규격에 따라 재질, 두께등이 변화되므로 구조계산에 의해 허용응력 만족여부를 반드시 확인해야 함.

3.2 구조검토

구 분	현 행	개 선
구 조 계 산	구조검토 미실시 (전문업체별 기성제품 사용)	구조계산에 따라 구조검토를 실시하여 구조계산서에 수록 (기성제품 사용의 안전성 확인) ① 설계하중 P=9.600tonf, 충격계수 i=1.000 ② 재질, 판두께, 기본치수 최소기준 만족 ③ 핑거 길이 및 복부유간거리 검토 ④ 핑거 플레이트 두께 검토 ⑤ 주요부위에 대한 응력 검토

3.3 배수처리 개선안

구 분	현 행	개 선
배수 처리 방안	-제작사 별로 배수형식과 비배수 형식을 혼용해서 적용	-신축량 160mm 이하는 비배수 형식, 160~250mm는 배수 또는 비배수형식, 250mm 이상은 배수형식 적용이 바람직함. (조인트 하부공간, 탄성고무 수밀성 고려 등)
비배수형식 차수재료	-탄성고무주름판, EVAZOTE등	-좌동
배수형식 하 부 고무시트	-볼트 체결로 개폐가능한 구조 • '하자현황 분석에 따른 교량 신축이음장치 적용형식 검토 (구조계11107-19, '02. 7. 11)'에 따름. 	-볼트가 없는 일체형 구조 • 유지관리용 볼트 체결시 볼트 체결 개소수가 많고(30cm 내외 간격) 공간이 협소하여 실질적인 유지관리 곤란 • 핑거하부 이물질 적체시는 고압살수 또는 핑거 해체후 청소가능 (핑거 하부 고무시트는 배수를 위해 1% 이상 횡단경사 처리) 
배수형식의 집수처리	-별도의 집수장치 없음	-교대부:필요시 집수구(우수홈통)를 교대벽체에 설치  -교각부:집수구 설치가 곤란하므로 가능한한 비배수 형식을 적용하되 부득이하게 배수형식 적용시는 여건에 맞는 집수장치 설치
적용방안	-핑거형 조인트의 단점인 누수문제에 대해 현재 뚜렷한 해결책을 찾지 못하고 있는 실정이며, 핑거조인트 배수시설 설치 사례가 미미하여 비교분석이 곤란하므로 본 개선방안과 같이 신축량에 따라 구분하여 배수형식, 비배수 형식을 적용하고 향후에 시공사례 등을 분석하여 누수방지 및 배수처리 방안을 재검토 -배수형 조인트에서 집수구 필요시는 교량 배수시설에 포함(도면작성 및 공사비 반영)	

3.4 곡선교/사교 적용

구 분	현 행	개 선
곡선교/ 사교 적용	-최소 사각 25~30°까지 주문 생산 가능하며 제작사별로 사각 및 선형 조건에 따라 별도 검토 후 적용 -곡선교 설치지양	-고속도로 교량의 중요성과 비틀림 등을 감안하여 일반적으로 사각[1)] 60°이상에 적용하되 그 이하는 상세 검토 후 적용여부 판단, -곡선교에서 받침이 접선방향 배치시는 일반형식과 동일하게 적용이 가능하나, 현방향 배치시는 별도 상세 검토시행 후 적용여부 판단.
적용방안	-사교에서 핑거조인트는 일반적으로 사각60°이상에 사용하되 그 이하 사각에 대해서는 상세 검토후 적용여부 판단. -곡선교는 받침의 배치방법에 따라 적용 여부 판단. (받침이 현방향 배치시는 상세 검토 필요)	

註) 1. 여기서 사각은 교축방향을 기준으로 교축 직각방향으로 측정한 각도임.

4. 결론

4.1 검토결론

(1) 상기 제4항의 개선방안에 따라 핑거형 신축이음장치를 적용하되

(2) 핑거형태와 재질, 핑거 고정방법, 배수처리방법 등에 따라 다양한 형식이 있으므로 구조계산 등을 통해 안전성과 시공성, 유지관리 편의성 등이 입증된 제품을 선정하여 설계 및 시공에 적용

(3) 추후 시공사례 분석을 통해 형식, 재질, 배수처리방법 등 재검토 필요.

4.2 적용방안

(1) 2004. 12월 이후 설계준공 노선부터 시행

(2) 설계완료 또는 공사중인 노선은 관련부서에서 적용여부 판단.