신축이음장치 개선 적용방안

제공처 : 한국도로공사 구조물처

출처 : 2009년도 고속도로 설계 실무자료집(2010, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 교량 신축이음장치의 사용년수, 파손유형등 사용실태 검토를 통해 유지관리에 유리한 형식을 적용하고 내구수명을 향상코자 함

(2) 『2009. 2. 26 구조물담당자 워크샵 中지역본부 · 지사 건의사항』

(2.1) 현재 고속도로 신설공사의 신축이음장치 설계 및 시공시 적용하고 있는 모노셀 형식을 유지관리시 적용하고 있는 뉴모노셀 형식으로 적용되도록 요청(사유 : 내구성 유리)

(3) 『레일식 신축이음장치의 내구성 향상방안(제안1등급)』 확대적용

(3.1) 지지부속장치의 주기적 교체에 의한 레일식 신축이음장치 내구수명 향상

2. 현황 및 문제점

2.1 신축이음장치 적용실태

(1) 추진경위

(1.1) 교량 신축이음 시공개선 검토【설계이 13201-30331호(1999.8)】

(1.1.1) 트랜스플렉스(TF)형식은 연약지반, 기존형식 교체시를 제외하고 사용지양

(1.1.2) 고무판형식[NB(ACE),TF]은 사교에서 사용을 지양하고 모노셀,레일식 사용

(1.2) 하자현황 분석에 따른 교량 신축이음장치 적용형식 검토【구조계 11107-19호(2002.7.11)】

(1.2.1) 유지관리를 고려한 규격별 신축이음장치 형식기준 설정

(1.3) 핑거조인트 설계기준 및 개선방안 검토【설계설 10207-138호(2004.5.12)】

(1.3.1) 핑거조인트의 설계하중, 설계방법, 재질, 곡선교 · 사교 적용방안등 기준 수립

(1.4) 강핑거형 신축이음장치 관리방안【구조물처-443호(2009.2.12)】

(2) 현 적용기준【구조계 11107-19호(2002.7.11.)】

형 식	고무형식		강재형식	
종 류	TF/NB(ACE)	모노셀	레일식 (스트립씰)	레일식/강핑거
규 격 (m/m)	-	60이하	100이하	100초과
특 징	연약지반 및 기존 형식 교체시 사용	누수방지 및 내구성 우수	누수방지 및 내구성 우수	레일식은 주거지역등이 인접하여 민원발생이 예상 되는 곳에서는 사용지양

(3) 사업단계별 신축이음장치 적용실태

<table>
<tr><th colspan="2">단 계</th><th>주 관</th><th>적 용 실 태</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="2">신설
(확장)</td><td>설계</td><td>설계처</td><td>◦ 현 적용기준에 따라 설계하며 규격에 따라
- 고무형식 : 주로 모노셀 또는 NB 적용
[60m/m이하 : 모노셀, 120m/m이하 : NB]
- 강재형식 : 레일식 또는 강핑거 적용
[100m/m이하 : 레일식, 100m/m초과 : 레일식,강핑거]</td><td></td></tr>
<tr><td>시공</td><td>건설사업단
(건설관리처)</td><td>◦ 신축량 및 경제성등의 재검토를 통해 변경적용
- 고무형식 : 주로 모노셀로 적용
- 강재형식 : 여건(소음, 교통량에 따른 보수여건, 곡선교 여부, Skew등)을 고려 레일식 또는 강핑거 적용</td><td>(예)
· 대전-당진
· 수도권</td></tr>
<tr><td colspan="2">유지관리
(설계,시공)</td><td>지역본부
/지사</td><td>◦ 파손으로 인한 교체공사시 적용
- 고무형식 : 주로 차륜접지면이 강재인 형식 적용
(뉴모노셀,윙플렉스등)
* 적용사유 : 차륜 접지면이 강재로서 내구성 유리
- 강재형식 : 여건에 따라 레일식 또는 강핑거를 적용하고 있으나 주로 강핑거 적용
※ 최근 5년간(2004~2008) 교체한 신축이음장치 현황
[고무형식 : 교체되어 신규설치된 형식, 최근5년]
<table>
<tr><th>구 분</th><th>개 소</th><th>비율(%)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>계</td><td>1,197</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>뉴모노셀</td><td>755</td><td>63.0</td><td rowspan="2">차륜접지면이
강재인 형식 78%</td></tr>
<tr><td>윙플렉스</td><td>179</td><td>15.0</td></tr>
<tr><td>모노셀</td><td>221</td><td>18.5</td><td></td></tr>
<tr><td>NB,TF등</td><td>42</td><td>3.5</td><td></td></tr>
</table>
[강재형식 : 교체되어 신규설치된 형식, 최근5년]
<table>
<tr><th>구 분</th><th>개 소</th><th>비율(%)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>계</td><td>244</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>레일식</td><td>41</td><td>16.8</td><td></td></tr>
<tr><td>강핑거</td><td>203</td><td>83.2</td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

2.2 적용상 문제점

(1) 단계별(신설/유지관리) 적용형식 상이

(1.1) 신설(확장)공사

(1.1.1) 설계 : 고무형식- 주로 모노셀 · NB조인트, 강재형식- 주로 레일식 · 강핑거

(1.1.2) 시공 : 고무형식- 주로 모노셀, 강재형식- 주로 레일식 · 강핑거

(1.2) 유지관리공사

(1.2.1) 설계(시공) : 고무형식- 주로 뉴모노셀, 기타(모노셀,NB,TF등)
강재형식- 주로 레일식 · 강핑거

(1.2.2) 고무형식의 경우 신설공사와 유지관리공사의 적용형식 상이

(2) 형식별 특정결함 지속발생 및 레일식 보수비용 과다 소요

(2.1) 고무형식

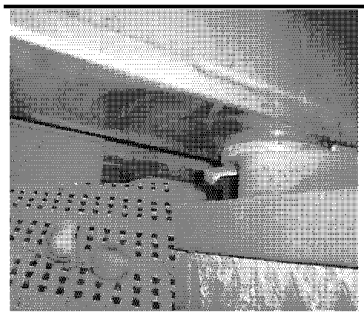
(2.1.1) 교체사유의 대부분이 반복적 차륜 접지에 의한 고무재의 파손

(2.1.2) 분절부(1.8m단위) 방수취약에 따른 누수(코핑부 열화원인)

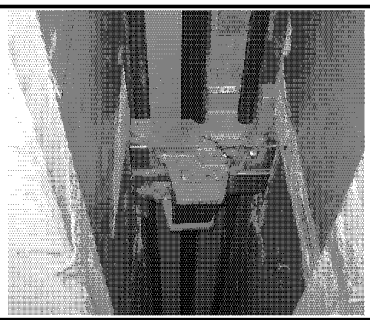
(2.2) 강재형식

(2.2.1) 레일식 : 지지부속장치(지지빔, 베어링) 파손, 레일파손

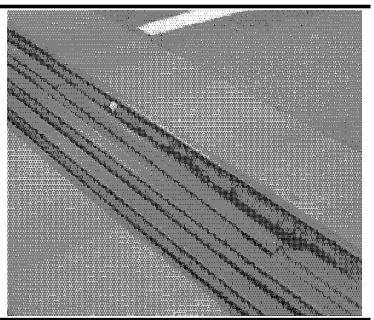
※ 레일식(WSF) 신축이음 파손 메카니즘 : 베어링파손 ⇒ 지지빔 파손 ⇒ 레일파손 (하중전달경로의 역방향)



하부베어링 파손 및 이탈



지지빔 파단



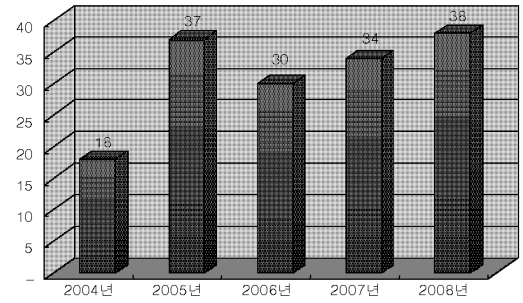
레일 파단

(2.2.2) 강핑거 : 고정볼트 결함(파손,풀림), 핑거판 단차(솟음)

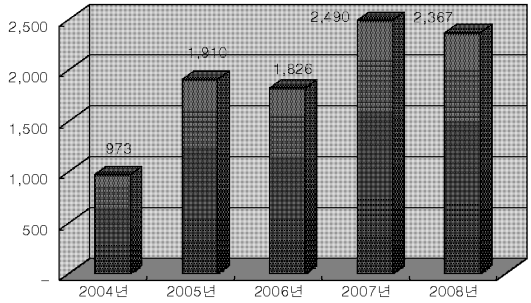
※ 레일식 신축이음장치 파손으로 인한 전면교체비용 : 최근 5년간 96억

구 분	계	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
개 소	157	18	37	30	34	38
평균공용년수(년)		6.54	7.23	8.28	8.73	8.57
비용(백만원)	9,566	973	1,910	1,826	2,490	2,367

* 준공 5년미만 파손 : 16개소(10%), 준공 6년미만 파손 : 35개소(22.3%)



< 교체개소 >



< 교체비용 >

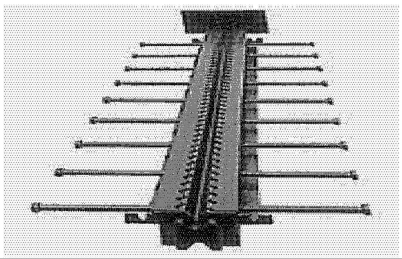
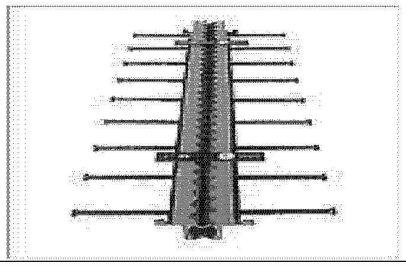
- 참고 : 강핑거 파손으로 인한 교체비용 : 최근 5년간 2.3억

3. 개선내용

(1) 신설(설계 · 건설)시 신축이음장치 적용형식 변경검토

(1.1) 고무형식

(1.1.1) “모노셀 타입” & “차륜접지면이 강재인 모노셀 타입” 비교

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">모노셀 타입</th><th colspan="2">접지면이 강재인 모노셀 타입</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">단 가(주1)</td><td>2G</td><td>350,000</td><td>No.30</td><td>480,000</td><td rowspan="3">1.3~
1.6배</td></tr>
<tr><td>4G</td><td>430,000</td><td>No.50</td><td>560,000</td></tr>
<tr><td>6G</td><td>500,000</td><td>No.60</td><td>810,000</td></tr>
<tr><td>형 태</td><td colspan="2">◦ 맞댐형식으로 차륜접지면이 고무로 처리됨
</td><td colspan="2">◦ 맞댐형식으로 차륜접지면을 강재로 제작
</td><td></td></tr>
<tr><td>특 징</td><td colspan="4">◦ 단지 주행면의 재질차이 이외에 변위 흡수능력, 분절생산 및 분절시공방식, 적용가능 신축량 등에는 특별한 차이점 없음</td><td></td></tr>
</table>

※ (주1) : 고속도로 신설공사 설계단가(자재비 + 설치비)

구 분	모노셀 타입	접지면이 강재인 모노셀 타입	비고
내구성	◦평균 교체주기는 8.0년이나[주2] 5년이내 조기교체비율 13.3%[주3] (교체사유 : 주로 고무재 파손)	◦공용된지 1~5년정도로서 현재까지 5년이내 조기파손으로 인한 교체는 없음[주3]	
	◦ 신설시 '모노셀'로 시공하는 경우보다 '접지면이 강재인 모노셀' 타입으로 시공하는 것이 초기투자비는 많으나 차륜접지면 재료가 고무에 비해 강재가 견고함을 고려할 때 내구성 측면에서도 유리할 것으로 예상됨		
유지관리 용이성	◦고무재 파손으로 인한 소음, 사고위험 및 교체공사시 지정체 발생등 상대적으로 유지관리 불리	◦모노셀에 비해 주행면 파손 및 소음이 적어 상대적으로 유리	

※ (주2) : 『출처』- 2003년 고속도로 교량형식별 생애주기비용(LCC) 분석연구

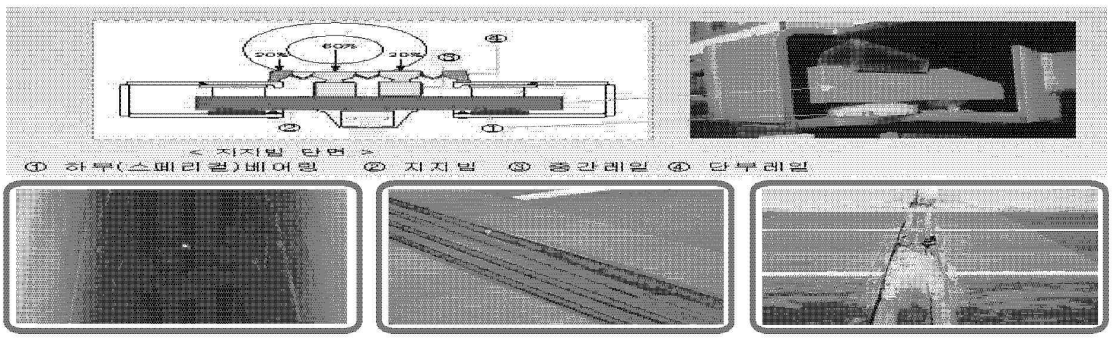
(주3) : 『출처』- 별첨 『최근 5년간 교체현황 조사결과(조사기간 : 2009.3.11~3.31)』

(1.1.2) 따라서, 고무형식은 내구성 및 유지관리 용이성을 고려하여 "차륜접지면이 강재인 모노셀 타입" 으로 적용함이 유리

(1.2) 강재형식

(1.2.1) 레일식 신축이음장치의 교체원인이 주로 지지부속장치 파손에 의한 것이므로 가급적 부속장치가 없거나 단순한 강핑거형식 적용 필요

* 레일식 신축이음장치 단면도



○ 내구성면에서 레일식은 No 160미만인 경우에 중간레일 및 하부 지지장치가 없어 유리하나, No 160이상에서는 주변장치가 단순한 핑거식이 유리함

○ 또한, No 160이상 형식에서는 핑거식의 설치비용이 저렴(설계처 설계단가)

(단위 : 천원/m)

구 분	No 50	No 80	No 160	No 240	No 320
핑거식	1,182	1,286	3,328	4,267	5,222
레일식	966	1,084	3,334	4,693	6,130

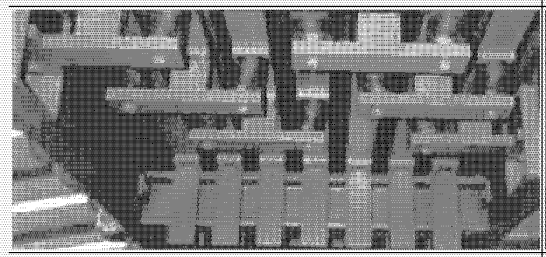
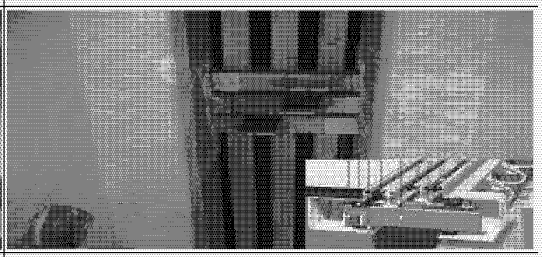
(2) 유지관리현장의 신축이음장치 내구성 향상방안 검토

(2.1) 『(제안)레일식 신축이음장치 내구성 향상방안』의 확대 적용성

(2.1.1) 제안내용 요약(※ 2008. 3/4분기 제안 1등급) : 세부내용

○ 레일식 신축이음장치의 파손진행 메카니즘 분석

- WSF, 마우라, DS브라운, MAGABA 형식별 파손사례를 통한 분석 시행

단지지식(MAGABA, URJ)	다지지식(WSF, 마우라, DS브라운)
	
- 컨트롤 박스에 1개의 지지빔을 설치 - 별도의 간격조절장치로 간격 유지	- 중간레일과 지지빔이 용접 연결됨 - 중간레일 1개에 지지빔이 1개씩 추가됨

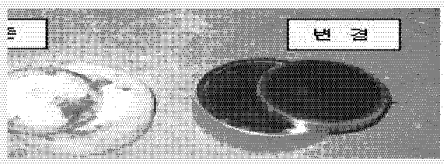
- 제품별 부속자재의 파손메카니즘 분석

: 하부베어링 이탈 및 파손 ⇒ 지지빔 파단 ⇒ 레일파단

○ 파손의 진행을 막을수 있는 예방적 유지보수방안 도출

- 하부베어링 재질이 플라스틱인 WSF 형식

: 평균공용기간 이상 경과된 하부베어링 사전 교체(플라스틱 계열 → 강재)



(2.1.2) 레일식(WSF) 신축이음장치의 하부베어링 사전교체는 교통제한 없이 가능하며 내구수명 연장 및 유지관리 효과가 탁월할 것으로 판단됨

4. 결론

4.1 검토결과

(1) 유지관리에 유리한 형식으로 적용기준 변경

(1.1) 고무형식

현 재		변 경
모노셀	⇨	(차륜접지면이 강재이며+분절부 방수기능이 우수한) 형식

※ 차륜접지면이강재인모노셀타입(예) : 뉴모노셀, MC Steel, 스틸모노셀, 윙플렉스, GSMJoint등…

* 상기 타입(예)는 제작회사별 제품명이며 특정형식을 지칭하는 것이 아님

(1.2) 강재형식

(1.2.1) 신축량 100mm이하 규격은 중간레일 및 지지빔이 없는 형태인 레일식(스트립씰)을 적용하거나 강핑거 적용 가능

(1.2.2) 신축량 100mm초과 규격은 중간레일 및 지지빔이 있는 레일식을 가급적 지양하고 지지구조가 단순한 핑거식으로 적용

(1.2.3) 핑거식 적용시 배수방식을 원칙으로 하고 신축량 160mm 이하는 방수가 가능한 비배수방식 적용 가능『설계처-1859호('08.7.11) 교량신축이음장치 누수방지시설 검토』

(1.3) 단, 핑거형 설치시 다음의 경우에는 별도 검토하여 적용 여부 판단

(1.3.1) 곡선교 및 사교 : 「설계설 10207-138호(2004.5.12)」에 의거 받침방향 및 사각의 크기에 따라 적용여부 별도 검토

(1.3.2) 연약지반교량은 사용 지양

(1.3.3) 종단경사가 심한 교량은 가동단에서 수평이동으로 인한 핑거간 단차발생을 고려하여 적용가능여부 시공전 검토

(2) 신축이음장치 변경 적용기준(안)

형 식	고무형식		강재형식	
종 류	TF/NB(ACE)	차륜접지면이 강재인 모노셀 타입	레일식(스트립씰)/ 강핑거	강핑거
규 격 (m/m)	-	60이하	100이하	100초과
적용시 참고사항	연약지반 및 기존 형식 교체시 사용	분절부 방수기능이 우수한 형식 적용	누수방지 및 내구성 우수	강핑거 적용이 불가한 경우 레일식 적용 가능

4.2 향후계획

(1) 신축이음장치 설계 및 시공형식 변경 적용

(1.1) 설계중인 노선 : 변경 기준(안) 적용

(1.2) 공사중인 노선 : 공사주관(시행)부서에서 공사여건 및 공정현황등을 판단하여 적용

(2) 공용중인 신축이음장치의 예방적 유지관리 시행

(2.1) 레일식 : 공용9년 이상된 WSF형식의 레일식 신축이음장치 하부베어링 사전교체 시행 [2010년도 사업계획 수립시 반영]

(2.1.1) 레일식 신축이음장치 평균교체주기 : 9년 [2003년고속도로교량형식별생애주기비용(LCC) 분석연구]