천안-논산간고속도로건설공사4공구 (준공현장)

요룡교 신축이음부 유간 검토

2009. 10.

GS건설주식회사

기술본부/토목구조팀

1. 검 토 개 요

본 검토는 당사에서 준공한 천안-논산간 고속도로 건설공사 4공사 중 오룡교의 교량 신축이음 유간부족에 대한 원인규명 및 보수방안에 대한 검토를 목적으로 한다.

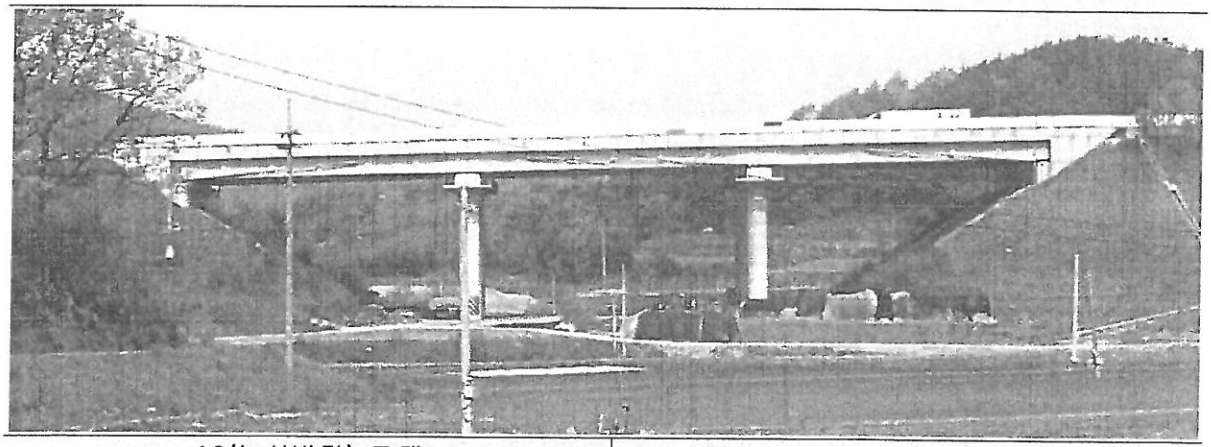
검토 결과, 신축이음 유간 확보를 위해 단부 슬래브를 일부 절단해야 할 것으로 판단되며, 교대 흉벽 전면부에 균열은 신축이음 유간 확보를 위한 보수가 완료된 후 보수를 시행하여야 한다.

2. 검 토 현 황

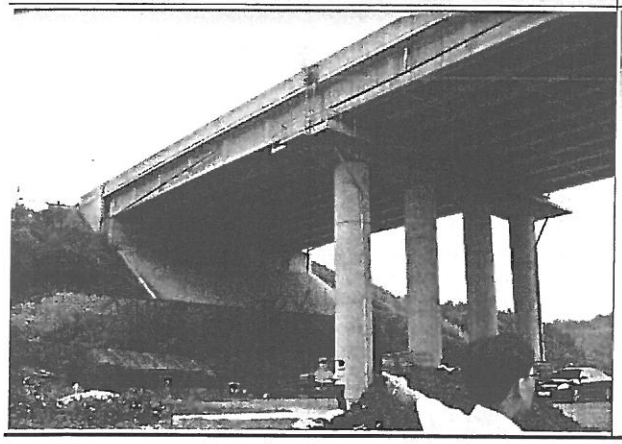
2.1 구조물 현황

구 분		내 용			
교 량 명		오룡교			
준공년도		2002년 12월23일			
설계하중		DB-24			
제원	연장	L = 90.0 m(3 @ 30.0 = 90.0 m)			
	폭	B = 24.3 m, 4차로			
구조형식	상 부	PSC I형교 (PSC)	기초형식	교 대	강관 PILE기초
	하 부	교대 : 역T형식 교각 : 다주식		교 각	강관 PILE기초
교량받침		탄성고무받침	신축이음		MONOCELL JOINT
교차시설물		리도 및 계곡 횡단	통과높이		20.8 m

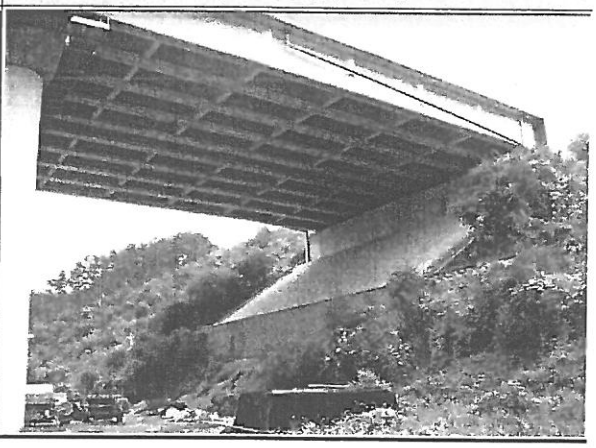
측 면 전 경



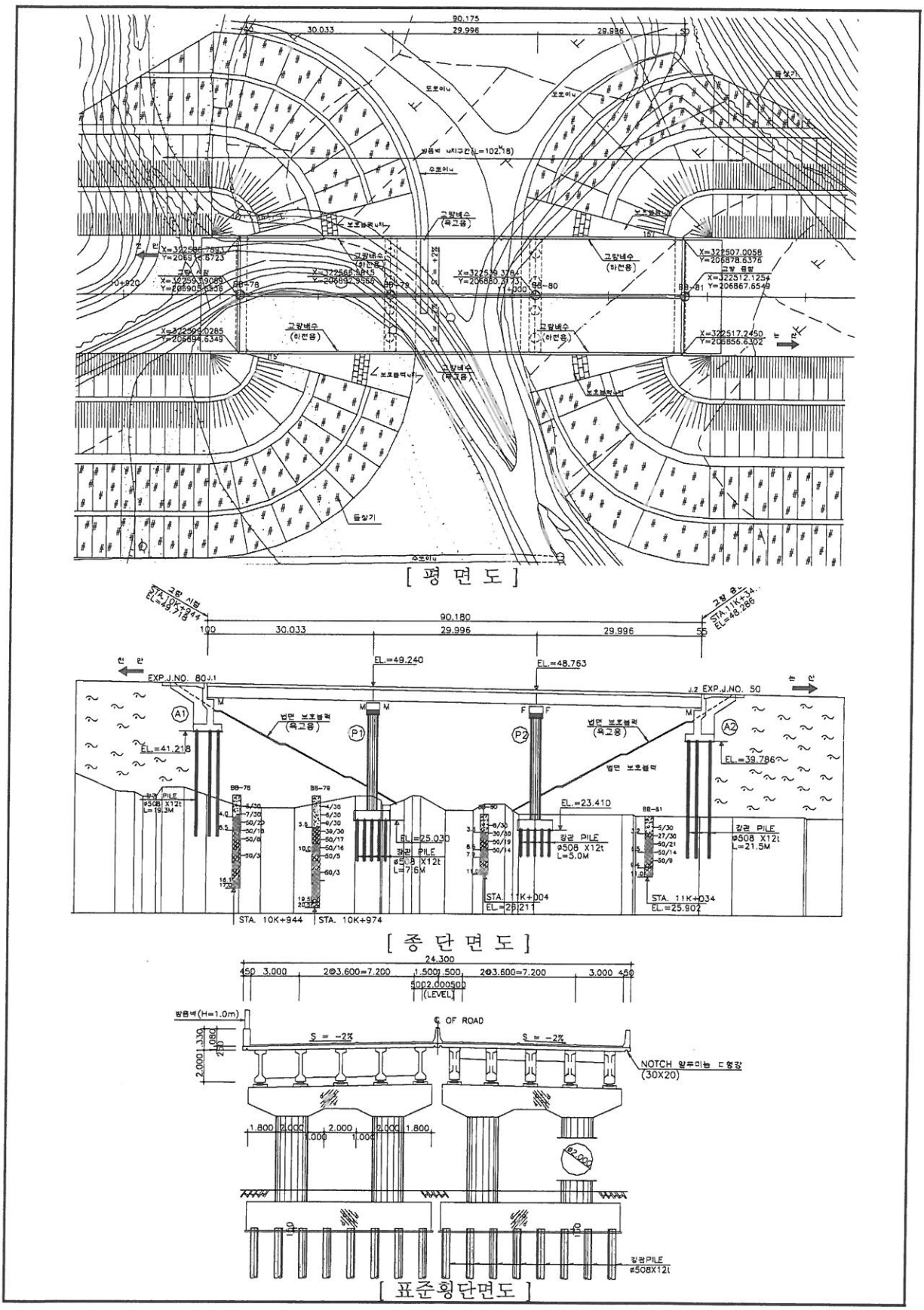
A2(논산방향) 교대



A1(천안방향) 교대



2.2 구조물도 현황


90.175
30.033
29.996
29.996
도로이나
수로이나
보호블록나기
고망벽수
(옥고용)
고망벽수
(하천용)
X=322586.7891
Y=206916.6723
X=322593.9089
Y=206905.5536
BB-78
X=322586.5215
Y=206892.9556
BB-79
X=322539.3784
Y=206880.3173
BB-80
X=322507.0058
Y=206878.6376
BB-81
X=322512.1254
Y=206867.6549
X=322517.2450
Y=206856.6102
X=322559.0285
Y=206894.6349
10+920
11+000
들잡기
[평 면 도]
90.180
30.033
29.996
29.996
EL.=49.240
EL.=48.763
EXP.J.NO. 80
EXP.J.NO. 50
A1
P1
P2
A2
법면 보호블럭
(옥고용)
EL.=41.218
EL.=39.786
EL.=23.410
EL.=25.030
강관 PILE
ø508 X12t
L=7.6M
L=5.0M
L=21.5M
STA. 10K+944
STA. 10K+974
STA. 11K+004
EL.=25.211
STA. 11K+034
EL.=25.902
[종 단 면 도]
24.300
3.000
2@3.600=7.200
1.500
2@3.600=7.200
3.000
(LEVEL)
방음벽(H=1.0m)
℄ OF ROAD
S = -2%
NOTCH 알루미늄 C형장
(30X20)
1.800
2.000
1.000
강관PILE
ø508X12t
[표준횡단면도]

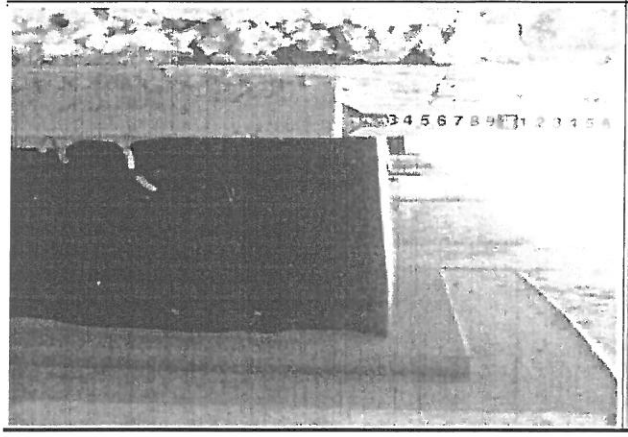
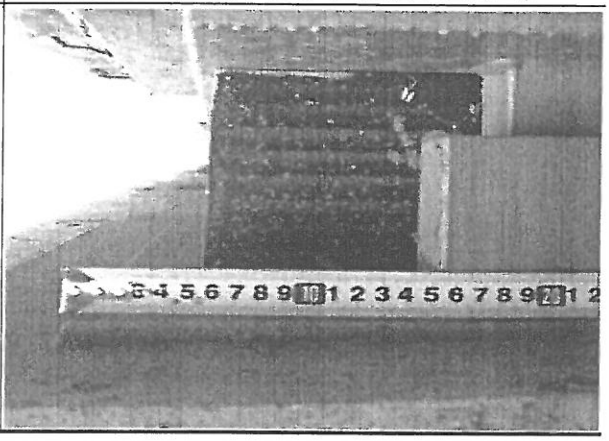
2.2 검토방법

1) 현장조사(2009.9.17): 신축이음 및 상부슬래브와 교대의 유간 등 교량의 전체적인 외관조사

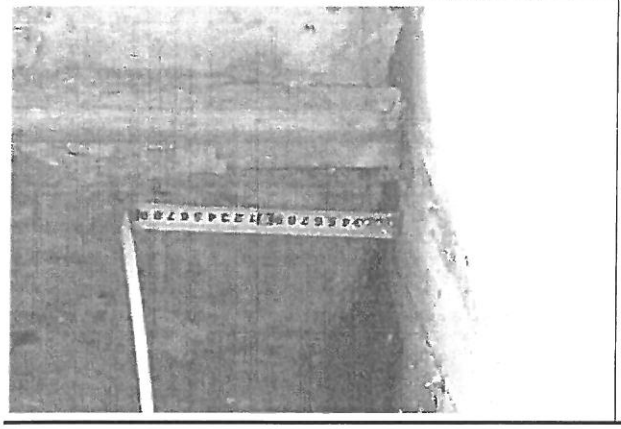
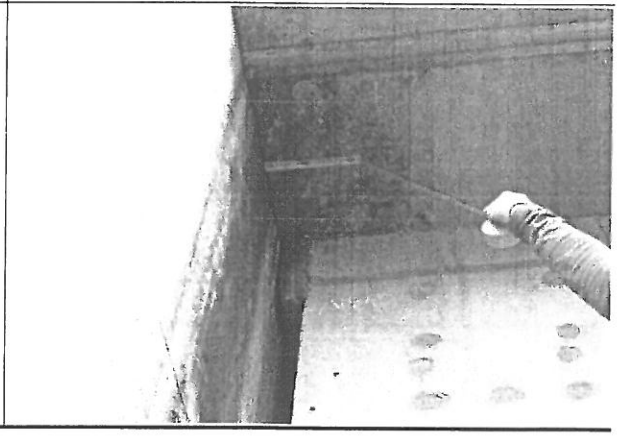
3. 검 토 내 용

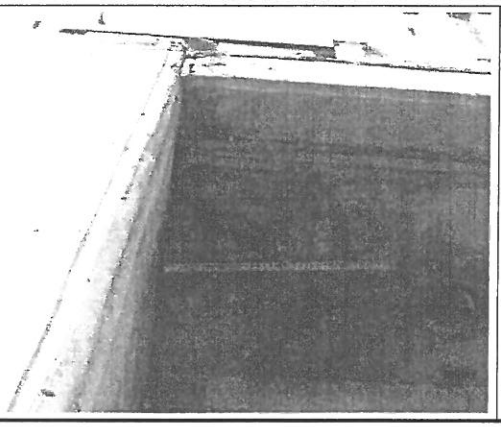
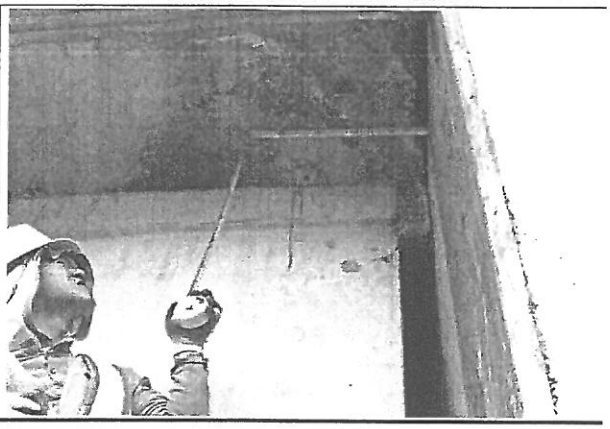
3.1 현장조사 결과

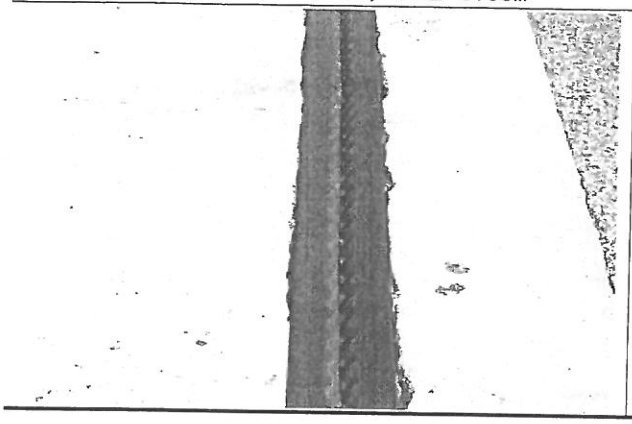
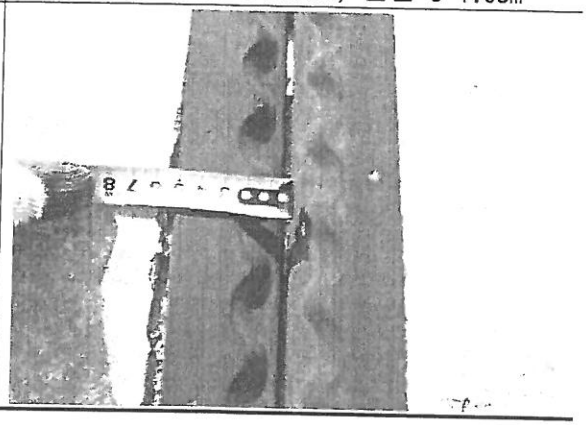
1) 교좌받침 이동 현황

받침 고무재, Plate 밀림(A1 전개소)	받침 고무재, Plate 밀림(A2 전개소)
	

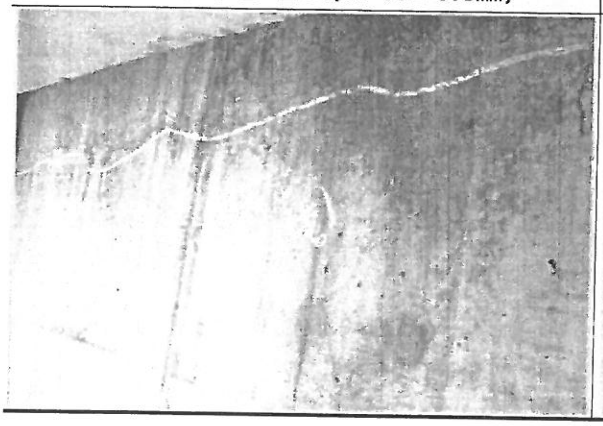
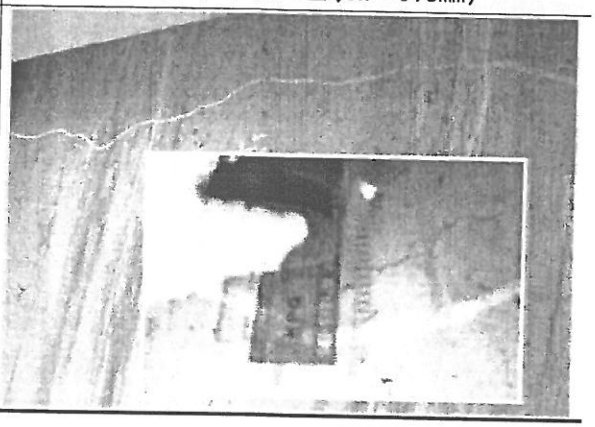
3) 유간현황

A1지점 바닥판 유간	
천안방향 : 내측 0.0cm, 외측 2.0cm	논산방향 : 0.0cm
	

A2지점 바닥판 유간	
천안방향 : 0.0cm	논산방향 : 0.0~0.2cm
	

신축이음장치 유간	
A1지점: 천안 0.0cm, 논산 0.0cm	A2지점: 천안 0~0.5cm, 논산 0~1.0cm
	

3) 교량 전반적인 외관 현황

A1 흉벽 수평 균열(cw=0.2~0.3mm)	A2 흉벽 수평균열(cw≥0.3mm)
	

4) 교량 외관조사 결과

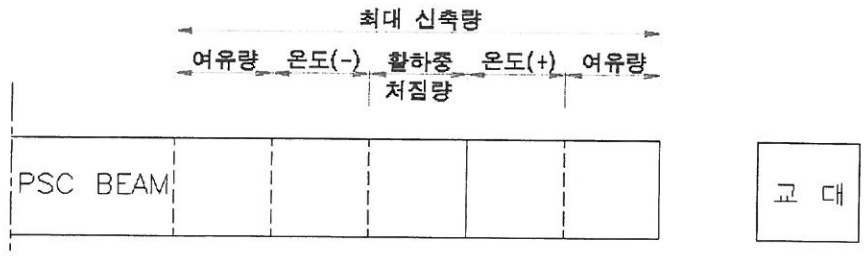
① 교좌받침 현황
i) 고무재 및 Plate 밀림 현상 발생
② 교대와 상부슬래브의 현황
i) A1 교대:
- 외관조사 결과 유간 밀착 (설계유간 80mm)
ii) A2 교대:
- 외관조사 결과 유간 밀착 (설계유간 50mm)
iii) 육안 확인 결과 신축이음 유간 미확보 상태임.
③ 교대 현황
i) A1,A2 교대 흉벽 수평균열 발생

3.2 보수 보강 방안

1) 시/종점부 신축이음부 유간 확보 방안

현황조사결과 단부 슬래브는 교대 흉벽에 밀착되어 있으며 유간이 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 검토된 신축량 만큼 유간을 확보할 수 있도록 단부슬래브를 절단해야 할 것으로 판단된다.

도로교 설계기준에 따른 예상 신축량은 다음과 같다.(도로교설계기준 2008 p.93 참조)



☞ 최대신축량 = ① + ② = 0.4L + 0.08L + 10 = 0.48L + 10

A1 교대 예상 최대 신축량: 38.8mm

A2 교대 예상 최대 신축량: 24.4mm

계산근거)

① 기본 신축장 (신축장 100 m 미만일 경우)

기본 신축장 = 온도에 의한 신축량 + 건조수축에 의한 신축량 + 크리프에 의한 신축량
= 0.4 L + 0 + 0 = 0.4 L

여기서; 온도에 의한 신축량: 0.4 L (온도변화 -5℃ ~ 35℃)
건조수축에 의한 신축량: 0.1 L ⇒ 0 (∵ 가설 후 7년 경과)
크리프에 의한 신축량: 0.2 L ⇒ 0 (∵ 가설 후 7년 경과)
L: 신축장

② 여유량 = 기본신축장 X 20% +10mm = 0.08 L + 10

∴ 상기의 예상 신축량 이상 유간을 확보토록 단부 슬래브를 절단해야 하며,(단, 작업시 외기온도를 고려하여 유간을 조정해야 함.) 신축이음 장치는 최대신축량 이상의 용량을 확보해야 할 것으로 판단된다.

2) 교대 흉벽 균열 보수 방안

교대흉벽 균열의 주원인은 설계유간의 미확보에 의한 것이므로 근본적인 보강방안은 교대 유간이 확보되지 않는 단부 슬래브를 절단하여 종방향 변형에 대한 유간을 확보하여야 하며, 이에 따른 신축이음장치, 방호벽 등을 재시공하여야 한다.

균열의 보수공법을 선정하기 위해서는 보수의 목적, 균열의 형태 및 원인을 신중하게 평가하여야 하며, 구조물의 안전성, 내구성과 더불어 안전의식을 생각한 외관적 측면도 고려하여야 한다. 따라서 본 구조물의 보수방법으로 다음과 같이 제안한다.

1) 보수목적 : 철근의 부식방지를 위한 내구성 향상, 외관적 측면 고려
2) 균열폭에 따른 보수방법 (건설교통부의 기준에 따르면 0.3 mm 이상의 균열에 대하여 보수)
   ▣ 0.3 mm 미만 : 표면처리 공법
   ▣ 0.3 mm 이상 : 에폭시수지 주입공법
3) 보수시기 : 설계유간의 확보가 완료된 후 시행토록 한다.

■ 표면처리공법 (균열폭 0.3mm 미만의 경우)

미세한 균열(0.3 mm 미만)위에 도막을 형성하여 내구성을 향상시킬 목적으로 사용되며, 본 구조물과 같이 국부적인 균열의 경우에는 균열부분만을 피복하는 방법이 적절할 것으로 판단된다. 구체적인 방법은 균열선을 따라 폭 50~100 mm를 와이어 블러쉬로 청소후 시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다.

■ 에폭시수지 주입공법 (균열폭 0.3mm 이상의 경우)

고점성, 고강도의 에폭시 수지를 균열부위에 주입하여 콘크리트의 내구성을 향상시키는 공법으로, 시공위치, 작업시간, 균열폭에 대응하는 재료를 선정하는 것이 중요하다. 균열의 폭은 0.3 mm 이상이므로 가장 일반적인 방법인 주사기를 사용한 저속, 저압식 주입공법이 적절할 것으로 판단된다. 균열충전용 에폭시 수지의 품질기준은 다음과 같으며, 시공전에 검증시험에 의거 품질과 시공성능을 확인하여야 한다.

< 에폭시 수지의 품질기준 >

항 목	기 준
비 중	표준치 ±0.1
슬 럼 프	3mm 이내
가열감량	5% 이하
인장강도	20 kgf/cm^2
신 장 률	20% 이상
인장부착강도	10 kgf/cm^2
파단변형률	10% 이상
방 수 성	소요값이상

< 에폭시 수지 주입재료의 품질 >

항 목	기 준
비 중	1.0~1.4
점 성 도	10,000cp 이하
인장강도	100 kgf/cm^2 이상
휨 강 도	150 kgf/cm^2 이상
압축강도	400 kgf/cm^2 이상

4. 검 토 결 론

당사에서 준공한 천안-논산간 고속도로 4공구 건설공사 중 오룡교에 대한 신축이음부 유간 검토를 수행한 결과는 다음과 같다.

1) 현장 점검 결과 무수축 몰탈, 받침콘크리트에는 균열이 발생하지 않았다. 그러나 교대 흉벽은 신축이음부 설계유간 부족 및 교대측방이동(지반팀 검토서 참조)에 따른 균열이 발생하였다.

2) 교대 흉벽 균열의 주원인은 설계유간의 미확보에 의한 것이므로 근본적인 보강방안은 교대 유간이 확보되지 않는 단부 슬래브를 절단(3.2절 참조)하여 종방향 변형에 대한 유간(최소 A1: 38.8mm, A2: 24.4mm)을 확보하여야 하며, 이에 따른 균열보수 및 신축이음장치, 방호벽 등을 재시공하여야 한다.

3) 교대 받침장치는 하부 Plate의 중심선이 상부 Plate 중심선보다 내측에 위치하므로 교량받침 전문시공업체에 의뢰하여 보수해야 한다.

4) 상기 보수는 전문 업체에 맡겨 실시하여야 한다.

천안-논산간 고속도로 4공구

오룡교 유간축소 원인 분석

2009. 11.

GS건설주식회사
기술본부 / 지반팀

1. 검토 목적

- 본 검토는 「천안-논산 고속도로(4공구)」 준공현장의 오룡교 유간축소에 대한 원인을 분석하고 필요시 대책방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

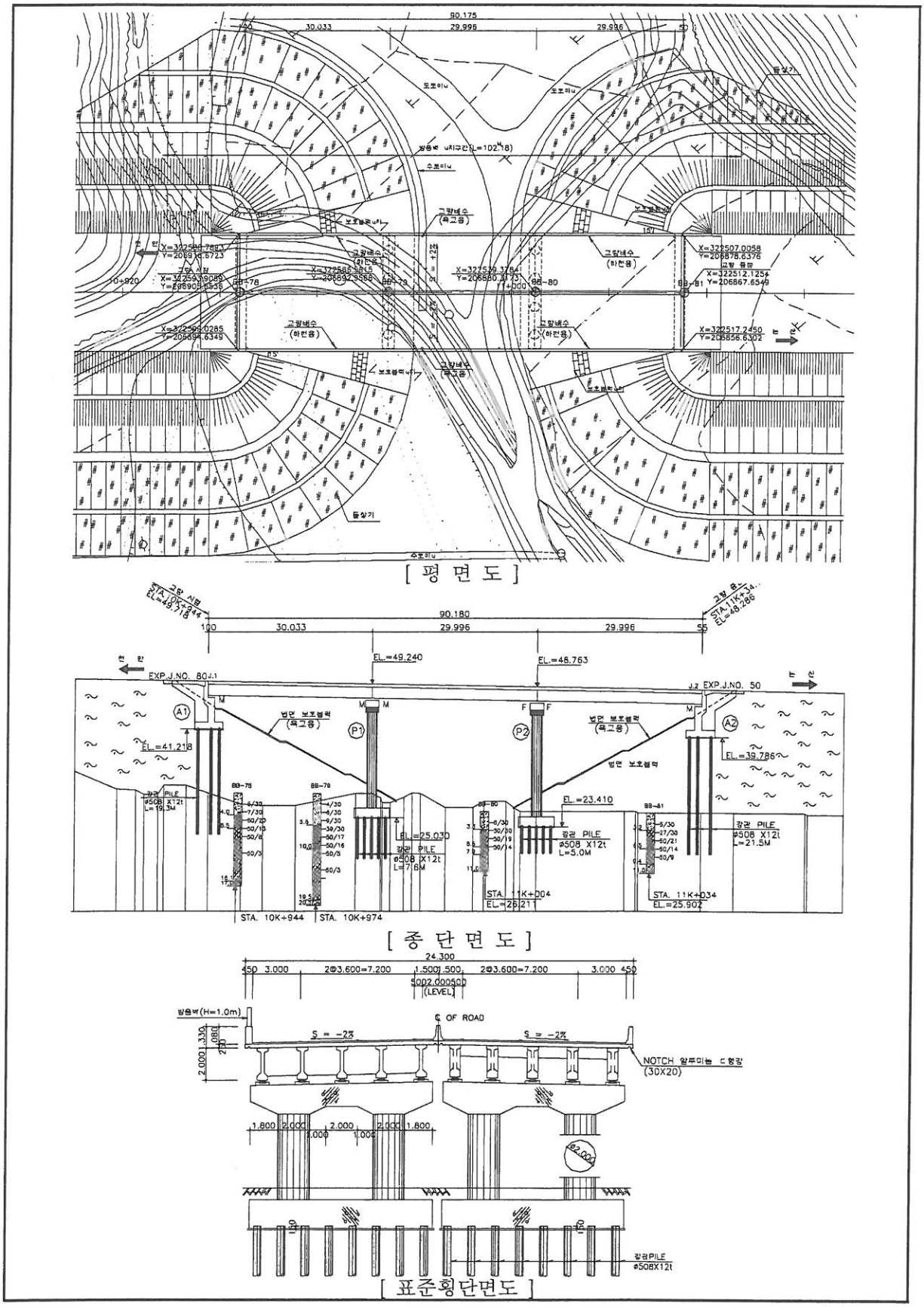
2. 교량 현황

2.1 설계현황

- 교량 현황은 [표 2.1]과 같으며, 설계 종평면 현황은 [그림 2.1]과 같다.

[표 2.1] 오룡교 현황

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>오룡교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2002년 12월23일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>논산천안기타교량-38</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>(주)동부엔지니어링</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>LG건설(주),쌍용건설(주)
한일건설(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소 재 지</td><td colspan="4">공주시 이인면 오룡리</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">논산천안고속도로
(순천기점 231.611k)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 90.0 m(3 @ 30.0 = 90.0 m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.3 m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상 부</td><td>PSC I형교 (PSCI)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 대</td><td>강관 PILE기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대 : 역T형식(RTA)
교각 : 라멘식(RAP)</td><td>교 각</td><td>강관 PILE기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성고무받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>MONOCELL JOINT</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>리도 및 계곡 횡단</td><td colspan="2">통과높이</td><td>20.8 m (교고)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">- 평면형상 : 사각이 없는 직선교 - 중앙분리대 : 콘크리트
- 포장유형 : 아스팔트 포장 - 조명 시설 : -
- 난간유형 : 콘크리트</td></tr>
</table>



[그림 2.1] 오룡교 설계현황

• 설계도서에 제시된 지층 및 기초형식 현황은 다음과 같다.

[표 2.2] 지층 및 기초형식 현황

구 분		심 도(m)	SPT N치	기초 형식
A1	모래	0 ~ 4.0	5/30~7/30	강관 Ø508×12t Pre-boring (성토 21m)
	풍화토	4.0 ~ 6.5	50/20	
	풍화암	6.5 ~ 16.1	50/13~50/3	
	연암	16.1 이하	-	
A2	모래	0 ~ 3.2	5/30	강관 Ø508×12t Pre-boring (성토 22m)
	풍화토	3.2 ~ 6.5	27/30~50/21	
	풍화암	6.5 ~ 9.4	50/14~50/9	
	연암층	9.4 이하	-	

• 지반정수는 설계도서에 강도정수 값만 제시되어, 변형특성을 나타내는 변형계수 및 포아송비는 별도로 산정하였다.

[표 2.3] 토사층의 변형계수 및 포아송비-문헌조사

구 분	Braja, M. Das (Principle of Foundation Engineering)		Joseph E. Bowels (1996)	
	변형계수(tf/m^2)	포아송비(ν)	변형계수(tf/m2)	포아송비(ν)
느슨한 모래	1,000~2,400	0.20~0.40	1,000~2,500	0.20~0.35
보통굳기 모래	1,700~2,800	0.25~0.40	-	-
조밀한 모래	3,500~5,500	0.30~0.45	5,000~8,100	0.30~0.40
실트질 모래	1,000~1,700	0.20~0.40	500~2,000	-
연약한 점토	200~500	-	200~2,500	0.4~0.5
중 간 점토	500~1,000	0.20~0.50	1,500~5,000	
견고한 점토	1,000~2,400	-	5,000~10,000	
느슨한 모래섞인 자갈	6,900~17,200	0.15~0.35	5000~15,000	0.3~0.4
조밀한 모래섞인 자갈			10,000~20,000	

토 층 상 태		변형계수(tf/m^2) Hunt(Geotechnical Engineering Analysis & Evaluation, p134)	포아송비
모 래	느 슨	1,000~ 3,000	0.2~0.35
	중간 조밀	3,000~ 5,000	
	조 밀	5,000~ 8,000	
자 갈	느 슨	3,000~ 8,000	0.3~0.4
	중간 조밀	8,000~10,000	
	조 밀	10,000~12,000	

[표 2.4] 토사층의 변형계수(tf/m^2)-경험식

제 안 자	경험식 (kgf/cm^2)	N의 범위			
		10~20	20~30	30~40	40~50
Schmertmann	E=αN[주]	1200~2400	2400~3600	3600~4800	4800~6000
Hisatake	E=5N+70	1200~1700	1700~2200	2200~2700	2700~3200
도로교시방서	E=28N	2800~5600	5600~8400	8400~11200	11200~14000

주) 여기서, α: 4(모래질실트), 12~15(자갈질모래)

[표 2.5] 토사층의 변형계수 및 포아송비 산정결과

구 분		문헌조사			경험식	적 용
		Das	Bowels	Hunt		
모래층	변형계수(MPa)	35~55	50~81	50~80	27~112	50
	포아송비	0.3~0.45	0.3~0.4	0.2~0.35	-	0.33
풍화토	변형계수(MPa)	69~172	100~200	80~100	84~140	100
	포아송비	0.15~0.35	0.3~0.4	0.3~0.4	-	0.31

[표 2.6] 풍화암의 변형계수 및 포아송비

☑ 서울시 지반분류(1996)

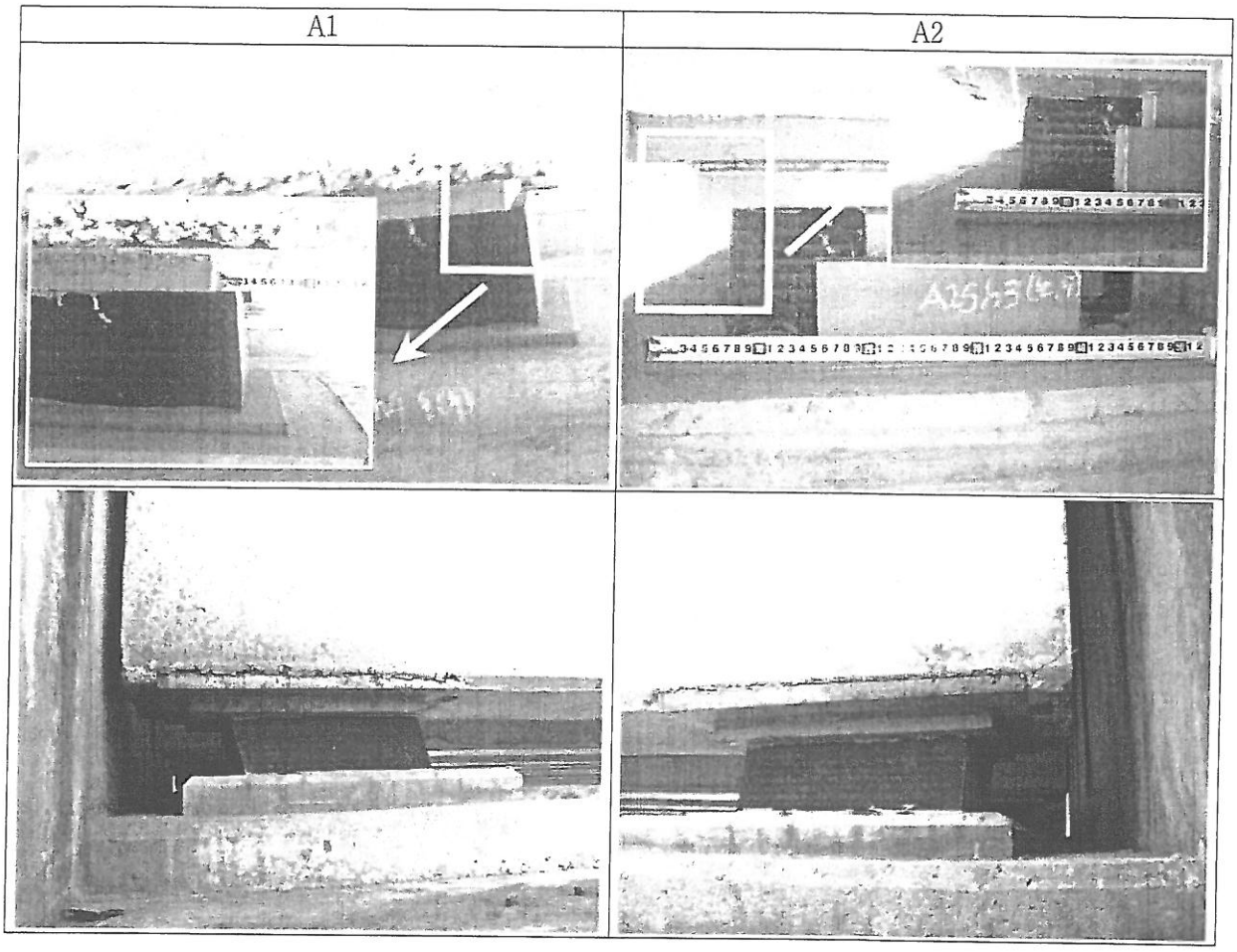
지 층	단위중량,γt (tf/m^3)	점착력, c (tf/m^2)	내부마찰각 φ(°)	변형계수, Em(tf/m^2)	포아송비(v)
풍화암	2.0~2.2	10~30	30~35	1,000~2,000	0.30~0.35

☑ 관련문헌 및 기존 설계 적용값

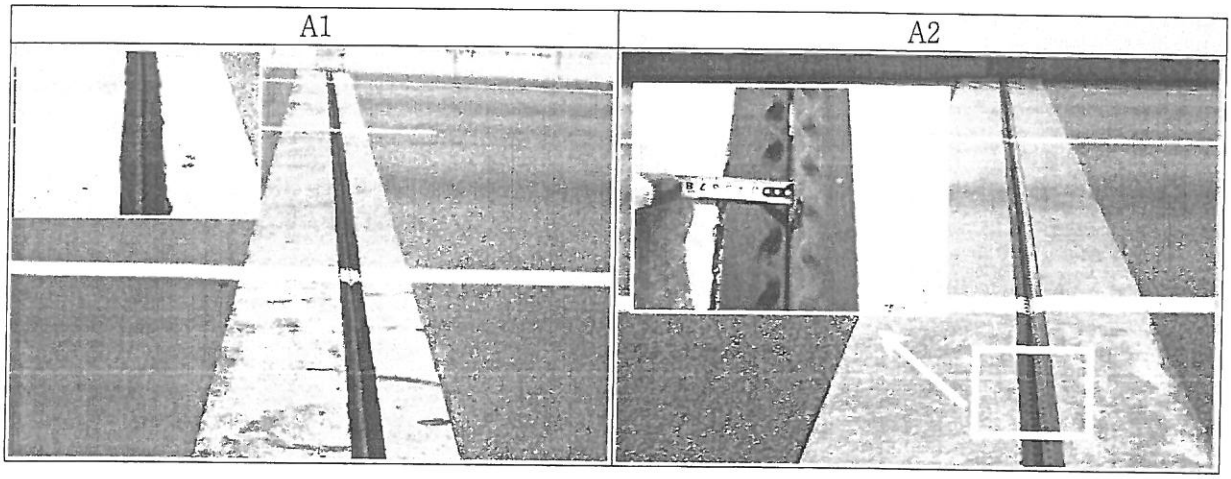
구 분		단위중량 (tf/m^3)	변형계수 (tf/m^2)	점착력 (tf/m^2)	내부마찰각 (°)	포아송비 (v)	비 고
관련문헌, 설계적용 사 례	지반공학회 학술발표회	2.0	-	3.0~5.0	30	-	1997년
		2.6	200000	8.0~9.0	25	0.2	1998년
	낙단대교가설공사	2.0	37930	3.0	30	0.35	1999년
	산호대교가설공사	2.0	6300	5.0	30	0.35	2000년
	일선대교가설공사	2.0	10000	5.0	34	0.30	2001년

☑ 풍화암 설계지반정수 산정 결과

구 분	문헌조사 결과	기존설계자료	설계적용
변형계수 (tf/m^2)	-	6,300~200,000	50,000
포아송비	0.30~0.35	0.2~0.35	0.3

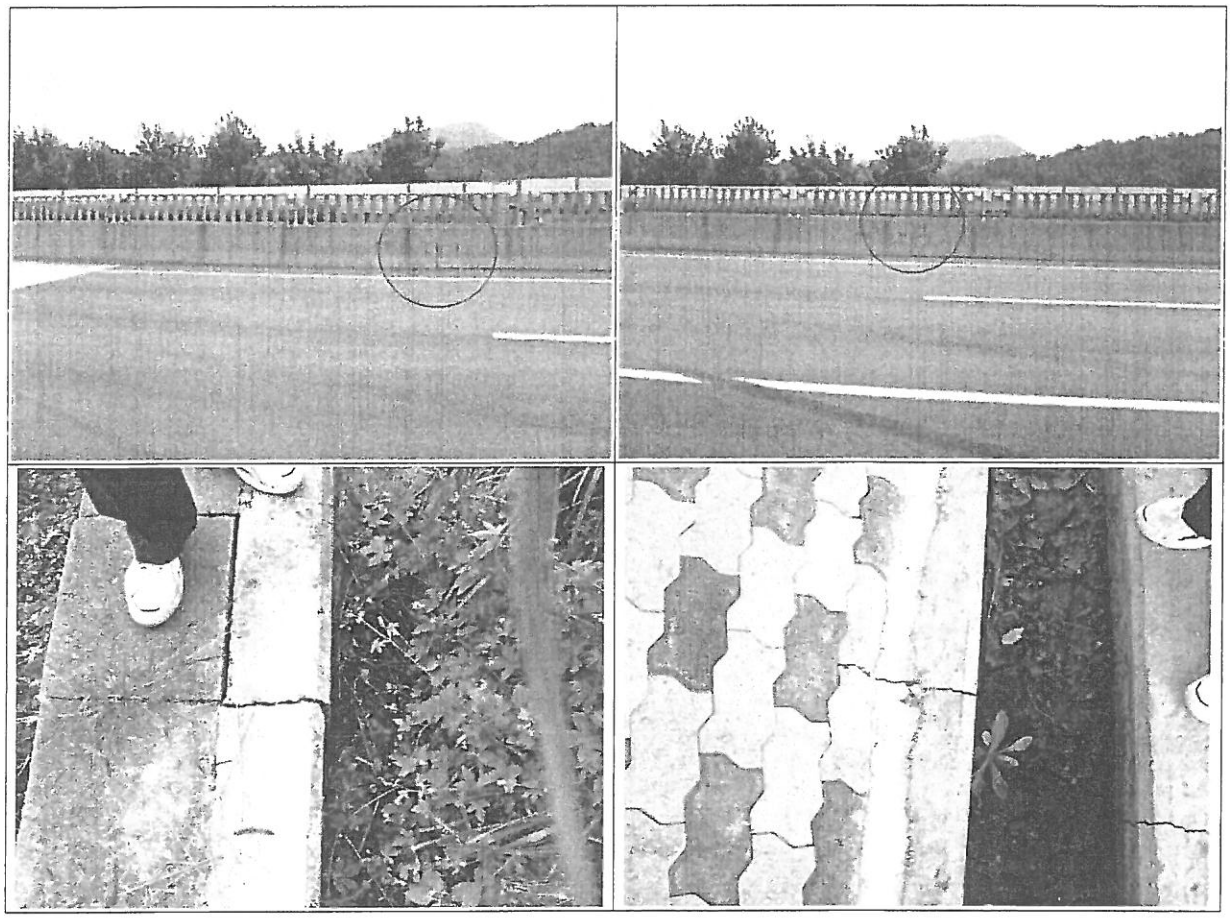


[그림 2.4] 유간축소 현황 - 교대 받침 밀림



[그림 2.5] 유간축소 현황 - 신축이음 밀착

- 현장조사결과, A1 교대 배면 Approach Slab 부위의 침하가 발견되었으며, 교대 변위 발생에 의한 침하와 뒤채움 토사 다짐불량에 의한 침하중 어떤 것이 주된 침하의 원인일지는 판단하기 어려운 실정이다.



[그림 2.6] 교대 A1 배면 침하발생(상) / 보강토옹벽 상단 Cap 균열발생(하) 현황

- 또한, 보강토옹벽 상단 캡에서 교축방향의 균열이 발견되었는데, 뒷채움지반의 변형에 의한 것이라기보다는 국부적은 누수에 의한 것으로 판단됨
- 지난 2006년 정기점검결과와 2007년 정밀점검결과(천안논산고속도로(주) 발행)에도 유간축소 및 밀착에 관한 내용이 관찰되었으며, 이로 미루어 볼 때 시공 초기에 소정의 교대변위가 발생된 후 일부변위가 지속적으로 증가되어 현재와 같은 밀착상태가 된 것으로 판단된다.
- 현재 양쪽 교대부의 바닥판 유간이 밀착되어 상부구조가 구속됨으로써, 교량의 신장거동에 의한 받침장치 손상은 더 이상의 진전은 없다.

3. 유간 축소 원인의 분석

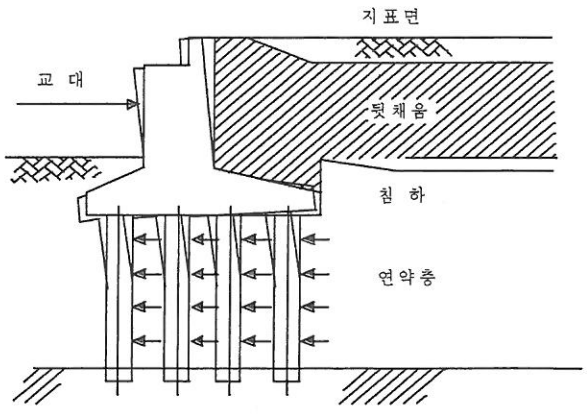
3.1 일반적인 교대 유간축소의 원인

- 교대이동 및 슬라브의 길이 변화 등에 의한 유간축소에는 여러 가지 원인이 있을 수 있으나, 다음과 같은 원인을 추정할 수 있다.

▶ 연약지반 상의 측방유동
▶ 교대의 주동변위
▶ 교대 시공부 원 지형의 기하학 적 형상
▶ 시공 순서에 따른 변형
▶ 기타 온도변화 등에 의한 원인, 시공오차

1) 연약지반 상의 측방유동

측방유동이란 연약지반상에 성토 등을 실시할 때 편재하중에 대한 저항력이 부족하여 연약지반이 수평방향으로 소성유동하는 현상을 말한다. 연약 점성토 하중이 가해지면 간극수압 소산에 의해 체적이 수축되면서 지반의 압밀침하가 발생하게 된다. 그러나, 간극수압의 소산에 필요한 충분한 시간이 지나기도 전에 하중이 가해지면 측방유동이 발생하게 되며 수평변위를 유발하여 교대의 변위가 발생하게 된다. 통상 연약지반상에 교대 기초는 말뚝기초로 시공되며 이 때의 교대말뚝은 측방유동압에 대하여 수동상태가 되어 휨 응력과 수평변위를 수반하게 되고 심한 경우 교량의 사용성이 재검토되어야 하는 등 많은 문제점이 발생된다.



[그림 3.1] 연약지반에 시공된 교대의 측방유동

그러나, 본 교량의 경우 하부에 연약지반이 존재하지는 않아 소성유동에 의한 교대변위는 발생치 않은 것으로 판단된다.

2) 교대의 주동변위

벽체가 움직여서 횡방향으로 팽창된다면 이것을 주동상태라 하며 사질토의 경우 약 0.001H ~ 0.004H (H:교대 높이) 정도의 변위를 수반하게 된다. 교대의 경우 주동토압으로 설계 되며 배면 성토가 진행됨에 따라 시공 중 이정도의 변형발생으로 당초 계획한 유간보다는 감소되는 현상이 종종 나타난다.

3) 원지형의 기하학적 형상에 의한 요인

편절, 편성이나 대성토, 또는 경사면에 성토 시공될 경우 시공 중 또는 시공 완료 후에도 기하학적 형상에 따라 전체적인 변형이 유발될 수 있다. 이런 경우 전체적인 모델링을 하여 지반 수치해석적 분석을 통해 변형량을 추정할 수 있다.

4) 시공 순서에 따른 변형

교대의 경우 시공 순서에 따라 유간의 축소현상이 발생하는 경우가 종종 있다. 통상 교대의 유간은(또는 교량 A1 ~ A2 까지 전체의 유간) 설계 시 교량의 최종 완성단계의 조건으로 계획되나, 실 시공단계에서는 시공 순서에 따른 교대변형이 유발되어 유간 축소의 원인이 되기도 한다. 상세한 시공이력은 파악되지 않았으나, 다음과 같은 두 가지 시공 중 가정을 들을 수 있다.

첫째, 일부 교량 시공사례에서 나타나는 경우로서 빔(거더)을 먼저 거치 한 후 교대 배면 성토를 시행할 경우가 있는데 이 경우 나중에 시행되는 교대 배면 성토에 따라 토압에 의해 교대가 전면부로 밀리면서 기 설치된 빔(거더)과 교대흉벽 유간이 축소된다.

둘째, 교대가 선 시공되고 배면성토 이후에 빔을 시공할 경우로서, 대형 크레인을 이용하여 빔을 양중하기 위해 전면부 압성토 부분을 일부 절취하여 작업공간을 확보하게 되는 경우가 있다. 이 경우 기 시공된 교대 압성토부분의 단면 손실에 따라 교대의 변위가 발생하게 되는 사례가 종종 나타난다. 본 오룡교의 경우 상기의 경우에 의한 시공이력이 있었을 경우 시공 중 일부 변위가 부가적으로 발생했을 가능성도 추정할 수 있다.

5) 온도변화

온도변화에 따른 유간 축소는 주로 강교의 경우 특히 경간장이 긴 강교의 경우 온도변화에 따른 영향을 받기 쉽다. 본 교량은 강교는 아니나 온도가 상승할 경우, 늘음량으로 인해 유간이 축소되는 현상이 발생한다.

3.2 원인 분석 검토항목

- 전술한 3.1절에서와 같이 교량의 유간축소 특히 교대의 변형에 따른 유간 축소에는 여러가지 원인이 있을 수 있다. 본 검토에서는 이러한 사항들이 발생 가능성을 다음과 같이 예측하여 원인을 분석하였다.

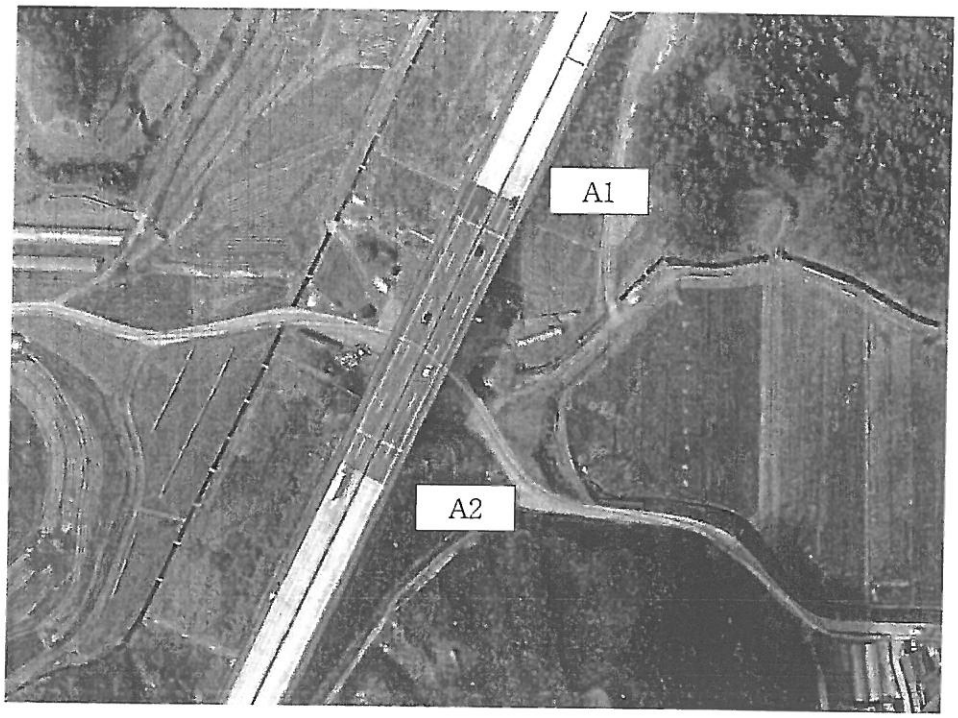
1) 연약지반상의 측방유동 발생가능성은 하부 지반이 소성 유동을 일으킬 만한 점성토층이 존재하지 않으므로 검토항목에서 제외하였다.

2) 시공 순서, 교대의 주동변위 및 원지형의 기하학적 형상 및 교대 전면부 보강토옹벽 설치에 따른 지반거동 예측에 대해 수치해석을 통해 분석하였다.

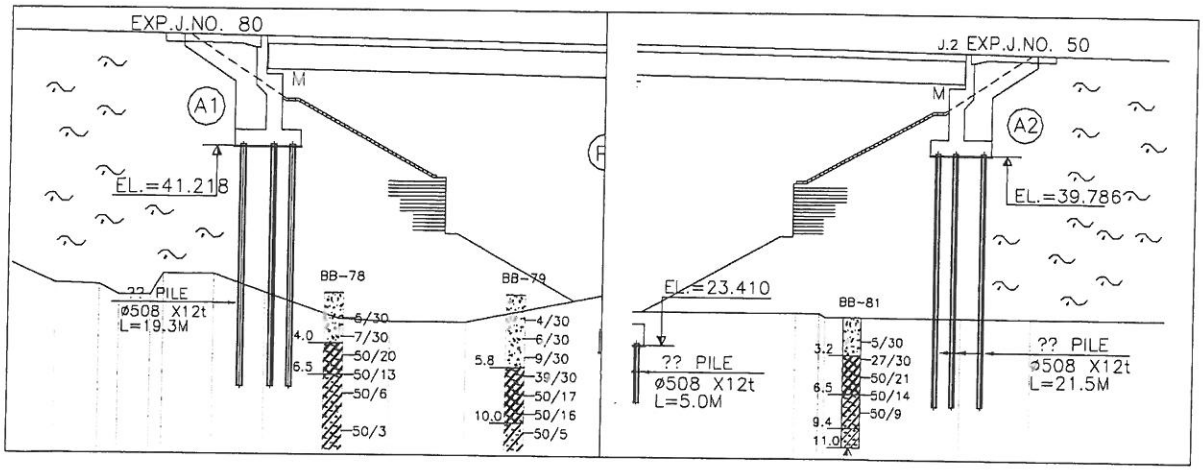
4. 수치해석에 의한 교대 변위 분석

4.1 지형적 현황 및 교대 대표단면

- 천안-논산 고속도로 오룡교 교대의 경우 다음 [그림 4.1] 및 [그림 4.2]와 같이 비교적 평평한 지형에 위치하고 있다. A1, A2에 대해서 원 지형의 기하학적 형상과 시공과정을 고려하여 검토하였다.



[그림 4.1] 오룡교의 지형적 현황

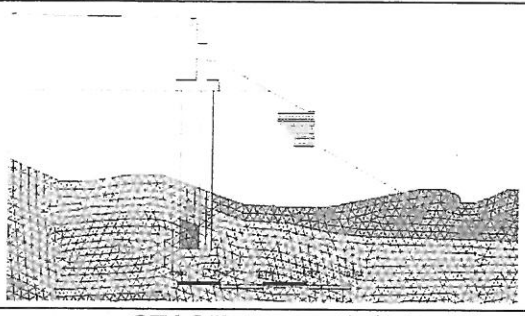
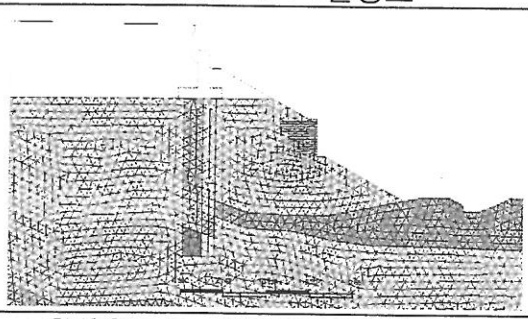
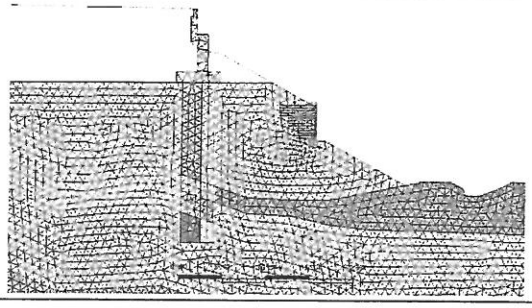
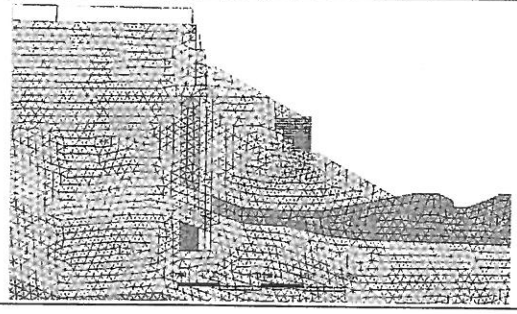


[그림 4.2] 교대 A1, A2 단면도

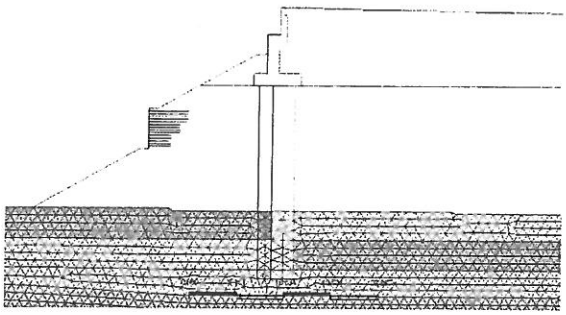
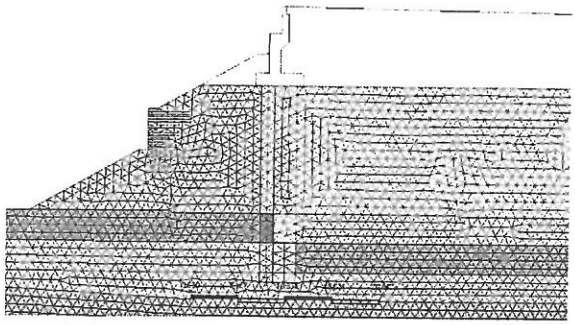
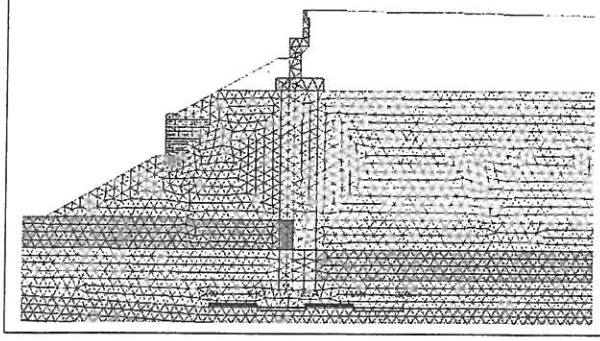
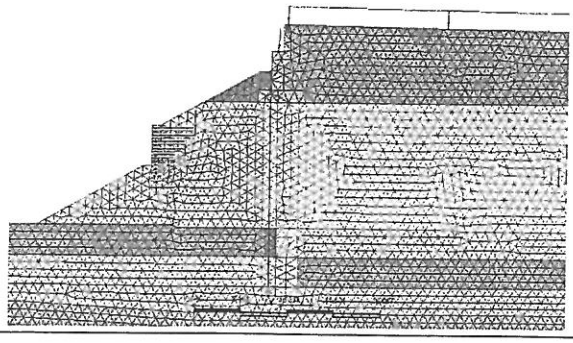
4.2 오룡교 교대 A1, A2 모델링

- 교대의 시공단계 모델링은 다음 [표 4.1] 및 [표 4.2]와 같이 수행하였다.

[표 4.1] 교대 A1 시공단계 모델링

STAGE 1 : 원 지 반	STAGE 2 : 1단성토
	
STAGE 3 : 교대시공	**STAGE 4 : 최종성토 및 하중재하**
	

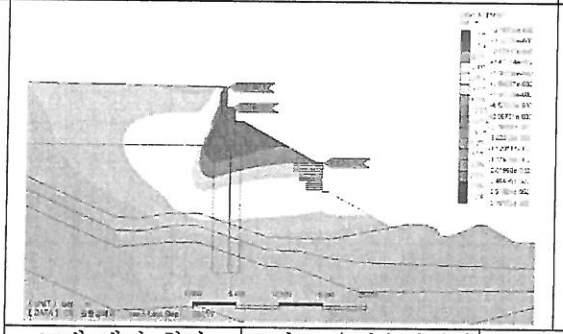
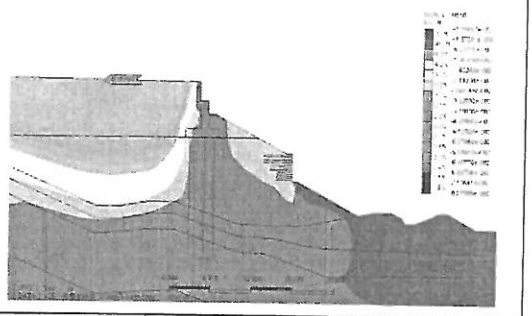
[표 4.2] 교대 A2 시공단계 모델링

STAGE 1 : 원 지 반	STAGE 2 : 1단성토
	
STAGE 3 : 교대시공	**STAGE 4 : 최종성토 및 하중재하**
	

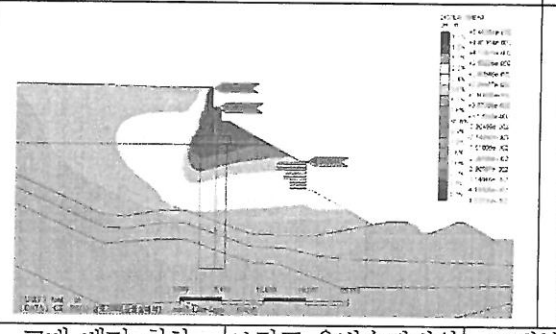
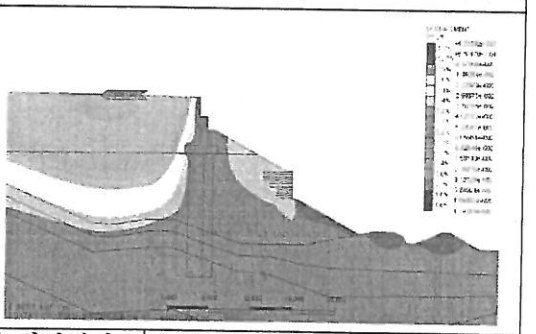
4.3 검토결과

- 수치해석에 의한 교대변위검토 결과는 다음 [표 4.3] 및 [표 4.4]와 같다.

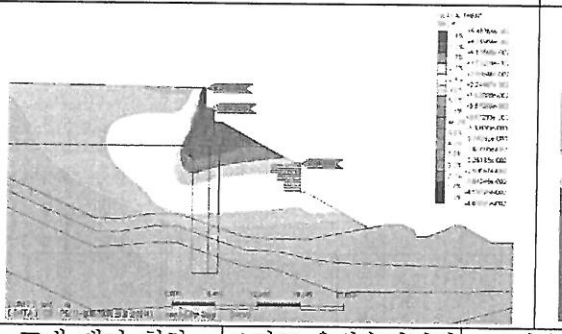
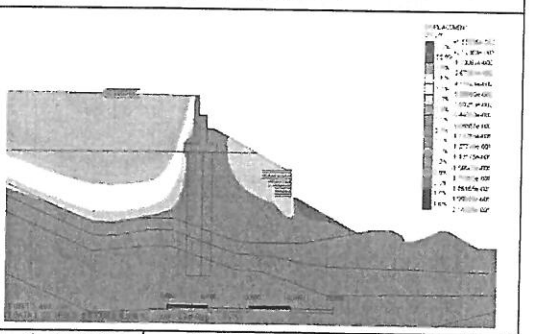
[표 4.3] 교대 A1 검토결과

CASE-1	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 6.8	2.9	3.2	3.4	

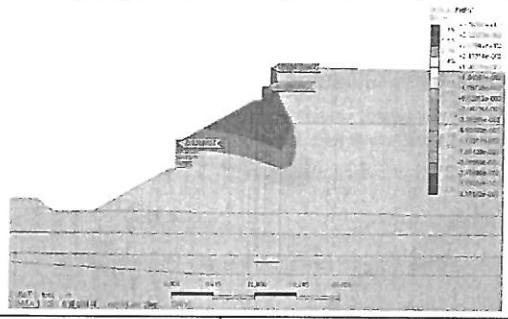
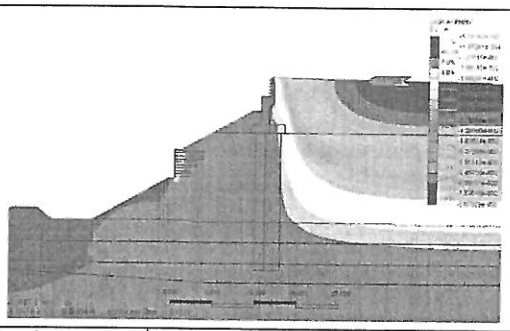
CASE-2	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 9.6	4.1	4.8	5.0	

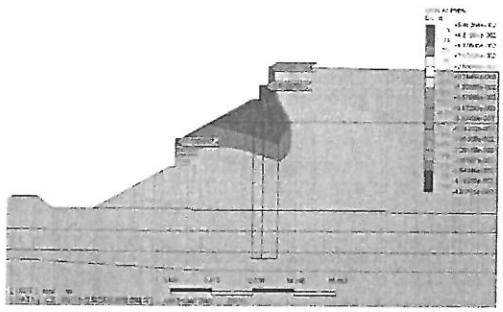
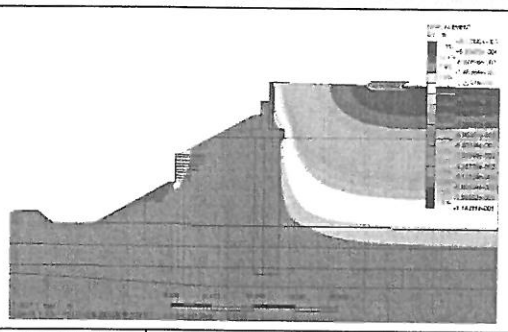
CASE-3	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 18.0	7.3	9.5	9.8	

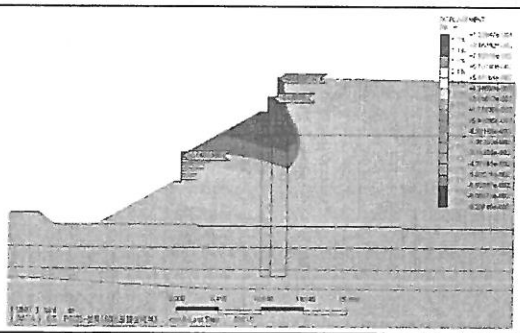
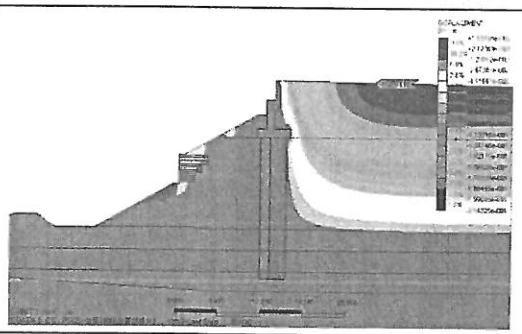
[표 4.4] 교대 A2 검토결과

CASE-1	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 7.7	2.7	2.5	2.8	

CASE-2	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 11.0	3.7	3.9	4.3	

CASE-3	수 평 변 위 도	연 직 변 위 도
해 석 결 과		

교대 배면 침하 (cm)	보강토 옹벽수평변위 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)	비 고
최대 21.0	6.7	8.2	8.6	

4.4 검토결과 요약

- 성토재의 변형계수를 여러 가지 CASE로 변경시켜 FEM 해석을 수행한 결과는 다음과 같다.

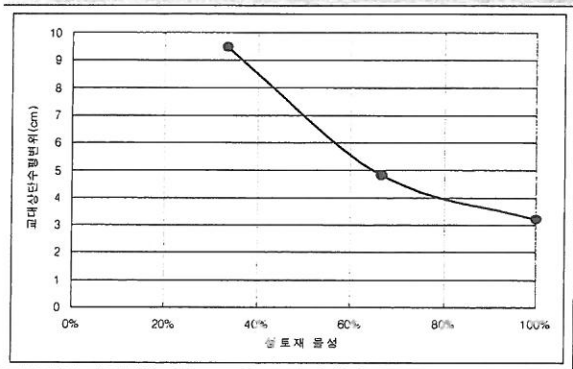
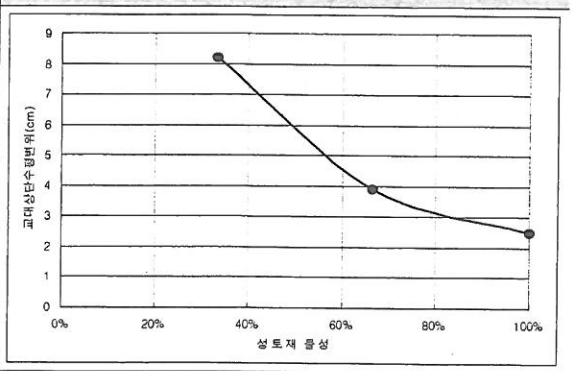
[표 4.5] 교대 A1 해석결과

구 분	변형계수 (MPa)	교대 배면 침하 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)
CASE-1	30 (100%)	최대 6.8	3.2	3.4
CASE-2	20 (66.7%)	최대 9.6	4.8	5.0
CASE-3	10 (33.3%)	최대 18.0	9.5	9.8

[표 4.6] 교대 A2 해석결과

구 분	변형계수 (MPa)	교대 배면 및 전면부 침하 (cm)	교대부 상단변위 (cm)	받침위치 변위 (cm)
CASE-1	30 (100%)	최대 7.7	2.5	2.8
CASE-2	20 (66.7%)	최대 11.0	3.9	4.3
CASE-3	10 (33.3%)	최대 21.0	8.2	8.6

[표 4.7] 교대 상부 수평변위 결과정리

A1	A2
	
성토재 설계물성 적용시 약 3.2cm	성토재 설계물성 적용시 약 2.5cm

- 해석결과 교대 상단의 수평변위는 A1이 약 3.2cm, A2가 약 2.5cm 로서, 전체적으로 약 5.7cm 의 유간축소가 발생하였을 것으로 나타났다.

5. 결 론

- 오룡교의 교대 측방이동에 의한 유간축소현상에 대해 검토한 결과는 다음과 같다.
- 검토는 교대 A1, A2 각각에 대해 실시하였으며 변위량 추정을 위해 지반 수치해석 Program인 MIDAS GTS를 이용하였다.
- 해석결과 및 온도에 의한 최대 신장량은 다음 [표 5.1]과 같다.

[표 5.1] 교대 상부 수평변위

수치해석에 의한 유간축소량			온도에 의한 최대 신장량	A1~A2 실측 유간축소량
교대 A1 변위량	교대 A2 변위량	총유간축소량		
3.2cm	2.5cm	5.7cm	3.0cm	10.0cm

- 원 지형의 기하학적 형상, 각각의 시공과정을 모사하여 수치해석한 결과 A1은 3.2cm, A2는 2.5cm 정도가 발생하였을 것으로 추정되며, 조사일 기준으로 온도에 의한 최대 신장량 3.0cm를 감안하면, 총 8.7cm의 유간축소가 발생하였을 것으로 추정되며, 실측치(10.0cm)와 2.3cm 의 다소간의 차이를 보이는 비교적 유사한 결과가 산정되었다.
- 여기에 3.1절의 4) 항에서 언급한 바와 같이 공사 중 발생할 수 있는 다음과 같은 시공과정 즉,
  - ▶ 빔 거치가 선행된 후 교대 배면 성토가 시행되었을 경우
  - ▶ 교대 배면성토가 선행된 후 빔 거치용 대형 크레인 작업을 위한 교대 전면부 압성토 단면 일부 절취를 수행한 경우

  가 있었을 경우 시공 중 일부 변위가 부가적으로 발생했을 가능성도 추정할 수 있다.
- 그러나, 본 교량의 하부지반은 비교적 조기에 풍화암이 나타나고 있고 연약점토층이 존재하지 않으므로 연약지반상의 소성유동에 의한 변위는 우려되지 않는다. 해석결과에서 나타났듯이 교대의 변위는 시공 초기에 주로 발생하였을 것으로 추정되며 소성유동에 의한 추가적인 장기 변위의 우려는 없는 점을 고려할 때 현 상태에서는 보강보다는 사용성 확보 측면의 보수조치가 바람직할 것으로 판단된다.

천안-논산간 고속도로 4공구

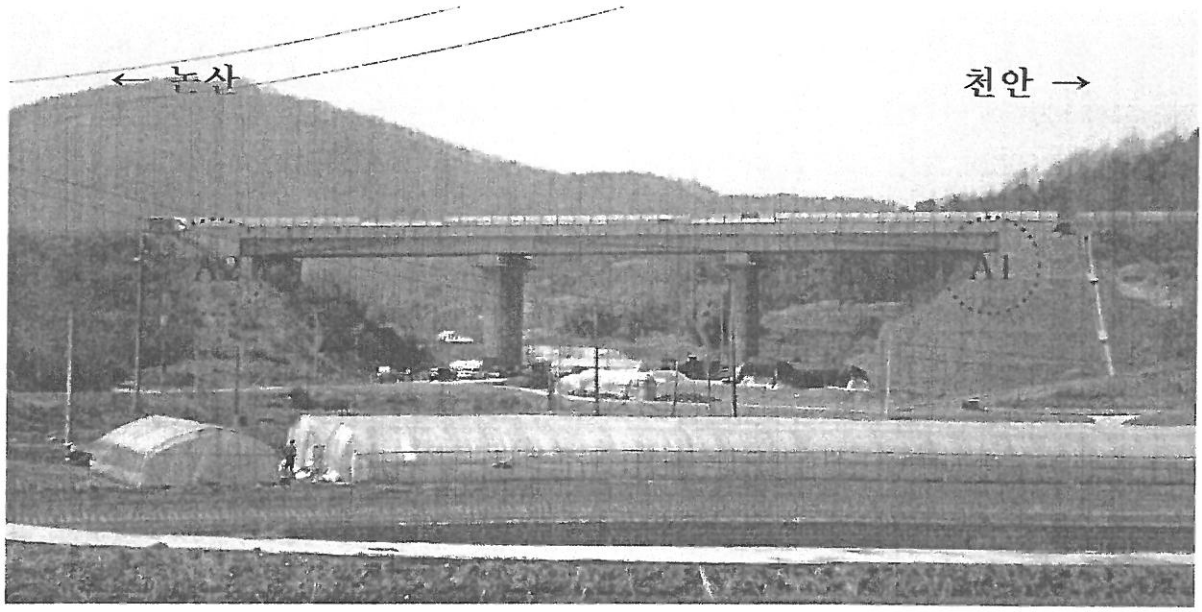
오룡교 유간축소 재점검 (원인과 대책)

2011. 4.

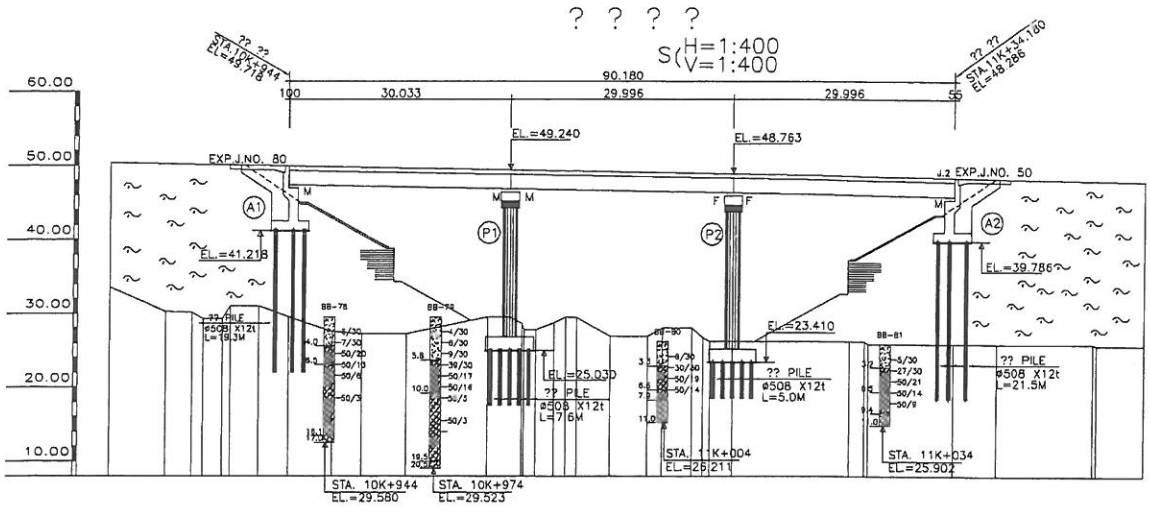
GS 건설주식회사
기술본부 / 지반팀

1. 검토 목적

- 2009년 11월에 검토한 「천안-논산 고속도로(4공구)」 준공현장의 오룡교 유간축소에 대해, 금회(2011년 4월) 재검점하여 그 동안의 변형양상을 살펴보고 유간축소의 원인을 재분석하고 필요시 대책방안을 제시하고자 함



[그림 1] 오룡교 전경



[그림 2] 오룡교 종단면도

2. 기검토 내용 (2009년 11월)

2.1 유간 축소 원인

- 지난 2006년 정기점검결과와 2007년 정밀점검결과(천안논산고속도로(주) 발행)에도 유간축소 및 밀착에 관한 내용이 관찰되었으며, 이로 미루어 볼 때 시공 초기에 소정의 교대변위가 발생된 후 일부변위가 지속적으로 증가되어 현재와 같은 밀착상태가 된 것으로 판단됨

- 교량의 측방유동은 보통 연약지반 위에 성토를 하는 교대구조물에 발생하는 현상으로, 본 검토지역은 조기에 풍화암이 나타나고 연약지반이 존재하지는 않아 소성유동에 의한 교대변위는 발생치 않은 것으로 판단됨

- 교대 유간 축소는 시공중 다음의 원인에 의해서 발생할 수 있음
  -. 빔 거치가 선행된 후 교대 배면 성토가 시행되었을 경우
  -. 교대 배면성토가 선행된 후 빔 거치용 대형 크레인 작업을 위한 교대 전면부 압성토 단면 일부 절취를 수행한 경우

2.2 유간 축소 대책

- 소성유동에 의한 추가적인 장기 변위의 우려는 없는 점을 고려할 때 현 상태에서는 보강보다는 사용성 확보 측면의 보수조치가 바람직할 것으로 판단됨

- 교대 흉벽 균열의 주원인은 설계유간의 미확보에 의한 것이므로 근본적인 보강방안은 교대 유간이 확보되지 않는 단부 슬래브를 절단하여 종방향 변형에 대한 유간(최소 A1: 38.8mm, A2: 24.4mm)을 확보하여야 하며, 이에 따른 균열보수 및 신축이음장치, 방호벽 등을 재시공해야 함

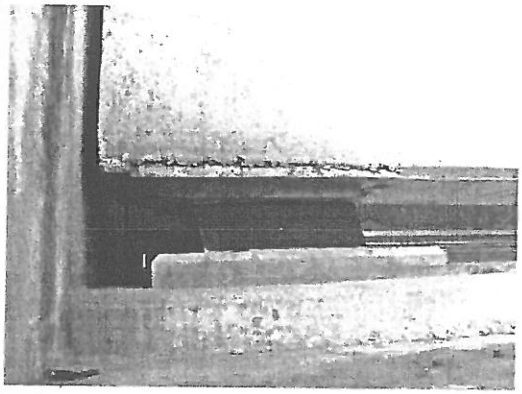
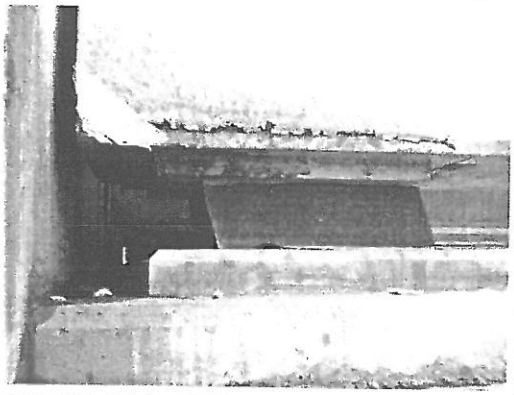
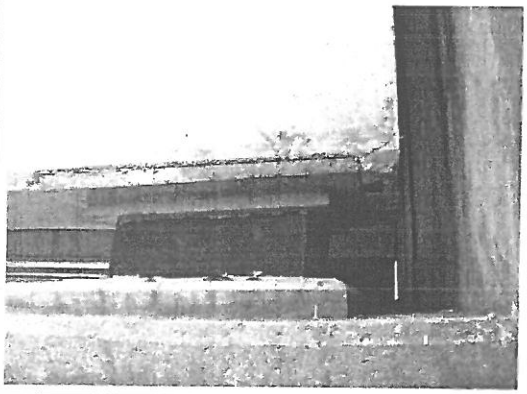
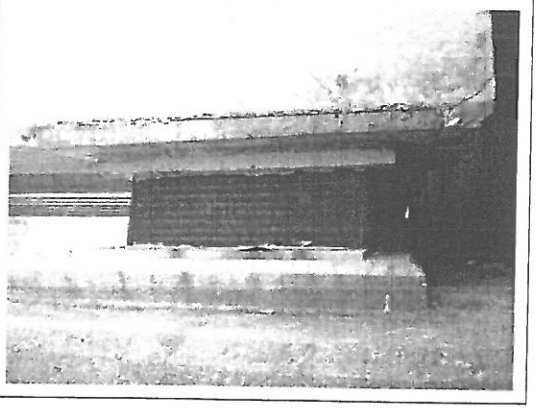
3. 금회 재점검 사항 (2011년 04월)

3.1 받침장치

- 2009년과 2011년에 점검한 현장사진을 비교하면 받침장치의 변화는 없는 것으로 판단할 수 있음

  → 하부 Plate의 중심선이 상부 Plate 중심선보다 내측에 위치하므로 교량받침 전문시공업체에 의뢰하여 보수해야 함

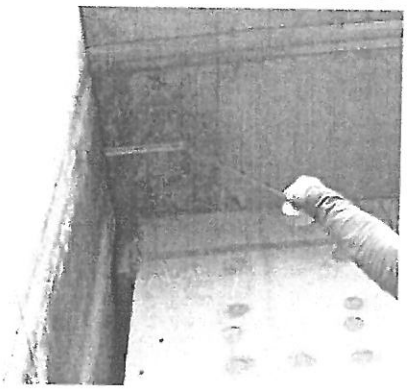
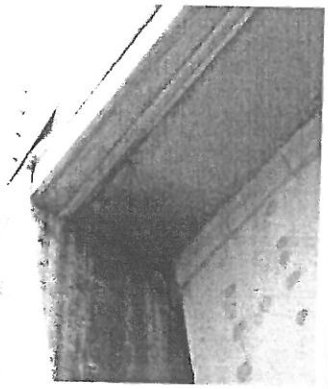
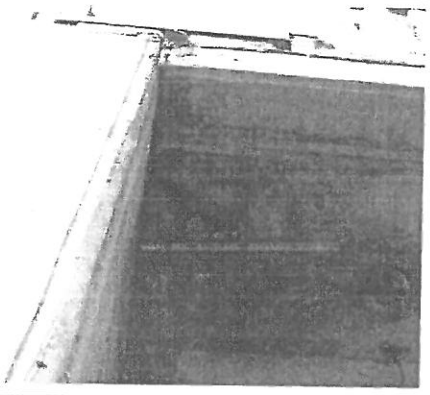
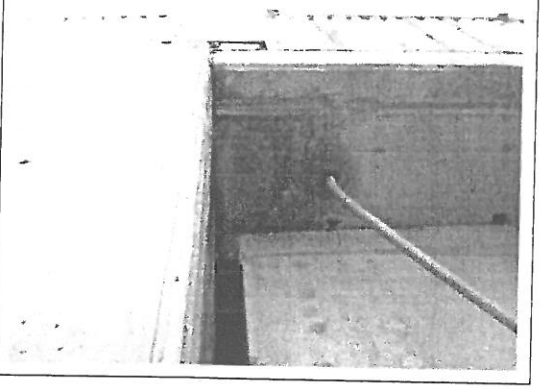
[표 1] 받침장치 비교

구분	2009년 11월	2011년 4월
A1		
A2		

3.2 바닥판 유간

- 2009년과 2011년에 점검한 현장사진을 비교하면 바닥판 유간은 변화없이 교대흉벽과 붙어 있음

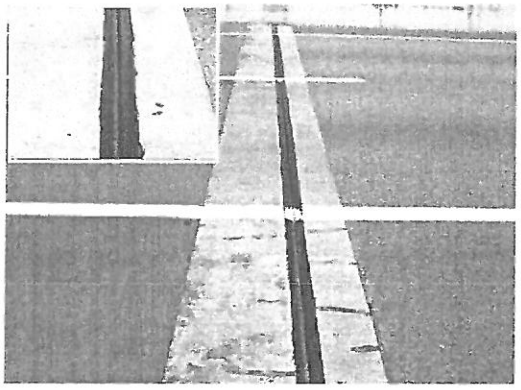
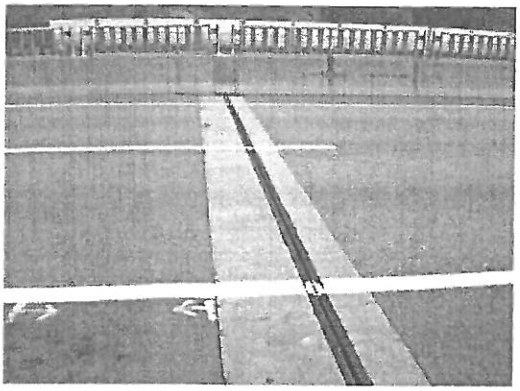
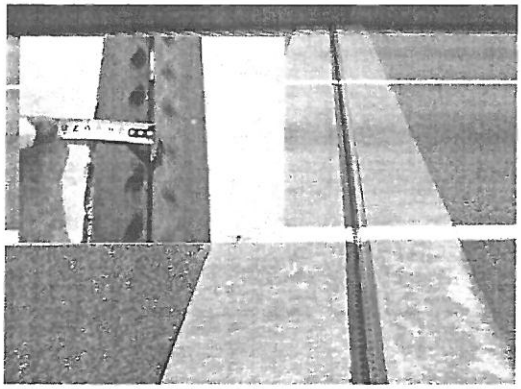
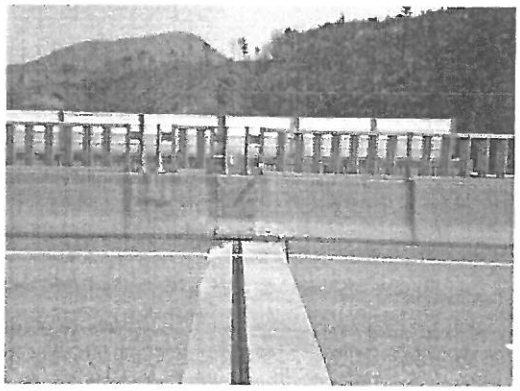
[표 2] 바닥판 유간

구분	2009년 11월	2011년 4월
A1		
A2		

3.3 신축이음 장치

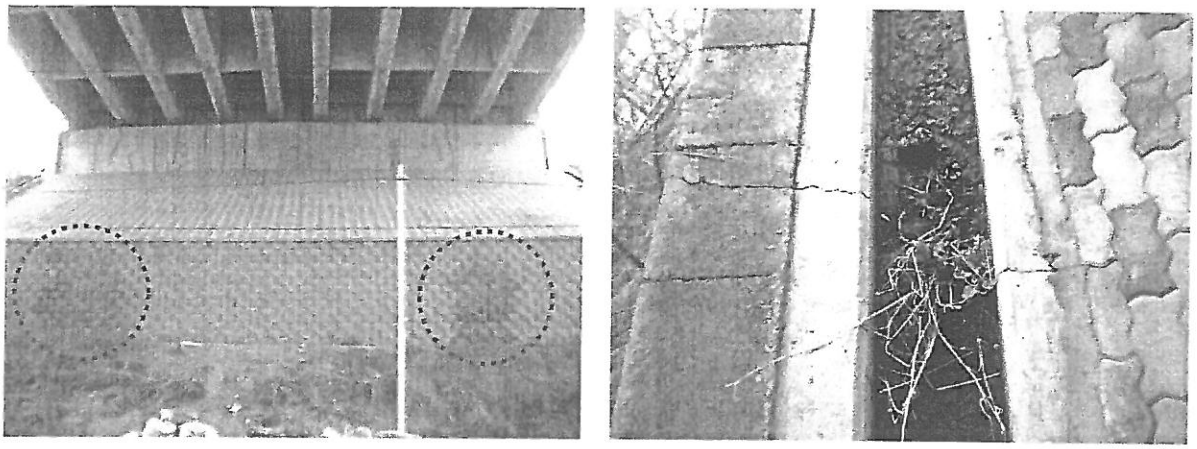
- 2009년과 2011년에 점검한 현장사진을 비교하면 받침장치의 변화는 없는 것으로 판단할 수 있음

[표 3] 신축이음 장치

구분	2009년 11월	2011년 4월
A1		
A2		

3.4 기타 점검 내용

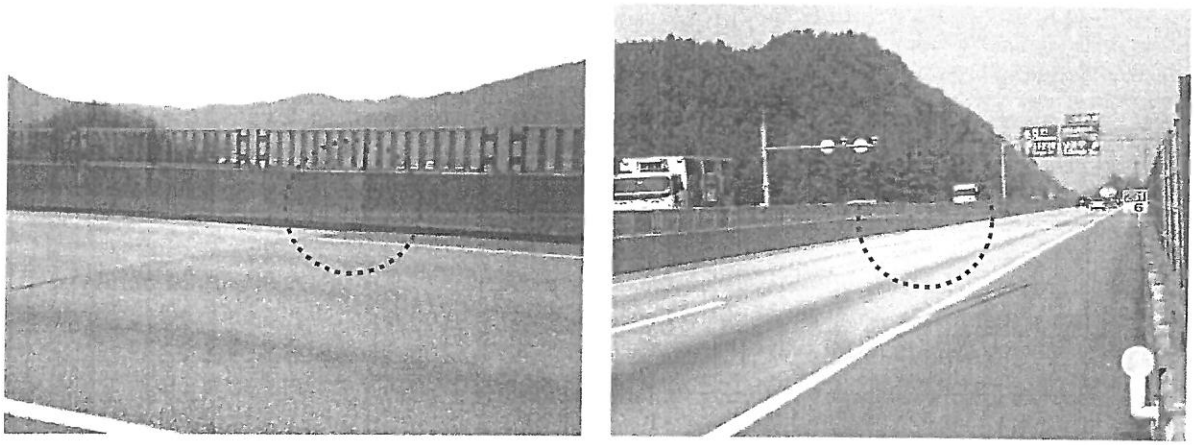
- 보강토옹벽은 상단에 발생한 균열은 뒷채움지반의 변형에 의한 것이라기보다 국부적인 누수에 의한 것으로 판단됨



(a) 보강토옹벽 누수 발생 (b) 보강토옹벽 상단 균열

[그림 4] 보강토옹벽 점검

- 토공과 교량 접속부에 단차가 발생하고 통과차량의 반복하중에 의해 중앙분리대가 파손 또는 침하된 것으로 확인됨



(a) 토공과 교량 접속부 단차 (b) 중앙분리대 처짐

[그림 5] 고속도로 점검

4. 결 론

- 「천안-논산 고속도로(4공구)」 준공현장의 오룡교 유간축소 현상에 대해 2009년 11월에 기검토하였고, 금회(2011년 4월) 재검점하여 그 동안의 변형양상을 살펴보고 유간축소의 원인을 재분석하고 필요시 대책방안을 제시하고자 함

- 오룡교 원지반은 연약지반이 존재하지는 않아 소성유동에 의한 교대변위는 발생하지 않으므로, 기 발생된 교대변위는 시공과정에 의한 것으로 예측됨

- 오룡교 유간확보를 위한 대책 (2009년에 기검토 결과와 동일)

  1) 교대 유간이 확보되지 않는 단부 슬래브를 절단하여 종방향 변형에 대한 유간(최소 A1: 38.8mm, A2: 24.4mm)을 확보하여야 하며, 이에 따른 균열보수 및 신축이음장치, 방호벽 등을 재시공해야 함

  2) 교대 받침장치는 하부 Plate의 중심선이 상부 Plate 중심선보다 내측에 위치하므로 교량받침 전문시공업체에 의뢰하여 보수해야 함