



천안논산고속도로
Cheonan Nonsan
Expressway

교대 수평이동 원인 및 대책방안수립 기술검토용역 보고서 (1구역)

2018. 06

Cheonan Nonsan Expressway

Corporate Identity Standard

BASIC SYSTEM | APPLICATION SYSTEM

교대 수평이동 원인 및 대책방안 수립

기술검토용역 보고서 (1 구역)

보 고 서

2018.6



천안논산고속도로(주)

제 출 문

천안논산고속도로 주식회사 귀중

귀사와 2017년 10월 13일자로 계약 체결한 “시설물 정밀안전진단 및 기술검토
용역(1구역)”에 대한 과업을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속
자료와 함께 제출합니다.

2018 년 06 월

서울시 송파구 송파대로 167(문정동)

(주) 아 위 브 레 인

대표이사 김 정 호 (인)



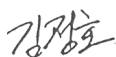
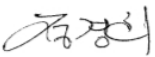
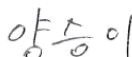
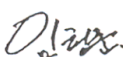
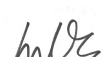
충남 서산시 운산면 운암로 1013

(주) 다 원

대표이사 양 승 훈 (인)



참여기술진

참여구분	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	(주)아워브레인	이 사	유 근 무	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
재료시험 책임기술자	(주)아워브레인	상 무	성 태 균	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
자료분석 책임기술자	(주)아워브레인	상 무	김 영 진	17년10월19일 ~ 18년01월23일 (97일)	
재료시험 참여기술자	(주)아워브레인	이 사	김 정 호	18년02월23일 ~ 18년06월30일 (128일)	
자료분석 참여기술자	(주)다인	이 사	정 경 희	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
참여기술자	(주)아워브레인	이 사	양 승 이	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
	(주)아워브레인	전 무	임 형 준	18년02월23일 ~ 18년06월30일 (128일)	
	(주)아워브레인	부 장	권 준 희	17년10월19일 ~ 18년01월14일 (88일)	
	(주)다인	부 장	김 용 진	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
	(주)아워브레인	부 장	서 영 노	18년02월23일 ~ 18년06월30일 (128일)	
	(주)아워브레인	부 장	이 현 용	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
	(주)아워브레인	차 장	곽 민 수	18년02월23일 ~ 18년06월30일 (128일)	
	(주)아워브레인	차 장	정 지 운	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
	(주)아워브레인	과 장	황 상 윤	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	
	(주)아워브레인	사 원	정 민 귀	17년10월19일 ~ 18년06월30일 (255일)	

요 약 문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

교대 수평이동 원인 및 대책방안 수립

1.2 개요

교대는 성토부와 교량이 접하는 부분에 설치되며, 교량의 상부구조에서 전달되는 수직하중과 수평하중을 하부기초에 전달하고 성토체에서 발생하는 수평토압을 지지하는 구조물이다. 교대는 성토체와 구조체의 접속을 위한 연결부재인 신축이음장치, 교량 받침, 접속슬래브, 말뚝기초 등으로 구성되어 있다. 교대는 설계 시 수평변위가 발생하지 않는 고정점으로 가정하여 설계되지만, 실제로는 일사 및 화학 반응에 의한 포장 콘크리트의 팽창, 지반의 크리프, 설계에서 고려하지 못한 토압 등의 영향으로 수평변위 발생 가능성이 매우 높다. 이러한 요인에 의해 신축이음장치의 협착으로 교대의 안전성, 내구성, 사용성 등 다양한 문제를 야기시키고 있다. 이러한 문제는 고속으로 차량이 통행되고 있는 고속도로의 경우 차량 통행의 안전 확보 및 원활한 소통을 위해 유지관리 상에서의 사전조치가 필요하다.

본 과업에서는 콘크리트 포장 및 교대의 변위 계측, 콘크리트 내구성 실험, 포장판 해석, 성토부 교대의 수치해석, 팽창줄눈 변위량 계측을 통한 원인 분석을 실시하여 가장 합리적인 보수 방안과 효율적인 유지관리 방법을 도출한다.

1.3 대상시설물의 현황

논산천안고속도로 연장은 82.04km, 도포폭은 23.4m로서 터널 2개소, 장대교량 44개소(총연장 : 11,789m)이다. 교대 수평변위에 따른 신축이음장치 협착은 콘크리트포장 구간에 가설된 교량에서 주로 발생하여, 과업대상 구간을 탄천 IC로부터 천안 JCT 구간 총 연장 56.7km 상에 가설되어 있는 도로시설물 중 교대 유간부족, Approach-slab 처짐, 접속부 포장솟음, 콘크리트 포장 Blow-Up구간을 대상으로 한다.

【표 1.1】 구간별 도로현황

인터체인지명	시 점	종 점	연 장	포장형식	비 고
논산JCT ~ 연무IC	194.2	202.6	8.4	AP	연약지반
연무IC ~ 서논산IC	202.6	211.3	8.7	AP	연약지반
서논산IC ~ 탄천IC	211.3	219.6	8.3	AP	연약지반
탄천IC ~ 남공주IC	219.6	234.3	14.7	CP	
남공주IC ~ 정안IC	234.3	257.4	23.1	CP	광정교
정안IC ~ 남풍세IC	257.4	269.7	12.3	CP	
남풍세IC ~ 남천안IC	269.7	273.8	4.1	CP	
남천안IC ~ 천안JCT	273.8	276.3	2.5	AP+CP	

가. 과업의 범위 및 내용

가. 조사 및 계측

- 1) 포장 및 접속도로 현황과 외관조사
- 2) 알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사
- 3) 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측
- 4) 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취
- 5) 교량 접속부의 포장상태 및 포장에 대한 시험시료 채취
- 6) 콘크리트 포장의 팽창량 계측
- 7) 교대 유간부족 교량 수평변위 계측(경사계, 지중수평 변위계, GPS 등)

나. 수평변위 발생원인 파악

- 1) 상부 포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토
- 2) 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토

다. 실내 시험 및 해석

- 1) 알칼리골재반응 가능성 판정(KS F 2545 화학법)
- 2) 경험식, 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석

라. 교대 변위 방지 대책 수립

- 1) 콘크리트 포장 팽창줄눈 설치 및 보수 방안 수립
- 2) 수평 변위 발생 교대 유지관리 방안 수립

- 3) 신축이음장치의 유지관리 방안 수립
- 4) 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축
- 5) 교대 유간부족에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시

나. 과업기간

2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30

1.4 시설물의 개요

과업대상 구간내 공용중 교대의 수평변위로 인한 보수·보강이 시행된 이력이 있는 대표 교량인 광정교에 대해서 과업을 수행하였다.

가. 시설물 현황

1) 시설물의 현황

구 분		내 용	
시설물명		광정교	시설물번호
준공년월		2002년 12월 23일	관리번호
시설물위치		충청남도 공주시 정안면 광정리	
설계하중		DB-24	노선명(이정)
			고속국도25호선 (순천기점 255.167k)
제원	연장	L = 250.0m(42.5+3@55.0+42.5=250.0m)	
	폭	B = 24.3 m, 4차로	
구조 형식	상 부	강박스거더교(STB)	기초
	하 부	교대 : 역T형식(RTA) 교각 : 라멘식(RAP)	교각
교량받침		스페리컬 받침	신축이음
교차시설물		지방도 604호선	통과높이
설 계 사		내경엔지니어링(주)	시 공 사
내진설계유무		내진설계적용	관리주체
부착시설내용		- 없음	천안논산고속도로(주) 도로운영부
기 타		- 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유 - 중점 점검사항(보수·보강 부위 등을 기재)	

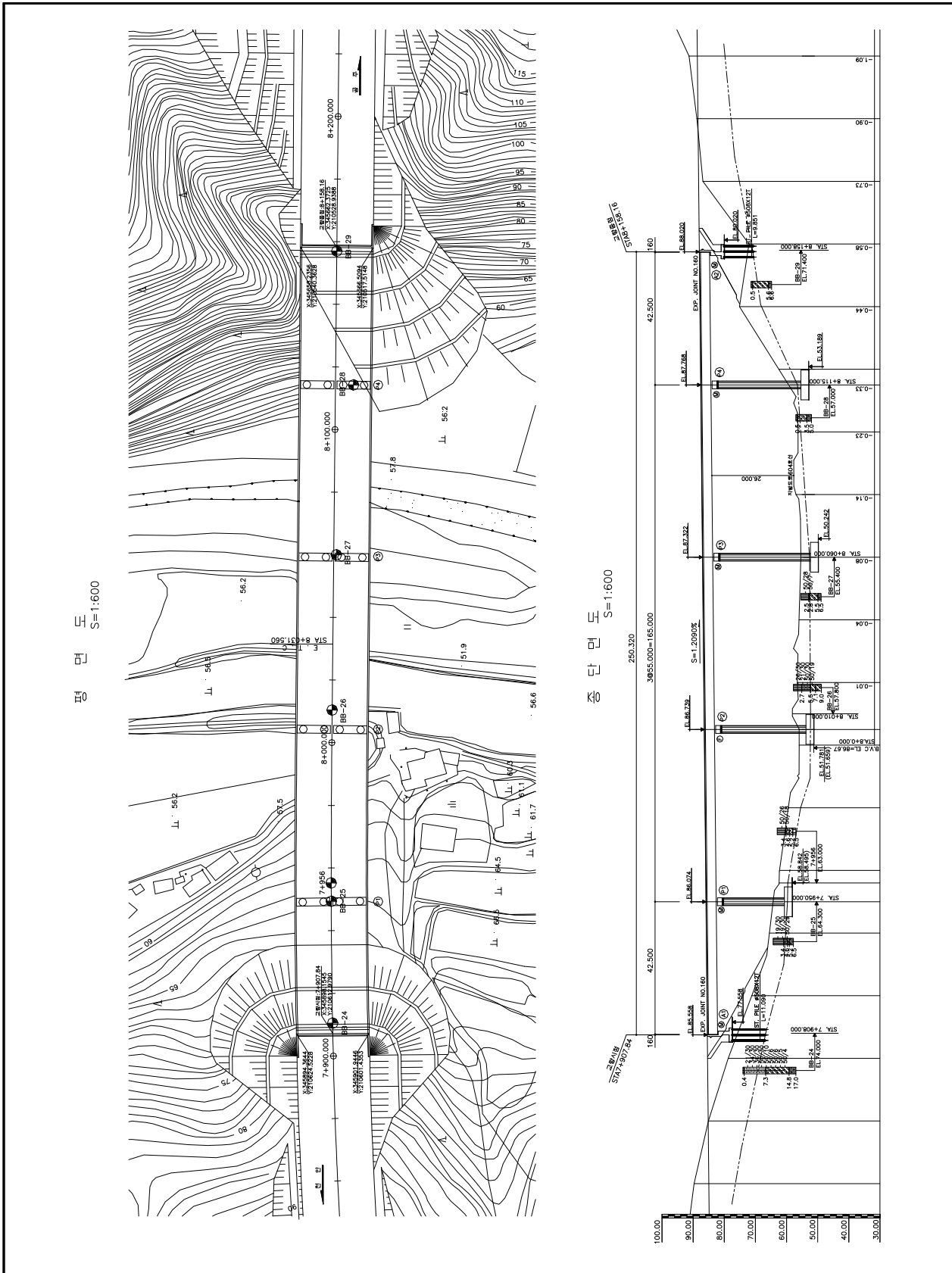
2. 자료수집 및 분석

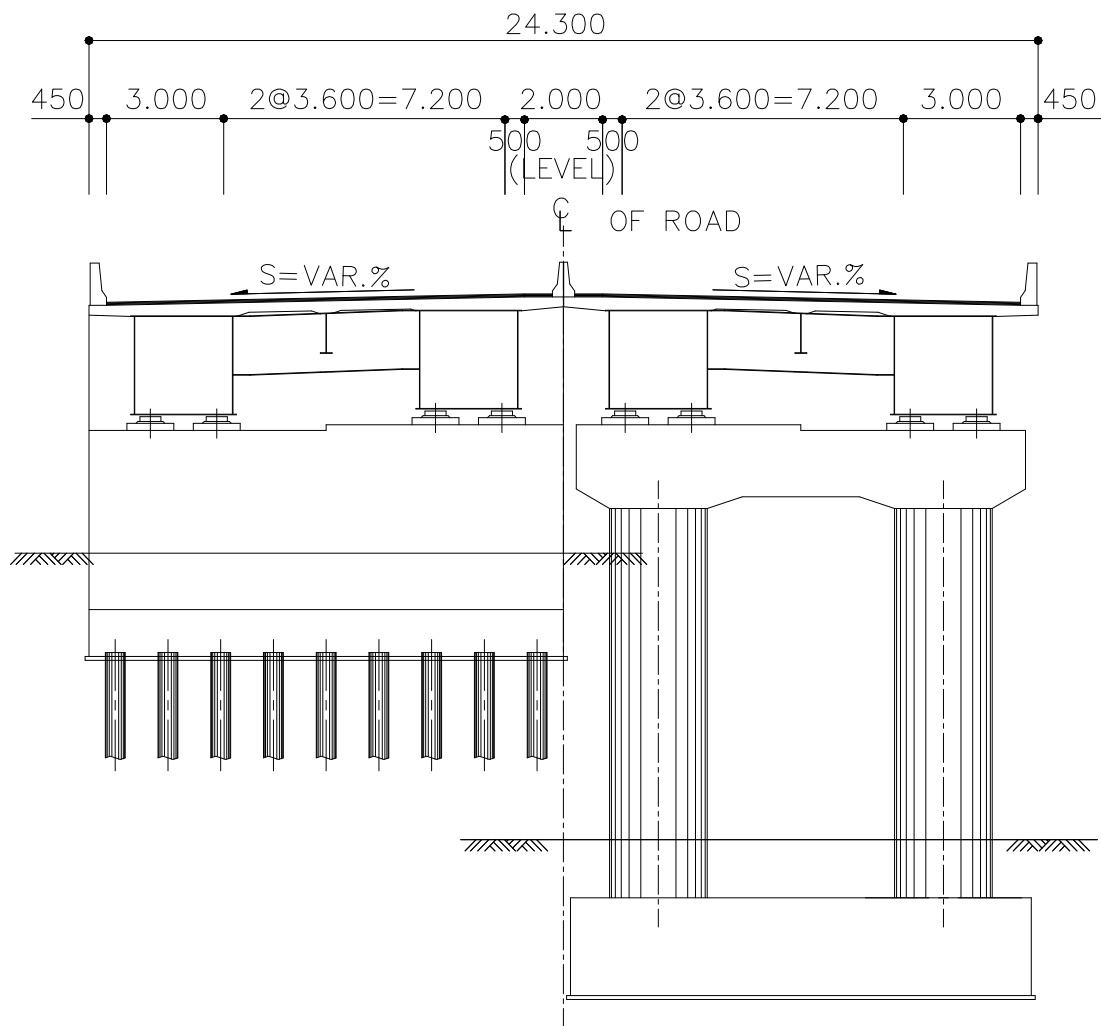
2.1 자료수집

가. 개요

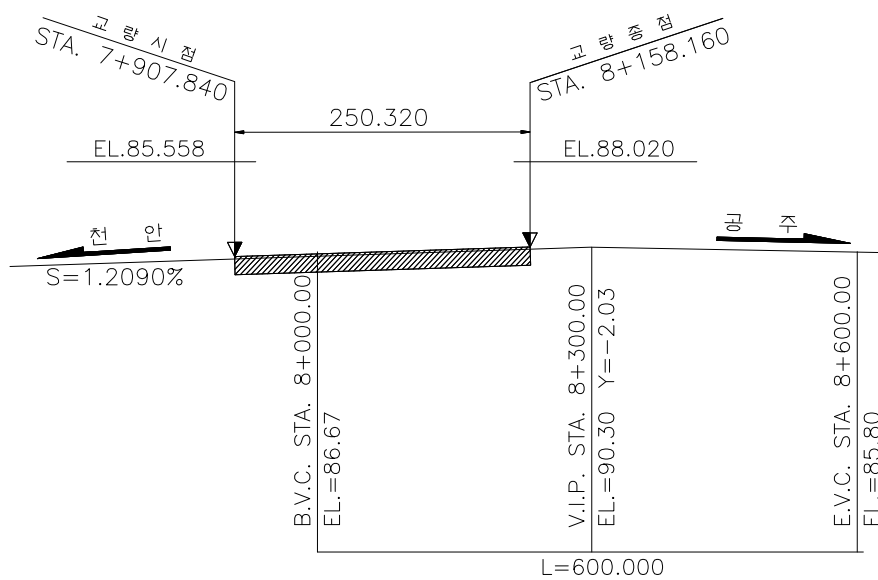
구분	용역명	용역사
2013. 3	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서	비앤티엔지니어링(주)
2013. 6	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(2차)	
2013. 7	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(3차)	
2013. 6	광정교 정밀안전진단	비앤티엔지니어링(주)
2015. 5	기술검토의견서 (광정교 A2 신축유간에 대한 유지관리방안 의견 제출)	(주)동우기술단
	기술검토의견서 (광정교 교대 보수 방안 의견 제출)	(주)동우기술단
2015. 7	광정교 교대 측방이동 보수공법검토서	(주)동우기술단
2015. 12	광정교 교량받침 프리셋팅 이동량 측정	천안논산고속도로
2017. 6	‘17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_1	(주)장민이앤씨 (주)동우기술단
2017. 8	‘17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_2	(주)장민이앤씨 (주)동우기술단

나. 관련도면

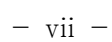




〈표준 횡단면도〉

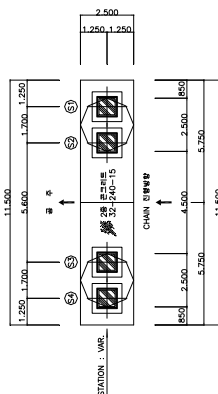


〈종구배도〉

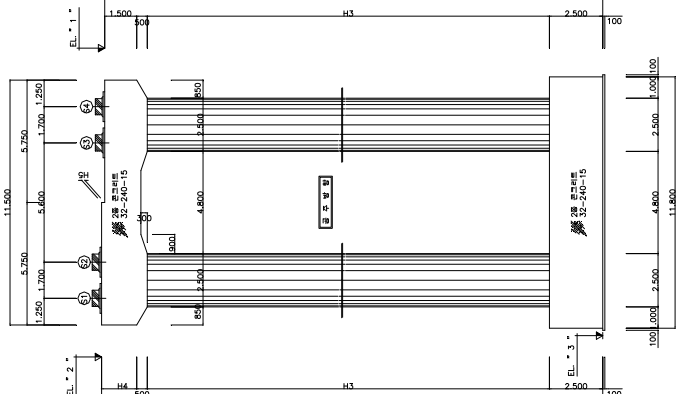


천안 ~ 논산간 고속도로 건설공사
제 2 공구 : 광덕~정안

평면도
S = 1 : 100

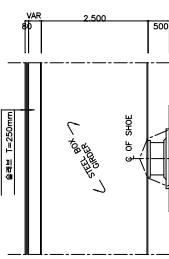


경면도
S = 1 : 100

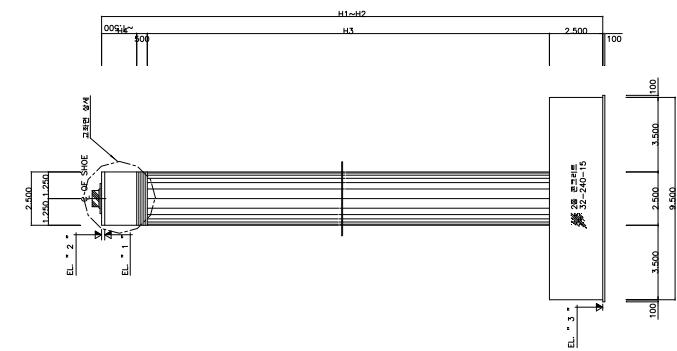


교각 일반도 - 근좌방향

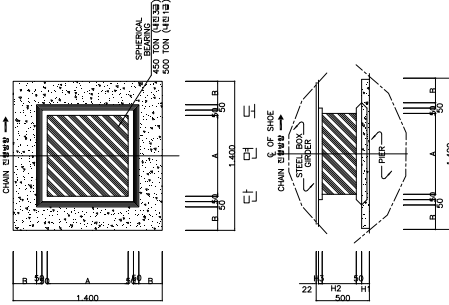
교각면상세
S = 1 : 50



측면도
S = 1 : 100



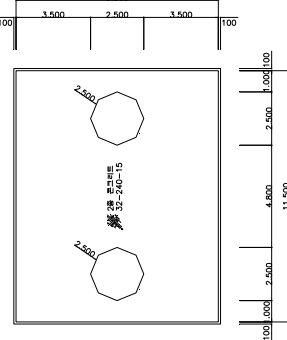
평면도
S = 1 : 20



변화치수표

구분	변화치수	변화치수	변화치수	변화치수	변화치수
H1	24,000	31,500	33,500	31,000	
H2	24,146	31,646	33,646	31,146	
H3	19,500	27,000	29,000	26,500	
H4	1,646	1,646	1,646	1,646	
H5	146	146	146	146	
EL. "1"	82,495	83,199	83,742	84,189	
EL. "2"	82,641	83,305	83,888	84,335	
EL. "3"	58,485	51,659	50,242	53,189	
STATION	764+950.500	864+905.500	864+905.500	864+115.500	

구조평면도
S = 1 : 100



- * NOTES
1. 본 교량은 CLOTHOID 평면으로 편곡하여 설계된 교량이다. 치수가 고정되어 있으므로 설계하지 않음.
 2. 본 교각 설계는 CHAIN 진동방향을 기준으로 함.
 3. 시공시 70cm 최소 50cm나로
 4. 교각에 적용되는 SPHERICAL BEARING 450 TON 내린 값 (S1, S3, S4) 및 500 TON 내린 값 (S2) 함.

천안 논산간 고속도로 (주)

도면명	교각 일 반 도
설계	한 건 집
검토	이 건 관
지	내 부 지
속	도면번호
1 : 100	256

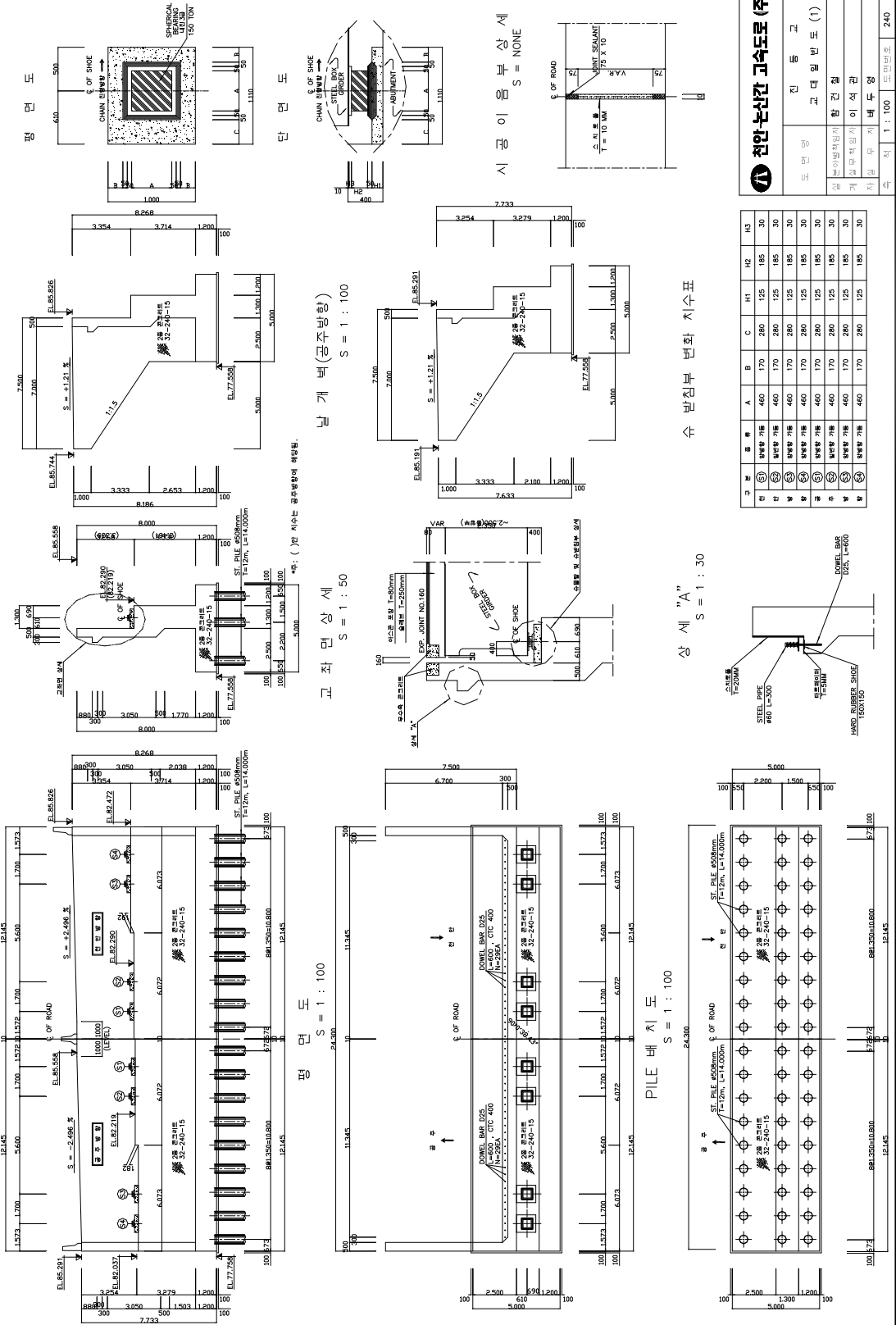
천안 ~ 논산간 고속도로 건설공사
제 2 공구 : 광덕~정안

고대 일 반 도 (1) - 시 점 부 고 대

정 립 도
S = 1 : 100

날 개 벽 (천안방향)
S = 1 : 100

수몰탈 및 수반침부 상세
S = 1 : 20





다. 점검 진단 이력

본 교량은 2002년 12월 실시한 정밀점검을 시작으로 현재까지 공용기간 중 정기점검 20회, 정밀점검 7회, 정밀안전진단 1회를 실시하였다.

라. 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
09년	신축이음 교체 슬래브 커팅	FINGER TYPE 50mm	전개소 A1 - 논산방향
15년 04월	신축이음 후타보수	-	-
15년 5월	- 하자보수- 교대사면 그라우팅 신축이음장치 교체 교좌장치 밀림보수 슬래브 절단 강박스 절단 시설물보수	- 하자보수- 96공 34.2m 11개소 22.8m 11.4m 단면보수 64.61㎡ 단면보수 9개소 철근노출 보수 2개소 표면보수 35.21㎡ 표면보수 2개소 균열보수 6개소 볼트 재체결 5개소 도장손상 11개소 셀링처리 0.6m	- 하자보수- A1 A1,A2-논산방향 A2-천안방향 A1-논산방향 A2-SH1~7 A2-양방향 - 바닥판하면, 주형 가로보, 교대 및 교각
16년 06월	신축이음장치 보수	반폭 #160	양방향
17년 06월	신축이음장치 보수	-	A1 - 논산방향
17년 08월	팽창줄눈	-	논산 A1, 양방향 A2
17년 12월	슈여유량 조정	-	양방향 A2

2.2 주요 자료 및 분석

가. 2013진단(2012.10~2013.6)

- 2013년 진단 과업 기간 중, 교대에서 발생된 교대홍벽-슬래브 및 신축이음의 유간 부족현상이 조사되었으며, 구조안전성 검토 및 현장조사, 측량 등을 통해 측방유동이 검토된 상태로서, 현재까지의 상태변화 및 교대 보강공사 결과 등에 대한 측방유동의 유무를 검토하였으며, 구조안정성 검토 결과, A1의 경우 압성토의 다짐 부족으로 인한 수동저항력 부족은 외관조사 및 변위계측 결과에서 조사된 측방유동(밀림 현상)현상과 일치하는 것으로 판단된다. 또한 A2의 경우 말뚝효과 미고려시 소요안전율을 확보하고 있으나, 말뚝효과 고려시 소요안전율이 다소 부족한 것으로 분석되어 충분한 수동 저항력을 확보하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

나. 광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(1차~3차)

- 광정교는 현재 나타난 결과만을 고려하더라도 변위발생으로 인한 교량기능발휘(거동)에 많은 문제점을 내포하고 있는 것으로 판단되며, 본 교량이 현재 공용 중에 있고, 하절기 온도상승에 의한 상부구조의 신장량을 감안할 때 조속한 대책이 요구됨.
- 또한 신축이음 및 바닥판의 자료분석 결과와 교대 외관조사에서 조사된 바와 같이 광정교 A1교대의 경우 측방변위 현상은 수렴된 것이 아니라 현재 진행중인 것으로 나타났다. 그러므로 이에 대한 근본적인 원인을 제거하지 않은 상태에서 “09년 신축이음교체 및 바닥판 커팅 보수”와 같이 부분적인 보수만을 시행할 경우 문제가 반복될 수 있다. 이에 따라 공용여건이 허용되는 범위 내에서 안전성 확보가 확실한 대책을 충분히 강구한 후 보수가 이루어져야 할 것으로 판단됨.

다. 기술검토의견서(1)(2015. 5)

- 광정교 A2측은 천안·논산, 양방향 모두 하절기시 바닥판과 교대홍벽이 협착되어 신축 유간이 부족한 것으로 확인되었으며 온도에 따른 바닥판과 교대의 유간협착 관계를 2013 ~ 2015년 지속적으로 점검한 결과 기온 10℃를 전후(천안방향 15℃, 논산방향 7℃)하여 협착되는 것으로 나타남.
- 교대와 교각간의 상대거리를 측정하는 방법으로 교대의 변위유무를 계측한 결과 A2측은 최대 18mm의 변위가 발생하는 것으로 나타났으며, 동절기시 상대거리가 가까워지

고 반대로 하절기시 멀어지는 형태를 보여 온도변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 확인됨.

- 계측기간 중 논산방향으로 교대배면에 설치된 팽창줄눈의 변화여부를 확인한 결과 62mm로 형성시킨 줄눈유간이 온도가 상승함에 따라 최대 47mm 줄어들어 혹서기 최소 유간 15mm로 축소되었으며, 유간이 줄어드는 방향은 교량 먼곳에서 교량측으로 축소한 양이 절대적인 것으로 확인됨. 팽창줄눈을 설치한 이후에도 교대는 약간의 변위를 보였으나 변위양은 팽창줄눈 설치 전후로 확인한 차이를 보임.
- 교대변위, 유간협착의 원인을 한 가지로 특정할 수는 없으나 팽창줄눈 유간의 축소량과 축소방향, 줄눈 설치 전후의 교대와 교각간 상대거리 계측결과 등으로 볼 때 포장팽창의 영향이 지배적인 것으로 판단되며 인위적으로 형성시킨 팽창줄눈은 교대 변위를 억제시키는 효과가 있는 것으로 나타남.
- 온도변화에 의한 거더의 변위가 구속될 시 그 힘에 대응되는 압축력이 거더에 전달되면 교대홍벽이나 바닥판의 파손, 신축이음의 볼트파단·본체의 이탈, 고정단 받침물탈의 파손 등이 발생될 수 있으며, 신축유간이 협착되기 시작하는 온도인 10℃를 상회하는 2015년 5월 현재 논산방향 단부 바닥판이 파손되는 손상이 나타나고 있는 것으로 확인됨.
- 팽창줄눈시공으로 인해 교대로 전달되는 포장팽창에 의한 수평력이 어느 정도 제거·해소되었으므로 포장팽창이 추가적인 변위를 유발할 가능성은 낮음. 따라서, 현재의 온도에서 혹서기 최고온도로 상승할 경우에 대비해 상부구조의 신장을 자유롭게 하여 구조적으로 안정시킬 뿐만 아니라 바닥판의 손상 외 받침물탈의 파손 등 교대 유간협착으로 나타날 수 있는 2차 손상이 추가로 발생되기 전에 바닥판과 거더를 일부 절단하는 방법으로 유간을 확보하는 조치가 필요함.
- 이상의 결과는 ‘광정교 정밀안전진단보고서(2013. 6, 비엔티엔지니어링(주))’와 ‘하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(1~3차, 2013. 3~2013. 7, 비엔티엔지니어링(주))’에서 제시된 바와 같이 교대 A2는 구조안정성검토에서 소정의 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타난 결과를 종합한 것임.

라. 기술검토의견서(2)(2015. 5)

- 광정교는 ‘2009년 상반기 정밀점검’ 시부터 제기된 교량받침 및 신축이음 장치 가동여유량 부족에 따른 조치 필요성 및 광정교 하자보수에 따라 교량받침의 이동량 확보 및 신축이음장치의 신장여유량 확보의 필요성이 제기됨.
- 하자보수 업체에서 제시한 교량받침 이동량 확보방안 ‘광정교 교좌장치 보수공사 시공 계획서’에 대하여 검토 결과 적절한 것으로 판단되며 시공시 다음의 사항을 주의 할 필요가 있음.
- 교량받침 보수방안
 - 교대1에 유압잭을 설치하고 거더를 인상. 하부 플랜지와 sole plate의 Fillet 용접부를 산소 아세틸렌 용접기로 가우징(gauging) 하여 분리시킨 후 Sole plate와 상답을 교량내측으로 이동하여 재용접함.
- 편심량 검토
 - 국내의 기준과 연구자료 등이 미흡하여 일본의 보수기준을 적용
 - 참고서적 : 강구조물 보수 보강 개조의 수인(手引) P141 研友社 : 일본서적
 - $\delta_a (mm) = L \times \frac{1.5}{2} + 50 mm$
 - L : 지간장(m)
 - δ_a : 받침 중심과 지점 수직보강재와의 허용 편심량
 - 제5지간장 : $L = 42.50 - 0.45 = 42.05m$
 - $\delta_a (mm) = 42.05 \times \frac{1.5}{2} + 50 = 81.5 mm > (\text{편심량})$
 - Sole plate 이동 설치시 허용 편심량 81.5mm 이내에서 시공할 것.
- 상답을 허용편심 이내에서 시공하면 받침 이동에 따른 지점부의 별도 보강은 필요 없을 것으로 판단된다.

마. 광정교 교대 측방이동 보수공법 검토서

1) 팽창줄눈 계측 결과 분석

- 2014년 3월 7일부터 2015년 8월 26일까지 약 6개월 팽창줄눈의 유간을 계측한 결과 팽창줄눈의 유간이 지속적으로 축소되는 것으로 나타났으며 이는 기온의 상승에 따른 포장의 신장과 포장 콘크리트에 내재된 압축력이 유간설치로 인하여 구속력이 이완됨으로서 팽창되는 현상에 의한 것으로 판단된다.
- 2014년 8월 26일부터 약 6개월 후인 2015년 2월 11일 계측된 유간은 6mm 증가 한 것으로 나타나 하절기에서 동절기로 바뀐 경우 기온의 영향으로 포장의 길이가 다소 축소되는 것을 알 수 있다.

2) 수축줄눈의 이격거리

- 포장 콘크리트를 먼저 시공한 후 중앙분리대를 시공하며 이때 중앙분리대에는 포장의 수축줄눈과 동일한 위치에 절단기로 수축줄눈을 설치하였다.
- 2015년 8월 5일에 실측한 이격거리는 교대에서 멀어질수록 감소하는 것으로 나타났다.
- 중분대와 콘크리트 포장에 각각 설치된 수축줄눈이 위치별로 어긋나 있으며 콘크리트 포장이 상대적으로 교량측으로 이동한 상태이다.

3) 교대 변위 계측

- 일반적으로 하절기에는 온도 상승으로 거더가 신장하여 교장이 늘어나고 동절기에는 온도 하강으로 거더가 수축하여 교장이 줄어드는 경향을 보이므로 교량의 상부구조와 교대 흙벽과 맞닿은 상태에서는 하절기에 교각과 교대사이의 거리는 늘어나야 한다. 그러나 계측결과는 반대의 현상을 보이고 있으며 이는 교량보다 길이가 긴 접속도로 콘크리트 포장(T=330mm)이 온도영향을 받아 신축하기 때문이다.
- 장기적으로 계절별 기온의 영향으로 신축을 반복하면서 지속적으로 조금씩 교각과 교대사이의 거리가 줄어들게 되는데 이는 알칼리 골재 반응으로 포장 콘크리트가 팽창하기 때문이다.
- 교대2 측의 상부 바닥판 단부 부분 절단 후 교각과 교대 사이의 거리가 급격히 축소되는 것으로 나타났다. 이는 유간이 확보된 만큼 접속도로가 교량측으로 밀려나기 때문이다. 따라서 신축유간이 부족한 경우 교량 바닥판을 절단하여 유간을 확보할 것이 아니라 콘크리트 포장을 절단하여 팽창줄눈을 추가로 설치하여야 한다.

4) 알칼리 골재반응 시험 및 골재 반응 조사

① 알칼리 골재반응 시험 결과

- 평가결과 : 반응성 없음

② 알칼리 골재반응 조사

- 확대경으로 포장층 중간층에서 골재 주변의 환형 겔 생성 여부를 확인하였으나 관찰되지 않았다.
- 코어를 채취하여 알칼리 골재 반응성 시험을 수행하였으나 반응성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 이 방법은 정성적인 방법이므로 모르타르 봉 방법으로 검증이 필요하다.

5) 보수 및 유지관리 방안

① 보수방안

- 교량의 신축유간과 포장의 팽창줄눈이 협착된 이유는 콘크리트 포장의 알칼리 골재 반응에 의한 팽창 때문이며 이러한 반응은 장기적으로 지속된다. 따라서 기존의 팽창줄눈의 유간이 협착 되어 소멸되었으므로 콘크리트 포장부에 기존의 팽창줄눈과 수축이음 사이에 새로운 팽창줄눈을 추가로 설치하여 포장의 팽창을 흡수하여야 한다.
- 교량측의 첫 번째 팽창줄눈은 완충슬래브와 포장 슬래브 사이에 설치되어 있으므로 팽창줄눈과 포장슬래브의 첫 번째 수축줄눈 사이에 포장슬래브의 팽창을 흡수할 수 있는 팽창줄눈을 추가 설치함이 바람직하다. 절단두께는 포장 두께인 330mm 이며 절단시기는 절단시 쥘 현상을 회피하기 위하여 온도가 하강하는 10월에서 12월 사이에 하는 것이 바람직하다.

② 유지관리 방안

- 접속도로는 교량에서부터 접속슬래브, 완충슬래브, 포장슬래브의 순으로 설치되는데 일반적으로 완충슬래브와 포장 슬래브 사이에 팽창줄눈을 설치한다.
- 포장슬래브는 1일 타설량을 고려하여 적당한 길이(120~240m)를 한꺼번에 타설하며 일반적으로 시공이음 위치에 팽창줄눈을 설치하고 연속된 포장 슬래브에는 6.0m마다 수축줄눈을 설치한다. 팽창줄눈에는 다웰 바(Dowel bar)가 설치되고 포장슬래브의 수축줄눈에는 타이 바(Tie bar)가 설치된다.
- 차량의 통행을 고려하여 팽창줄눈의 폭을 한 번에 최대 60mm 이상 절단하여서는 안 된다.
- 알칼리 골재반응은 0.04~0.05% 정도 팽창하는 것으로 알려져 있으며 장기간에 걸쳐 진행하므로 진행정도에 따라 팽창줄눈을 단계적으로 절단하여야 한다.

바. 광정교 교량받침 프리세팅 이동량 측정

- A1 지점의 교량받침 프리세팅시 슬플레이트의 이동량 측정결과 최소 6.5cm~최대 7.5cm로 측정되었다. 강박스거더(G4기준) 지점부 다이어프램과 슬플레이트 센터와의 오프셋은 약 7.5cm 이며 하부 받침본체 센터와의 오프셋은 5.0cm로 측정되었다.

사. '17~'18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_1

- 교대 측방이동에 대한 변위 관측결과 광파기 측량은 초기치 값보다 교대와 교각이 가까워지는 결과를 얻었으며, GPS는 신축이음장치에서 팽창 및 수축이 온도변화에 따라 진행되고 있다. 또한, 교대 기울기, 게이지 측정, 바닥판유간, 신축이음유간, 팽창줄눈에 대한 결과 전반적으로 변위는 미소하게 발생한 상태이며, 온도변화에 따른 것으로 판단된다. 현재 교대 홍벽과 거더 및 받침장치의 협착은 발견되지 않아 현재 측방이동은 없는 것으로 분석되었다. 추후 7월~8월 온도가 상승 할 때(혹서기) 측량 및 관측을 실시하여 변위를 추적조사 할 예정이다.

아. '17~'18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_2

- GPS 측량결과 초기치 측정 이후 온도변화(혹서기)에 따른 수축작용(교량 및 포장체가 팽창)이 진행된 것으로 판단되나 측정값이 미미하고 주변 신축이음장치 및 후타재에 손상 등이 발견되지 않았으므로 현재까지 양호한 거동을 하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 초기치 이후 광정교 천안방향에 대한 신축이음장치(A2)의 5월 29일 측정치는 고속도로 상의 덤프, 대형버스 등으로 인하여 값이 높게 측정된 것으로 검토된바 추가적인 측정을 통하여 5월 29일 측정치를 조정하도록 하겠음.
- 교대 측방이동에 대한 변위 관측결과(8월 혹서기) 광파기 측량은 초기치 값보다 교대와 교각이 가까워지는 결과를 얻었으며, GPS는 신축이음장치에서 팽창 및 수축이 온도변화에 따라 진행되고 있다. 또한, 교대 기울기, 게이지 측정, 바닥판유간, 신축이음유간, 팽창줄눈에 대한 결과 전반적으로 변위는 미소하게 발생한 상태이며, 온도변화에 따른 것으로 판단된다. 현재 교대 홍벽과 거더의 협착 및 받침장치의 협착은 발견되지 않아 현재 측방이동은 없는 것으로 판단됨.

2.3 자료분석 결과요약

- 2013년 진단 : A1측방유동이 검토되었으며, A2는 소요안전율을 확보(말뚝미고려 시)한 상태로서, 교대 유간부족 및 측방유동에 대한 보강필요 제시
- 측방유동검토의견 : 교량 기능발휘(거동)에 많은 문제점이 내포된 상태로서, 신장량을 감안한 조속한 대책 요구됨
- 기술검토의견(1) : 포장에 설치된 팽창줄눈은 교대변위를 억제시키는 효과가 있는 것으로 검토되었으며, 바닥판과 거더를 일부 절단하여 유간을 확보하는 조치가 필요함
- 기술검토의견(2) : 받침 프리셋팅 시, 상답을 허용편심 이내에서 시공하면 받침 이동에 따른 지점부의 별도 보강은 필요 없을 것으로 판단됨
- 광정교 교대 측방이동 보수공법 검토서 : 신축유간과 팽창줄눈이 협착된 이유는 접속 콘크리트포장의 알칼리 골재 반응에 의한 팽창 때문이며, 새로운 팽창줄눈 추가 설치가 필요함
- '17~ '18년 도로시설물 안전점검용역 교대변위 측량결과 보고서 : 온도변화에 따른 미소한 기울기, 바닥판유간, 팽창줄눈, 신축이음 등의 미소한 변위가 발생되었으며, 측방이동은 없는 것으로 분석됨

3. 현장조사 및 시험

3.1 포장 및 접속도로 현황과 외관조사

(알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사)

광정교와 접속하는 포장형식은 콘크리트 포장이며, 포장구조물의 연장은 광정교 A1 ~ 정안IC교(약 1.2km), 광정교 A2 ~ 내촌2교(약 1.28km)로서 약 6m간격으로 수축줄눈이 시공되어있으며, 교량 시·종점부에 인접하여 천안 A1측을 제외하고 팽창줄눈이 설치되어있다.

외관조사는 갓길부 교통통제 후 실시하였으며, 교량에 인접한 접속포장부 300m를 조사하였다. 손상 위치는 교량을 기준으로 시·종점부터 멀어지는 방향으로 0~300m로 표기하였다.



천안방향 시점측 접속포장 전경



논산방향 시점측 접속포장 전경



천안방향 Sta. 8.0m - 단차



천안방향 Sta. 15.3m - 중분대 이격

	
천안방향 종점측 접속포장 전경	천안방향 Sta. 10.0m - 포장균열
	
논산방향 Sta. 35.5m - 포장파손	논산방향 Sta. 10.0m - 포장 단차

포장은 차로측만 콘크리트포장이 시공되었으며, 길어깨부는 아스콘 포장이 시공된 상태이다. 또한 시점측 논산방향 Sta. 15.0~45.0m 구간 및 종점측 천안방향 Sta. 0~20.0m 구간은 아스콘포장이 위치하고 있다. 외관조사 결과, 수축줄눈 주변 포장 파손 및 중분대 이격, 단차, 망상균열 등이 조사되었다. 조사된 손상은 차량통행에 의한 줄눈부 주변 단면취약부위의 파손 및 스폐링 현상, 건조수축 및 동결융해 등에 의한 손상이며, 길어깨부 아스콘포장의 단차는 차로측의 특이 손상이 없는 상태로서, 국부적인 길어깨부 포장하부의 지지력 부족 등에 따른 단차로 발생되며 접속슬래브의 영향은 없는 상태로 판단된다.

블로우업(Blow-up)현상은 온도팽창에 따른 압축력에 의하여 좌굴을 일으켜 줄눈부분 또는 균열부분을 중심으로 부분적으로 솟아오르는 현상으로서, 수축줄눈 조사결과 주변 국부적인 파손 및 균열은 관찰되나 윤회중의 반복적인 통행, 동결기 제설염화물, 동결융해, 외부 환경 노출 등에 의한 단면의 단부측 파손으로서 블로우업 현상은 없는 상태로 판단된다.

3.2 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측

수축줄눈은 약 6.0m 간격으로 시공되어있으며 유간은 1~5차(2018.2.26.~2018.5.28., 일 평균기온 4.1℃ ~ 20.1℃)에 걸쳐 측정하였고, 측정결과, 6~8mm의 유간폭에서 전개소 변동량은 거의 없는 상태로 측정되었다.

3.3 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취

(교량 접속부의 포장에 대한 시험시료 채취)

- 금회 용역 알칼리 골재반응 시험

시험방법 : 화학적방법(코어채취)

시료위치 : A1에서 전방 약 65m 위치에서 포장콘크리트 채취

평가결과 : 반응성 없음

- A1, A2에 접속한 토공 포장부에 대한 알칼리 골재반응 시험결과, 알칼리 골재반응은 없는 상태로 검토되었으며, 접속 포장부의 외관조사결과 또한 알칼리 골재반응에 의한 포장의 팽아웃 손상 등은 조사되지 않은 상태이다.

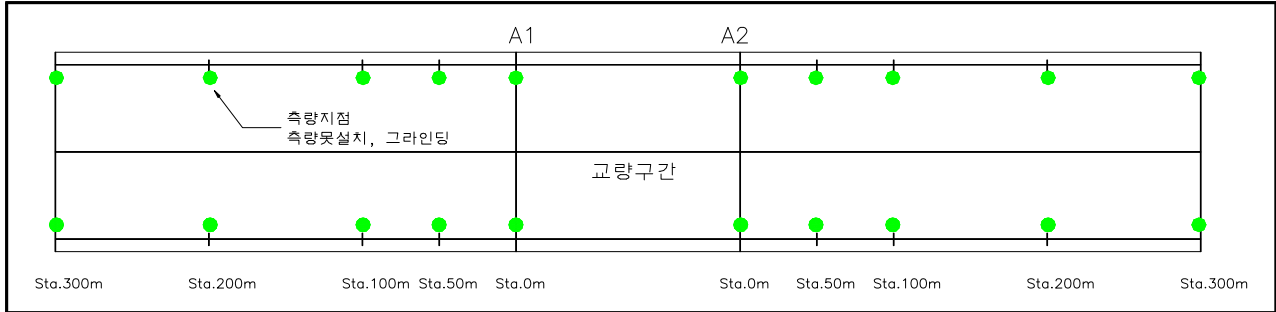


코어 채취

3.4 콘크리트 포장의 팽창량 계측

가. 그라인더 커팅부 변화상태

- 온도변화 - 15.4℃(일평균기온 4.7℃ ~ 20.1℃)
- 변화량 - 천안방향 시점측 최대 7mm, 천안방향 종점측 최대 3mm
 논산방향 시점측 최대 6mm, 논산방향 종점측 최대 4mm



- 측정 결과 - 온도의 증가에 따른 포장의 신장거동에 의해 콘크리트 포장의 커팅기준선이 아스콘 커팅기준선 대비 교량측의 이동이 관찰되었음. 다만, 길어깨부는 아스콘 포장으로서 이질재료에 의한 콘크리트와 아스콘의 신축거동량의 차이가 있으므로, 측정된 값은 거동에 의한 절대값은 아니며, 포장 신장의 경향성을 파악하기 위함으로 측정함.

나. 포장측량 현황

- 온도변화 - 15.4℃(일평균기온 4.7℃ ~ 20.1℃)
- 변화량(0~300m 기준) - 시점 천안방향 10mm, 종점 천안방향 1mm
시점 논산방향 1mm, 종점 논산방향 1mm
- 측량 결과 - 온도의 증가에 의한 포장의 신장거동은 있으나, 거동량은 매우 적으며, 측량 오차범위, 팽창줄눈 등을 감안하였을 때, 토공부 포장의 신장거동에 의한 교량에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단됨. 다만, 천안방향 시점측의 신장량이 타개소 대비 거동량이 큰 원인은 별도의 팽창줄눈이 위치하지 않아, 타개소에 비해 거동량이 큰 것으로 판단되므로, 팽창줄눈 설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

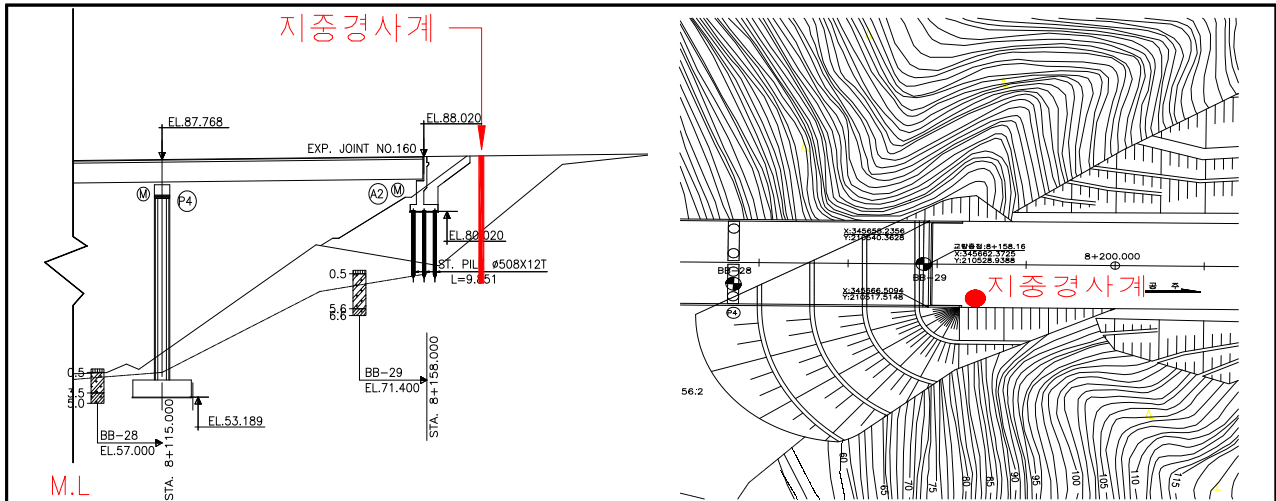


접속부 포장 측량

측량못 설치 및 그라인더 커팅

3.5 교대 유간부족 교량 수평변위 계측

가. 지중경사계 계측



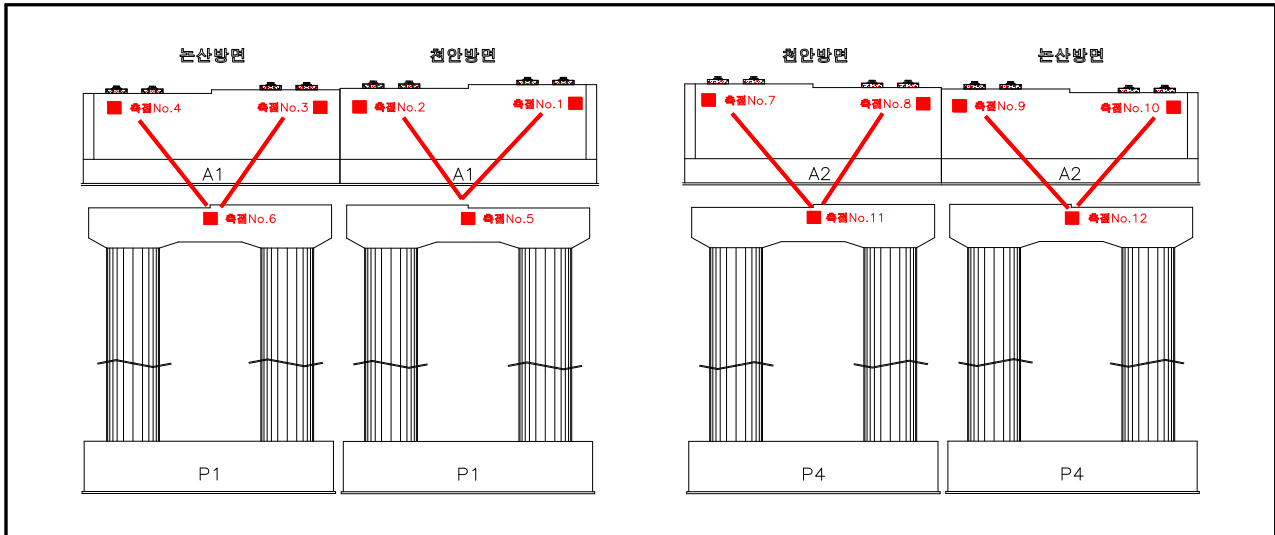
- 온도변화 - 10.5℃(일평균기온 9.6~ 20.1℃)
- 변화량 - 최대 4.06mm
- 1mm 이상의 변위가 나타나는 깊이는 2m에서 나타나기 시작하며, 변화량은 미미한 상태로서, 접속한 토공포장의 신장에 의해 교량에 끼치는 영향은 적을 것으로 판단됨.

나. 교대·교각 측정 및 측량

1) 교대·교각 거리 측량

교대 (A1,A2)측에 측방변위 여부를 검증하기 위해서 교대 및 교각에 설치된 고정점을 활용하여 교대·교각간 거리를 계측하였다.

기 진단 이후, 측량은 지속적으로 유지관리된 상태로서, 측량결과는 다음과 같다.



- 온도변화 - 16.0℃(일평균기온 4.1℃ ~ 20.1℃)
- 변화량 - 2013.3.6. 초기값으로 부터의 변화량(-:가까워짐, +:멀어짐)
- 금회 용역 시 변화량 - 천안방향 A1 최대 3mm, 논산방향 A1 최대 4mm
천안방향 A2 최대 30mm, 논산방향 A2 최대 13mm
- 측량 결과 - 과업별 용역회사마다 장비 및 측정자의 오차 등이 발생하므로 초기치부터의 전반적인 경향을 통한 비교는 어려운 상태로서, 금회 측량자료를 통한 검토결과, A2와 P4의 경우 온도가 높아짐에 따라, 거리가 가까워지는 경향이 나타났으며, A1과 P1은 측량의 오차로 나타날 수 있는 미미한 변화 정도로서, 온도변화에 의한 거리변화는 거의 없는 것으로 판단됨.

2) 교대 기울기 측정

교대의 기울기 측정 결과, 내측으로 경미한 변위는 있으나, 미미한 정도이며, 좌대3의 경우 측정기간 중 측정판 주변 보수가 실시되어 검토 대상에서 제외하였다.

연도별 측정 조사자 및 측정기기의 차이에 의한 오류 및 오차가 존재하므로 초기값으로부터의 경향성을 파악하는 데는 무리가 있을 것으로 판단되어, 금회 용역 기간 동안 실시한 값을 검토하였다. 검토결과, $0.01\sim0.06^\circ$ 의 내측변위가 있는 것으로 측정되었으며, 여러 오차요인들을 감안하였을 때, 변위량은 적은 것으로 판단된다. 또한, 5월 10일과 5월 28일 비교 대비 외측방향의 변위가 나타난 상태로서, 온도 상승과 내측변위가 비례하다고 판단하기 어렵다.

3) 교대 단차 측정

실린트 선형 및 외관상태는 특이변화가 없는 양호한 상태이며, 단차 측정결과 방향별 교대의 내측변위 및 편차는 없는 것으로 판단됨.

4) 교각 기울기 측정

교각 P2(고정단) 기울기 측정결과, 측정오차 정도의 변위가 나타난 상태로서 교각의 기울음은 없을 것으로 판단된다.

3.6 교대 유간부족 교량 수평변위 계측

가. 상부포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토

접속부 콘크리트 포장의 외관조사 및 팽창량 측정·측량 결과, 온도변화에 따른 팽창량은 교량의 신축거동에 따라 확보된 유간을 초과하는 범위는 아니며, 또한 접속포장부의 정확한 신축장을 파악하기는 어려우나 팽창줄눈 설치 효과에 의해 실제 교량의 끼치는 영향은 더 적을 것으로 판단된다.

나. 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토

신축이음 및 받침장치의 외관조사결과, 현재 바닥판 및 거더의 유간협착은 없는 상태이며 신축이음 유간 협착에 의한 파손 및 강재의 솟음은 발생되지 않은 상태이다. 또한, 2015년 A1측 바닥판 및 강거더 단부측 절단, 교대 받침장치의 프리셋팅 등에 의해 적정 유간 확보 및 특이 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다음 사진은 교대 측방유동 발생 시 손상 변화가 나타날 수 있는 교대 주변의 손상 사진들이며, 향후 조사 시 다음 사진을 활용하여 비교·검토가 필요할 것으로 판단된다.



교대 A1 천안방향 접속부 경계석 파손

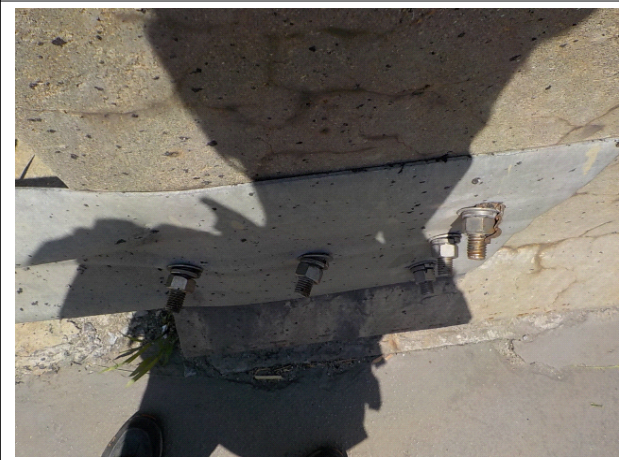


교대 A1 천안방향 날개벽 난간볼트 변형

교대 A1 천안방향
접속부 포장단차(날개벽 2m 이격)

교대 A1 논산방향 날개벽 난간볼트 변형

교대 A1 논산방향
접속부 포장균열(날개벽 2m 이격)교대 A1 논산방향
접속부 방호벽 이격(날개벽 2m 이격)

	
교대 A2 천안방향 접속부 포장균열(날개벽 2.5m 이격)	교대 A2 천안방향 날개벽 난간볼트 변형
	
교대 A2 천안방향 날개벽, 방호벽 점검계단 접속부 이격	교대 A2 논산방향 날개벽 난간볼트 변형

1) 받침장치 신축거동 분석

- 받침장치의 신축거동 분석결과, A1 천안방향과 P1 양방향의 받침장치는 온도변화에 의한 받침 거동이 원활하지 않은 상태로 검토되었다. 온도가 상승됨에 따라 신장측 여유량은 감소하는 것이 일반적이나, 이론변화량에 못미치는 거동상태가 관찰되며, P1 천안방향은 수축방향의 거동이 관찰되는 상태이다. 또한, P4와 A2의 받침장치도 이론변화량과의 비교대비, 천안방향의 경우 P4는 여유량이 부족하며, A2는 과도한 신장측 거동이 관찰되었다. 논산방향 P4는 이론변화량과 유사한 경향이나, A2는 신장측으로 과도하게 거동되는 것으로 분석되었다. 원인은 강제받침(스페리컬)의 특성상 신장방향의 수평력이 미끄럼이 발생할 정도로 작용하지 않을 경우, 온도변화하게 민감하게 거동하지 않을 수 있으며, A2는 교대의 내측변위에 의해 신장측 여유량의 과다 감소가 나타난 것으로 판단된다.

이론 최대 온도(40℃) 시에도 천안방향 P3, P4와, 논산방향 P4의 경우 신장여유량은

만족하지 못하는 상태이므로(외관조사 참조) 받침장치 설치 당시 프리셋팅의 오류도 있었던 것으로 판단된다.

- 기 진단 시 받침장치의 거동분석결과도 금회와 유사한 경향이 나타나는 것으로 파악되었다. 천안방향의 경우 P4와 A2는 하절기 최고온도 시 여유량을 확보하지 못하며, 논산방향의 경우 A2의 받침장치가 여유량이 부족한 것으로 분석되었다. A2 받침장치는 2015년 받침장치 프리셋팅 보수가 실시되어, 금회 용역 시 여유량이 확보된 상태이며, P4 논산방향의 받침장치는 금회 용역 시 거동분석 결과, 여유량을 확보하지 못한 것으로 분석되었다. 다만, 받침장치의 외관조사결과, P2 고정단 및 P4 가동단의 받침장치에서 거동불량에 의한 앵커볼트부 균열 및 파손, 특이손상 등은 관찰되지 않은 상태로서 온도변화에 의한 원활한 거동 및 이론대비 유사한 거동성을 갖지는 않으나, 현상태에서 받침장치의 내구성은 유지관리되는 것으로 판단된다.

1) 신축이음장치 신축거동 분석

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1)의 가동상태는 이론변동량과 대체적으로 유사한 거동을 하는 것으로 검토되었으나, EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량 대비 신장량이 큰 것으로 나타났다.
- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 천안방향 A1측에서 하절기 신장 여유량이 부족한 것으로 검토되었다.
- 신축이음은 지속적인 교체보수 및 여유량 확보를 위한 바닥판 및 거더의 단부절삭(A2측) 보수가 실시되었으며, 2013년 진단 이후, 신장측 여유량이 서서히 감소되는 경향이 나타났다.

3.6 실내 시험 및 해석

가. 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석

1) 2013 진단 사면안정 해석결과

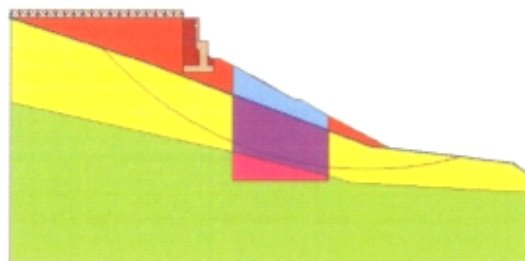
구 분		말뚝기초 변위해석 결과		사면안정해석 결과		
		$D_x \leq 15\text{mm}$	판 정	$F_s \geq 1.50$ (말뚝무시)	판 정	비 고
A1	압성토부 다짐 불충분(Case 1)	7.54 mm	O.K	1.41	N.G	$F_s = 1.59$ (말뚝포함-N.G)
	압성토부 다짐 양호(Case 2)	6.18 mm	O.K	1.54	O.K	$F_s = 1.89$ (말뚝포함-O.K)
A2	압성토부 다짐 양호(Case 2)	9.80 mm	O.K	1.56	O.K	$F_s = 1.71$ (말뚝포함-N.G)

2) 2015년 교대 보강 실시

원호 활동 검토결과, A2 교대의 안전율($F_s=1.597$)이 기준안전율($F_s=1.5$)을 만족하는 것으로 나타났다. 반면 A1 교대의 안전율($F_s=1.433$)이 기준안전율($F_s=1.5$)을 만족하지 못하여, 원설계에서도 이미 측방유동의 위험이 존재하는 것으로 나타났다.

	보수종	
	일시,연번	2015년 06월 천안논산고속도로2공구
	위 치	광정교,A1
	공 종 (내용)	시멘트밀크 주입 #5-12 ~ 5-1
	보수종	
	일시,연번	2015년 06월 천안논산고속도로2공구
	위 치	광정교,A1
	공 종 (내용)	시멘트밀크 주입 #4-12 ~ 4-1

1.581 ← 1.581



교대 A1 보강 후 원호활동 결과

4. 유지관리 방안

4.1 신축이음장치의 유지관리 방안 수립

(교대 유간부족에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시)

현재 천안방향 A1측 하절기 신장여유량이 부족한 것으로 검토되었으며, 양방향 A2는 이론량 대비 신장량이 과다한 상태이다. 신축이음 A1은 받침프리셋팅이 실시된 이력이 있으나, 하절기 여유량이 미확보된 원인은 받침장치의 거동이 원활치 않은 상태로 판단된다. 다만, 2013 진단 이후 공용중 고온 시 유간협착은 없는 상태로서 지속적인 측정이 필요한 상태로 판단된다.

4.2 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축

가. 금회 실시한 측정·측량, 조사자료를 통한 관리 실시

금회 실시한 측량 및 측정자료를 토대로 교대 수평변위 및 거동성 등에 대한 검토가 이뤄지는 것이 바람직하며, 발생될 수 있는 오차요인에 대해 주의하여 실시하는 것이 요구된다. 또한, 비교·검토가 실시되기 위해서는 측량·측정 수행 시 금회 수행된 측량·측정(받침 및 신축이음, 팽창줄눈 유간측정, 포장거리 및 교대·교각간 거리 측량, 교대 및 교각의 기울기 측정, 지중경사계 측정, 외관조사결과)을 1set로 구성하여 매회 실시되는 것이 바람직하다.

1) 교대·교각간 거리 측량

측량자료에 대한 유지관리는 용역사 또는 조사자, 기계차에 따른 오차발생이 크므로, 측량 시 동·하절기를 포함한 기간 동안 측량하는 것이 바람직함.

2) 신축이음, 받침 측정

신축이음은 상부 본체 및 하부 바닥판, 거더 유간을 한날에 측정하여 비교·분석하는 것이 적절하며, 오차범위를 줄이기 위해서는 동일한 위치에서 반복측정하는 것이 바람직함.

3) 교대 변위 측정

부착된 기울기 측정판을 활용하여, 반복 측정하며, 측정 시 측정판을 닦아내어 이물질 등을 최대한 제거하는 것이 바람직함.

4) 팽창줄눈 및 수축줄눈 변화량 계측

수축줄눈 및 팽창줄눈의 반복 계측시 동일위치에서 측정하여 비교·분석

5) 측방유동 및 교대변위에 의한 손상 상태변화 관찰

교대 측방유동 발생 시 손상 변화가 나타날 수 있는 교대 주변의 손상 사진들을 활용하여 향후 조사 시 비교·검토를 통한 유지관리가 필요함

4.3 수평 변위 발생 교대 유지관리 방안 수립

1) 선정사유

2013년 진단 시 측방유동 검토에 의한 교대의 변위가 검토되었으며, 사면안정성 검토결과 A1교대는 N.G로 검토되었다. 이 후 2015년 교대(A1) 법면보강 및 A2측 거더 및 바닥판 단부 절삭, 교대측 받침 프리셋팅 등의 보수·보강이 실시되었으며, 금회 용역 시 보수·보강 상태파악 추가 변위여부 등에 대해 조사·검토를 실시하였다.

3) 향후관리방안

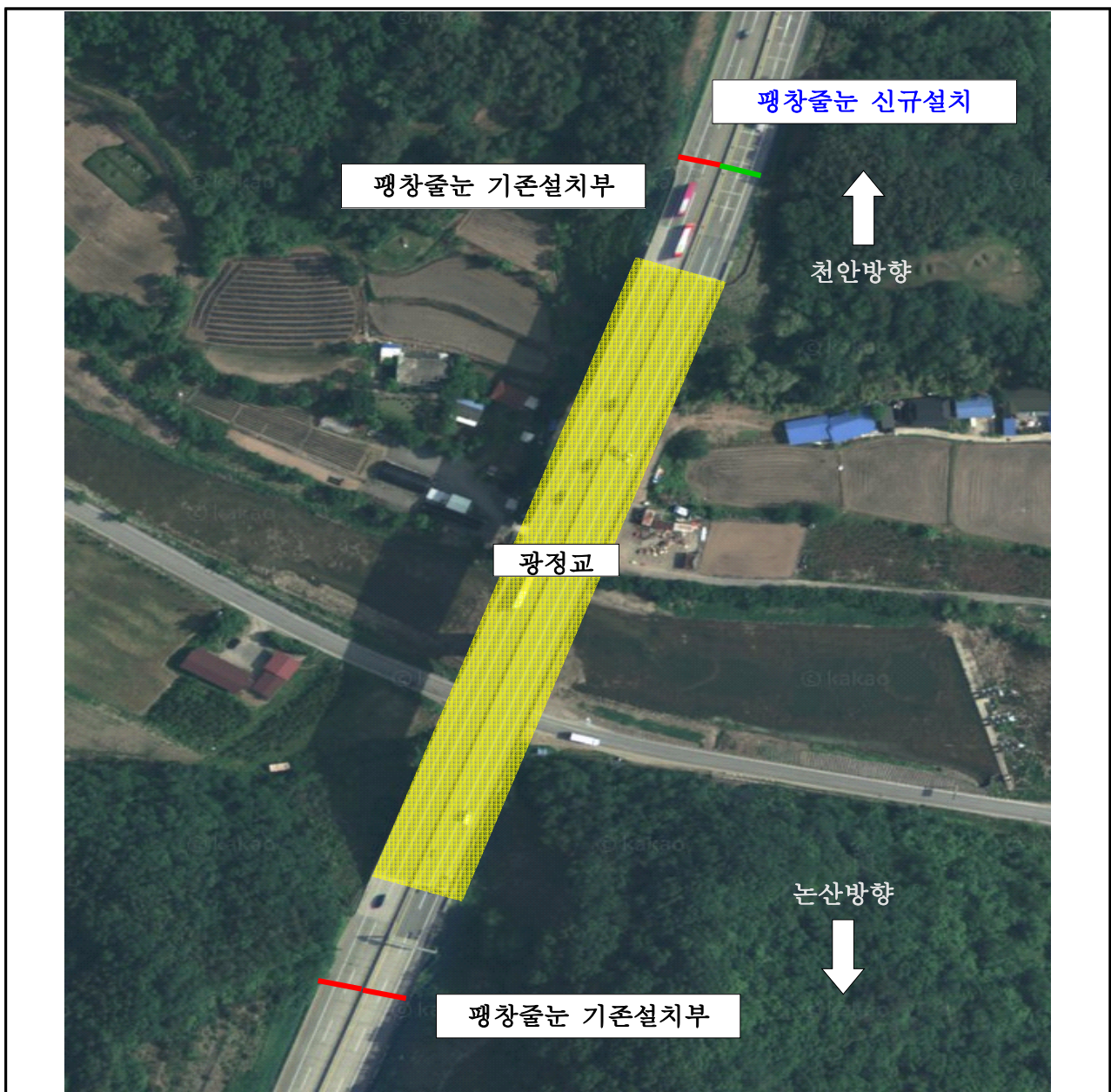
금회 용역 시 교대·교각간 거리, 기울음, 신축이음·받침 거동상태, 접속포장부의 신장거동 등에 대한 계측·측량을 실시하였으며, 금회 과업기간인 단기간에 측정된 결과값으로서, 교대의 내측 변위의 경향성 및 접속포장부의 신장거동(교량에 끼치는 영향은 없을 것으로 판단됨.)은 파악하였으나, 극한의 온도 상승 및 저하에 대한 변화상태 파악이 필요할 것으로 판단되므로 금회 실시한 계측·측정자료를 토대로 교대의 측방거동 및 교량의 거동성 등에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

5. 보수·보강 방안

5.1 교대 변위 방지 대책 수립

가. 팽창줄눈 설치

광정교의 접속부 연속 콘크리트 포장의 거리가 A1~정안IC교, A2~내촌2교 양방향 모두 약 1,2km이며 해당구간의 팽창량을 추론하기는 어려우나 기존의 팽창줄눈 설치 및 재설치의 경험적인 방법에 의해 천안방향 A1 접속부에 인접하여 폭 60~100mm의 팽창줄눈을 신규 설치하고, 추가로 연속포장의 중앙지점(+600m, 포장팽창 중심점 추정)과의 중간(+300m)에 양방향 시,중점의 4개소를 신규 설치하는 것을 건의하는 바이다.



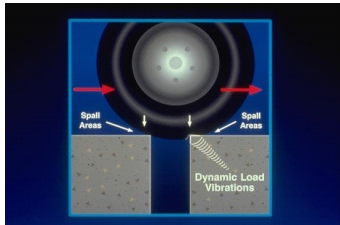


기존 설치된 팽창줄눈은(논산방향 A1, A2, 천안방향 A2) 2017. 5. 29, 5. 30, 5. 31일 설치된 상태로서 폭은 100mm 규격이다. 2014년 초기 설치 이후 최대 2차례 재설치된 이력이 검토되었다.

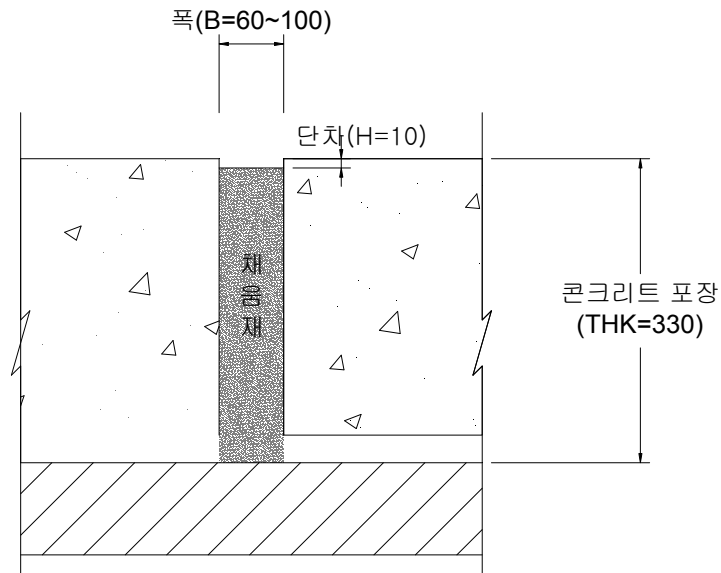
2018. 5. 28일 기준 팽창줄눈의 유간은 74~77mm로서, 설치 이후 동절기와 하절기를 포함한 기간이 경과하였으나, 적정 유간이 확보되어있는 것으로 판단되므로, 추가 설치될 팽창줄눈 또한 기존과 유사한 규격(최소 60~100mm)으로 설치되는 것이 적절할 것으로 판단된다.

가. 시공 방법

- 1) 절삭 시 콘크리트 슬래브 단면을 완전히 절단하여 시공하며, 차로측 포장면 전폭에 대하여 실시하여야 한다.
- 2) 팽창줄눈 채움재 커팅면이 건조할 때 시공하며 구스아스콘 및 가열아스콘 등을 사용할 수 있으나, 경제성 및 수밀성, 시공성, 콘크리트와의 접착성을 감안하여 재료를 선정할 필요가 있다. 기설치된 팽창줄눈은 채움재의 솟음, 변형 등의 상태는 아니며 약 70mm이상의 유간이 확보된 상태로서, 상기 사항을 종합적으로 고려해볼 때 채움재는 현재 사용 중인 일반 상온아스콘 보수제를 사용하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.
- 3) 채움재 시공시 이물질이 삽입되지 않도록 하며, 설치온도는 온도 상승에 의한 포장팽창 우려가 적은 동절기 기간에 시공하는 것이 적절하다.

구분	1안	2안	2안
공법	상온 아스콘	구스 아스콘	탄성 콘크리트
장단점	· 탄성력(회복력) 적음 · 시공성이 양호함 · 공사비가 저렴함 · 차량통행 양호 · 유간 협착 시 변형가능 	· 탄성력(회복력) 보통 · 시공성이 복잡함 · 공사비가 고가임 · 차량통행 양호 · 방수성 우수 · 소성변형, 반복적인 변형에 취약 	· 탄성력(회복력) 양호 · 시공성이 양호함 · 공사비가 고가임 · 차량통행 양호 · 방수성 우수 · 차량충격하중 흡수 
공사비	70,000원/m	450,000원/m	500,000원/m

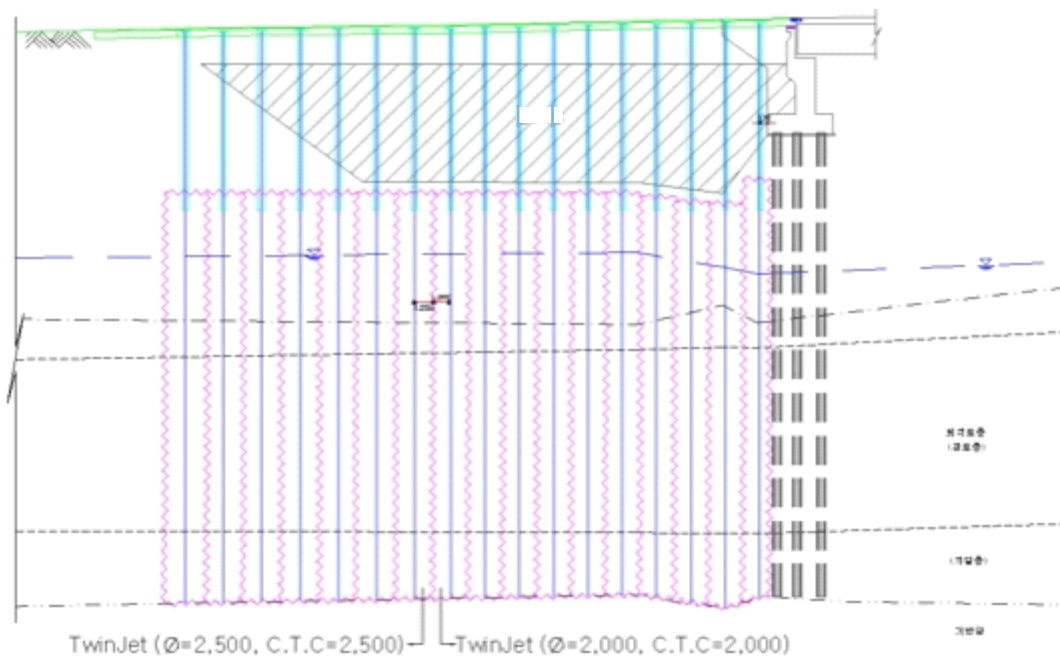
나. 시공 상세도

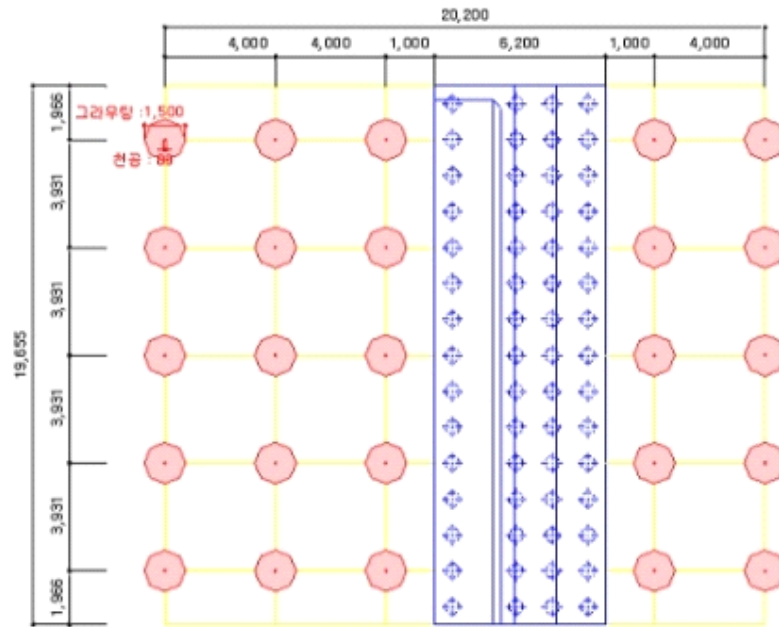


5.2 측방유동 발생 시 보강방안

가. 지반 개량법 : 지반의 강도개선

교대 뒷채움부를 포함한 기초 지반의 그라우팅을 실시하여 주동토압을 감소시켜 교대를 안정화시키는 방안





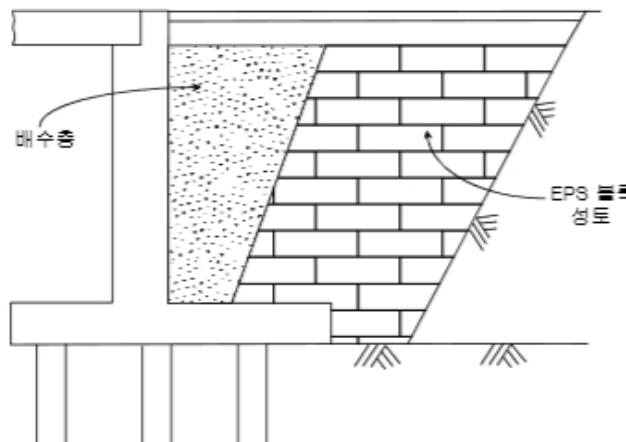
나. 기초체 저항법

기초 본체의 강성 중대, 허용변위/응력 이내를 유지하도록 설계

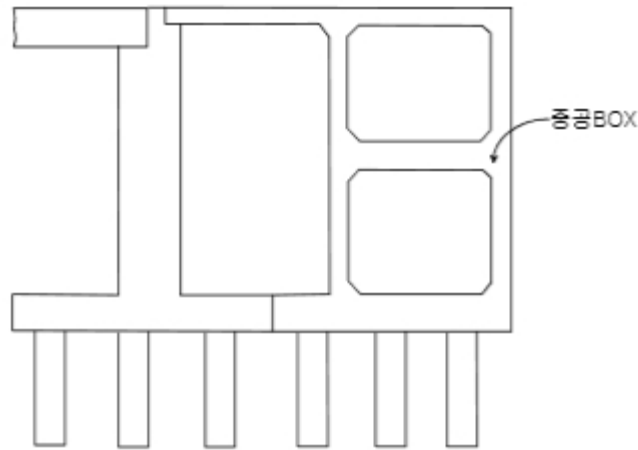
다. 하중경감·균형법

편재하중의 직접저감 또는 교대 전후 토압 균형 고려(교대형식 변경, 성토하중 저감)

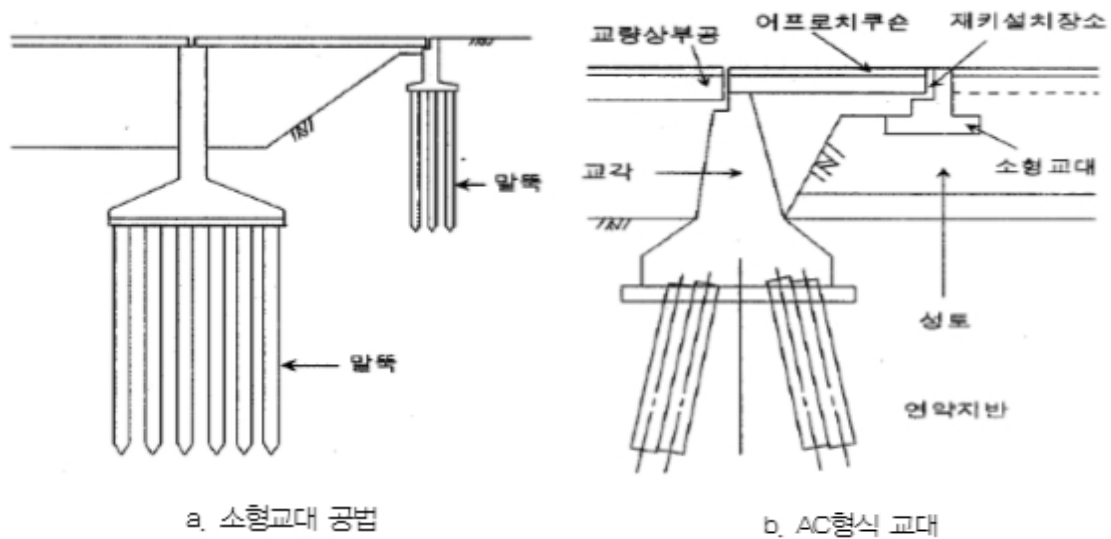
- 1) 경량성토재를 이용하는 방법 : 교대배면에 EPS 블록과 같은 경량성토재를 시공하여 측방유동을 일으키는 편차응력을 감소



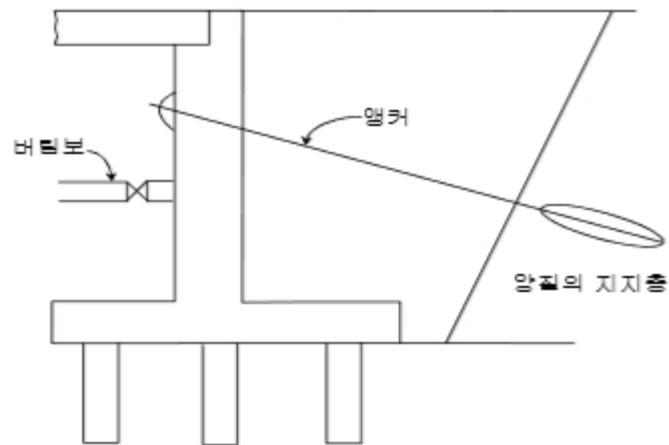
- 2) 박스 구조물을 이용하는 방법 : 교대배면의 성토대신에 교대의 기초를 확 대한 후 그 상부에 중공의 BOX 구조물을 설치하여 성토하중을 경감시키는 방법



- 3) 접속슬래브 및 교량설치 : 교대배면에 사면을 형성하고 추가적인 교량을 설치하여 그 상부를 접속슬래브로 연결 원천적인 성토하중을 제거하는 방법. 본 공법은 편차응력을 제거하여 측방유동을 확실히 방지하는 방법.



4) 교대전면에 지지구조물 설치: 교대전면에 측방유동에 저항하는 버팀, 앵커 등의 지지구조물을 설치하여 교대의 변위를 방지 또는 최소화시키는 방법



6. 종합결론

6.1 현장조사 및 시험, 측정·측량 결과

- 기존 진단(2013년) 검토결과 및 보장 : 사면안정해석 결과, A1은 N.G, A2는 O.K로 해석되었으며, 현장조사결과, A1, A2 교대의 측방유동 징후가 관찰됨. 따라서 2015년 A1 법면 그라우팅 보장 및 받침장치 프리셋팅, A2 단부절단 보수가 실시되었음.
- 현장조사 : 교대 및 날개벽 주변, 접속 토공부 포장 조사 결과, 날개벽에 설치된 난간부 볼트의 내측(교량측) 변형 및 접속슬래브 주변 균열, 단차 등이 조사됨. 받침장치 거동 분석 결과, P1은 온도변화에 의한 거동이 원활치 않으며, P4, A2는 신장측 이동량 과다 및 최대 온도 시, 여유량을 확보하지 못하는 것으로 분석됨. 신축이음은 천안방향 A1의 경우 하절기 여유량이 확보되지 못하며, A2는 신장측 이동량이 이론대비 과다한 것으로 분석됨.
- 알칼리 골재반응 시험 : A1, A2에 접속한 토공 포장부에 대한 알칼리 골재반응 시험결과, 알칼리 골재반응은 없는 상태로 검토됨.
- 접속포장부 거리 측량 및 팽창줄눈, 그라인더 커팅부 변화상태 : 계측기간내 하절기 최고 온도의 변화를 알수 없어 뚜렷하지 않으나 온도의 증가에 의한 포장의 신장거동은 미소하계(1~10mm) 변화가 있는 것으로 조사되었다. 팽창줄눈의 폭이 감소하였고 콘크리트 포장의 이동량(그라인더 커팅부 갭길 아스콘과의 차), 지중경사계의 상단부 변화량을 고려하면 미소하계(4mm) 포장의 팽창이 교량측으로 발생된 것으로 판단된다. 포장측량은 팽창줄눈이 미설치된 A1 천안에서 상대적으로 크게 측정되었고 팽창줄눈이 설치된 지점에서는 거의 없는 것으로 측정되어 팽창줄눈의 효과를 나타내는 것으로 판단된다. 다만, 현재까지는 팽창량이 다소 적어 토공부 포장의 신장거동에 의한 교량에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단됨.
- 지중경사계 계측 : 온도가 높아질수록 교량측 변위량(포장팽창 방향)은 증가하는 상태임. 1mm 이상의 변위가 나타나는 깊이는 2m에서 나타나기 시작하여 하부 지반보다는 상부 토공포장 변위의 경향이 있음. 다만, 변화량이 미미하여 접속한 토공포장의 신장에 의해 교량에 끼치는 영향은 적을 것으로 판단됨.
- 교대·교각 측량 및 측정 : A2와 P4의 경우 기온이 상승함에 따라, 거리가 가까워지는 경향이 나타났으며, A1과 P1은 측량의 오차로 나타날 수 있는 미미한 변화 정도로서, 온도 변화에 의한 거리변화는 거의 없는 것으로 판단됨. 교대 및 교각(P2)의 기울기 및 단차측정결과, 교대는 $0.01\sim0.06^\circ$ 의 내측변위가 있는 것으로 측정되었으며, 교각의 기울음은 없는 상태로 측정됨.

6.2 종합결론

(단위 : mm)

구분	천안 A1	논산 A1	천안 A2	논산 A2	온도변화량
팽창줄눈 감소	미설치	-5	-7	-4	16.0℃
그라인더 커팅부 (포장신장방향)	7	6	3	4	15.4℃
포장측량(팽창량)	10	1	1	1	15.4℃
지중경사계 (깊이 : -1.0m)	미설치	미설치	미설치	4.06 (교량측)	10.5℃

조사기간 내 온도변화에 따른 접속포장부 신축거동량은 교량 교대부 변위를 일으킬만한 수치는 아니며, 접속부에 기설치된 팽창줄눈은 접속포장의 거리 측량결과, 팽창량을 흡수하는 효과가 있는것으로 검토되어 교량에 미치는 영향은 더욱 적을 것으로 판단된다. 광정교의 접속부 연속 콘크리트 포장의 거리가 A1~정안IC교, A2~내촌2교 양방향 모두 약 1.2km이며 해당구간의 팽창량을 추론하기는 어려우나 기존의 팽창줄눈 설치 및 재설치의 경험적인 방법에 의해 천안방향 A1 접속부에 인접하여 팽창줄눈을 신규 설치하고, 추가로 양방향 A1, A2로부터 +300m 지점에 팽창줄눈의 신규설치를 건의하는 바이다.

또한, 교대 변위 여부 및 측방유동에 대해서 금회 실시한 측량·측정자료를 토대로 추가적인 계측(고온과 저온 시 포함)을 실시하여 교량의 반응상태에 대해 면밀히 검토해 볼 필요가 있다. 향후 교량의 외관상 받침장치의 파손 및 편기, 법면침하, 바닥판의 협착 등 측방유동의 명확한 징후가 나타날 경우, 측방유동에 따른 보강방안(법면 그라우팅, 교대 Earth Anchor 등)을 고려할 필요가 있다. 따라서, 경제성과 교대 안전성을 만족하는 대책방안을 마련하기 위해서는 금회 과업기간 중 측량·측정을 통해 파악된 기울기의 내측변위, A2 받침 및 신축이음의 이론거동량 이상의 과한 신장거동, 접속포장부의 교량측 신장거동 등의 대해서 온도의 현저한 상승 및 저하에 의한 변화상태 파악 및 동일한 경향성을 띄는지에 대한 검토가 필요하므로 금회 실시한 결과들을 토대로 지속적(최소 하절기와 동절기가 포함된 기간)인 측정·측량을 통한 데이터 수집 및 분석이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

보고서 목차

◎ 요약문

제 1장 과업의 개요	3
1.1 과업의 목적	3
1.2 개요	3
1.3 대상시설물의 현황	3
1.3.1 대상시설물의 선정	3
1.3.2 대상시설물의 현황	4
1.4 과업의 범위	5
1.4.1 과업의 범위	5
1.4.2 과업수행기간	6
제 2장 자료수집 및 분석	9
2.1 자료수집	9
2.1.1 개요	9
2.1.2 관련도면	10
2.1.3 점검 진단 이력	18
2.1.4 보수·보강 이력	18
2.2 주요 자료 및 분석	19
2.2.1 교대 유간부족 관련 기 진단 및 검토의견 요약	19
2.3 자료분석 결과요약	35
제 3장 현장조사 및 시험	39
3.1 조사 및 계측	39
3.1.1 포장 및 접속도로 현황과 외관조사	39
(알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사)	
3.1.2 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측	46

3.1.3 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취	48
(교량 접속부의 포장상태 포장에 대한 시험시료 채취)	
3.1.4 콘크리트 포장의 팽창량 계측	49
3.1.5 교대 유간부측 교량 수평변위 계측	52
3.2 수평변위 발생원인 파악	63
3.2.1 상부포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토	63
3.2.2 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토	63
3.3 실내 시험 및 해석	76
3.3.1 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석	76

제 4장 유지관리 방안 83

4.1 유지관리 방안	83
4.1.1 신축이음장치의 유지관리 방안 수립	83
(교대 유간부측에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시)	
4.1.2 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축	83
4.1.3 수평 변위 발생 교대 유지관리 방안 수립	85

제 5장 보수·보강 방안 89

5.1 개요	89
5.2 교대 변위 방지 대책 수립	89
5.2.1 팽창줄눈 설치	89
5.2.2 측방유동 발생 시 보강방안	94

제 6장 종합결론 101

6.1 종합결론	101
6.1.1 현장조사 및 시험, 측정·측량 결과	101
6.1.2 종합결론	102

● 부 록

1. 과업지시서
2. 측정, 시험, 계측 성과표

표 목 차

【표 1.1】 구간별 도로현황	4
【표 1.2】 광정교 현황표	4
【표 2.1】 자료수집 현황	9
【표 2.2】 보수·보강 이력	18
【표 2.3】 최대온도 상승 시 유간평가 결과	22
【표 2.4】 변위 계측결과	22
【표 2.5】 수축줄눈 이격거리	26
【표 2.6】 기준치 설정(unit : m)	27
【표 2.7】 광파측량 거리 변화량 그래프	28
【표 2.8】 광파기 측량결과	31
【표 2.9】 GPS 측정결과	31
【표 2.10】 교대 기울기 측정결과	32
【표 2.11】 거더 유간 및 팽창줄눈 측정결과	32
【표 2.12】 광파기 측량결과	33
【표 2.13】 GPS 측정결과	33
【표 2.14】 교대 기울기 측정결과	34
【표 2.15】 거더 유간 및 팽창줄눈 측정결과	34
【표 3.1】 팽창줄눈 유간 현황	46
【표 3.2】 그라인더 커팅부 변화상태	50
【표 3.3】 포장측량 현황	51
【표 3.4】 지중경사계 사양 및 관련 사진	53
【표 3.5】 지중경사계 계측 현황	55
【표 3.6】 교대·교각 거리 측량결과	56
【표 3.7】 교대 기울기 현황	60
【표 3.8】 교대 단차 현황	61
【표 3.9】 교각 P2 기울기 현황	62
【표 3.10】 교량받침 여유량 비교·분석	65
【표 3.10】 교량받침 여유량 비교·분석(계속)	64
【표 3.11】 교량받침 여유량 검토결과	67
【표 3.12】 2013년 진단 시 받침장치의 거동분석결과	68
【표 3.13】 신축이음 유간 측정결과	69
【표 3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향)	70
【표 3.15】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(논산방향)	71
【표 3.16】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(천안방향)	72
【표 3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)	72
【표 3.18】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(논산방향)	73
【표 3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)	73
【표 5.1】 공법별 비교	93

그림 목 차

【그림 2.1】 평면도 및 종단면도	10
【그림 2.2】 횡단면도 및 종구배도	11
【그림 2.3】 슬래브 일반도	12
【그림 2.4】 하행선 강상형 단면도	13
【그림 2.5】 하행선 강상형 단면도	14
【그림 2.6】 교각 일반도	15
【그림 2.7】 교대 일반도(시점)	16
【그림 2.8】 교대 일반도(종점)	17
【그림 2.9】 A1 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)	20
【그림 2.10】 A1 사면안정 해석결과(2013년 진단)	20
【그림 2.11】 A2 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)	21
【그림 2.12】 A2 사면안정 해석결과(2013년 진단)	21
【그림 2.13】 축점위치	27
【그림 3.1】 콘크리트 포장 현황	39
【그림 3.2】 망상균열 및 팝아웃 손상	48
【그림 3.3】 접속부 포장측량 개요	49
【그림 3.4】 지중경사계 개념도	52
【그림 3.5】 지중경사계 위치도	54
【그림 3.6】 교대·교각 측량 개요	56
【그림 3.7】 현재까지 교대·교각간 거리 측량 현황	57
【그림 3.8】 교대 기울기 측정 개요	59
【그림 3.9】 교각 P2 기울기 측정 개요	61
【그림 3.10】 1차~4차 신축이음 유간 비교(천안방향)	74
【그림 3.11】 1차~4차 신축이음 유간 비교(논산방향)	75
【그림 3.12】 A1 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)	76
【그림 3.13】 A1 사면안정 해석결과(2013년 진단)	76
【그림 3.14】 A2 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)	77
【그림 3.15】 A2 사면안정 해석결과(2013년 진단)	77
【그림 3.16】 원호활동 검토결과...N.G	78
【그림 3.17】 A1 그라우팅 보강개요	79
【그림 3.18】 보강 후 원호활동 결과...O.K	80
【그림 3.19】 그라우팅 보강	80
【그림 4.1】 교대 변위, 접속포장, 신축거동 상태	85
【그림 5.1】 광정교 접속 콘크리트 포장 현황	90
【그림 5.2】 팽창줄눈 설치 위치도(1)	91
【그림 5.3】 팽창줄눈 설치 위치도(2)	92
【그림 5.4】 팽창줄눈 시공 상세도	93
【그림 5.5】 교대 뒷채움부 및 전면보강(Twin-jet 공법)	94
【그림 5.6】 경량성토재 적용 예	95
【그림 5.7】 박스구조물 적용 예	96
【그림 5.8】 접속슬래브 및 교량설치 예	96
【그림 5.9】 교대 전면에 지지구조물 설치 예	97

사 진 목 차

【사진 2.1】 교대 A1(논산방향) 손상발생 현황(2013진단)	19
【사진 3.1】 접속포장 외관조사 현황	40
【사진 3.2】 수축줄눈 전경	41
【사진 3.2】 수축줄눈 전경(계속)	42
【사진 3.3】 접속포장 외관조사 현황	42
【사진 3.4】 수축줄눈 전경	43
【사진 3.4】 수축줄눈 전경(계속)	44
【사진 3.5】 알칼리 골재반응에 의한 손상 예시	45
【사진 3.6】 팽창줄눈 측정현황	46
【사진 3.7】 수축줄눈 변화량	47
【사진 3.8】 A1 접속포장 코어채취	49
【사진 3.9】 접속부 포장측량	50
【사진 3.10】 지중경사계 설치 및 계측	54
【사진 3.11】 교대 단차측정	61
【사진 3.12】 교각 P2 기울기 측정	62
【사진 3.13】 교대 주변 손상	63
【사진 3.14】 신축이음 유간 측정방법	69
【사진 5.1】 지반 보강(예)	95

제 1장 과업의 개요

1.1 과업의 목적

1.2 개요

1.3 대상시설물의 현황

1.4 과업의 범위

제 1장 과업의 개요

1.1 과업의 목적

교대 수평이동 원인 및 대책방안 수립

1.2 개요

교대는 성토부와 교량이 접하는 부분에 설치되며, 교량의 상부구조에서 전달되는 수직하중과 수평하중을 하부기초에 전달하고 성토체에서 발생하는 수평토압을 지지하는 구조물이다. 교대는 성토체와 구조체의 접속을 위한 연결부재인 신축이음장치, 교량 받침, 접속슬래브, 말뚝기초 등으로 구성되어 있다. 교대는 설계 시 수평변위가 발생하지 않는 고정점으로 가정하여 설계되지만, 실제로는 일사 및 화학 반응에 의한 포장 콘크리트의 팽창, 지반의 크리프, 설계에서 고려하지 못한 토압 등의 영향으로 수평변위 발생 가능성이 매우 높다. 이러한 요인에 의해 신축이음장치의 협착으로 교대의 안전성, 내구성, 사용성 등 다양한 문제를 야기시키고 있다. 이러한 문제는 고속으로 차량이 통행되고 있는 고속도로의 경우 차량 통행의 안전 확보 및 원활한 소통을 위해 유지관리 상에서의 사전조치가 필요하다.

본 과업에서는 콘크리트 포장 및 교대의 변위 측정, 콘크리트 내구성 실험, 포장판 해석, 성토부 교대의 수치해석, 팽창줄눈 변위량 측정을 통한 원인 분석을 실시하여 가장 합리적인 보수 방안과 효율적인 유지관리 방법을 도출한다.

1.3 대상시설물의 현황

1.3.1 대상시설물의 선정

논산천안고속도로 연장은 82.04km, 도포폭은 23.4m로서 터널 2개소, 장대교량 44개소(총연장 : 11,789m)이다. 교대 수평변위에 따른 신축이음장치 협착은 콘크리트포장 구간에 가설된 교량에서 주로 발생하여, 과업대상 구간을 탄천 IC로부터 천안 JCT 구간 총 연장 56.7km 상에 가설되어 있는 도로시설물 중 교대 유간부족, Approach-slab 처짐, 접속부 포장솟음, 콘크리트 포장 Blow-Up구간을 대상으로 한다.

【표 1.1】 구간별 도로현황

인터체인지명	시 점	종 점	연 장	포장형식	비 고
논산JCT ~ 연무IC	194.2	202.6	8.4	AP	연약지반
연무IC ~ 서논산IC	202.6	211.3	8.7	AP	연약지반
서논산IC ~ 탄천IC	211.3	219.6	8.3	AP	연약지반
탄천IC ~ 남공주IC	219.6	234.3	14.7	CP	
남공주IC ~ 정안IC	234.3	257.4	23.1	CP	광정교
정안IC ~ 남풍세IC	257.4	269.7	12.3	CP	
남풍세IC ~ 남천안IC	269.7	273.8	4.1	CP	
남천안IC ~ 천안JCT	273.8	276.3	2.5	AP+CP	

1.3.2 대상시설물의 현황

【표 1.2】 광정교 현황표

구 분		내 용	
시설물명		광정교	시설물번호
준공년월		2002년 12월 23일	관리번호
시설물위치		충청남도 공주시 정안면 광정리	
설계하중		DB-24	노선명(이정)
			고속국도25호선 (순천기점 255.167k)
제원	연장	L = 250.0m(42.5+3@55.0+42.5=250.0m)	
	폭	B = 24.3 m, 4차로	
구조 형식	상 부	강박스거더교(STB)	기초
	하 부	교대 : 역T형식(RTA) 교각 : 라멘식(RAP)	교각
교량받침		스페리컬 받침	신축이음
교차시설물		지방도 604호선	통과높이
설 계 사		내경엔지니어링(주)	시 공 사
내진설계유무		내진설계적용	관리주체
부착시설내용		- 없음	
기 타		- 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유 - 중점 점검사항(보수·보강 부위 등을 기재)	

1.4 과업의 범위

논산천안고속도로 중 탄천IC부터 천안JCT구간 총 연장 56.7km상에 가설되어 있는 도로시설물 중 교대유간부족, Approach-Slab 처짐, 접속부 포장솟음, 콘크리트 포장 Blow-up이 관찰되는 시설물이 전체 기술검토 대상시설이며, 그 중 교대의 수평변위로 인한 보수·보강이 시행된 이력이 있는 대표 교량인 광정교에 대해서 과업의 범위를 다음과 같이 정리하였다.

1.4.1 과업의 범위

가. 조사 및 계측

- 1) 포장 및 접속도로 현황과 외관조사
- 2) 알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사
- 3) 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측
- 4) 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취
- 5) 교량 접속부의 포장상태 및 포장에 대한 시험시료 채취
- 6) 콘크리트 포장의 팽창량 계측
- 7) 교대 유간부족 교량 수평변위 계측(경사계, 지중수평 변위계, GPS 등)

나. 수평변위 발생원인 파악

- 1) 상부 포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토
- 2) 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토

다. 실내 시험 및 해석

- 1) 알칼리골재반응 가능성 판정(KS F 2545 화학법)
- 2) 경험식, 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석

라. 교대 변위 방지 대책 수립

- 1) 콘크리트 포장 팽창줄눈 설치 및 보수 방안 수립
- 2) 수평 변위 발생 교대 유지관리 방안 수립
- 3) 신축이음장치의 유지관리 방안 수립
- 4) 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축
- 5) 교대 유간부족에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시

1.4.2 과업수행기간

2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집

2.2 주요 자료 및 분석

2.3 자료분석 결과요약

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집

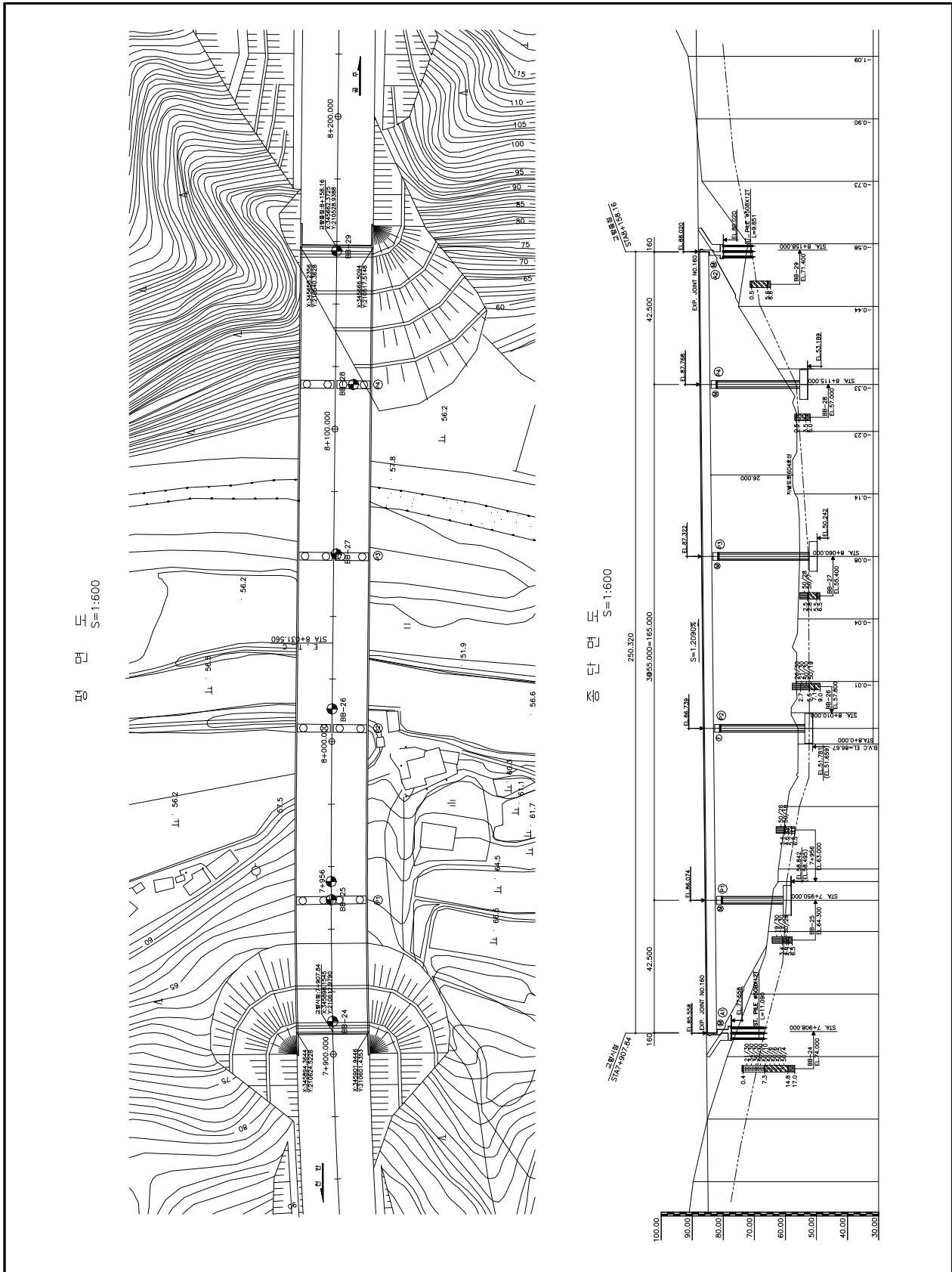
2.1.1 개요

- 광정교의 자료수집 및 이력 사항 중 기술검토 과업수행을 위한 교대 유간부족 및 수평 변위 관련 사항을 위주로 수집자료를 정리하여 수록하였다.
- 수집자료 현황

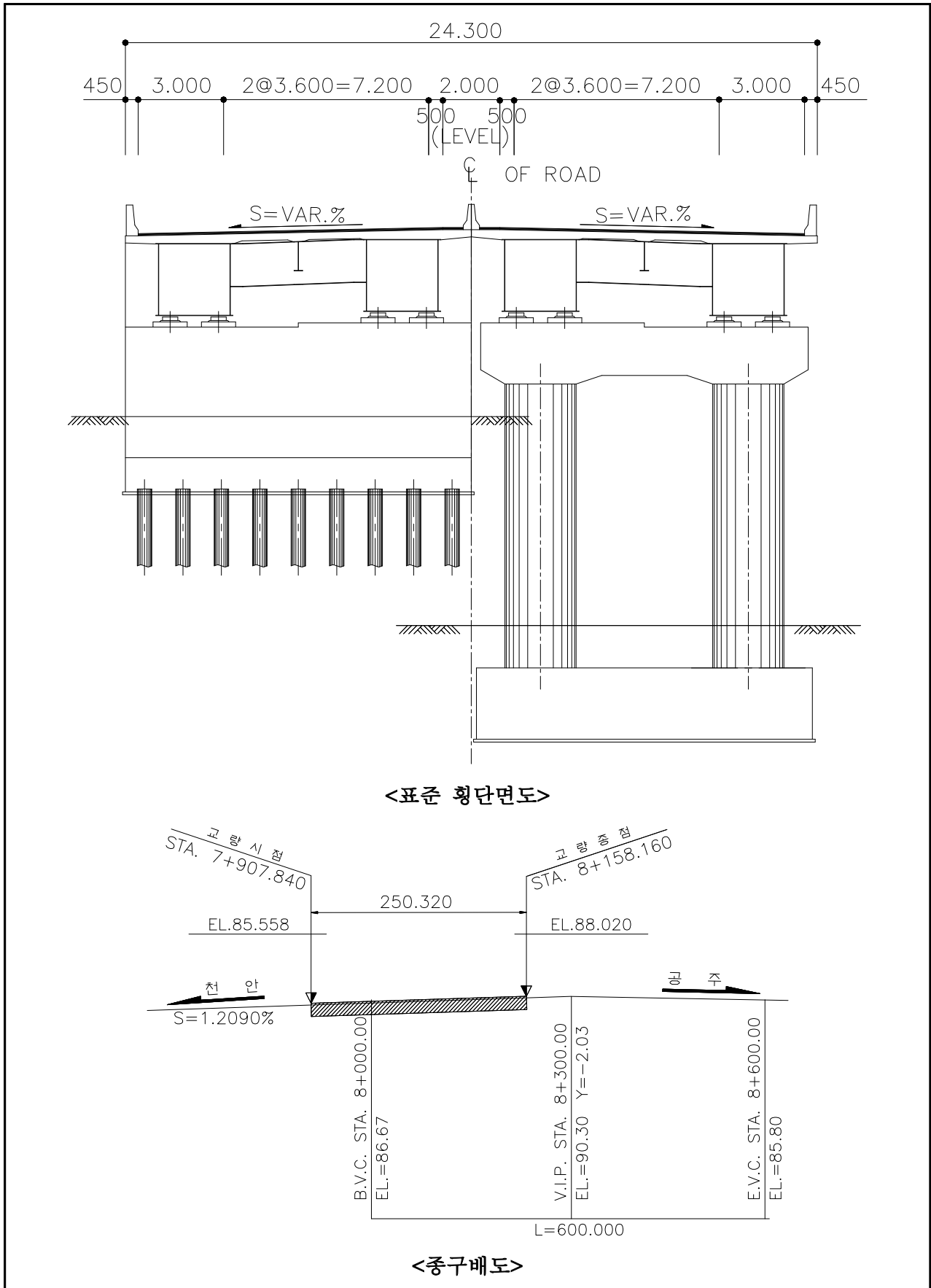
【표 2.1】자료수집 현황

구분	용역명	용역사
2013. 3	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서	비앤티엔지니어링(주)
2013. 6	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(2차)	
2013. 7	광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(3차)	
2013. 6	광정교 정밀안전진단	비앤티엔지니어링(주)
2015. 5	기술검토의견서 (광정교 A2 신축유간에 대한 유지관리방안 의견 제출)	(주)동우기술단
	기술검토의견서 (광정교 교대 보수 방안 의견 제출)	(주)동우기술단
2015. 7	광정교 교대 측방이동 보수공법검토서	(주)동우기술단
2015. 12	광정교 교량받침 프리셋팅 이동량 측정	천안논산고속도로
2017. 6	‘17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_1	(주)장민이앤씨 (주)동우기술단
2017. 8	‘17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_2	(주)장민이앤씨 (주)동우기술단

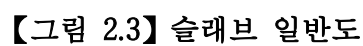
2.1.2 관련도면



【그림 2.1】 평면도 및 중단면도



【그림 2.2】 횡단면도 및 종구배도



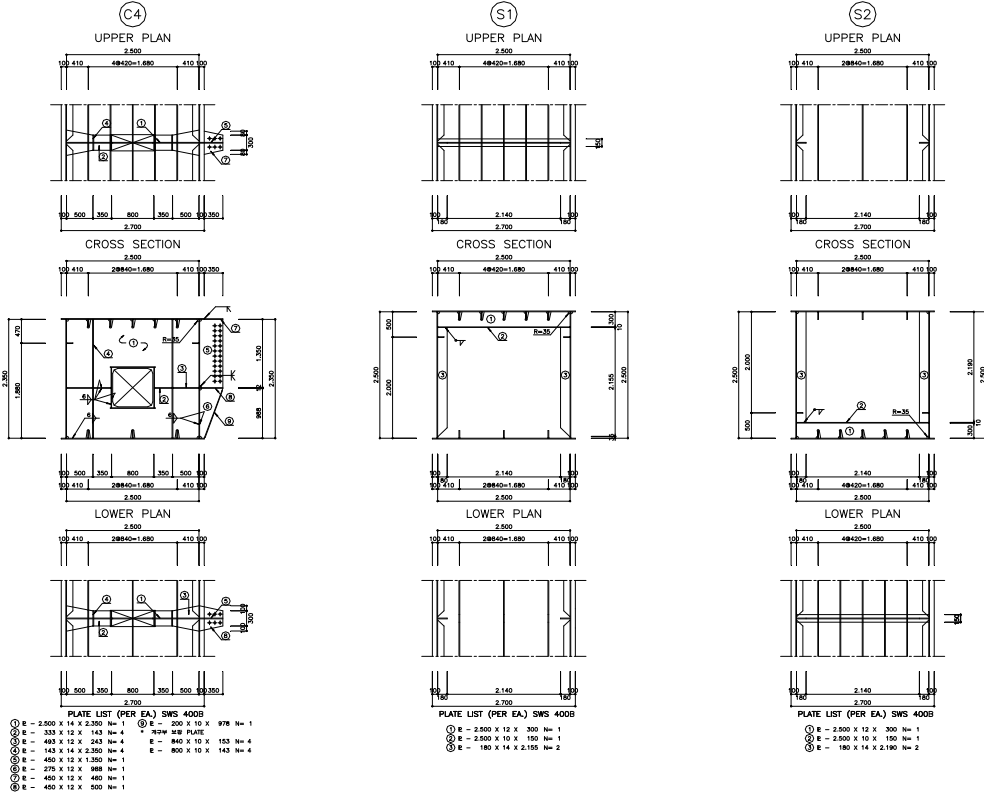


천안 ~ 논산간 고속도로 건설공사
제 2 공구 : 풍역-경안

DIAPHRAGM 상세도 (3)

S = 1 : 30

허용응력설계법



* NOTE
1) 각구부 상세부 및 수평은 DIAPHRAGM 상세 (5)와
DIAPHRAGM 각구부 상세를 참조하십시오.

㉠ 천안-논산간 고속도로 (주)

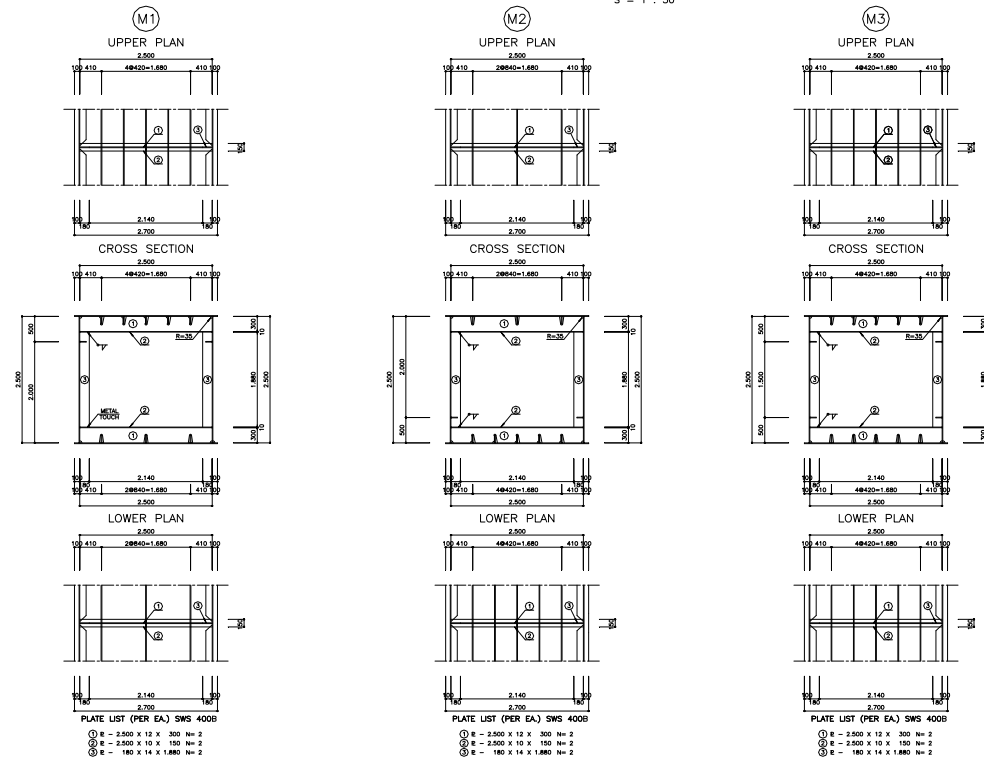
도면명	천안고 공주방향 DIAPHRAGM 상세도 (3)
설계담당자	한 건 일
계량부속	이 석 관
자필부	내 두 명
속	1 : 30
도면번호	206

천안 ~ 논산간 고속도로 건설공사
제 2 공구 : 풍역-경안

DIAPHRAGM 상세도 (4)

S = 1 : 30

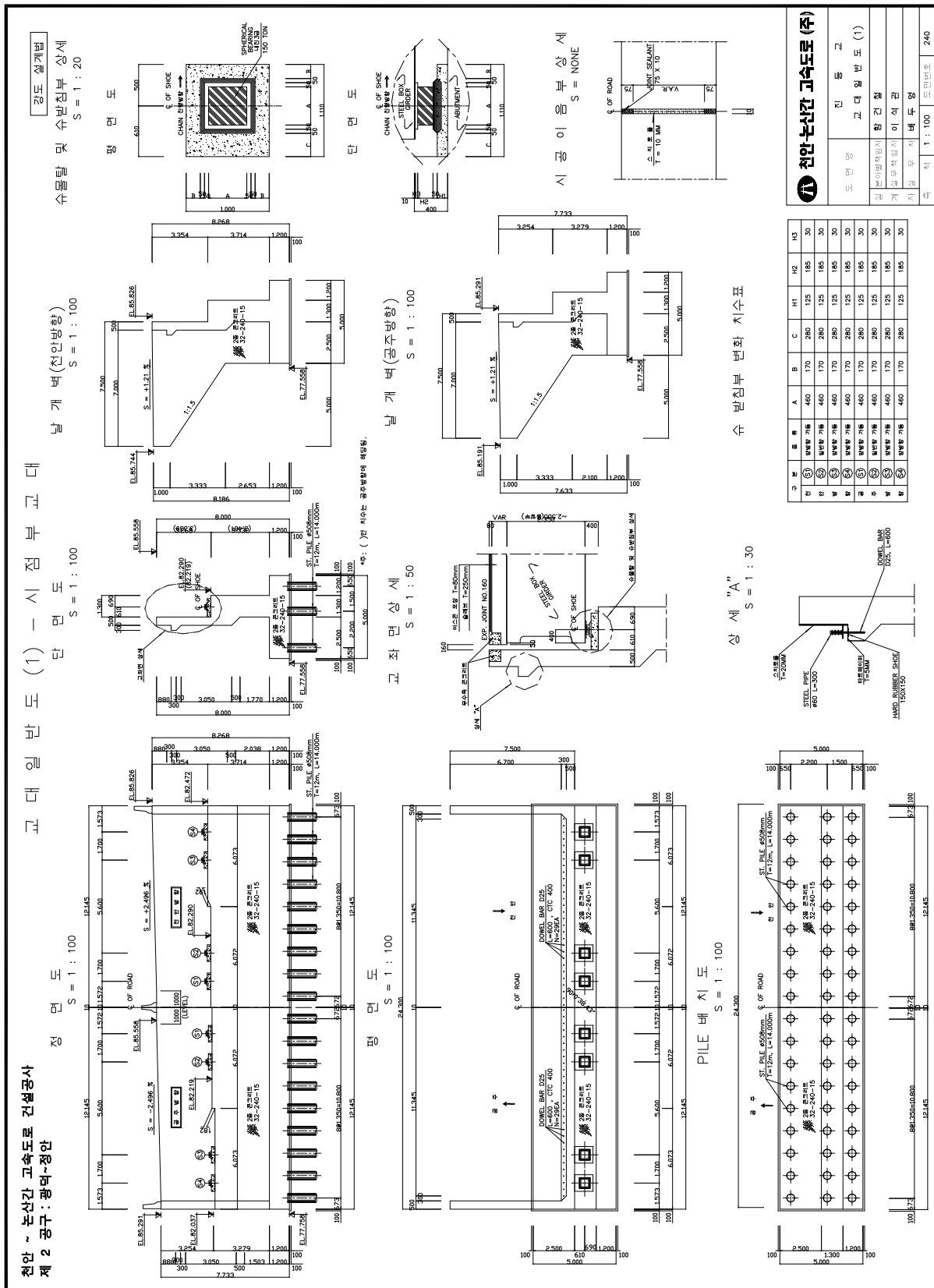
허용응력설계법



㉠ 천안-논산간 고속도로 (주)

도면명	천안고 공주방향 DIAPHRAGM 상세도 (4)
설계담당자	한 건 일
계량부속	이 석 관
자필부	내 두 명
속	1 : 30
도면번호	207

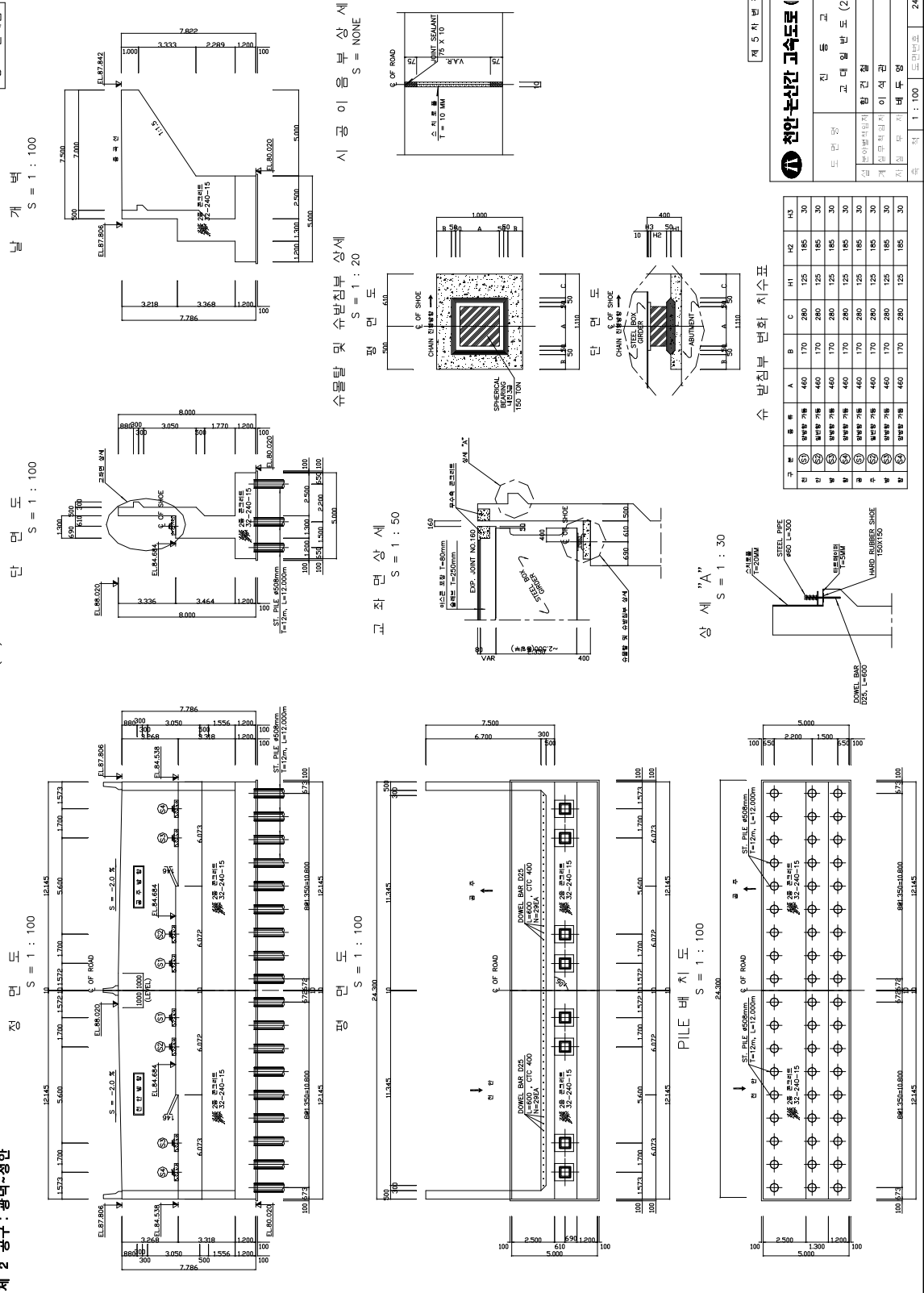
【그림 2.5】 하행선 강상형 단면도



【그림 2.7】 교대 일반도(시점)

천안 ~ 논산간 고속도로 건설공사
제 2 공구 : 광덕~정안

교대 일반도 (2) - 중점부 교대



【그림 2.8】교대 일반도(중점)

2.1.3 점검 진단 이력

본 교량은 2002년 12월 실시한 정밀점검을 시작으로 현재까지 공용기간 중 정기점검 20회, 정밀점검 7회, 정밀안전진단 1회를 실시하였다.

2.1.4 보수·보강 이력

본 교량의 주요 보수·보강 이력은 현대건설(주)에서 실시한 2015년 하자보수이며, 진단 결과 및 기술검토의견을 토대로 받침 프리셋팅 및 신축이음 교체, 교대 사면 그라우팅, 단부절단 등에 대한 보수·보강이 실시된 이력을 확인하였다.

【표 2.2】 보수·보강 이력

일 자	내 용	물 량	비 고
09년	신축이음 교체 슬래브 컷팅	FINGER TYPE 50mm	전개소 A1 - 논산방향
15년 04월	신축이음 후타보수	-	-
15년 5월	- 하자보수- 교대사면 그라우팅 신축이음장치 교체 교좌장치 밀림보수 슬래브 절단 강박스 절단 시설물보수	- 하자보수- 96공 34.2m 11개소 22.8m 11.4m 단면보수 64.61㎡ 단면보수 9개소 철근노출 보수 2개소 표면보수 35.21㎡ 표면보수 2개소 균열보수 6개소 볼트 재체결 5개소 도장손상 11개소 씰링처리 0.6m	- 하자보수- A1 A1,A2-논산방향 A2-천안방향 A1-논산방향 A2-SH1~7 A2-양방향 - 바닥판하면, 주형 가로보, 교대 및 교각
16년 06월	신축이음장치 보수	반폭 #160	양방향
17년 06월	신축이음장치 보수	-	A1 - 논산방향
17년 08월	팽창줄눈	-	논산 A1, 양방향 A2
17년 12월	슈여유량 조정	-	양방향 A2

2.2 주요 자료 및 분석

2.2.1 교대 유간부족 관련 기 진단 및 검토의견 요약

가. 2013진단(2012.10~2013.6)

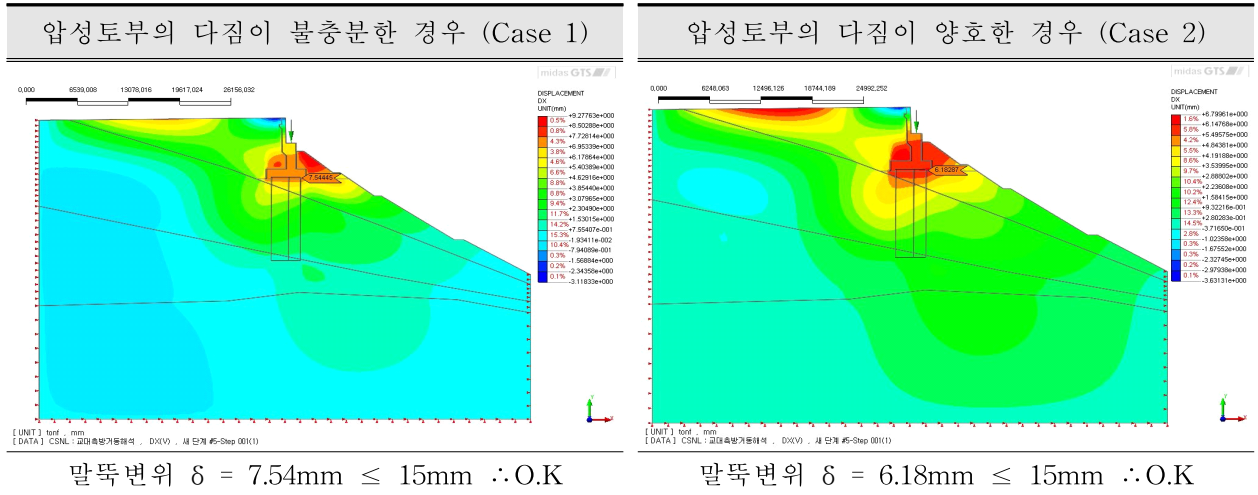
2013년 진단 과업 기간 중, 교대에서 발생한 교대홍벽-슬래브 및 신축이음의 유간 부족 현상이 조사되었으며, 구조안전성 검토 및 현장조사, 측량 등을 통해 측방유동이 검토된 상태로서, 현재까지의 상태변화 및 교대 보강공사 결과 등에 대한 측방유동의 유무를 검토하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

1) 교대 측방변위로 추정되는 손상 발생

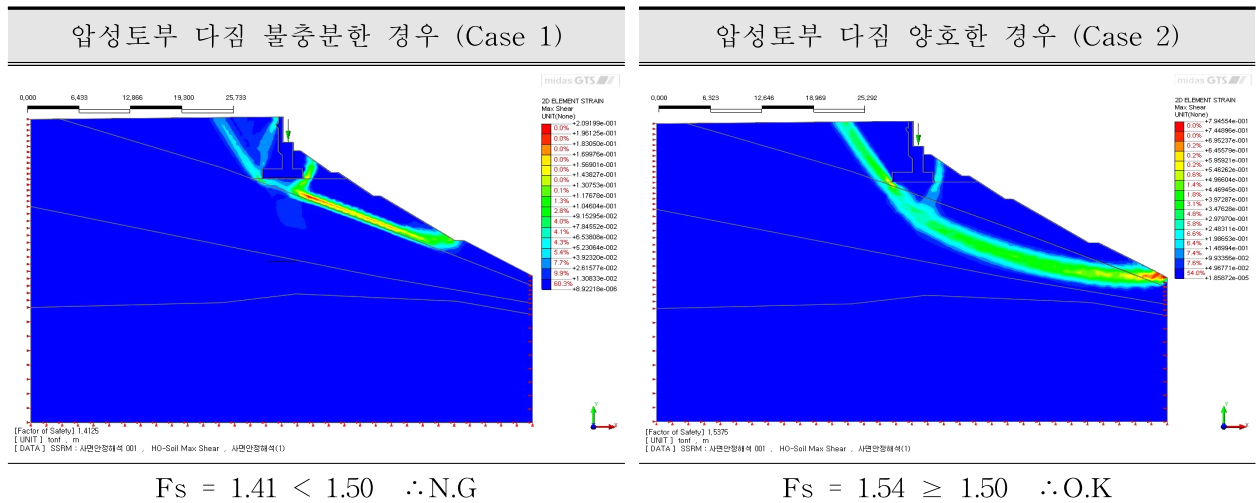


【사진 2.1】 교대 A1(논산방향) 손상발생 현황(2013진단)

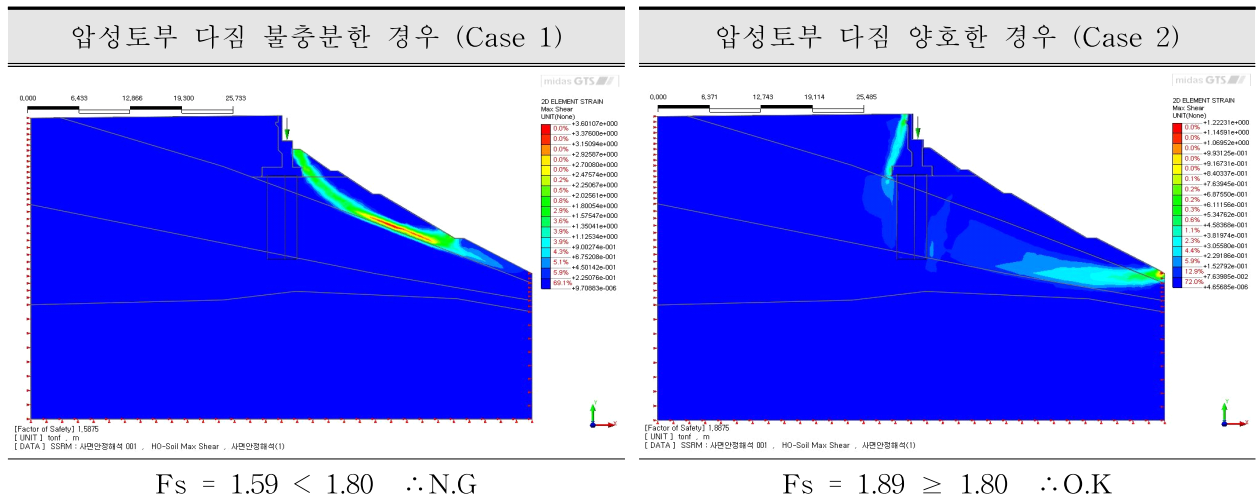
2) 교대 구조 안전성 검토 내용



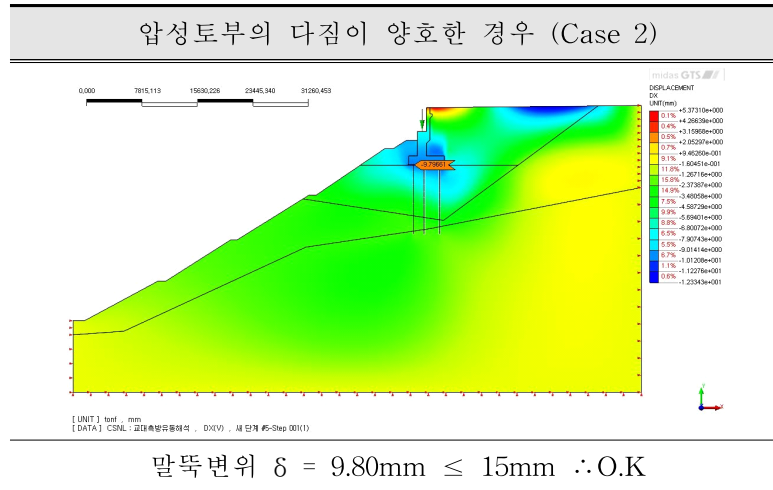
【그림 2.9】 A1 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)



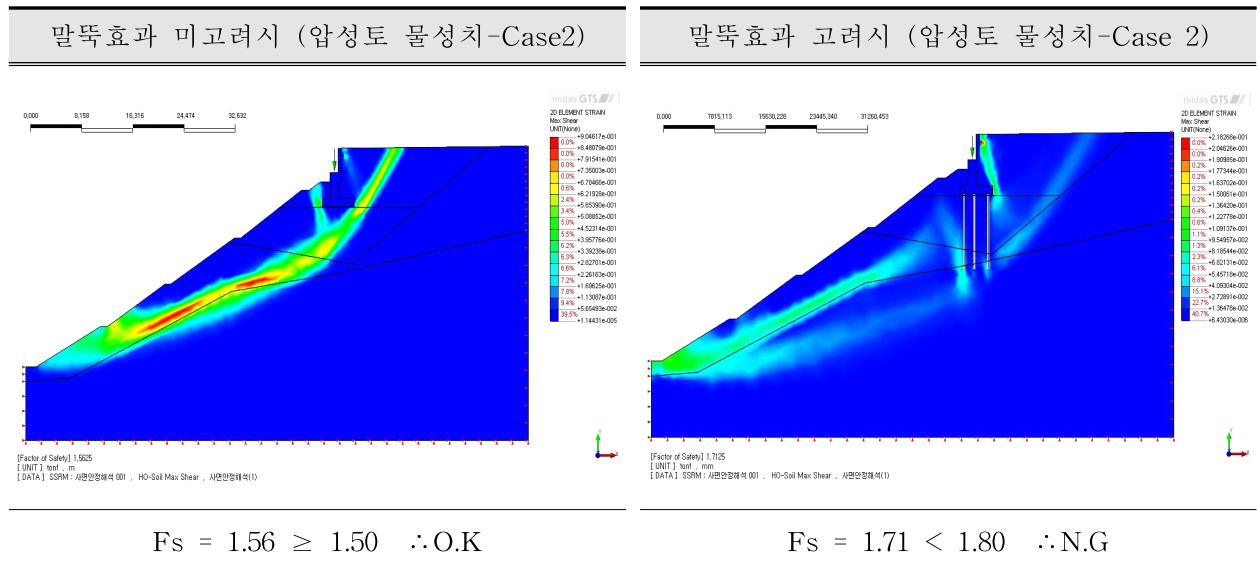
a. 말뚝효과 미고려시



【그림 2.10】 A1 사면안정 해석결과(2013년 진단)



【그림 2.11】 A2 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)



【그림 2.12】 A2 사면안정 해석결과(2013년 진단)

① 해석결과

구 분		말뚝기초 변위해석 결과		사면안정해석 결과		
		$D_x \leq 15\text{mm}$	판 정	$F_s \geq 1.50$ (말뚝무시)	판 정	비 고
A1	압성토부 다짐 불충분(Case 1)	7.54 mm	O.K	1.41	N.G	$F_s = 1.59$ (말뚝포함-N.G)
	압성토부 다짐 양호(Case 2)	6.18 mm	O.K	1.54	O.K	$F_s = 1.89$ (말뚝포함-O.K)
A2	압성토부 다짐 양호(Case 2)	9.80 mm	O.K	1.56	O.K	$F_s = 1.71$ (말뚝포함-N.G)

구조안정성 검토 결과, A1의 경우 압성토의 다짐 부족으로 인한 수동저항력 부족은 외관조사 및 변위계측 결과에서 조사된 측방유동(밀림 현상)현상과 일치하는 것으로 판단된다. 또한 A2의 경우 말뚝효과 미고려시 소요안전율을 확보하고 있으나, 말뚝효과 고려시 소요안전율이 다소 부족한 것으로 분석되어 충분한 수동 저항력을 확보하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

나. 광정교 하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(1차~3차)

1) 측정 현황

【표 2.3】 최대온도 상승 시 유간평가 결과

구분	방 향	신장량 평가결과(mm)		비고
		바닥판	신축이음	
A1	천안	-3.7	+16.3	(-) : 여유량부족 (+) : 여유량확보
	논산	+16.3	-8.7	
A2	천안	-32.1	+5.9	
	논산	-56.1	-3.1	

【표 2.4】 변위 계측결과

계측위치			변위량(mm)				비고
			1차→2차 (43일간격)	2차→3차 (42일간격)	3차→4차 (40일간격)	합계 (125일간격)	
A1-P1 측	천안방향	외측(No.1~5)	+0.4	-0.1	+2.9	+3.2	내측방향변위 : + 외측방향변위 : -
		내측(No.2~5)	+2.8	+0.9	+2.0	+5.7	
	논산방향	내측(No.3~6)	+4.3	+2.9	-0.7	+6.5	
		외측(No.4~6)	+3.4	+1.2	-2.0	+2.6	
A2-P4 측	천안방향	외측(No.7~11)	+2.8	+1.4	-7.5	-3.4	
		내측(No.8~11)	+4.1	+3.3	-8.2	+0.8	
	논산방향	내측(No.9~12)	+14.5	-3.1	+1.7	+13.1	
		외측(No.10~12)	+13.0	-2.2	+1.8	+12.6	

변위계측 결과(1~4차) 지속적인 내측변위 및 외측변위가 혼재된 양상으로 진행성 거동을 보이고 있는 지점이 측정되어, 지속적인 계측관리가 필요한 상태로 판단됨

2) 종합의견

- 광정교는 현재 나타난 결과만을 고려하더라도 변위발생으로 인한 교량기능발휘(거동)에 많은 문제점을 내포하고 있는 것으로 판단되며, 본 교량이 현재 공용 중에 있고, 하절기 온도상승에 의한 상부구조의 신장량을 감안할 때 조속한 대책이 요구됨.
- 또한 신축이음 및 바닥판의 자료분석 결과와 교대 외관조사에서 조사된 바와 같이 광정교 A1교대의 경우 측방변위 현상은 수렴된 것이 아니라 현재 진행중인 것으로 나타났다. 그러므로 이에 대한 근본적인 원인을 제거하지 않은 상태에서 “09년 신축이음교체 및 바닥판 커팅 보수”와 같이 부분적인 보수만을 시행할 경우 문제가 반복될 수 있다. 이에 따라 공용여건이 허용되는 범위 내에서 안전성 확보가 확실한 대책을 충분히 강구한 후 보수가 이루어져야 할 것으로 판단됨.

다. 기술검토의견서(1)(2015. 5)

- 광정교 A2측은 천안·논산, 양방향 모두 하절기시 바닥판과 교대홍벽이 협착되어 신축 유간이 부족한 것으로 확인되었으며 온도에 따른 바닥판과 교대의 유간협착 관계를 2013 ~ 2015년 지속적으로 점검한 결과 기온 10℃를 전후(천안방향 15℃, 논산방향 7℃)하여 협착되는 것으로 나타남.
- 교대와 교각간의 상대거리를 측정하는 방법으로 교대의 변위유무를 계측한 결과 A2측은 최대 18mm의 변위가 발생하는 것으로 나타났으며, 동절기시 상대거리가 가까워지고 반대로 하절기시 멀어지는 형태를 보여 온도변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 확인됨.
- 계측기간 중 논산방향으로 교대배면에 설치된 팽창줄눈의 변화여부를 확인한 결과 62mm로 형성시킨 줄눈유간이 온도가 상승함에 따라 최대 47mm 줄어들어 혹서기 최소 유간 15mm로 축소되었으며, 유간이 줄어드는 방향은 교량 먼곳에서 교량측으로 축소된 양이 절대적인 것으로 확인됨. 팽창줄눈을 설치한 이후에도 교대는 약간의 변위를 보였으나 변위양은 팽창줄눈 설치 전후로 확인한 차이를 보임.
- 교대변위, 유간협착의 원인을 한 가지로 특정할 수는 없으나 팽창줄눈 유간의 축소량과 축소방향, 줄눈 설치 전후의 교대와 교각간 상대거리 계측결과 등으로 볼 때 포장 팽창의 영향이 지배적인 것으로 판단되며 인위적으로 형성시킨 팽창줄눈은 교대 변위를 억제시키는 효과가 있는 것으로 나타남.
- 온도변화에 의한 거더의 변위가 구속될 시 그 힘에 대응되는 압축력이 거더에 전달되면 교대홍벽이나 바닥판의 파손, 신축이음의 볼트파단·본체의 이탈, 고정단 받침몰탈의

파손 등이 발생될 수 있으며, 신축유간이 협착되기 시작하는 온도인 10℃를 상회하는 2015년 5월 현재 논산방향 단부 바닥판이 파손되는 손상이 나타나고 있는 것으로 확인됨.

- 팽창줄눈시공으로 인해 교대로 전달되는 포장팽창에 의한 수평력이 어느 정도 제거·해소되었으므로 포장팽창이 추가적인 변위를 유발할 가능성은 낮음. 따라서, 현재의 온도에서 혹서기 최고온도로 상승할 경우에 대비해 상부구조의 신장을 자유롭게 하여 구조적으로 안정시킬 뿐만 아니라 바닥판의 손상 외 받침물탈의 파손 등 교대 유간협착으로 나타날 수 있는 2차 손상이 추가로 발생되기 전에 바닥판과 거더를 일부 절단하는 방법으로 유간을 확보하는 조치가 필요함.
- 이상의 결과는 ‘광정교 정밀안전진단보고서(2013. 6, 비엔티엔지니어링(주))’와 ‘하부구조(교대) 측방유동 검토의견서(1~3차, 2013. 3~2013. 7, 비엔티엔지니어링(주))’에서 제시된 바와 같이 교대 A2는 구조안정성검토에서 소정의 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타난 결과를 종합한 것임.

라. 기술검토의견서(2)(2015. 5)

- 광정교는 ‘2009년 상반기 정밀점검’ 시부터 제기된 교량받침 및 신축이음 장치 가동여유량 부족에 따른 조치 필요성 및 광정교 하자보수에 따라 교량받침의 이동량 확보 및 신축이음장치의 신장여유량 확보의 필요성이 제기됨.
- 하자보수 업체에서 제시한 교량받침 이동량 확보방안 ‘광정교 교좌장치 보수공사 시공계획서’에 대하여 검토 결과 적절한 것으로 판단되며 시공시 다음의 사항을 주의할 필요가 있음.
- 교량받침 보수방안
 - 교대1에 유압잭을 설치하고 거더를 인상. 하부 플랜지와 sole plate의 Fillet 용접부를 산소 아세틸렌 용접기로 가우징(gauging) 하여 분리시킨 후 Sole plate와 상단을 교량내측으로 이동하여 재용접함.
- 편심량 검토
 - 국내의 기준과 연구자료 등이 미흡하여 일본의 보수기준을 적용
 - 참고서적 : 강구조물 보수 보강 개조의 수인(手引) P141 研友社 : 일본서적

$$- \delta_a (mm) = L \times \frac{1.5}{2} + 50 \text{ mm}$$

L : 지간장(m)

δ_a : 받침 중심과 지점 수직보강재와의 허용 편심량

$$- \text{제5지간장} : L = 42.50 - 0.45 = 42.05 \text{ m}$$

$$- \delta_a (mm) = 42.05 \times \frac{1.5}{2} + 50 = 81.5 \text{ mm} > (\text{편심량})$$

- Sole plate 이동 설치시 허용 편심량 81.5mm 이내에서 시공할 것.

- 상답을 허용편심 이내에서 시공하면 받침 이동에 따른 지점부의 별도 보강은 필요 없을 것으로 판단된다.

마. 광정교 교대 측방이동 보수공법 검토서

1) 팽창줄눈 계측 결과 분석

- 2014년 3월 7일부터 2015년 8월 26일까지 약 6개월 팽창줄눈의 유간을 계측한 결과 팽창줄눈의 유간이 지속적으로 축소되는 것으로 나타났으며 이는 기온의 상승에 따른 포장의 신장과 포장 콘크리트에 내재된 압축력이 유간설치로 인하여 구속력이 이완됨으로서 팽창되는 현상에 의한 것으로 판단된다.
- 2014년 8월 26일부터 약 6개월 후인 2015년 2월 11일 계측된 유간은 6mm 증가 한 것으로 나타나 하절기에서 동절기로 바뀐 경우 기온의 영향으로 포장의 길이가 다소 축소되는 것을 알 수 있다.

2) 수축줄눈의 이격거리

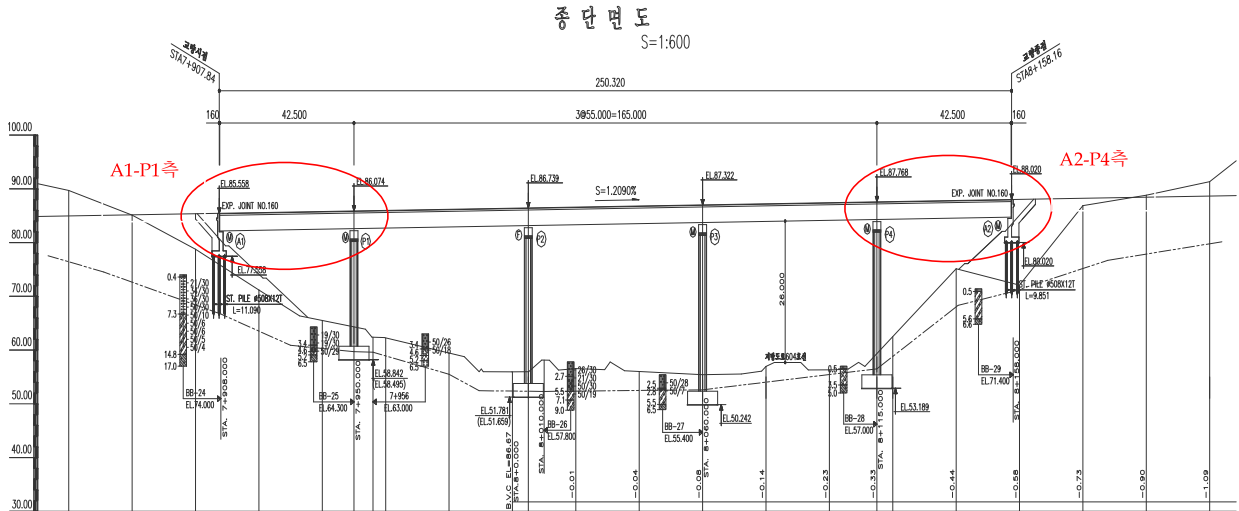
- 포장 콘크리트를 먼저 시공한 후 중앙분리대를 시공하며 이때 중앙분리대에는 포장의 수축줄눈과 동일한 위치에 절단기로 수축줄눈을 설치하였다.
- 2015년 8월 5일에 실측한 이격거리는 교대에서 멀어질수록 감소하는 것으로 나타났다.
- 중분대와 콘크리트 포장에 각각 설치된 수축줄눈이 위치별로 어긋나 있으며 콘크리트 포장이 상대적으로 교량측으로 이동한 상태이고 측정결과는 다음과 같다.

【표 2.5】수축줄눈 이격거리

측점	누가거리	A1측 접속도로		A2측 접속도로		비고
		이격거리(mm)	비고	이격거리(mm)	비고	
1	16	-		-		
2	22	-		32		
3	28	103		-		
4	34	-		-		
팽창줄눈	37	-	71mm(이동:55)	-	62mm(이동:53)	추가설치
5	40	105		-		
6	46	107		27		
7	52	105		-		
8	58	-		-		
9	64	-		-		
10	70	-		-		
11	76	-		-		
12	82	100		-		
13	88	-		-		
14	94	90		-		
15	100	88		-		
16	106	77		-		
17	112	77		-		
18	118	-		-		
19	124	65		-		
20	130	-		20		
21	136	60		-		
22	142	-		-		
23	148	-		-		
24	154	45		-		
25	160	-		-		
26	166	-		-		
27	172	-		-		
28	178	-		-		
29	184	-		-		
30	190	31		-		
31	196	-		-		
32	202	27		-		
33	208	-		-		
34	214	20		-		
35	220	21		-		

3) 교대 변위 계측

- 계측 방법은 아래와 같이 교대 및 교각(시·종점부)에 각각 고정 표적을 설치하여 교대·교각 별로 거리를 계측하여 교대 변위 여부를 파악한다.
- 천안방향 - (A1: No.1, No.2 ↔ P1 : No.5), (A2: No.7, No.8 ↔ P4 : No.11)
- 논산방향 - (A1: No.3, No.4 ↔ P1 : No.6), (A2: No.9, No.10 ↔ P4 : No.12)

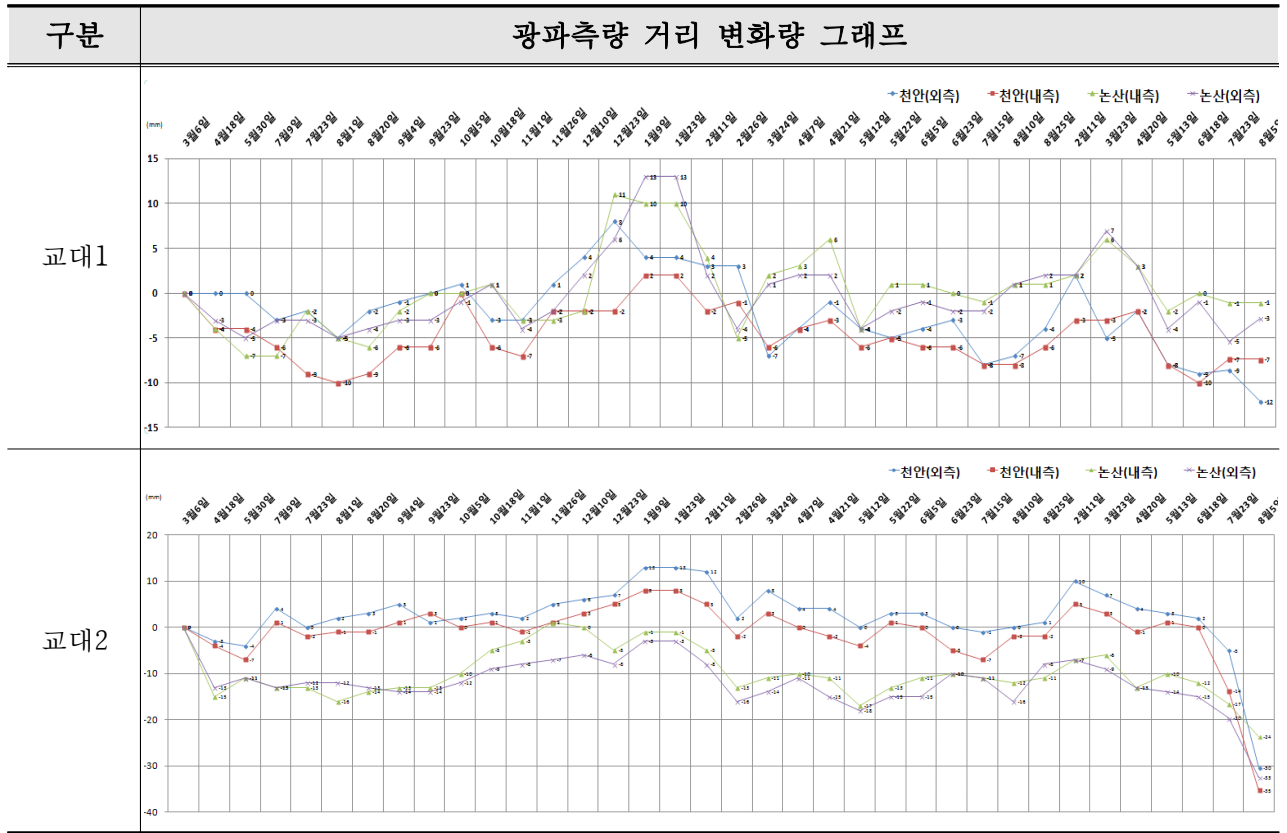


【그림 2.13】측점위치

【표 2.6】기준치 설정(unit : m)

계측일	계측위치	천안방향		논산방향		비고
		No.1-No.5	No.2-No.5	No.3-No.6	No.4-No.6	
		No.7-No.11	No.8-No.11	No.9-No.12	No.10-No.12	
2013.3.6.	A1-P1 측	43.1012	42.8011	42.6446	42.5077	기준치 (초기치)
	A2-P4 측	42.8102	43.1919	42.8457	42.9146	

【표 2.7】 광파측량 거리 변화량 그래프



- 일반적으로 하절기에는 온도 상승으로 거더가 신장하여 교장이 늘어나고 동절기에는 온도 하강으로 거더가 수축하여 교장이 줄어드는 경향을 보이므로 교량의 상부구조와 교대 흙벽과 맞닿은 상태에서는 하절기에 교각과 교대사이의 거리는 늘어나야 한다. 그러나 계측결과는 반대의 현상을 보이고 있으며 이는 교량보다 길이가 긴 접속도로 콘크리트 포장(T=330mm)이 온도영향을 받아 신축하기 때문이다.
- 장기적으로 계절별 기온의 영향으로 신축을 반복하면서 지속적으로 조금씩 교각과 교대사이의 거리가 줄어들게 되는데 이는 알칼리 골재 반응으로 포장 콘크리트가 팽창하기 때문이다.
- 교대2 측의 상부 바닥판 단부 부분 절단 후 교각과 교대 사이의 거리가 급격히 축소 되는 것으로 나타났다. 이는 유간이 확보된 만큼 접속도로가 교량측으로 밀려나기 때문이다. 따라서 신축유간이 부족한 경우 교량 바닥판을 절단하여 유간을 확보할 것이 아니라 콘크리트 포장을 절단하여 팽창줄눈을 추가로 설치하여야 한다.

4) 알칼리 골재반응 시험 및 골재 반응 조사

① 알칼리 골재반응 시험 결과

- 시험기관 : 한국에스지에스(주) 시험연구원
- 시험방법 : 화학적 방법
- 시료위치 : 교대2에서 후방 약 50m 위치에서 포장 콘크리트 채취
- 평가결과 : 반응성 없음

② 알칼리 골재반응 조사

- 확대경으로 포장층 중간층에서 골재 주변의 환형 겔 생성 여부를 확인하였으나 관찰되지 않았다.
- 코어를 채취하여 알칼리 골재 반응성 시험을 수행하였으나 반응성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 이 방법은 정성적인 방법이므로 모르타르 봉 방법으로 검증이 필요하다.

5) 보수 및 유지관리 방안

① 보수방안

- 교량의 신축유간과 포장의 팽창줄눈이 협착된 이유는 콘크리트 포장의 알칼리 골재 반응에 의한 팽창 때문이며 이러한 반응은 장기적으로 지속된다. 따라서 기존의 팽창줄눈의 유간이 협착되어 소멸되었으므로 콘크리트 포장부에 기존의 팽창줄눈과 수축이음 사이에 새로운 팽창줄눈을 추가로 설치하여 포장의 팽창을 흡수하여야 한다.
- 교량측의 첫 번째 팽창줄눈은 완충슬래브와 포장 슬래브 사이에 설치되어 있으므로 팽창줄눈과 포장슬래브의 첫 번째 수축줄눈 사이에 포장슬래브의 팽창을 흡수할 수 있는 팽창줄눈을 추가 설치함이 바람직하다. 절단두께는 포장 두께인 330mm 이며 절단시기는 절단시 쥘 현상을 회피하기 위하여 온도가 하강하는 10월에서 12월 사이에 하는 것이 바람직하다.

② 유지관리 방안

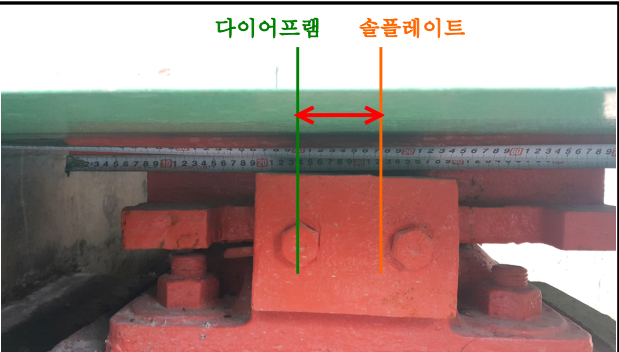
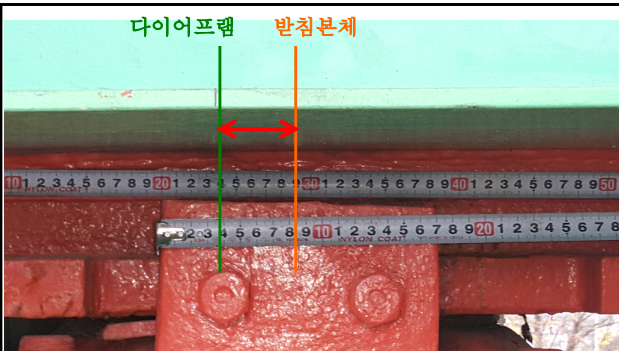
- 접속도로는 교량에서부터 접속슬래브, 완충슬래브, 포장슬래브의 순으로 설치되는데 일반적으로 완충슬래브와 포장 슬래브 사이에 팽창줄눈을 설치한다.
- 포장슬래브는 1일 타설량을 고려하여 적당한 길이(120~240m)를 한꺼번에 타설하며 일반적으로 시공이음 위치에 팽창줄눈을 설치하고 연속된 포장 슬래브에는 6.0m마다 수축줄눈을 설치한다. 팽창줄눈에는 다웰 바(Dowel bar)가 설치되고 포장슬래브의 수축줄눈에는 타이 바(Tie bar)가 설치된다.
- 차량의 통행을 고려하여 팽창줄눈의 폭을 한 번에 최대 60mm 이상 절단하여서는 안

된다.

- 알칼리 골재반응은 0.04~0.05% 정도 팽창하는 것으로 알려져 있으며 장기간에 걸쳐 진행하므로 진행정도에 따라 팽창줄눈을 단계적으로 절단하여야 한다.

바. 광정교 교량받침 프리세팅 이동량 측정

- A1 지점의 교량받침 프리세팅시 슬플레이트의 이동량 측정결과 최소 6.5cm~최대 7.5cm로 측정되었다. 강박스거더(G4기준) 지점부 다이어프램과 슬플레이트 센터와의 오프셋은 약 7.5cm 이며 하부 받침본체 센터와의 오프셋은 5.0cm로 측정되었다.

	
최대이동량 A1-SH8(논산) : 7.5cm	최소이동량 A1-SH6(논산) : 6.5cm
	
다이어프램(THK:1.6cm) 위치 : 끝단에서 40.0cm	다이어프램과 슬플레이트 센터와의 오프셋 : 7.5cm
	
다이어프램과 받침본체 센터와의 오프셋 : 5.0cm	A1-SH8(논산) 이동여유량 전경

사. '17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_1

【표 2.8】 광파기 측량결과

구분(A1)		2014년		2016년				2017년		비고
		3월 6일(mm)		8월 2일(mm)		11월 29일(mm)		5월 29일(mm)		
		상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	
		거리		거리		거리		거리		
천안	외측(1-5)	43101	초기값	43083	-18	43084	-17	43079	-22	교대방향
	내측(2-5)	42801	초기값	42793	-8	42792	-9	42795	-6	교대방향
논산	내측(3-6)	42645	초기값	42635	-10	42638	-7	42640	-5	교대방향
	외측(4-6)	42508	초기값	42498	-10	42501	-7	42498	-10	교대방향

구분(A2)		2014년		2016년				2017년		비고
		3월 6일(mm)		8월 2일(mm)		11월 29일(mm)		5월 29일(mm)		
		상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	
		거리		거리		거리		거리		
천 안	외측(7-11)	42810	초기값	42762	-48	42802	-8	42770	-40	교대방향
	내측(8-11)	43192	초기값	43140	-52	43174	-18	43144	-48	교대방향
논 산	내측(9-12)	42846	초기값	42821	-25	42833	-13	42826	-20	교대방향
	외측(10-12)	42915	초기값	42879	-36	42894	-21	42886	-29	교대방향

주) (-) 교대 가까워짐, (+) 교대와 멀어짐

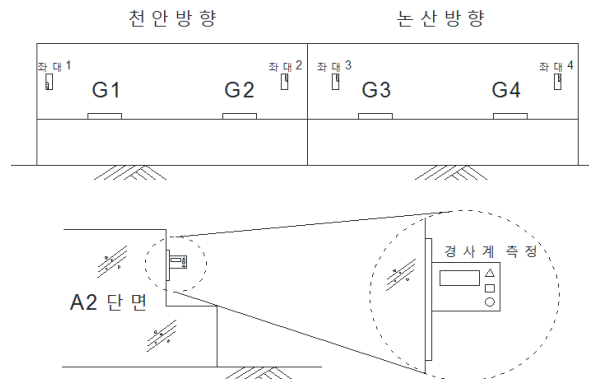
【표 2.9】 GPS 측정결과

구분			2017년				비고
			5월 11일(mm)		5월 29일(mm)		
광정교	천안	신축이음장치(A2)	1021	초기치	944	-77.7	수축
	논산	신축이음장치(A2)	1066	초기치	1054	-12.8	수축

【표 2.10】교대 기울기 측정결과

구분	계측좌대1		계측좌대2		계측좌대3		계측좌대4	
측정날짜	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2016-05-26 초기치값	>	0.58	>	0.6	>	0.74	<	0.13
2016-06-15	>	0.56	>	0.58	>	0.74	<	0.14
2016-11-29	>	0.34	>	0.34	>	0.34	<	0.14
2017-05-01	>	0.30	>	0.10	<	0.10	<	0.60
2017-05-29	>	0.70	>	0.10	<	0.30	<	0.60

광 정 교 A2



주) 90° 기준으로 차이 값으로 함.

【표 2.11】거더 유간 및 팽창줄눈 측정결과

측정일자	논산방향			천안방향		
	유간 측정값(mm)			유간 측정값(mm)		
	거더 (최솟값)	신축이음	팽창줄눈 (갓길측)	거더 (최솟값)	신축이음	팽창줄눈 (갓길측)
2016.07.07	85	40	50	45	48	55
2016.08.02	70	32	15	31	38	38
2017.05.01	73	46	22	30	50	23
2017.05.29	76		14	30		25
2017.05.30	재설치		100	재설치		100

- 교대 측방이동에 대한 변위 관측결과 광파기 측량은 초기치 값보다 교대와 교각이 가까워지는 결과를 얻었으며, GPS는 신축이음장치에서 팽창 및 수축이 온도변화에 따라 진행되고 있다. 또한, 교대 기울기, 게이지 측정, 바닥판유간, 신축이음유간, 팽창줄눈에 대한 결과 전반적으로 변위는 미소하게 발생된 상태이며, 온도변화에 따른 것으로 판단된다. 현재

교대 흠벽과 거더 및 받침장치의 협착은 발견되지 않아 현재 측방이동은 없는 것으로 분석되었다. 추후 7월~8월 온도가 상승 할 때(혹서기) 측량 및 관측을 실시하여 변위를 추적조사 할 예정이다.

아. '17~18년 도로시설물 안전점검용역(1구역) 교대변위 측량결과 보고서(광정교, 인풍교)_2

【표 2.12】 광파기 측량결과

구분(A1)		2014년		2016년				2017년		비고
		3월 6일(mm)		8월 2일(mm)		11월 29일(mm)		5월 29일(mm)		
		상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	
		거리		거리		거리		거리		
천안	외측(1-5)	43101	초기값	43083	-18	43084	-17	43079	-22	교대방향
	내측(2-5)	42801	초기값	42793	-8	42792	-9	42795	-6	교대방향
논산	내측(3-6)	42645	초기값	42635	-10	42638	-7	42640	-5	교대방향
	외측(4-6)	42508	초기값	42498	-10	42501	-7	42498	-10	교대방향

구분(A2)		2014년		2016년				2017년		비고
		3월 6일(mm)		8월 2일(mm)		11월 29일(mm)		5월 29일(mm)		
		상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	상대	변화량	
		거리		거리		거리		거리		
천안	외측(7-11)	42810	초기값	42762	-48	42802	-8	42770	-40	교대방향
	내측(8-11)	43192	초기값	43140	-52	43174	-18	43144	-48	교대방향
논산	내측(9-12)	42846	초기값	42821	-25	42833	-13	42826	-20	교대방향
	외측(10-12)	42915	초기값	42879	-36	42894	-21	42886	-29	교대방향

주) (-) 교대 가까워짐, (+) 교대와 멀어짐

【표 2.13】 GPS 측정결과

구분			2017년						비고
			5월 11일(mm)		5월 29일(mm)		8월 8일(mm)		
광정교	천안	신축이음장치(A2)	1021	초기치	944	-77.7	994	-27	수축
	논산	신축이음장치(A2)	1066	초기치	1054	-12.8	1048	-18	수축

- GPS 측량결과 초기치 측정 이후 온도변화(혹서기)에 따른 수축작용(교량 및 포장체가 팽창)이 진행된 것으로 판단되나 측정값이 미미하고 주변 신축이음장치 및 후타재에 손상 등이 발견되지 않았으므로 현재까지 양호한 거동을 하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 초기치 이후 광정교 천안방향에 대한 신축이음장치(A2)의 5월 29일 측정치는 고속도로 상의 덤프, 대형버스 등으로 인하여 값이 높게 측정된 것으로 검토된바 추가적인 측정을 통하여 5월 29일 측정치를 조정하도록 하겠음.

【표 2.14】 교대 기울기 측정결과

구분	계측좌대1		계측좌대2		계측좌대3		계측좌대4	
측정날짜	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2016-05-26 초기치값	>	0.58	>	0.6	>	0.74	<	0.13
2016-06-15	>	0.56	>	0.58	>	0.74	<	0.14
2016-11-29	>	0.34	>	0.34	>	0.34	<	0.14
2017-05-01	>	0.30	>	0.10	<	0.10	<	0.60
2017-05-29	>	0.70	>	0.10	<	0.30	<	0.60
2017-08-08	>	0.90	>	0.20	<	0.30	<	0.60

주) 90° 기준으로 차이 값으로 함.

【표 2.15】 거더 유간 및 팽창줄눈 측정결과

측정일자	논산방향			천안방향		
	유간 측정값(mm)			유간 측정값(mm)		
	거더 (최솟값)	신축이음	팽창줄눈 (갓길측)	거더 (최솟값)	신축이음	팽창줄눈 (갓길측)
2016.07.07	85	40	50	45	48	55
2016.08.02	70	32	15	31	38	38
2017.05.01	73	46	22	30	50	23
2017.05.29	76		14	30		25
2017.05.30	재설치		100	재설치		100
2017.08.08	50	23	77	20	25	80

- 교대 측방이동에 대한 변위 관측결과(8월 혹서기) 광파기 측량은 초기치 값보다 교대와 교각이 가까워지는 결과를 얻었으며, GPS는 신축이음장치에서 팽창 및 수축이 온도변화에 따라 진행되고 있다. 또한, 교대 기울기, 게이지 측정, 바닥판유간, 신축이음유간, 팽창줄눈에 대한 결과 전반적으로 변위는 미소하게 발생된 상태이며, 온도변화에 따른 것으로 판단된다. 현재 교대 흥벽과 거더의 협착 및 받침장치의 협착은 발견되지 않아 현재 측방이동은 없는 것으로 판단됨.

2.3 자료분석 결과요약

- 2013년 진단 : A1측방유동이 검토되었으며, A2는 소요안전율을 확보(말뚝미고려 시)한 상태로서, 교대 유간부족 및 측방유동에 대한 보강필요 제시
- 측방유동검토의견 : 교량 기능발휘(거동)에 많은 문제점이 내포된 상태로서, 신장량을 감안한 조속한 대책 요구됨
- 기술검토의견(1) : 포장에 설치된 팽창줄눈은 교대변위를 억제시키는 효과가 있는 것으로 검토되었으며, 바닥판과 거더를 일부 절단하여 유간을 확보하는 조치가 필요함
- 기술검토의견(2) : 받침 프리셋팅 시, 상답을 허용편심 이내에서 시공하면 받침 이동에 따른 지점부의 별도 보강은 필요 없을 것으로 판단됨
- 광정교 교대 측방이동 보수공법 검토서 : 신축유간과 팽창줄눈이 협착된 이유는 접속 콘크리트포장의 알칼리 골재 반응에 의한 팽창 때문이며, 새로운 팽창줄눈 추가 설치가 필요함
- ‘17~18년 도로시설물 안전점검용역 교대변위 측량결과 보고서 : 온도변화에 따른 미소한 기울기, 바닥판유간, 팽창줄눈, 신축이음 등의 미소한 변위가 발생되었으며, 측방이동은 없는 것으로 분석됨

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 조사 및 계획

3.2 수평변위 발생원인 파악

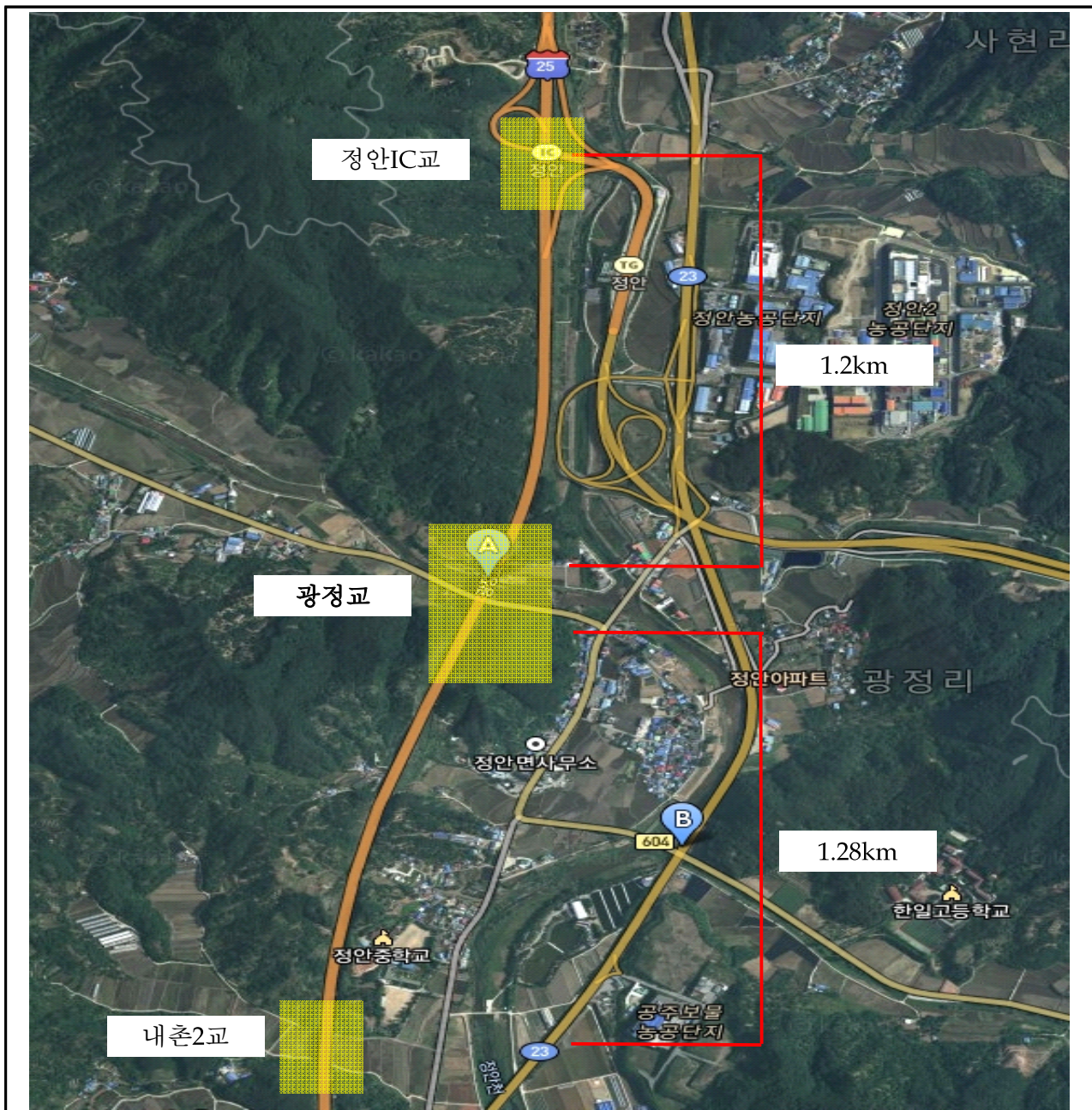
3.3 실내 시험 및 해석

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 조사 및 계측

3.1.1 포장 및 접속도로 현황과 외관조사

(알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사)



【그림 3.1】 콘크리트 포장 현황

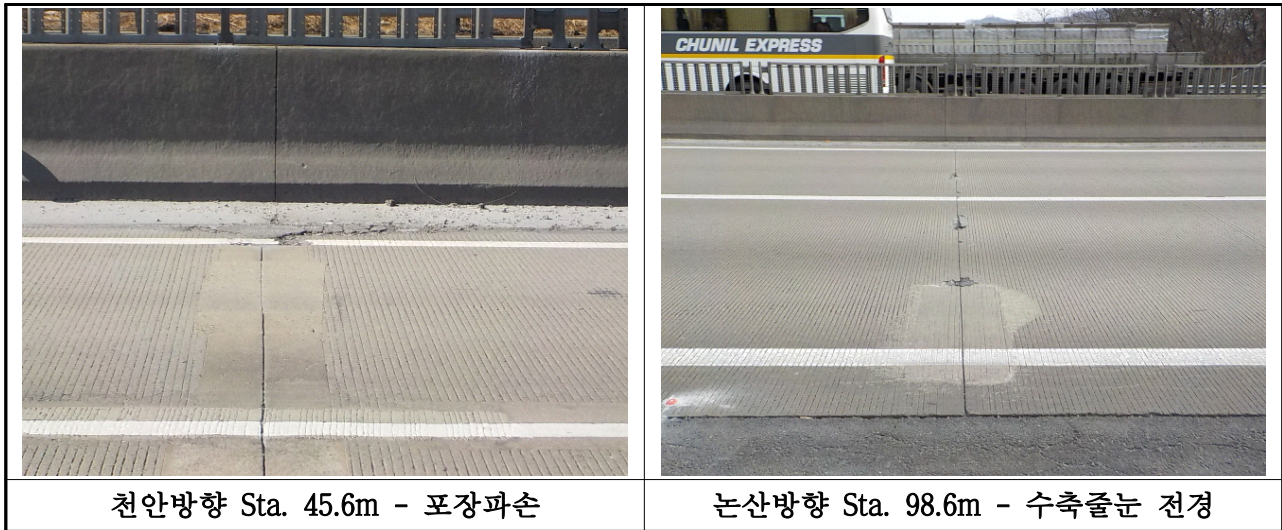
광정교와 접속하는 포장형식은 콘크리트 포장이며, 포장구조물의 연장은 광정교 A1 ~ 정안IC교(약 1.2km), 광정교 A2 ~ 내촌2교(약 1.28km)로서 약 6m간격으로 수축줄눈이 시공되어있으며, 교량 시·종점부에 인접하여 천안 A1측을 제외하고 팽창줄눈이 설치되어있다.

외관조사는 갓길부 교통통제 후 실시하였으며, 교량에 인접한 접속포장부 300m를 조사하였다. 손상 위치는 교량을 기준으로 시·종점부터 멀어지는 방향으로 0~300m로 표기하였다.

가. 시점측 접속 콘크리트 포장

	
천안방향 시점측 접속포장 전경	논산방향 시점측 접속포장 전경
	
천안방향 Sta. 8.0m - 단차	천안방향 Sta. 15.3m - 중분대 이격

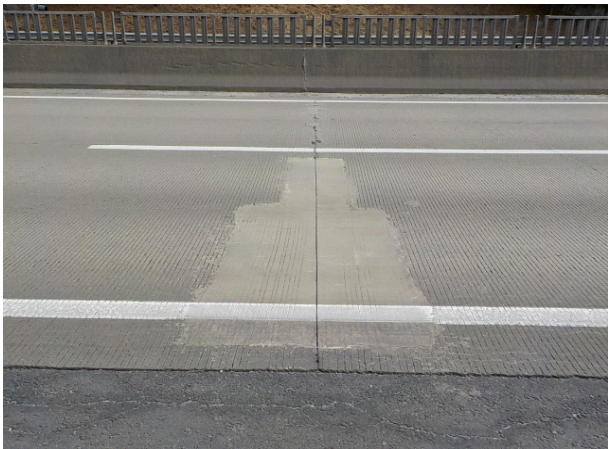
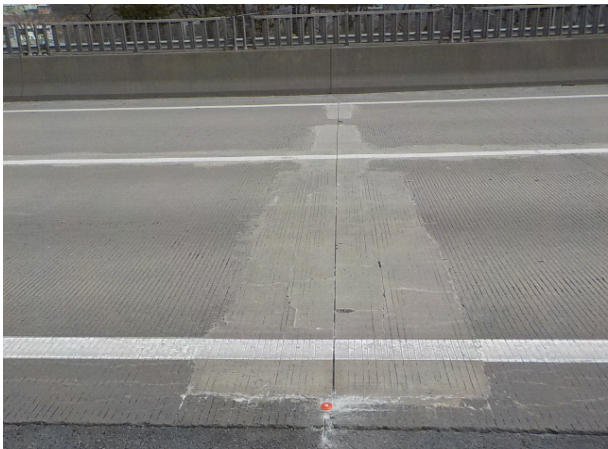
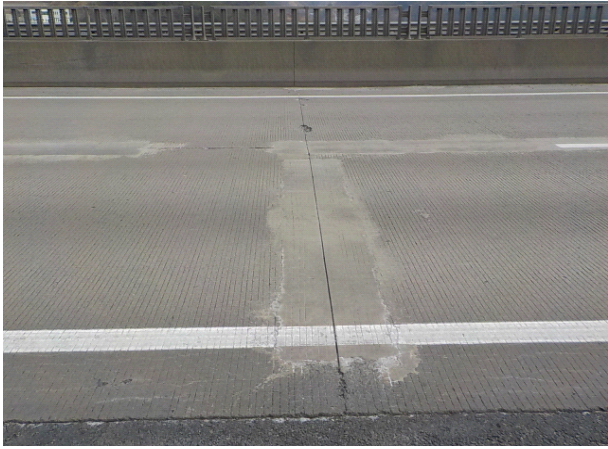
【사진 3.1】 접속포장 외관조사 현황



【사진 3.1】 접속포장 외관조사 현황(계속)



【사진 3.2】 수축줄눈 전경

	
논산방향 Sta. 62.8m - 수축줄눈 전경	논산방향 Sta. 200.0m - 수축줄눈 전경
	
논산방향 Sta. 247.6m - 수축줄눈 전경	논산방향 Sta. 301.3m - 수축줄눈 전경

【사진 3.2】 수축줄눈 전경(계속)

나. 종점측 접속 콘크리트 포장

	
천안방향 종점측 접속포장 전경	천안방향 Sta. 10.0m - 포장균열

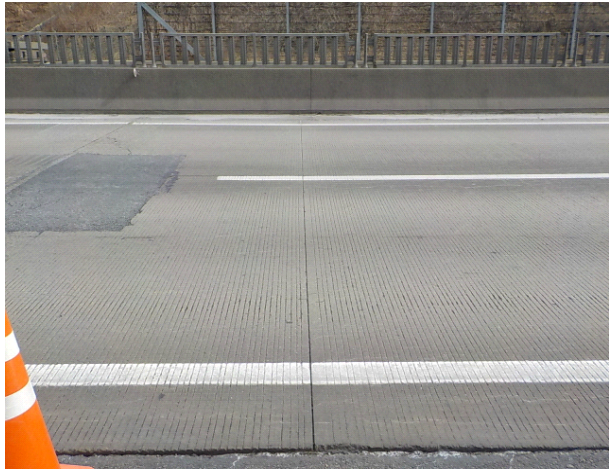
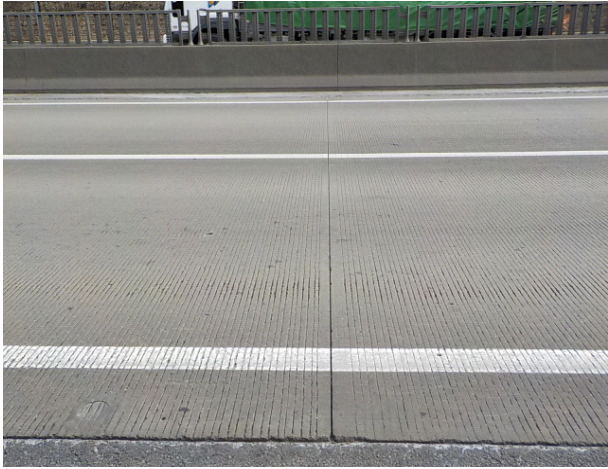
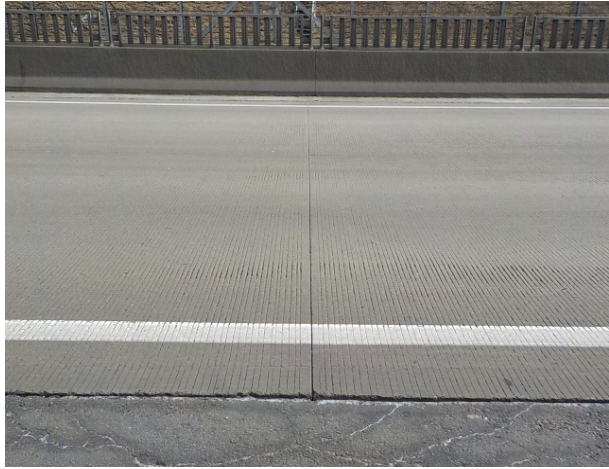
【사진 3.3】 접속포장 외관조사 현황

논산방향 Sta. 35.5m - 포장파손	논산방향 Sta. 10.0m - 포장 단차

【사진 3.3】 접속포장 외관조사 현황(계속)

천안방향 Sta. 50.3m - 수축줄눈 전경	천안방향 Sta. 151.3m - 수축줄눈 전경
천안방향 Sta. 199.4m - 수축줄눈 전경	천안방향 Sta. 223.0m - 수축줄눈 전경

【사진 3.4】 수축줄눈 전경

	
천안방향 Sta. 282.8m - 수축줄눈 전경	논산방향 Sta. 38.3m - 수축줄눈 전경
	
논산방향 Sta. 61.9m - 수축줄눈 전경	논산방향 Sta. 151.0m - 수축줄눈 전경
	
논산방향 Sta. 229.0m - 수축줄눈 전경	논산방향 Sta. 295.9m - 수축줄눈 전경

【사진 3.4】 수축줄눈 전경(계속)

다. 외관조사결과 및 분석

1) 외관조사결과

포장은 차로측만 콘크리트포장이 시공되었으며, 길어깨부는 아스콘 포장이 시공된 상태이다. 또한 시점측 논산방향 Sta. 15.0~45.0m 구간 및 종점측 천안방향 Sta. 0~20.0m 구간은 아스콘포장이 위치하고 있다. 외관조사 결과, 수축줄눈 주변 포장 파손 및 중분대 이격, 단차, 망상균열 등이 조사되었다. 조사된 손상은 차량통행에 의한 줄눈부 주변 단면취약부위의 파손 및 스폐링 현상, 건조수축 및 동결융해 등에 의한 손상이며, 길어깨부 아스콘포장의 단차는 차로측의 특이 손상이 없는 상태로서, 국부적인 길어깨부 포장하부의 지지력 부족 등에 따른 단차로 발생되며 접속슬래브의 영향은 없는 상태로 판단된다.

2) 알칼리 골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-up)

알칼리 골재반응은 시멘트중의 알칼리성분이 물 및 골재 중의 알칼리 반응성 실리카질 광물에 의해서 화학반응함으로써 콘크리트 내부에 국부적인 체적 팽창이 발생하며, 이는 콘크리트에 균열 및 박리현상을 유발하여 콘크리트의 내구성을 현저하게 저하시키는 현상으로서, 접속포장부의 외관조사 결과, 알칼리골재반응으로 판단할 수 있는 균열폭이 큰 망상균열 및 균열, 박리, 박락 등의 손상은 조사되지 않은 상태이다.



【사진 3.5】알칼리 골재반응에 의한 손상 예시

블로우업(Blow-up)현상은 온도팽창에 따른 압축력에 의하여 좌굴을 일으켜 줄눈부분 또는 균열부분을 중심으로 부분적으로 솟아오르는 현상으로서, 수축줄눈 조사결과 주변 국부적인 파손 및 균열은 관찰되나 윤하중의 반복적인 통행, 동절기 제설염화물, 동결융해, 외부 환경 노출 등에 의한 단면의 단부측 파손으로서 블로우업 현상은 없는 상태로 판단된다.

3.1.2 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측

가. 팽창줄눈 변화량

【표 3.1】 팽창줄눈 유간 현황

구분	2018. 2. 27	2018. 3. 23	2018. 4. 13	2018. 5. 11	2018. 5. 28
	유간(mm)				
천안방향 종점측	81.0	77.0	77.0	75.0	74.0
논산방향 시점측	82.0	81.0	80.0	78.0	77.0
논산방향 종점측	78.0	77.0	77.0	75.0	74.0

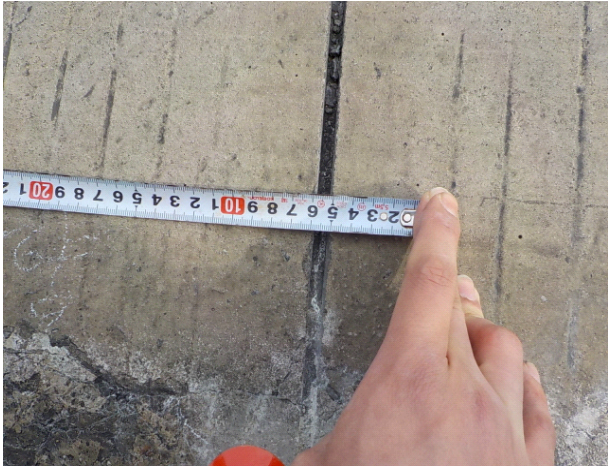
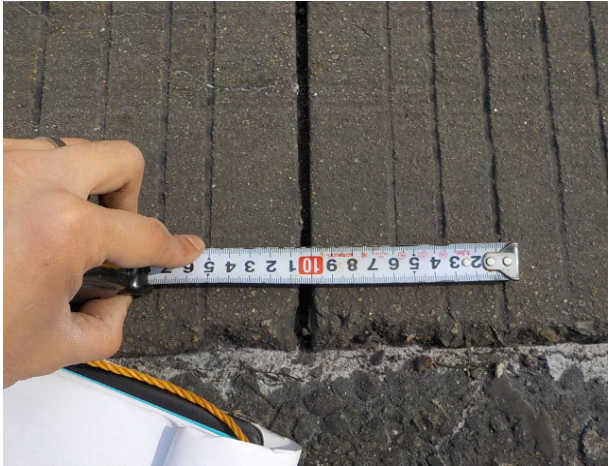
비고

- 온도변화 - 16.0℃(일평균기온 4.1℃ ~ 20.1℃)
- 팽창줄눈 위치 - 천안방향 종점측 A2로부터 35.5m 이격
논산방향 시점측 A1으로 부터 31.2m 이격
논산방향 종점측 A2로부터 35.5m 이격
- 변화량 - 천안방향 종점측 7mm
논산방향 시점측 5mm, 논산방향 종점측 4mm
- 측정 결과 - 온도의 증가에 따른 포장의 신장거동에 의해 설치된 팽창줄눈은 감소하는 경향이 나타났으며, 변동폭은 크지 않은 상태로서, 최고온 시 팽창줄눈 유간의 협착은 없을 것으로 판단됨.



【사진 3.6】 팽창줄눈 측정현황

나. 시공줄눈(수축줄눈) 변화량

	
논산방향 시점 Sta. 200.0m - 수축줄눈(8mm) 2018.2.27	논산방향 종점 Sta. 199.0m - 수축줄눈(6mm) 2018.2.27
	
논산방향 종점 Sta. 20.8m - 수축줄눈(8mm) 2018.5.28	천안방향 시점 Sta. 21.5m - 수축줄눈(6mm) 2018.5.28

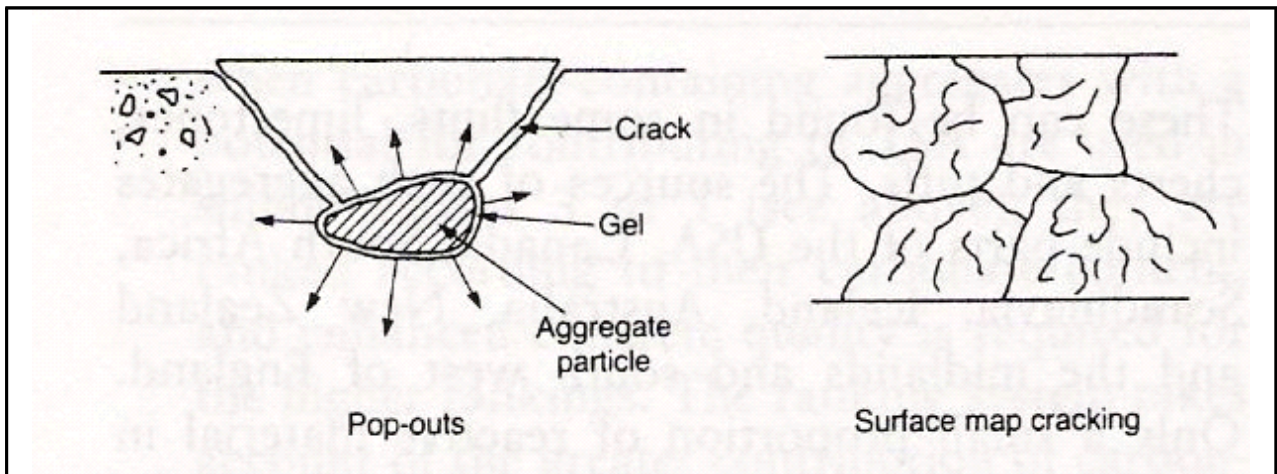
【사진 3.7】 수축줄눈 변화량

수축줄눈은 약 6.0m 간격으로 시공되어있으며 유간은 1~5차(2018.2.26.~2018.5.28., 일 평균기온 4.1℃ ~ 20.1℃)에 걸쳐 측정하였고, 측정결과, 6~8mm의 유간폭에서 전개소 변동량은 거의 없는 상태로 측정되었다.

3.1.3 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취

(교량 접속부의 포장에 대한 시험시료 채취)

- 알칼리 실리카 반응은 시멘트 또는 콘크리트 내부에 존재하거나 외부로부터 유입되는 알칼리 성분(Na^+ , K^+)이 골재에 포함되어 있는 반응성 또는 열역학적으로 불안정 상태의 성분(Si)과 일정 기간 동안 화학적으로 반응하여 알칼리 실리카 겔을 생성하는 현상이다. 알칼리 실리카 반응으로 생성된 알칼리 실리카 겔은 물을 흡수하여 팽창하며 이때 발생하는 팽창압이 콘크리트의 인장응력을 초과한다면 콘크리트에 균열이 발생한다. 알칼리 실리카 반응은 화학반응이므로 일반적으로 온도가 높아질수록 반응이 촉진된다.
- 알칼리 실리카 반응은 반응이 매우 서서히 진행된다.



【그림 3.2】 망상균열 및 팝아웃 손상

- 2015년 알칼리 골재반응 시험
 시험방법 : 화학적방법(코어채취)
 시료위치 : A2에서 후방 약 50m 위치에서 포장콘크리트 채취
 평가결과 : 반응성 없음
- 금회 용역 알칼리 골재반응 시험
 시험방법 : 화학적방법(코어채취)
 시료위치 : A1에서 전방 약 65m 위치에서 포장콘크리트 채취
 평가결과 : 반응성 없음
- ※ 시험성적서는 부록에 수록하였음
- A1, A2에 접속한 토공 포장부에 대한 알칼리 골재반응 시험결과, 알칼리 골재반응은

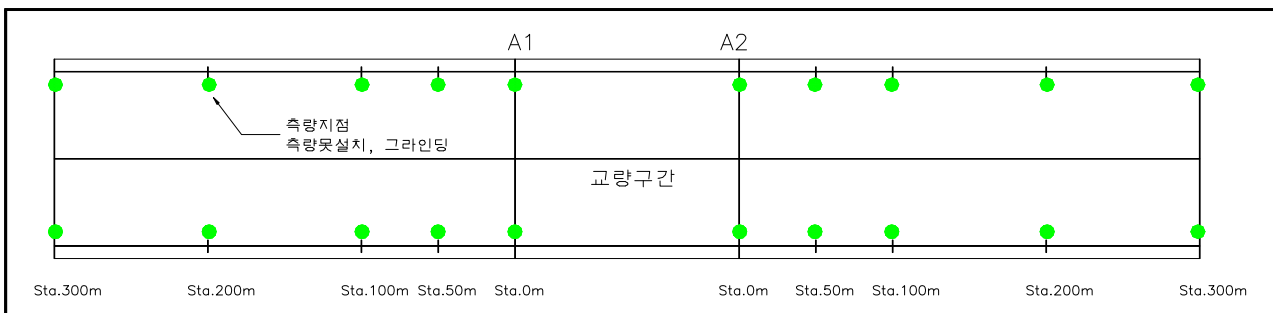
없는 상태로 검토되었으며, 접속 포장부의 외관조사결과 또한 알칼리 골재반응에 의한 포장의 팽아웃 손상 등은 조사되지 않은 상태이다.



【사진 3.8】 A1 접속포장 코어채취

3.1.4 콘크리트 포장의 팽창량 계측

시점측 토공부 300m 구간의 선형은 곡선형이며, 종점측 토공부 300m 구간의 선형은 직선형이다. 측정 및 측량은 4회를 실시하였으며, 측량포인트는 콘크리트 횡단부측에 0, 50, 100, 200, 300m(교량의 시·종점 기준) 간격으로 측량못을 설치하여 거리의 변화상태를 측량, 측정은 팽창줄눈의 유간변화 및 측량못의 위치에 근접하여 콘크리트와 아스콘포장을 걸쳐 컷팅 후 컷팅기준선의 변화상태를 측정하였다.



【그림 3.3】 접속부 포장측량 개요



【사진 3.9】 접속부 포장측량

【표 3.2】 그라인더 컷팅부 변화상태

구분	2018. 3. 23	2018. 4. 13	2018. 5. 11	2018. 5. 28
	교량측으로의 변화량(mm)			
시점접속부(천안) 50m	-	2	5	7
시점접속부(천안) 100m	-	2	3	4
시점접속부(천안) 200m	-	-	1	2
시점접속부(천안) 300m	-	-	-	1
중점접속부(천안) 50m	-	-	2	3
중점접속부(천안) 100m	-	-	2	3
중점접속부(천안) 200m	-	-	2	3
중점접속부(천안) 300m	-	-	1	1
시점접속부(논산) 50m	-	1	5	6
시점접속부(논산) 100m	-	2	4	6
시점접속부(논산) 200m	-	-	3	4
시점접속부(논산) 300m	-	-	-	3
중점접속부(논산) 50m	-	1	3	4
중점접속부(논산) 100m	-	1	1	3
중점접속부(논산) 200m	-	1	1	2
중점접속부(논산) 300m	-	-	2	2

비고

- 온도변화 - 15.4℃(일평균기온 4.7℃ ~ 20.1℃)
- 변화량 - 천안방향 시점측 최대 7mm, 천안방향 중점측 최대 3mm
논산방향 시점측 최대 6mm, 논산방향 중점측 최대 4mm
- 측정 결과 - 온도의 증가에 따른 포장의 신장거동에 의해 콘크리트 포장의 컷팅기준선이 아스콘 컷팅기준선 대비 교량측의 이동이 관찰되었음. 다만, 길어깨부는 아스콘 포장으로서 이질재료에 의한 콘크리트와 아스콘의 신장거동량의 차이가 있으므로, 측정된 값은 거동에 의한 절대값은 아니며, 포장 신장의 경향성을 파악하기 위함으로 측정함.

【표 3.3】 포장측량 현황

구분	2018. 3. 23	2018. 4. 13	2018. 5. 10	2018. 5. 28	누적거리차
	측량거리(m)				
시점접속부(천안) 0~50m	49.924	49.926	49.926	49.928	0.004
시점접속부(천안) 50~100m	49.856	49.854	49.855	49.855	-0.001
시점접속부(천안) 100~200m	99.969	99.970	99.972	99.972	0.003
시점접속부(천안) 200~300m	99.901	99.905	99.905	99.904	0.003
시점접속부(천안) 0~300m	299.208	299.214	299.217	299.218	0.010
중점접속부(천안) 0~50m	49.866	49.868	49.866	49.867	0.001
중점접속부(천안) 50~100m	49.976	49.975	49.976	49.977	0.001
중점접속부(천안) 100~200m	99.993	99.994	99.995	99.993	0.000
중점접속부(천안) 200~300m	99.943	99.941	99.942	99.941	-0.002
중점접속부(천안) 0~300m	299.777	299.778	299.779	299.778	0.001
시점접속부(논산) 0~50m	49.903	49.902	49.903	49.900	-0.003
시점접속부(논산) 50~100m	50.041	50.043	50.043	50.044	0.003
시점접속부(논산) 100~200m	100.094	100.092	100.097	100.093	-0.001
시점접속부(논산) 200~300m	100.045	100.044	100.041	100.046	0.001
시점접속부(논산) 0~300m	299.636	299.634	299.638	299.637	0.001
중점접속부(논산) 0~50m	50.097	50.096	50.096	50.097	0.000
중점접속부(논산) 50~100m	50.136	50.136	50.137	50.137	0.001
중점접속부(논산) 100~200m	100.079	100.079	100.080	100.079	0.000
중점접속부(논산) 200~300m	100.157	100.155	100.156	100.155	-0.002
중점접속부(논산) 0~300m	300.468	300.466	300.469	300.469	0.001

비고

- 온도변화 - 15.4℃(일평균기온 4.7℃ ~ 20.1℃)
- 변화량(0~300m 기준) - 시점 천안방향 10mm, 중점 천안방향 1mm
시점 논산방향 1mm, 중점 논산방향 1mm
- 측량 결과 - 온도의 증가에 의한 포장의 신장거동은 있으나, 거동량은 매우 적으며, 측량 오차범위, 팽창줄눈 등을 감안하였을 때, 토공부 포장의 신장거동에 의한 교량에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단됨. 다만, 천안방향 시점측의 신장량이 타개소 대비 거동량이 큰 원인은 별도의 팽창줄눈이 위치하지 않아, 타개소에 비해 거동량이 큰 것으로 판단되므로, 팽창줄눈 설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

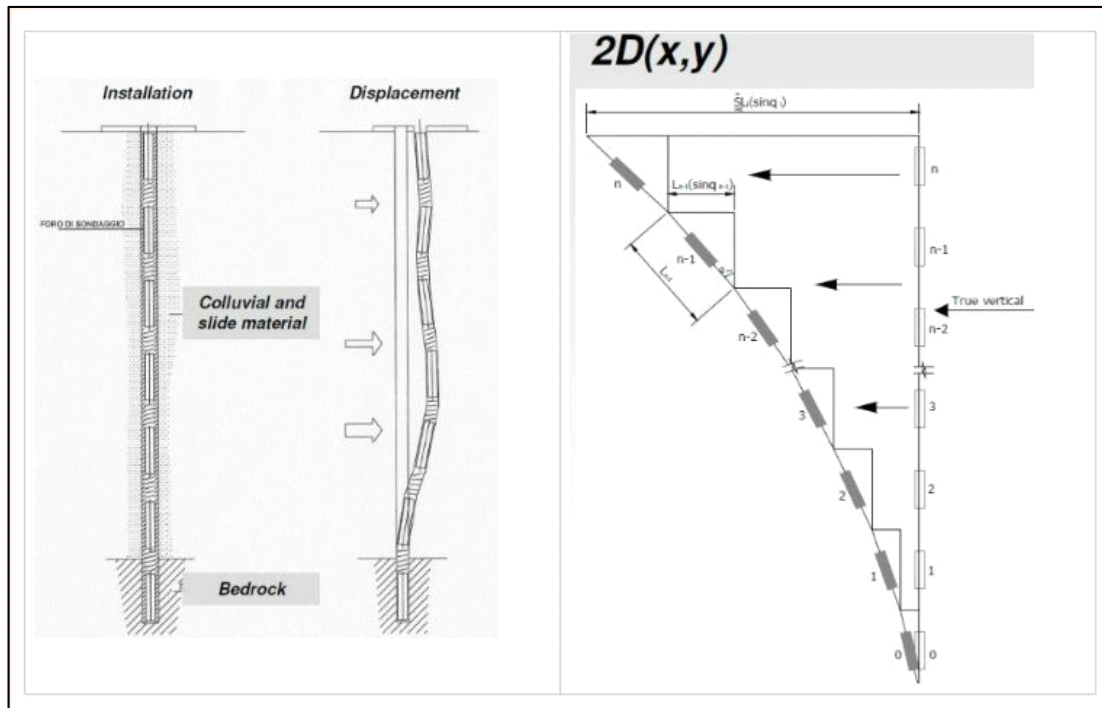
3.1.5 교대 유간부족 교량 수평변위 계측

가. 지중경사계 계측

1) 지중경사계 측정 개요

- 배면 지반의 거동 및 수평변위 발생이 클 것으로 예상 되는 경우 적용

2) 개념도



【그림 3.4】 지중경사계 개념도

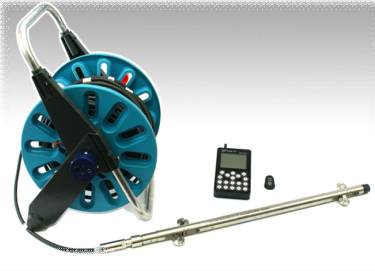
⇒ 지표면 하부 기반암(부동층)까지 천공·파이프 매설 후 매회 경사계를 삽입하여 일정 간격으로 경사측정을 통한 수평변위량 산정

3) 계측기기의 구비조건

- ① Reading 기는 120 분 이상 연속 사용할 수 있도록 전압이 유지되어야 한다.
- ② Cable과 Coupling은 내부 웨도홈이 한줄로 연속되어 있어 Probe의 바퀴가 casing 전 길이에 걸쳐 동일한 홈을 따라 지나갈 수 있어야 한다.
- ③ Cable은 방수코팅이 되어 있어야 하고 Cable내 전선의 단락을 방지할 수 있도록 충분한 장력을 보유하고 있어야 한다.
- ④ Casing은 동일한 휨강성이 요구되며 신축성 및 내부식성이 커야 한다.
- ⑤ Probe의 경사각을 측정할 수 있는 Servo Accelerometer를 포함하고 있어야 하며 내부식성 및 방수성이 좋아야 한다.

4) 지중경사계 사양 및 관련 사진

【표 3.4】 지중경사계 사양 및 관련 사진

형 식	MEMS 가속도 TYPE	
측정범위	$\pm 15^\circ$ (2축 방향 측정)	
정확도	0.1% FSR	
동작온도	$-20^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$	
		
경사계 측정장비	경사계 설치	경사계 측정

5) 설치방법

- ① 굴착공의 지름을 100mm 이상으로 소정 깊이 (설계굴착심도 +1.0 ~ 2.0M 이상 부동지점)까지 천공한다.
- ② 보링하는 동안 리벳건을 이용하여 케이싱을 조립한다.
- ③ 케이싱을 커플링으로 리벳팅하여 조립하고 테이프로 Sealing 한다.
- ④ 굴착공으로 조립된 케이싱을 내리고 설정된 측정방향으로 케이싱의 홈 방향을 맞춘다.
(조립된 케이싱은 일정거리마다 연결하여 케이싱을 내릴 때는 케이싱의 홈방향을 표시하여 비틀리는 일이 없도록 한다.)
- ⑤ 홈 방향을 굴착면에 수직하도록 유지하면서 굴착공의 여굴에 Grouting을 한다.
- ⑥ Grouting 완료 후 케이싱 상단에 보호장치를 하여 중장비 등에 의한 훼손을 방지한다.
(보호장치는 현장여건에 따라 현장에서 제작)

6) 측정방법

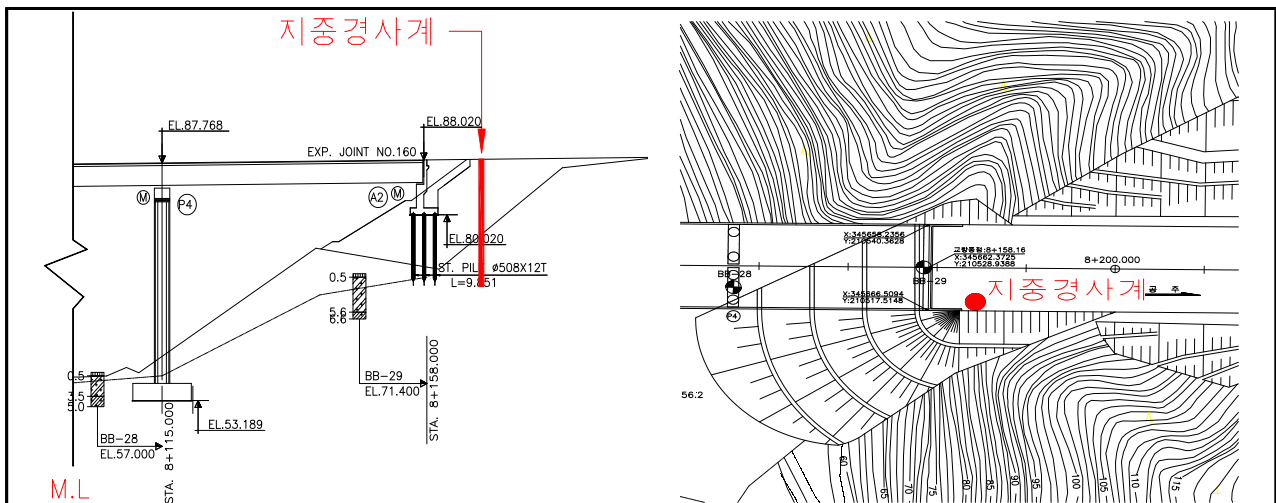
- 측정에 들어가기 전에 전압의 충전상태를 점검하고 이상이 없을 시에는 다음과 같은 순서에 준하여 측정을 한다.
- ① Probe와 Readout을 연결한다.
- ② 경사계 보호캡을 열고 주 측정방향에 Probe의 바퀴가 위치하도록 하여 측정심도까지 서서히 넣는다.(빠른속도로 Probe를 관입시키면 Cable을 당겨 올리면서 읽다가 횡

변위 발생폭이 큰 부분에서 Probe가 걸려 계측수행이 곤란한 경우가 발생하고 심한 경우에는 Cable이 단락되어 Probe가 매몰되는 경우가 발생한다. Probe를 건져 올린다 해도 Cable내의 전선에 이상이 생겨 원활한 계측수행이 이뤄지지 못하는 경우도 발생하므로 주의해야 한다.)

- ③ 측정심도 부터 1m 마다 표시된 케이블을 Assembly에 맞춰 올리며 Readout기에 측정치가 일정할 때(통상 2 - 3 초 경과후) Return Key를 눌러 저장시킨다.
- ④ 계측수행 시 작업현장의 특기사항을 함께 기록한다.

7) 지중경사계 계측

성토부 및 접속포장부의 변위 측량을 위해, A2 교대 접속부에 근접하여 말뚝기초하단까지 보링(13m)하여 토공부 변위를 계측하였다.



【그림 3.5】 지중경사계 위치도

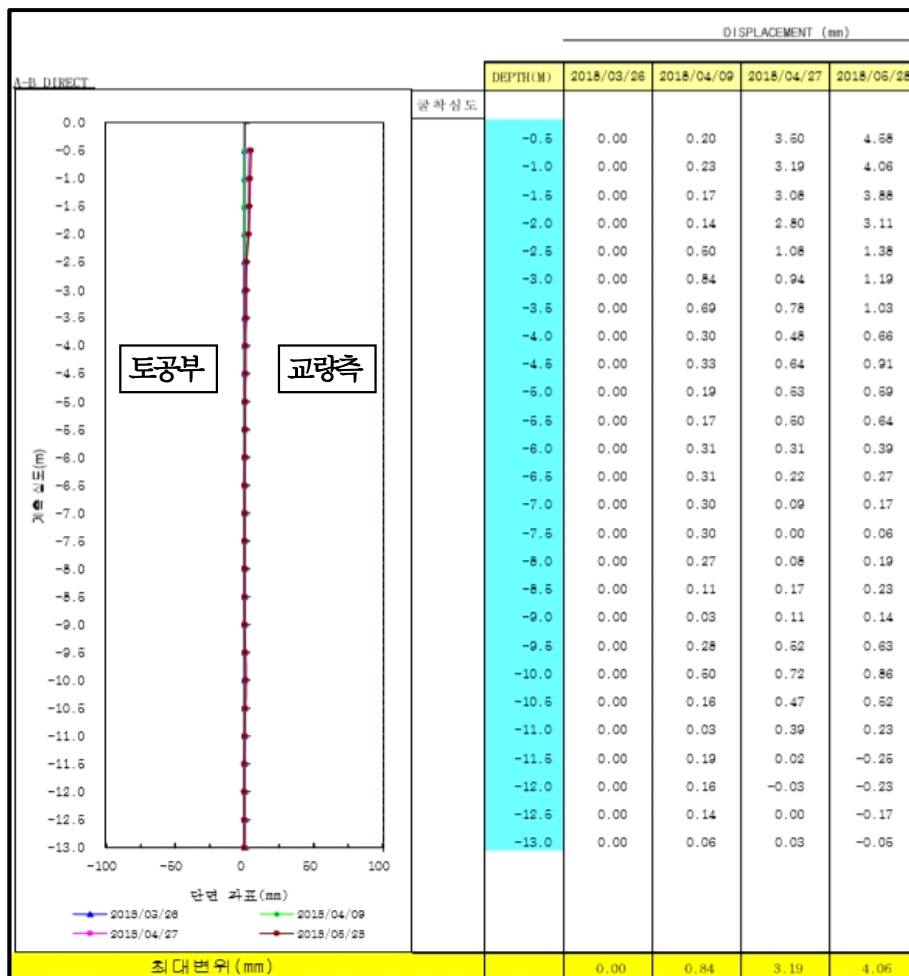


【사진 3.10】 지중경사계 설치 및 계측



【사진 3.10】 지중경사계 설치 및 계측(계속)

【표 3.5】 지중경사계 계측 현황



비고

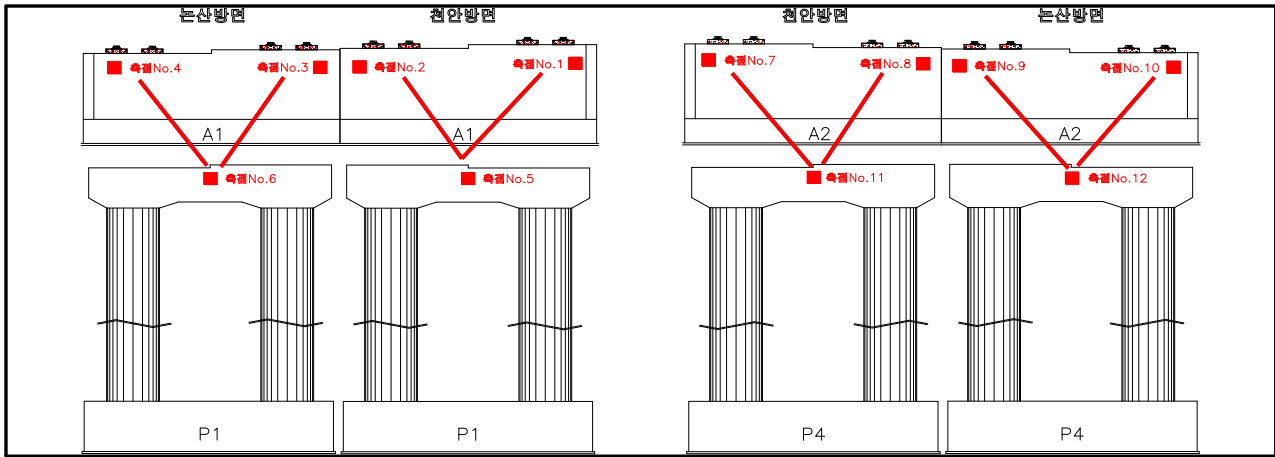
- 온도변화 - 10.5℃(일평균기온 9.6~ 20.1℃)
- 변화량 - 최대 4.06mm
- 1mm 이상의 변위가 나타나는 깊이는 2m에서 나타나기 시작하여 하부 지반보다는 상부 토공포장 변위의 경향이 있음. 다만, 변화량이 미미하여 접속한 토공포장의 신장에 의해 교량에 끼치는 영향은 적을 것으로 판단됨.

나. 교대·교각 측정 및 측량

1) 교대·교각 거리 측량

교대 (A1,A2)측에 측방변위 여부를 검증하기 위해서 교대 및 교각에 설치된 고정점을 활용하여 교대·교각간 거리를 계측하였다.

기 진단 이후, 측량은 지속적으로 유지관리된 상태로서, 측량결과는 다음과 같다.



【그림 3.6】 교대·교각 측량 개요

【표 3.6】 교대·교각 거리 측량결과

구분		2018.3.23.(mm)		2018.4.13.(mm)		2018.5.11.(mm)		2018.5.28.(mm)	
		상대거리	변화량	상대거리	변화량	상대거리	변화량	상대거리	변화량
천안 A1	외측(1-5)	43078	-23	42078	-23	42079	-22	43078	-23
	내측(2-5)	42792	-9	42792	-9	42793	-8	42795	-6
논산 A1	내측(3-6)	42642	-3	42641	-4	42639	-6	42639	-6
	외측(4-6)	42501	-7	42499	-9	42497	-11	42497	-11
천안 A2	외측(7-11)	42796	-14	42791	-19	42777	-33	42766	-44
	내측(8-11)	43173	-19	43168	-24	43152	-40	43144	-48
논산 A2	내측(9-12)	42837	-9	42830	-16	42830	-16	42825	-21
	외측(10-12)	42893	-22	42889	-26	42884	-31	42880	-35

비고

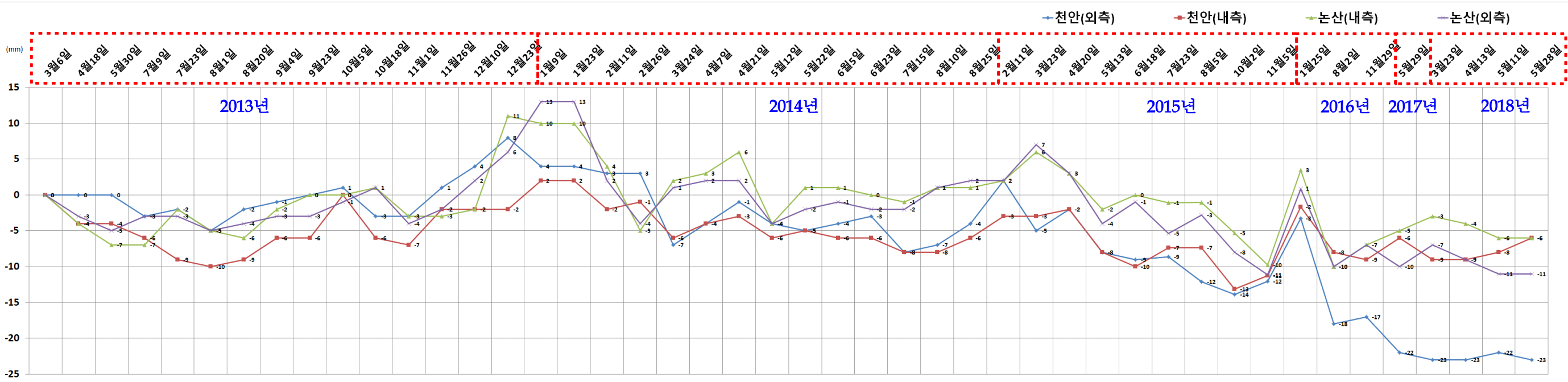
- 온도변화 - 16.0℃(일평균기온 4.1℃ ~ 20.1℃)
- 변화량 - 2013.3.6. 초기값으로 부터의 변화량(-:가까워짐, +:멀어짐)

<초기값>(단위mm)

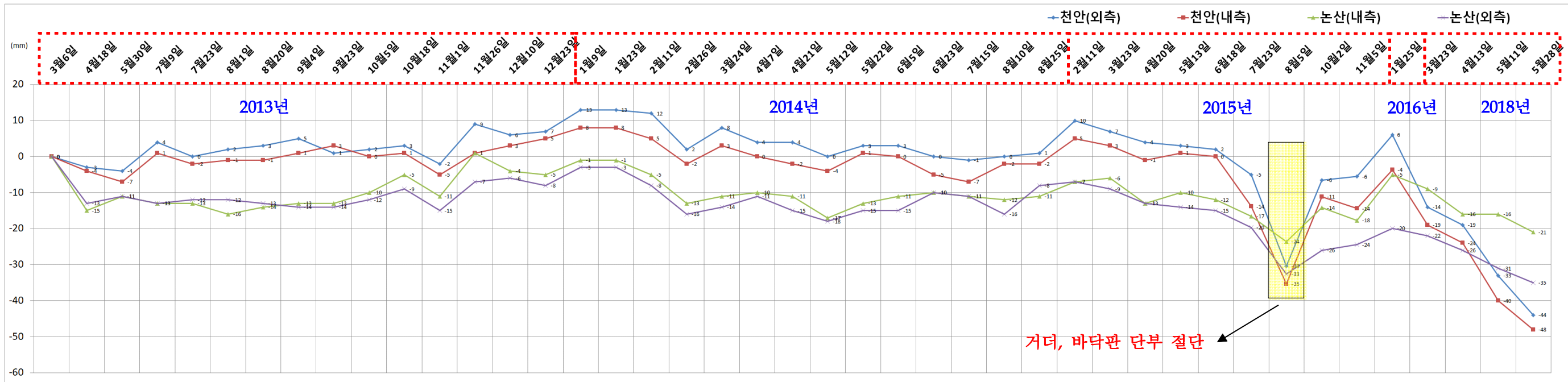
A1-P1 : 외측1-5 43101, 내측2-5 42801, 내측3-6 42645, 외측4-6 42508

P4-A2 : 외측7-11 42810, 내측8-11 43192, 내측9-12 42846, 외측10-12 42915

- 금회 용역시 변화량 - 천안방향 A1 최대 3mm, 논산방향 A1 최대 4mm
천안방향 A2 최대 30mm, 논산방향 A2 최대 13mm
- 측량 결과 - 과업별 용역회사마다 장비 및 측정자의 오차 등이 발생하므로 초기치부터의 전반적인 경향을 통한 비교는 어려운 상태로서, 금회 측량자료를 통한 검토결과, A2와 P4의 경우 온도가 높아짐에 따라, 거리가 가까워지는 경향이 나타났으며, A1과 P1은 측량의 오차로 나타날 수 있는 미미한 변화 정도로서, 온도변화에 의한 거리변화는 거의 없는 것으로 판단됨.



A1-P1

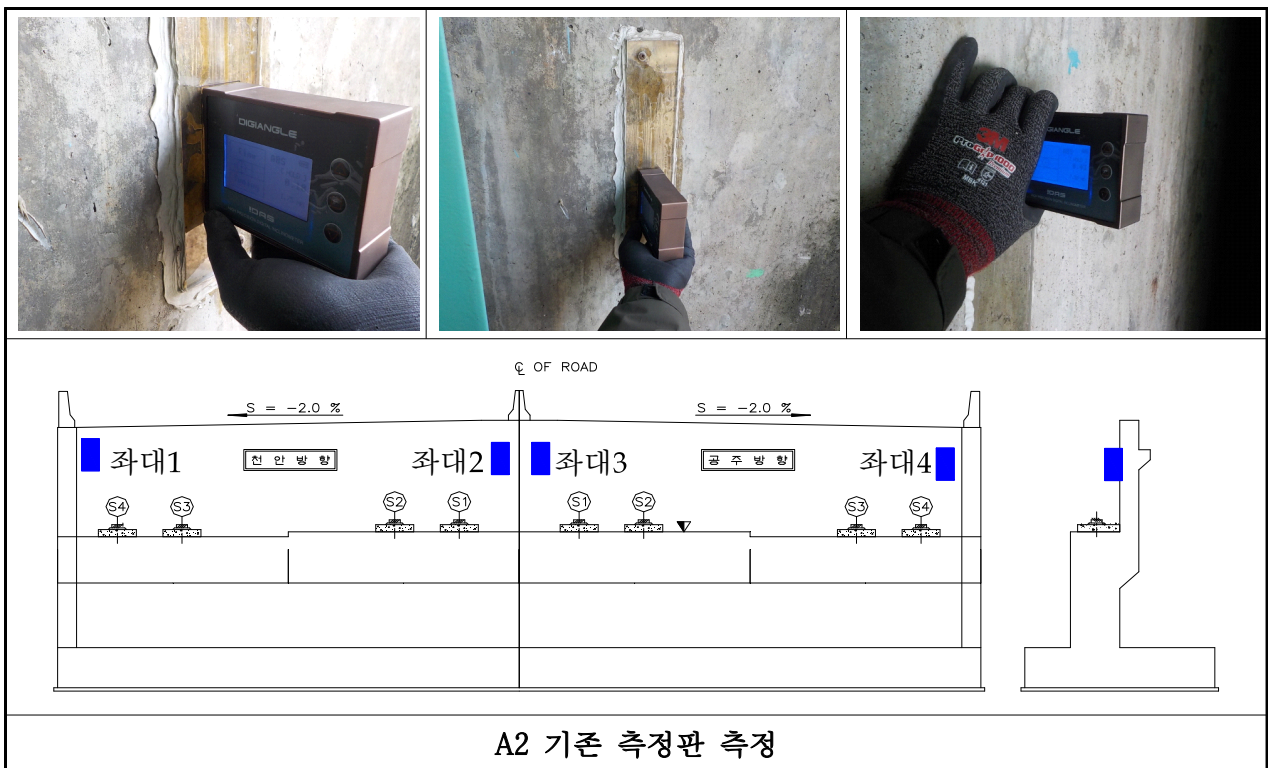
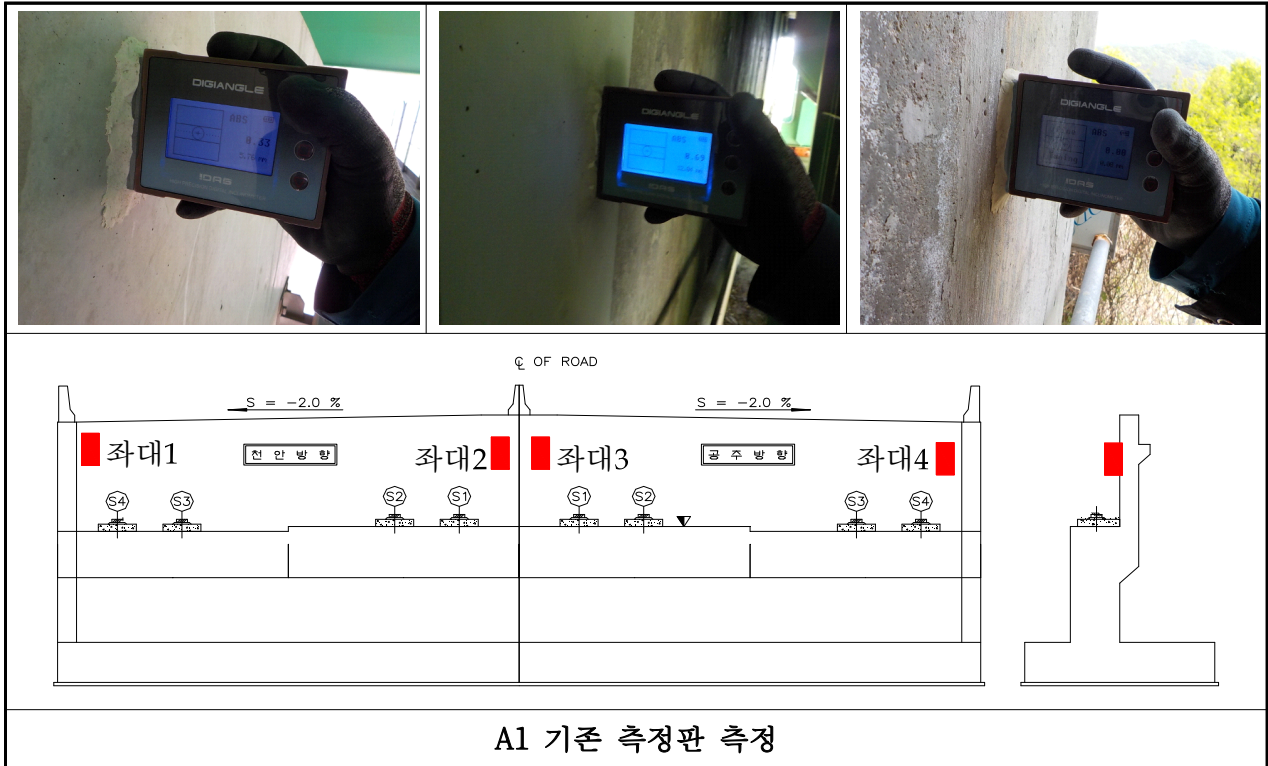


A2-P4

【그림 3.7】 현재까지 교대·교각간 거리 측량 현황

2) 교대 기울기 측정

교대의 변위 측정을 위해, 측정판을 흙벽에 설치하여 기울기를 측정하였다. A2는 기존의 측정판을 활용하였으며, A2는 신규 부착하여 측정하였으며, 측정결과는 다음과 같다.



【그림 3.8】 교대 기울기 측정 개요

【표 3.7】 교대 기울기 현황

구분 (A1)	좌대1		좌대2		좌대3		좌대4	
	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2018.02.27 초기치값	+	0.51	+	2.16	+	0.55	-	0.04
2018.03.23	+	0.50	+	2.16	+	0.59	-	0.03
2018.04.13	+	0.50	+	2.18	+	0.64	-	0.01
2018.05.10	+	0.52	+	2.20	+	0.69	·	0.00
2018.05.28	+	0.52	+	2.22	+	0.70	+	0.02

주) 90°기준으로 -:외측, +:내측

주) 2018. 5. 10 좌대3 측정판 주변 보수

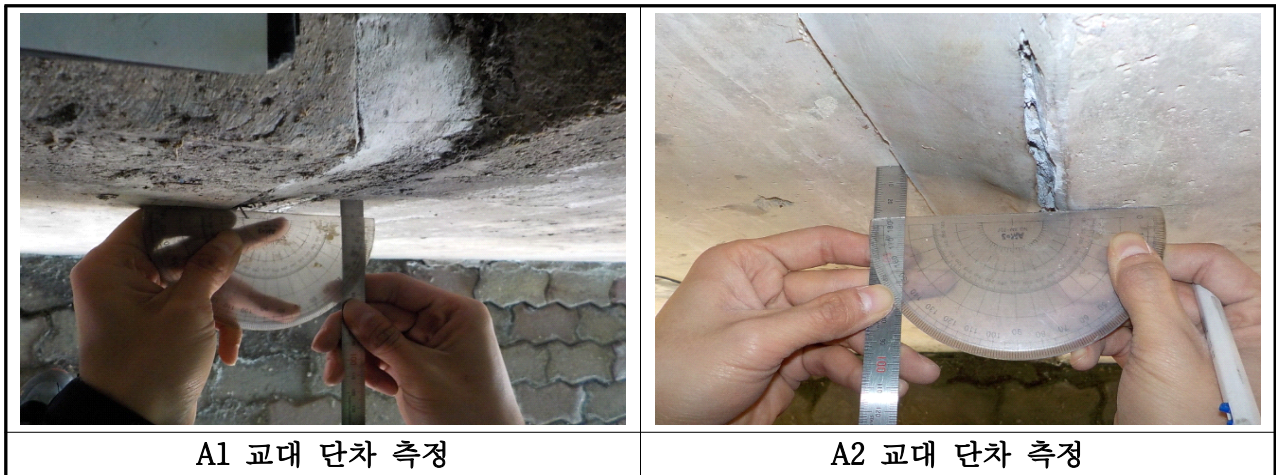
구분 (A2)	좌대1		좌대2		좌대3		좌대4	
	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2016.05.26 초기치값	-	0.58	-	0.60	-	0.74	-	0.13
2016.06.15	-	0.56	-	0.58	-	0.74	-	0.14
2016.11.29	-	0.34	-	0.34	-	0.34	-	0.14
2017.05.01	-	0.30	-	0.10	+	0.10	-	0.60
2017.05.09	-	0.70	-	0.10	+	0.30	-	0.60
2017.08.08	-	0.90	-	0.02	+	0.30	-	0.60
2018.02.27	+	0.19	+	0.29	+	0.43	+	0.10
2018.03.23	+	0.20	+	0.27	+	0.43	+	0.11
2018.04.13	+	0.19	+	0.29	+	0.44	+	0.11
2018.05.10	+	0.23	+	0.33	+	0.50	+	0.13
2018.05.28	+	0.21	+	0.34	+	0.49	+	0.13

주) 90°기준으로 -:외측, +:내측

교대의 기울기 측정 결과, 내측으로 경미한 변위는 있으나, 미미한 정도이며, 좌대3의 경우 측정기간 중 측정판 주변 보수가 실시되어 검토 대상에서 제외하였다.

연도별 측정 조사자 및 측정기기의 차이에 의한 오류 및 오차가 존재하므로 초기값으로부터의 경향성을 파악하는데는 무리가 있을 것으로 판단되어, 금회 용역 기간 동안 실시한 값을 검토하였다. 검토결과, 0.01~0.06°의 내측변위가 있는 것으로 측정되었으며, 여러 오차요인들을 감안하였을 때, 변위량은 적은 것으로 판단된다. 또한, 5월 10일과 5월 28일 비교 대비 외측방향의 변위가 나타난 상태로서, 온도 상승과 내측변위가 비례하다고 판단하기 어렵다.

3) 교대 단차 측정



【사진 3.11】 교대 단차측정

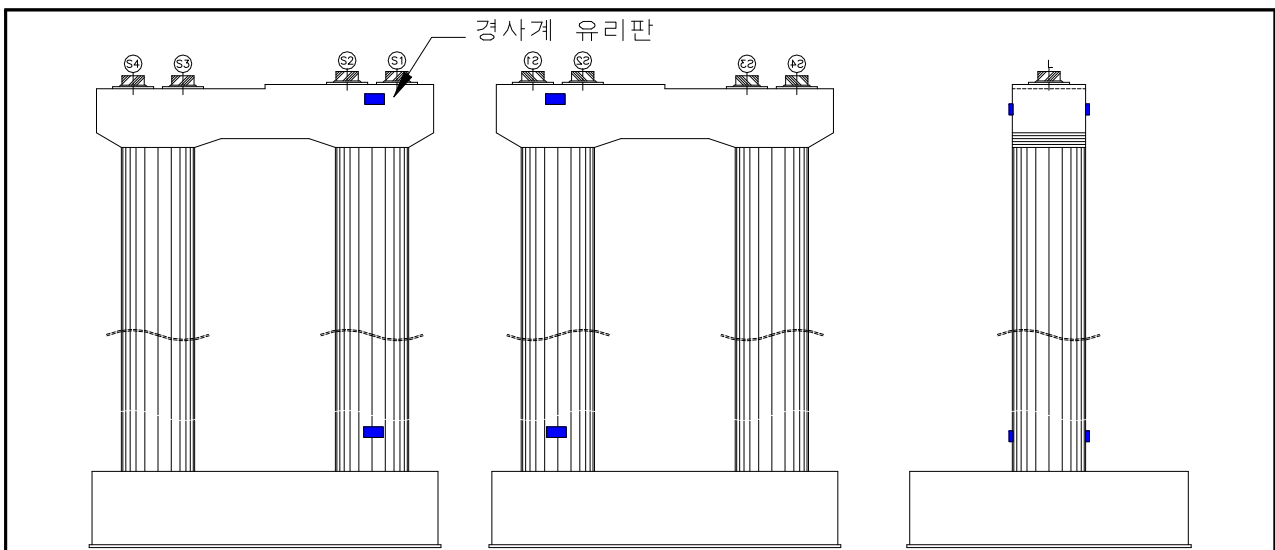
【표 3.8】 교대 단차 현황

구분	2018. 2. 26		2018. 4. 13		2018. 5. 10		2018. 5. 28.	
	단차량(mm)							
A1	11	논산방향 내측	11	논산방향 내측	12	논산방향 내측	12	논산방향 내측
A2	29	논산방향 내측	30	논산방향 내측	30	논산방향 내측	30	논산방향 내측

비고

실린트 선형 및 외관상태는 특이변화가 없는 양호한 상태이며, 단차 측정결과 방향별 교대의 내측변위 및 편차는 없는 것으로 판단됨.

4) 교각 기울기 측정



【그림 3.9】 교각 P2 기울기 측정 개요

받침신장측 거동성이 이론 대비 상이하며, 교대·교각 거리의 변화가 측정되어 고정단의 기울음 여부에 대해 파악하고자 P2 고정단 전·후면 및 상·하단부에 기울기 측정판을 부착하여 측정하였으며, 결과는 다음과 같다.



【사진 3.12】 교각 P2 기울기 측정

【표 3.9】 교각 P2 기울기 현황

구분 (P2 천안방향)	전면 코핑부		전면 기둥하단부		배면 코핑부		배면 기둥하단부	
	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2018.03.23 초기치값	시점측	1.24	시점측	1.46	종점측	0.21	종점측	2.07
2018.04.13	시점측	1.34	시점측	1.46	종점측	0.22	종점측	2.08
2018.05.10	시점측	1.35	시점측	1.47	종점측	0.23	종점측	2.08

주) 2018. 4. 13 전면 코핑부 측정부착 불량, 재측정

구분 (P2 논산방향)	전면 코핑부		전면 기둥하단부		배면 코핑부		배면 기둥하단부	
	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)	기울기 방향	측정값 (°)
2018.03.23 초기치값	시점측	0.34	종점측	0.46	시점측	1.12	종점측	0.33
2018.04.13	시점측	0.33	종점측	0.48	시점측	1.13	종점측	0.33
2018.05.10	시점측	0.33	종점측	0.48	시점측	1.13	종점측	0.32

교각 P2(고정단) 기울기 측정결과, 측정오차 정도의 변위가 나타난 상태로서 교각의 기울음은 없을 것으로 판단된다.

3.2 수평변위 발생원인 파악

3.2.1 상부포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토

접속부 콘크리트 포장의 외관조사 및 팽창량 측정·측량 결과, 온도변화에 따른 팽창량은 교량의 신축거동에 따라 확보된 유간을 초과하는 범위는 아니며, 또한 접속포장부의 정확한 신축장을 파악하긴 어려우나 팽창줄눈 설치 효과에 의해 실제 교량의 끼치는 영향은 더 적을 것으로 판단된다.

3.2.2 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토

신축이음 및 받침장치의 외관조사결과, 현재 바닥판 및 거더의 유간협착은 없는 상태이며 신축이음 유간 협착에 의한 파손 및 강재의 솟음은 발생되지 않은 상태이다. 또한, 2015년 A1측 바닥판 및 강거더 단부측 절단, 교대 받침장치의 프리셋팅 등에 의해 적정 유간 확보 및 특이 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다음 사진은 교대 측방유동 발생 시 손상 변화가 나타날 수 있는 교대 주변의 손상 사진들이며, 향후 조사 시 다음 사진을 활용하여 비교·검토가 필요할 것으로 판단된다.

	
교대 A1 천안방향 접속부 경계석 파손	교대 A1 천안방향 날개벽 난간볼트 변형
	
교대 A1 천안방향 접속부 포장단차(날개벽 2m 이격)	교대 A1 논산방향 날개벽 난간볼트 변형

【사진 3.13】 교대 주변 손상

	
교대 A1 논산방향 접속부 포장균열(날개벽 2m 이격)	교대 A1 논산방향 접속부 방호벽 이격(날개벽 2m 이격)
	
교대 A2 천안방향 접속부 포장균열(날개벽 2.5m 이격)	교대 A2 천안방향 날개벽 난간볼트 변형
	
교대 A2 천안방향 날개벽, 방호벽 점검계단 접속부 이격	교대 A2 논산방향 날개벽 난간볼트 변형

【사진 3.13】 교대 주변 손상(계속)

가. 받침장치 신축거동 분석

받침장치의 신축거동을 측정하여, 교대 및 교각의 거동성을 분석하였으며, 측방유동에 의한 거동 장애요인 검토를 위하여 신장여유량에 대해서 비교·분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

【표 3.10】교량받침 여유량 비교·분석

구 분			실측량 (mm)		1~2차 비교 (mm)		실측량 (mm)	2~3차 비교 (mm)		실측량 (mm)	3~4차 비교 (mm)	
			1차	2차	이론 이동량	1차-2차	3차	이론 이동량	2차-3차	4차	이론 이동량	3차-4차
A1	천안	Sh1	94	87	9.8	7.0	86	2.6	1.0	86	6.3	0
		Sh2	101	95	9.8	6.0	95	2.6	0	95	6.3	0
		Sh3	107	100	9.8	7.0	100	2.6	0	102	6.3	-2.0
		Sh4	114	109	9.8	5.0	108	2.6	1.0	109	6.3	-1.0
	논산	Sh1	120	108	9.8	12.0	105	2.6	3.0	104	6.3	1.0
		Sh2	120	110	9.8	10.0	107	2.6	3.0	105	6.3	2.0
		Sh3	118	106	9.8	12.0	103	2.6	3.0	102	6.3	1.0
		Sh4	125	112	9.8	13.0	109	2.6	3.0	108	6.3	1.0
P1	천안	Sh1	147	148	5.5	-1.0	149	1.5	-1.0	150	3.6	-1.0
		Sh2	140	141	5.5	-1.0	141	1.5	0	143	3.6	-2.0
		Sh3	149	149	5.5	0.0	150	1.5	-1.0	150	3.6	0
		Sh4	133	134	5.5	-1.0	135	1.5	-1.0	138	3.6	-3.0
	논산	Sh1	122	120	5.5	2.0	121	1.5	-1.0	122	3.6	-1.0
		Sh2	123	121	5.5	2.0	120	1.5	1.0	121	3.6	-1.0
		Sh3	119	118	5.5	1.0	117	1.5	1.0	117	3.6	0
		Sh4	122	120	5.5	2.0	120	1.5	0	120	3.6	0
P2			고정단									

【표 3.10】교량받침 여유량 비교 · 분석(계속)

구 분			실측량 (mm)		1~2차 비교 (mm)		실측량 (mm)	2~3차 비교 (mm)		실측량 (mm)	3~4차 비교 (mm)	
			1차	2차	이론 이동량	1차-2차	3차	이론 이동량	2차-3차	4차	이론 이동량	3차-4차
P3	천안	Sh1	23	13	5.5	10.0	12	1.5	1.0	11	3.6	1.0
		Sh2	23	13	5.5	10.0	12	1.5	1.0	11	3.6	1.0
		Sh3	16	7	5.5	9.0	4	1.5	3.0	3	3.6	1.0
		Sh4	17	7	5.5	10.0	4	1.5	3.0	3	3.6	1.0
	논산	Sh1	45	40	5.5	5.0	37	1.5	3.0	34	3.6	3.0
		Sh2	40	36	5.5	4.0	33	1.5	3.0	29	3.6	4.0
		Sh3	44	39	5.5	5.0	34	1.5	5.0	30	3.6	4.0
		Sh4	36	30	5.5	6.0	26	1.5	4.0	22	3.6	4.0
P4	천안	Sh1	18	6	11.1	12.0	5	2.9	1.0	4	7.1	1.0
		Sh2	14	1	11.1	13.0	0	2.9	1.0	0	7.1	0.0
		Sh3	14	3	11.1	11.0	3	2.9	0.0	0	7.1	3.0
		Sh4	12	1	11.1	11.0	0	2.9	1.0	0	7.1	0.0
	논산	Sh1	67	50	11.1	17.0	44	2.9	6.0	38	7.1	6.0
		Sh2	41	24	11.1	17.0	18	2.9	6.0	12	7.1	6.0
		Sh3	44	27	11.1	17.0	22	2.9	5.0	16	7.1	6.0
		Sh4	35	18	11.1	17.0	11	2.9	7.0	4	7.1	7.0
A2	천안	Sh1	93	67	15.4	26.0	39	4.0	28.0	28	9.9	11.0
		Sh2	95	68	15.4	27.0	44	4.0	24.0	30	9.9	14.0
		Sh3	90	66	15.4	24.0	44	4.0	22.0	29	9.9	15.0
		Sh4	85	60	15.4	25.0	36	4.0	24.0	23	9.9	13.0
	논산	Sh1	93	72	15.4	21.0	54	4.0	18.0	40	9.9	14.0
		Sh2	87	65	15.4	22.0	47	4.0	18.0	33	9.9	14.0
		Sh3	88	66	15.4	22.0	48	4.0	18.0	33	9.9	15.0
		Sh4	93	70	15.4	23.0	52	4.0	18.0	38	9.9	14.0

1) 검토 조건

- 본 교량의 받침거동상태를 확인하기 위해 4회(1차:4.1℃(2월 27일), 2차:12.5℃(4월 13일), 3차:14.7℃(5월 10일), 4차:20.1℃(5월 28일))에 걸쳐 받침장치의 여유량을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다.

2) 검토 결과

【표 3.11】 교량받침 여유량 검토결과

구 분		1차~4차 실측변화량(mm)			1~4차 총이론변화량(mm)	온도변화 (℃)
		1차 신장여유량	4차 신장여유량	변화량		
A1	천안	94 ~ 114	86 ~ 109	5 ~ 8	18.7	18.7
	논산	118 ~ 125	102 ~ 108	16 ~ 17		
P1	천안	133 ~ 149	138 ~ 150	-1 ~ -5	10.6	
	논산	119 ~ 123	117 ~ 122	0 ~ 2		
P3	천안	16 ~ 23	3 ~ 11	12 ~ 14	10.6	
	논산	36 ~ 45	22 ~ 34	11 ~ 14		
P4	천안	12 ~ 18	0 ~ 4	12 ~ 14	21.1	
	논산	41 ~ 67	4 ~ 38	28 ~ 31		
A2	천안	85 ~ 95	23 ~ 30	61 ~ 65	29.3	
	논산	87 ~ 93	33 ~ 40	53 ~ 55		

- 받침장치의 신축거동 분석결과, A1 천안방향과 P1 양방향의 받침장치는 온도변화에 의한 받침 거동이 원활하지 않은 상태로 검토되었다. 온도가 상승됨에 따라 신장측 여유량은 감소하는 것이 일반적이나, 이론변화량에 못미치는 거동상태가 관찰되며, P1 천안방향은 수축방향의 거동이 관찰되는 상태이다. 또한, P4와 A2의 받침장치도 이론 변화량과의 비교대비, 천안방향의 경우 P4는 여유량이 부족하며, A2는 과다한 신장측 거동이 관찰되었다. 논산방향 P4는 이론변화량과 유사한 경향이나, A2는 신장측으로 과다하게 거동되는 것으로 분석되었다. 원인은 강제받침(스페리컬)의 특성상 신장방향의 수평력이 미끄럼이 발생될 정도로 작용하지 않을 경우, 온도변화하게 민감하게 거동하지 않을 수 있으며, A2는 교대의 내측변위에 의해 신장측 여유량의 과다 감소가 나타난 것으로 판단된다.

이론 최대 온도(40℃) 시에도 천안방향 P3, P4와, 논산방향 P4의 경우 신장여유량은 만족하지 못하는 상태이므로(외관조사 참조) 받침장치 설치 당시 프리셋팅의 오류도 있었던 것으로 판단된다.

【표 3.12】 2013년 진단 시 받침장치의 거동분석결과

구 분			실측 신장여유량(mm)	측정온도 (℃)	하절기 이론 신장소요량	판별	비고
P3	천안	Sh1	53	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh2	52	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh3	40	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh4	50	-1.6	27.46	>..OK	
	논산	Sh1	75	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh2	70	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh3	74	-1.6	27.46	>..OK	
		Sh4	70	-1.6	27.46	>..OK	
P4	천안	Sh1	40	-1.6	54.91	<..NG	
		Sh2	35	-1.6	54.91	<..NG	
		Sh3	32	-1.6	54.91	<..NG	
		Sh4	30	-1.6	54.91	<..NG	
	논산	Sh1	100	-1.6	54.91	>..OK	
		Sh2	70	-1.6	54.91	>..OK	
		Sh3	75	-1.6	54.91	>..OK	
		Sh4	69	-1.6	54.91	>..OK	
A2	천안	Sh1	40	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh2	40	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh3	30	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh4	30	-1.6	76.13	<..NG	
	논산	Sh1	35	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh2	35	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh3	30	-1.6	76.13	<..NG	
		Sh4	40	-1.6	76.13	<..NG	

- 기 진단 시 받침장치의 거동분석결과도 금회와 유사한 경향이 나타나는 것으로 파악되었다. 천안방향의 경우 P4와 A2는 하절기 최고온도 시 여유량을 확보하지 못하며, 논산방향의 경우 A2의 받침장치가 여유량이 부족한 것으로 분석되었다. A2 받침장치는 2015년 받침장치 프리셋팅 보수가 실시되어, 금회 용역 시 여유량이 확보된 상태이며, P4 논산방향의 받침장치는 금회 용역 시 거동분석 결과, 여유량을 확보하지 못한 것으로 분석되었다. 다만, 받침장치의 외관조사결과, P2 고정단 및 P4 가동단의 받침장치에서 거동불량에 의한 앵커볼트부 균열 및 파손, 특이손상 등은 관찰되지 않은 상태로서 온도변화에 의한 원활한 거동 및 이론대비 유사한 거동성을 갖지는 않으나, 현상태에서 받침장치의 내구성은 유지관리되는 것으로 판단된다.

나. 신축이음장치 신축거동 분석

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 4회(천안방향 - 1차:1.4℃(2월 26일), 2차:12.5℃(4월 13일), 3차:14.7℃(5월 10일), 4차:20.1℃(5월 28일), 논산방향 - 1차:4.1℃(2월 27일), 2차:12.5℃(4월 13일), 3차:14.7℃(5월 10일), 4차:20.1℃(5월 28일))에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.14】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.13】 신축이음 유간 측정결과

측정위치 천안방향	측 정 값(mm)												비고
	신축이음장치(A)				거더 상부(바닥판)(B)				거더 하부(C)				
	1차	2차	3차	4차	1차	2차	3차	4차	1차	2차	3차	4차	
EXP.J1(A1)	35	27	25	20	34	27	26	-	216	212	210	-	F.J
EXP.J2(A2)	97	62	45	26	124	96	80	-	105	75	60	-	F.J

측정위치 논산방향	측 정 값(mm)												비고
	신축이음장치(A)				거더 상부(바닥판)(B)				거더 하부(C)				
	1차	2차	3차	4차	1차	2차	3차	4차	1차	2차	3차	4차	
EXP.J1(A1)	73	58	55	52	55	44	40	-	182	172	169	-	F.J
EXP.J2(A2)	89	62	47	35	128	104	80	-	130	105	88	-	F.J

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1)의 가동상태는 이론변동량과 대체적으로 유사한 거동을 하는 것으로 검토되었으나, EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량 대비 신장량이 큰 것으로 나타났다.

【표 3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	35.0	27.0	8.0	13.0	
	바닥판	34.0	27.0	7.0		
	거더 상부	199.0	194.0	5.0		
	거더 하부	216.0	212.0	4.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	97.0	62.0	35.0	20.3	
	바닥판	124.0	96.0	28.0		
	거더 상부	91.0	62.0	29.0		
	거더 하부	105.0	75.0	30.0		

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		2차	3차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	27.0	25.0	2.0	2.6	
	바닥판	27.0	26.0	1.0		
	거더 상부	194.0	192.0	2.0		
	거더 하부	212.0	210.0	2.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	62.0	45.0	17.0	4.0	
	바닥판	96.0	80.0	16.0		
	거더 상부	62.0	47.0	15.0		
	거더 하부	75.0	60.0	15.0		

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		3차	4차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음본체	25	20	5	6.3	
EXP.J2(A2)	신축이음본체	45	26	19	9.9	

【표 3.15】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(논산방향)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	73	58	15	13.0	
	바닥판	55	44	11		
	거더 상부	163	151	12		
	거더 하부	182	172	10		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	89	65	24	20.3	
	바닥판	128	104	24		
	거더 상부	128	104	24		
	거더 하부	130	105	25		

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		2차	3차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	58	55	3	2.6	
	바닥판	44	40	4		
	거더 상부	151	148	3		
	거더 하부	172	169	3		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	65	47	18	4.0	
	바닥판	104	80	24		
	거더 상부	104	80	24		
	거더 하부	105	88	17		

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		3차	4차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음본체	55	52	3	6.3	
EXP.J2(A2)	신축이음본체	47	35	12	9.9	

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 천안방향 A1측에서 하절기 신장 여유량이 부족한 것으로 검토되었다.
- 신축이음은 지속적인 교체보수 및 여유량 확보를 위한 바닥판 및 거더의 단부절삭(A2측) 보수가 실시되었으며, 2013년 진단 이후, 신장측 여유량이 서서히 감소되는 경향이 나타났다.

【표 3.16】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(천안방향)

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	11.4	38.6	1.2×10^{-5}	97.5	13.3	45.2	-	13.3	45.2
EXP.J2 (A2)	11.4	38.6	1.2×10^{-5}	152.5	20.9	70.6	11.1	20.9	59.5

1) 조사당시 온도 : 1.4℃(조사일 : 2018년 2월 26일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

3) A1측은 신축장 100m 미만이므로 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량을 고려하지 않았음

【표 3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ①+③	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	13.3	45.2	35.0	-	48.3	-10.2	N.G
	바닥판			34.0	-	47.3	-11.2	N.G
	거더 상부			199.0	-	212.3	153.8	O.K
	거더 하부			216.0	-	229.3	170.8	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	20.9	59.5	97.0	-	117.9	37.5	O.K
	바닥판			124.0	-	144.9	64.5	O.K
	거더 상부			91.0	-	111.9	31.5	O.K
	거더 하부			105.0	-	125.9	45.5	O.K

주) 허용량에 대해서는 신축이음 보수 및 바닥판, 거더 단부 절삭 등의 보수가 실시된 이력이 검토되었으므로, 검토기준은 실측유간으로 평가하였음

【표 3.18】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(논산방향)

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	14.1	35.9	1.2×10^{-5}	97.5	16.5	42.0	-	16.5	42.0
EXP.J2 (A2)	14.1	35.9	1.2×10^{-5}	152.5	25.8	65.7	11.1	25.8	54.6

1) 조사당시 온도 : 4.1°C (조사일 : 2018년 2월 27일, 기상청 일평균 온도)

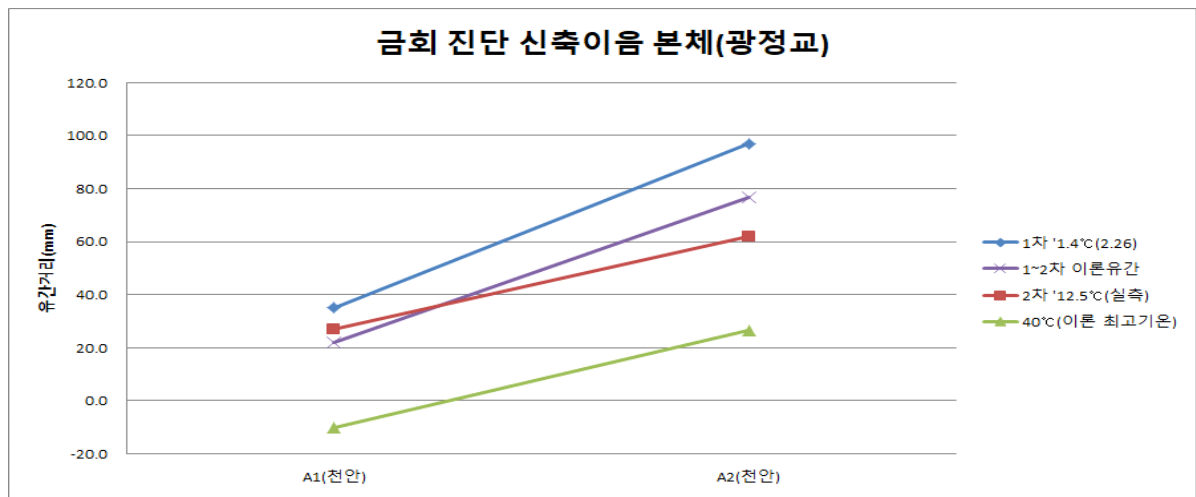
2) 검토온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (보통지방)

3) A1측은 신축장 100m 미만이므로 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량을 고려하지 않았음

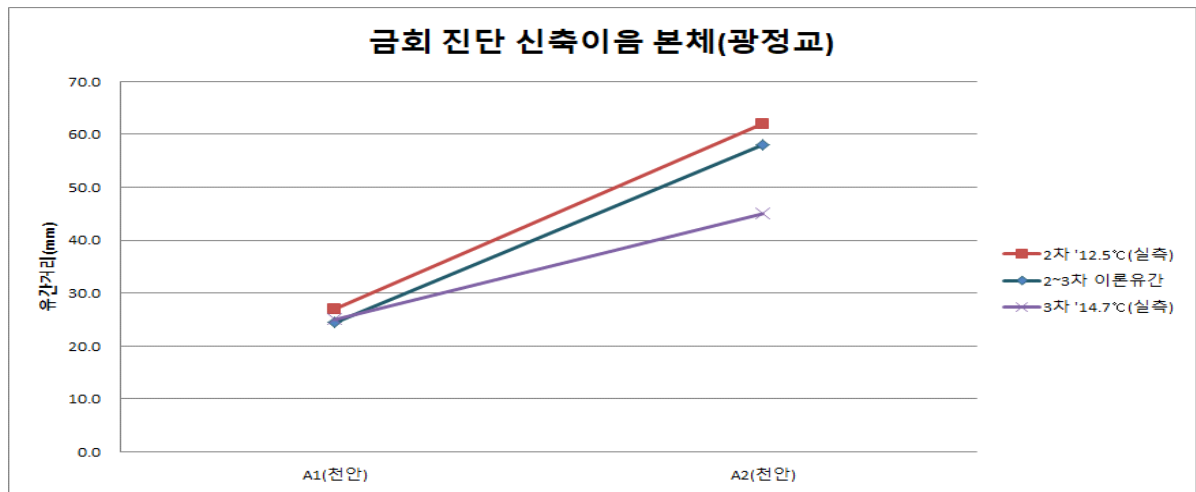
【표 3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ①+③	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	16.5	42.0	73	-	89.5	31	O.K
	바닥판			55	-	71.5	13	O.K
	거더 상부			163	-	179.5	121	O.K
	거더 하부			182	-	198.5	140	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	25.8	54.6	89	-	114.8	34.4	O.K
	바닥판			128	-	153.8	73.4	O.K
	거더 상부			128	-	153.8	73.4	O.K
	거더 하부			130	-	155.8	75.4	O.K

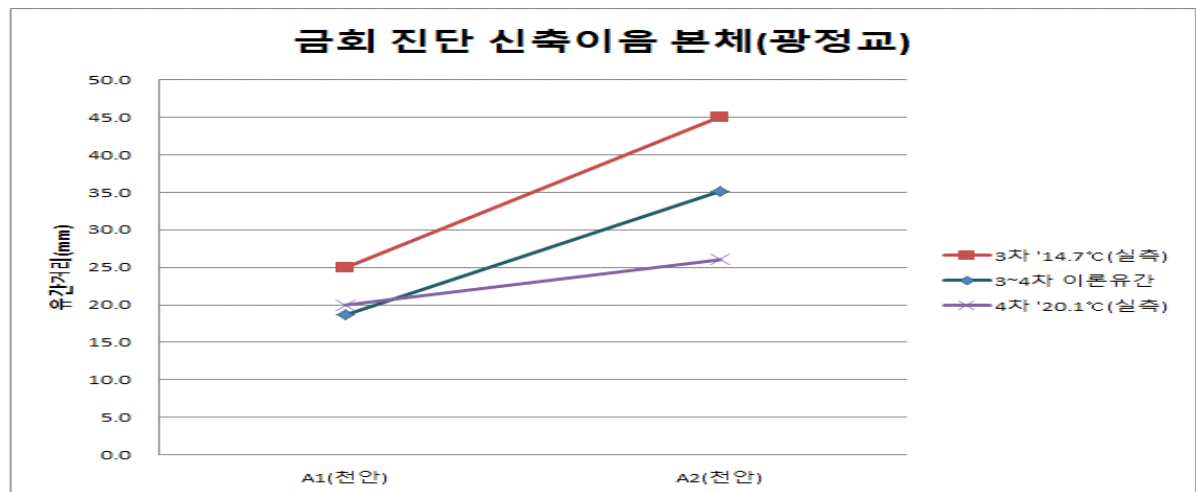
주) 허용량에 대해서는 신축이음 보수 및 바닥판, 거더 단부 절삭 등의 보수가 실시된 이력이 검토되었으므로, 검토기준은 실측유간으로 평가하였음



1차~2차 신축이음 유간 비교

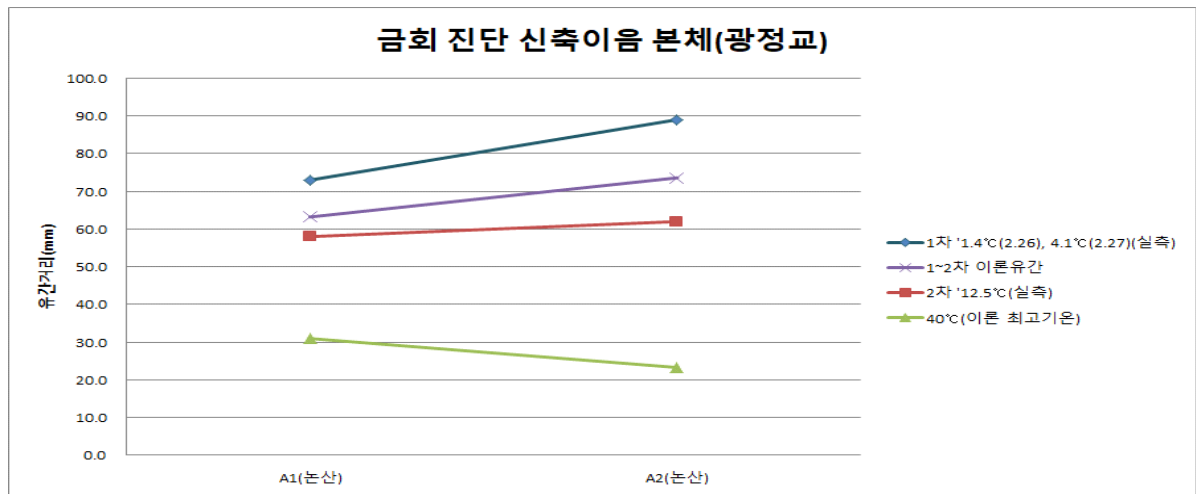


2차~3차 신축이음 유간 비교

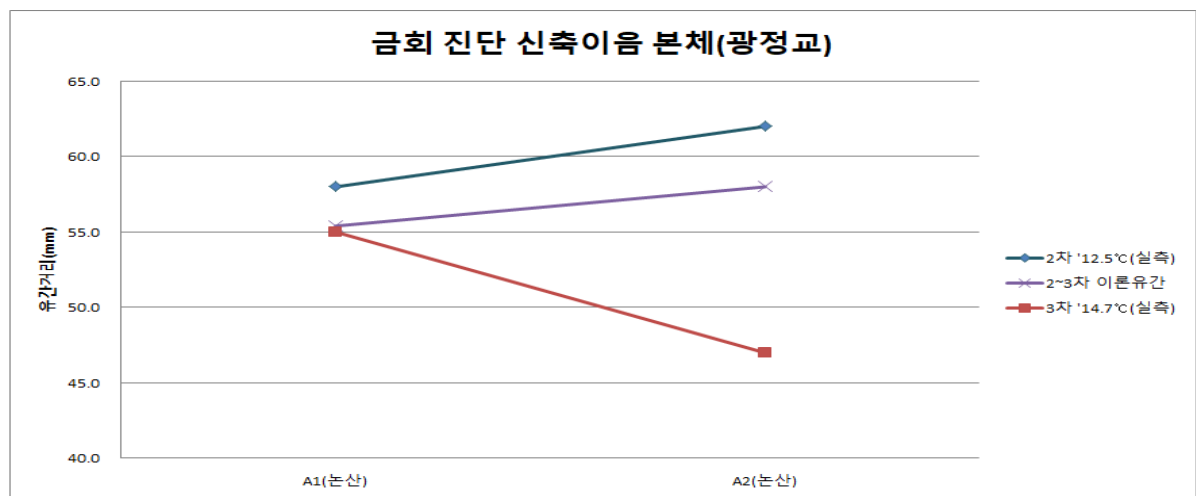


3차~4차 신축이음 유간 비교

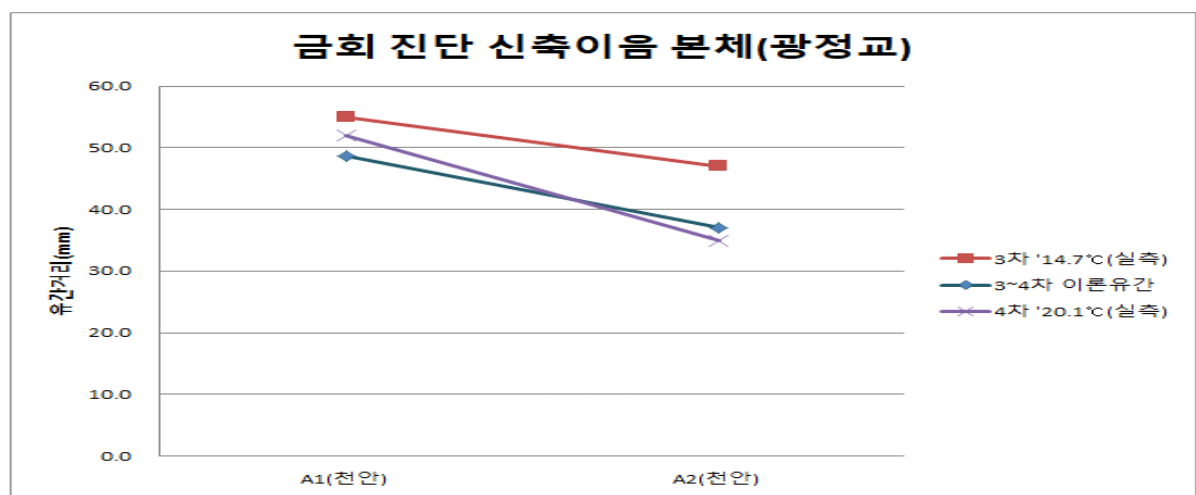
【그림 3.10】 1차~4차 신축이음 유간 비교(천안방향)



1차~2차 신축이음 유간 비교



2차~3차 신축이음 유간 비교



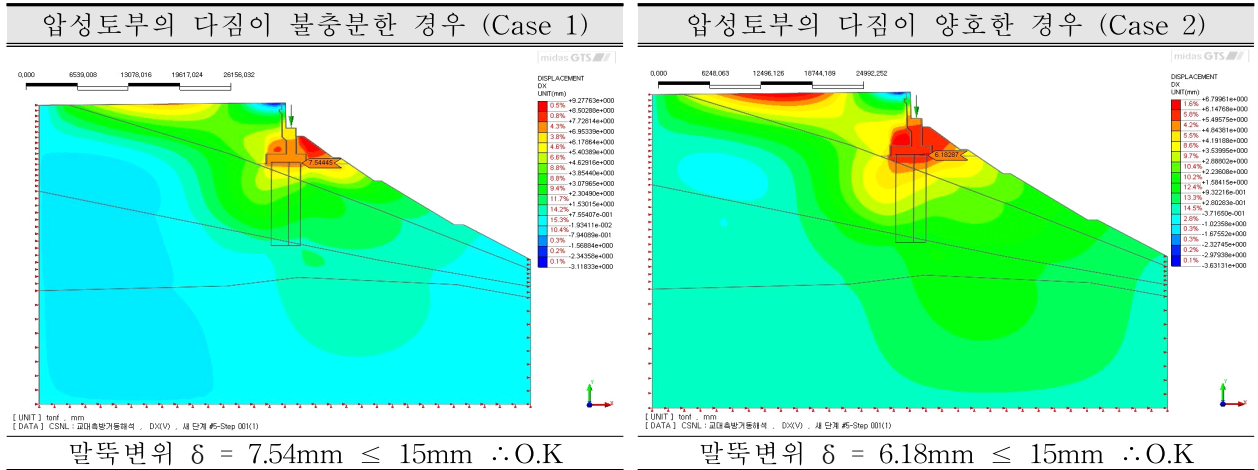
3차~4차 신축이음 유간 비교

【그림 3.11】 1차~4차 신축이음 유간 비교(논산방향)

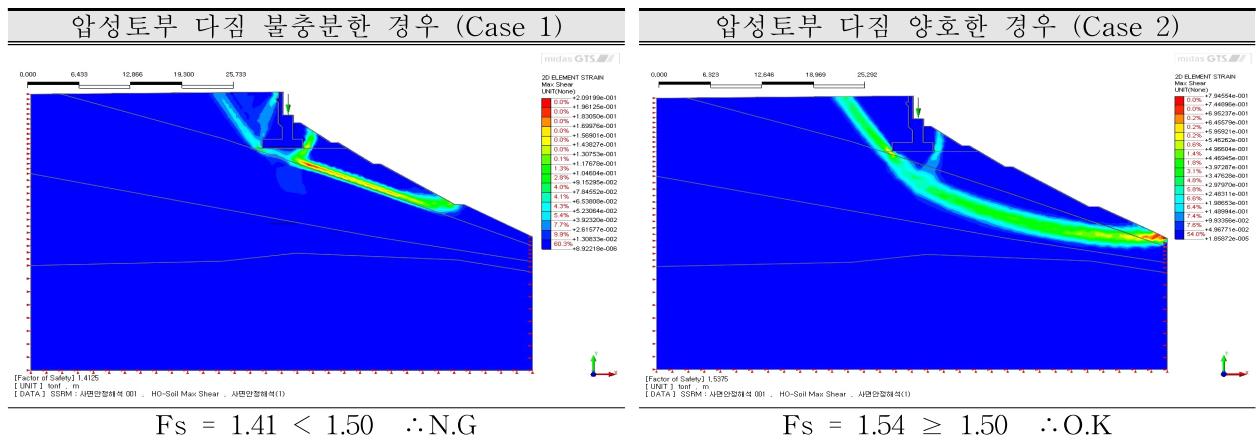
3.3 실내 시험 및 해석

3.3.1 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석

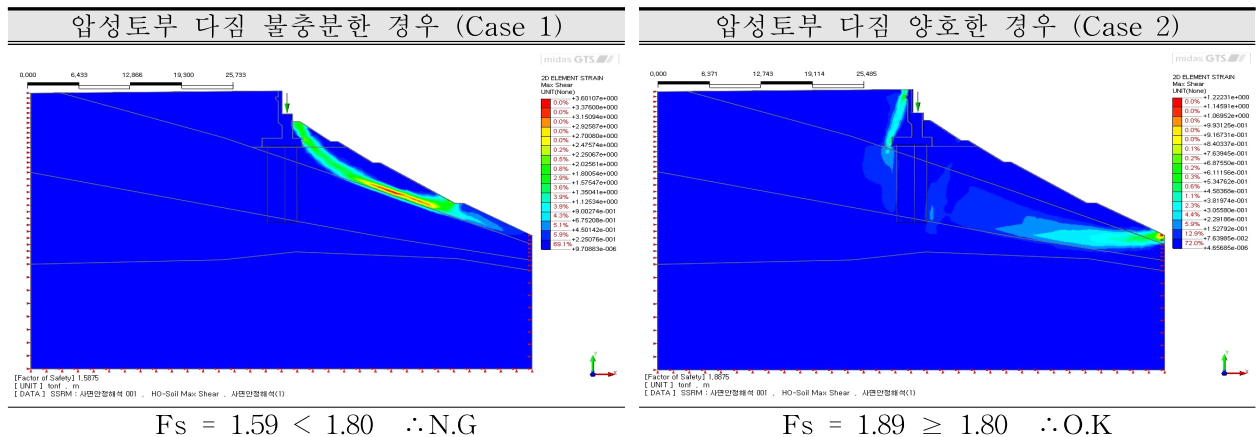
가. 2013년 진단 교대 구조 안전성 검토내용



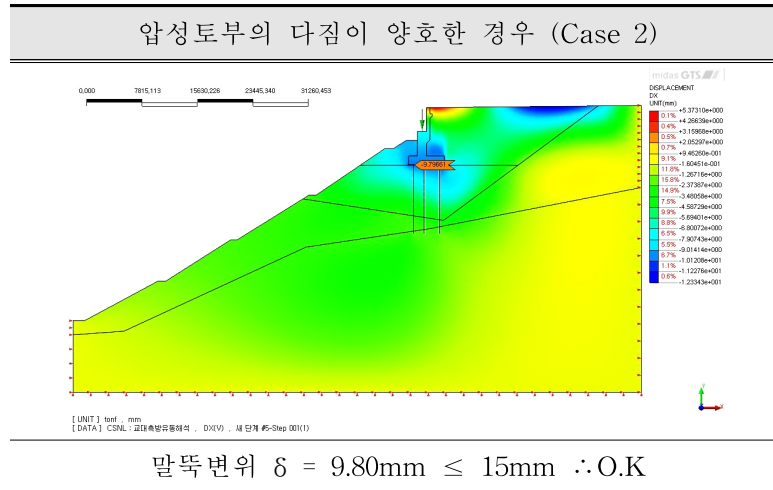
【그림 3.12】 A1 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)



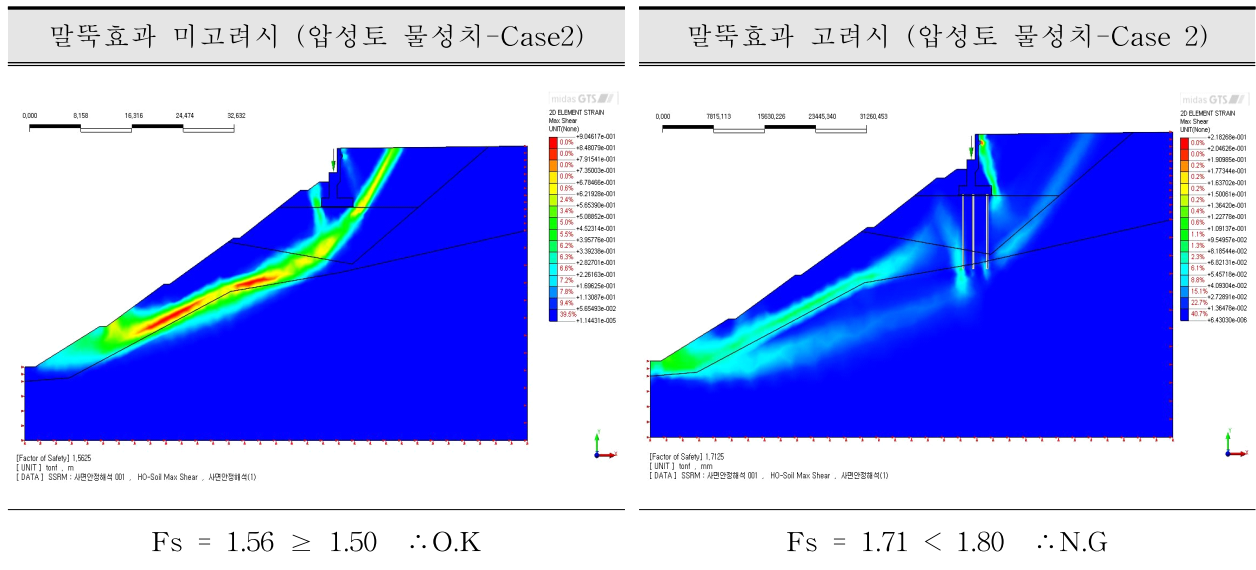
a. 말뚝효과 미고려시



【그림 3.13】 A1 사면안정 해석결과(2013년 진단)



【그림 3.14】 A2 말뚝변위 해석결과(2013년 진단)



【그림 3.15】 A2 사면안정 해석결과(2013년 진단)

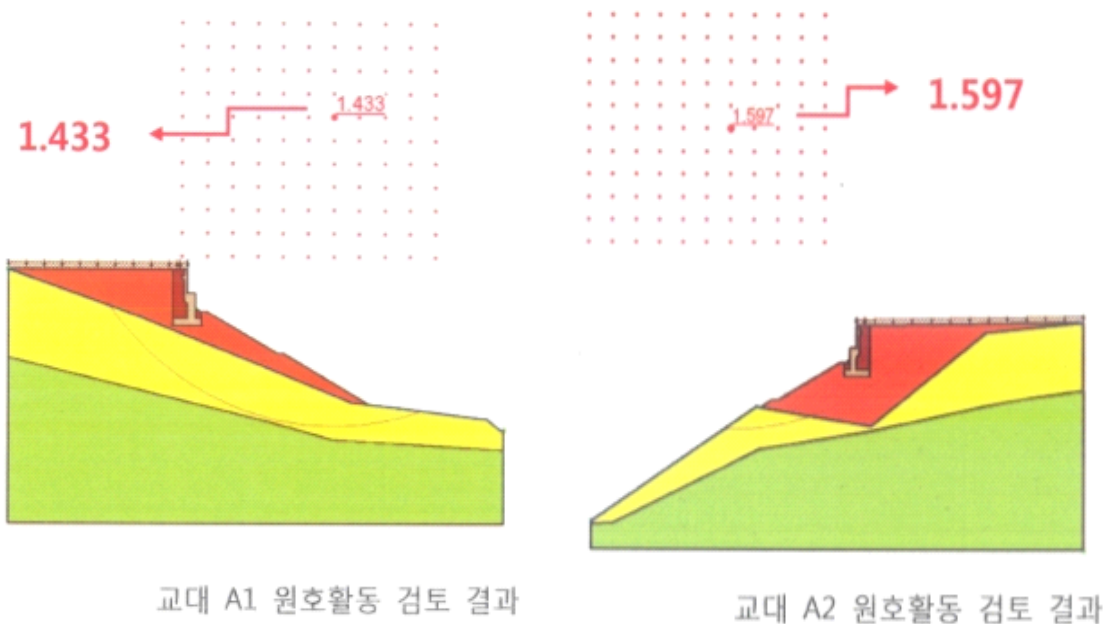
1) 2013 진단 사면안정 해석결과

구 분		말뚝기초 변위해석 결과		사면안정해석 결과		
		$D_x \leq 15\text{mm}$	판 정	$F_s \geq 1.50$ (말뚝무시)	판 정	비 고
A1	압성토부 다짐 불충분(Case 1)	7.54 mm	O.K	1.41	N.G	$F_s = 1.59$ (말뚝포함-N.G)
	압성토부 다짐 양호(Case 2)	6.18 mm	O.K	1.54	O.K	$F_s = 1.89$ (말뚝포함-O.K)
A2	압성토부 다짐 양호(Case 2)	9.80 mm	O.K	1.56	O.K	$F_s = 1.71$ (말뚝포함-N.G)

구조안정성 검토 결과, A1의 경우 압성토의 다짐 부족으로 인한 수동저항력 부족은 외관조사 및 변위계측 결과에서 조사된 측방유동(밀림 현상)현상과 일치하는 것으로 판단된다. 또한 A2의 경우 말뚝효과 미고려시 소요안전율을 확보하고 있으나, 말뚝효과 고려시 소요안전율이 다소 부족한 것으로 분석되어 충분한 수동 저항력을 확보하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

나. 2015년 교대 보강 실시

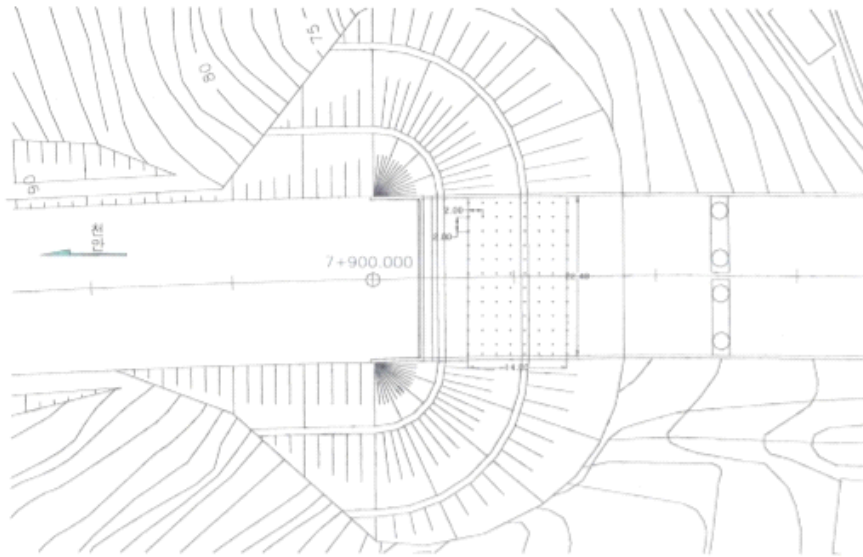
1) 원호활동 검토



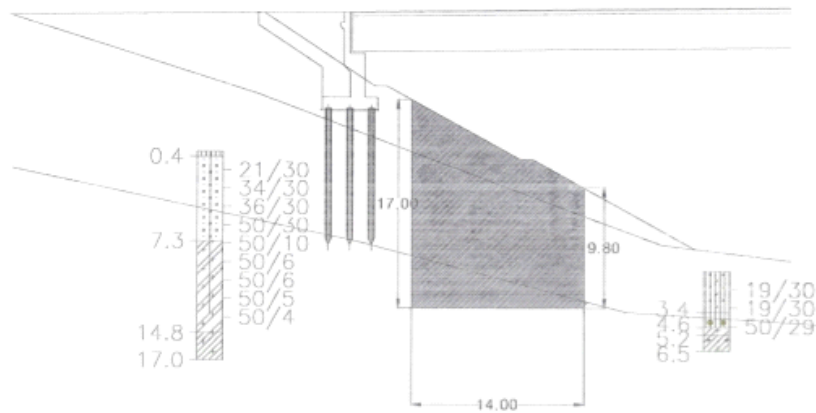
【그림 3.16】 원호활동 검토결과....N.G

원호 활동 검토결과, A2 교대의 안전율($F_s=1.597$)이 기준안전율($F_s=1.5$)을 만족하는 것으로 나타났다. 반면 A1 교대의 안전율($F_s=1.433$)이 기준안전율($F_s=1.5$)을 만족하지 못하여, 원설계에서도 이미 측방유동의 위험이 존재하는 것으로 나타났다.

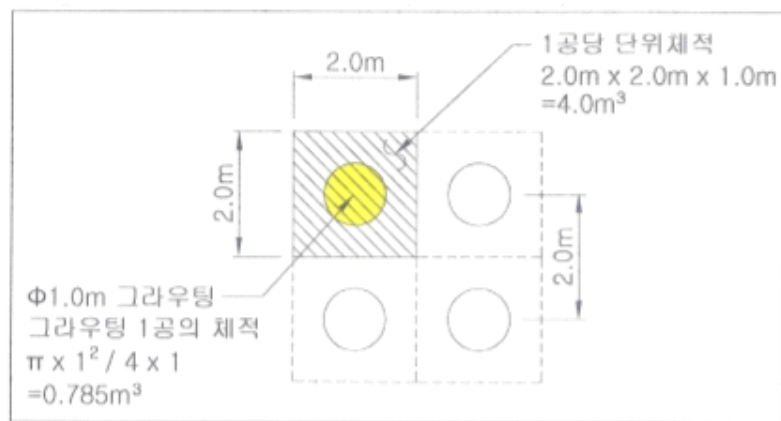
2) 그라우팅 보강



광정교 보강 평면도

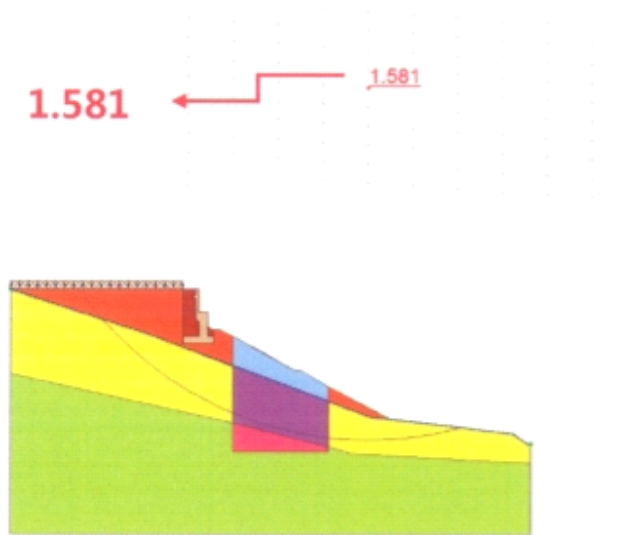


광정교 보강 단면도



그라우팅 주입공 배치 개념도

【그림 3.17】 A1 그라우팅 보강개요



교대 A1 보강 후 원호활동 결과

【그림 3.18】 보강 후 원호활동 결과...O.K

	보수중	
	일시,연번	2015년 06월 천안논산고속도로2공구
	위 치	광정교,A1
	공 종 (내용)	시멘트밀크 주입 #5-12 ~ 5-1
	보수중	
	일시,연번	2015년 06월 천안논산고속도로2공구
	위 치	광정교,A1
	공 종 (내용)	시멘트밀크 주입 #4-12 ~ 4-1

【그림 3.19】 그라우팅 보강

제 4장 유지관리 방안

4.1 유지관리 방안

제 4장 유지관리 방안

4.1 유지관리 방안

4.1.1 신축이음장치의 유지관리 방안 수립

(교대 유간부족에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시)

현재 천안방향 A1측 하절기 신장여유량이 부족한 것으로 검토되었으며, 양방향 A2는 이론량 대비 신장량이 과다한 상태이다. 신축이음 A1은 받침프리셋팅이 실시된 이력이 있으나, 하절기 여유량이 미확보된 원인은 받침장치의 거동이 원활치 않은 상태로 판단된다. 다만, 2013 진단 이후 공용중 고온 시 유간협착은 없는 상태로서 지속적인 측정이 필요한 상태로 판단된다.

4.1.2 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축

가. 금회 실시한 측정·측량, 조사자료를 통한 관리 실시

금회 실시한 측량 및 측정자료를 토대로 교대 수평변위 및 거동성 등에 대한 검토가 이뤄지는 것이 바람직하며, 발생될 수 있는 오차요인에 대해 주의하여 실시하는 것이 요구된다. 또한, 비교·검토가 실시되기 위해서는 측량·측정 수행 시 금회 수행된 측량·측정(받침 및 신축이음, 팽창줄눈 유간측정, 포장거리 및 교대·교각간 거리 측량, 교대 및 교각의 기울기 측정, 지중경사계 측정)을 1set로 구성하여 매회 실시되는 것이 바람직하다.

1) 교대·교각간 거리 측량

측량자료에 대한 유지관리는 용역사 또는 조사자, 기계차에 따른 오차발생이 크므로, 측량 시 동·하절기를 포함한 기간 동안 측량하는 것이 바람직함.

2) 신축이음, 받침 측정

신축이음은 상부 본체 및 하부 바닥판, 거더 유간을 한날에 측정하여 비교·분석하는 것이 적절하며, 오차범위를 줄이기 위해서는 동일한 위치에서 반복측정하는 것이 바람직함.

3) 교대 변위 측정

부착된 기울기 측정판을 활용하여, 반복 측정하며, 측정 시 측정판을 닦아내어 이물질 등을 최대한 제거하는 것이 바람직함.

4) 팽창줄눈 및 수축줄눈 변화량 계측

수축줄눈 및 팽창줄눈의 반복 계측시 동일위치에서 측정하여 비교·분석

5) 측방유동 및 교대변위에 의한 손상 상태변화 관찰

교대 측방유동 발생 시 손상 변화가 나타날 수 있는 교대 주변의 손상 사진들을 활용하여 향후 조사 시 비교·검토를 통한 유지관리가 필요함

제 5장 보수·보강 방안

5.1 개요

5.2 교대 변위 방지 대책 수립

제 5장 보수·보강 방안

5.1 개요

교대의 수평변위 및 측방유동은 연약한 점토지반 위에 하중이 작용할 경우, 지중응력이 발생하며, 간극수압이 변화하게 되는데 하중의 증가속도가 과잉간극수압의 소산 속도보다 빠를 경우 지중응력은 계속 증가하게 되어 소성평형상태에 이르게된다. 특히 하중이 편재되어 작용할 경우에 지중의 압력차가 발생하게 되고, 편재하중이 어느 한계를 넘으면 지반은 소성상태로 되는데, 이와 같이 편재하중에 의한 소성평형상태하의 지중압력을 측방유동압이라고 하고, 측방유동압에 의한 과도한 측방변위가 발생하는 현상을 측방유동이라 한다. 금회 검토를 실시한 광정교의 경우, 측량·측정을 통한 교대의 수평변위 접촉하는 콘크리트 포장의 팽창 현상이 관찰되나, 지반 및 접속슬래브의 침하 또는 변위는 관찰되지 않았으며, 극한의 온도 변화(최고·저온 시)에 따른 접속부 포장 및 교량의 거동상태 파악이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 현 상태에서 지반 침하, 교대 법면의 변위 등 명확한 측방유동 징후가 나타나지 않은 상태로서, 경제성과 교대 안전성, 사용성 등을 고려하였을 때, 교대 수평변위의 대한 보강방안 보다는 지속적인 측량·측정을 통한 면밀한 분석이 필요한 것으로 판단되며, 본 장에서 제안하는 보강 방안은 향후 측방유동 현상이 명확히 관찰될 시 제안하는 방안으로 참고하는 것이 적절하다. 다만, 접속 콘크리트 포장에 설치된 팽창줄눈의 경우, 온도상승에 의한 포장팽창 시 팽창량을 흡수하는 효과가 확인되므로 추가설치가 바람직할 것으로 판단된다.

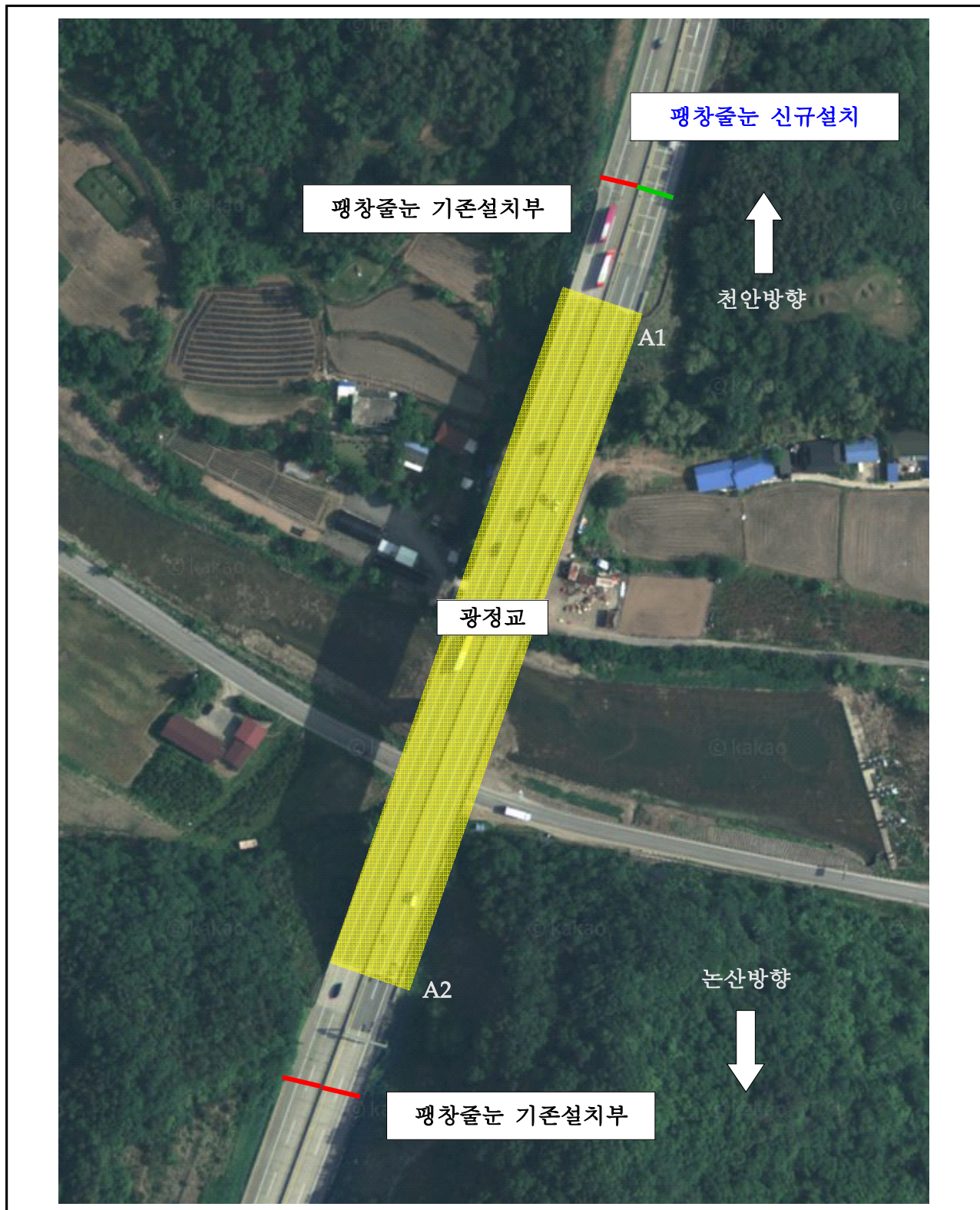
5.2 교대 변위 방지 대책 수립

5.2.1 팽창줄눈 설치

조사기간 내 온도변화에 따른 접속포장부 신축거동량은 교량 교대부 변위를 일으킬만한 수치는 아니며, 또한 접속부에 설치된 팽창줄눈의 효과로 교량에 미치는 영향은 더욱 적을 것으로 판단된다. 광정교의 접속부 연속 콘크리트 포장의 거리가 A1~정안IC교, A2~내촌2교 양방향 모두 약 1,2km이며 해당구간의 팽창량을 추론하기는 어려우나 기존의 팽창줄눈 설치 및 재설치의 경험적인 방법에 의해 천안방향 A1 접속부에 인접하여 폭 60~100mm의 팽창줄눈을 신규 설치하고, 추가로 연속포장의 중앙지점(+600m, 포장팽창 중심점 추정)과의 중간(+300m)에 양방향 시,중점의 4개소를 신규 설치하는 것을 건의하는 바이다.



【그림 5.1】 광정교 접속 콘크리트 포장 현황



【그림 5.2】 팽창줄은 설치 위치도(1)



【그림 5.3】 팽창줄눈 설치 위치도(2)

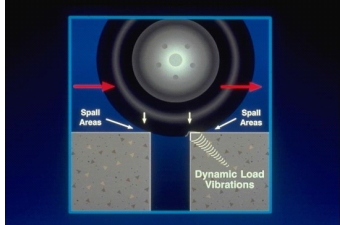
기존 설치된 팽창줄눈은(논산방향 A1, A2, 천안방향 A2) 2017. 5. 29, 5. 30, 5. 31일 설치된 상태로서 폭은 100mm 규격이다. 2014년 초기 설치 이후 최대 2차례 재설치된 이력이 검토되었다.

2018. 5. 28일 기준 팽창줄눈의 유간은 74~77mm로서, 설치 이후 동절기와 하절기를 포함한 기간이 경과하였으나, 적정 유간이 확보되어있는 것으로 판단되므로, 추가 설치될 팽창줄눈 또한 기존과 유사한 규격(최소 60~100mm)으로 설치되는 것이 적절할 것으로 판단된다.

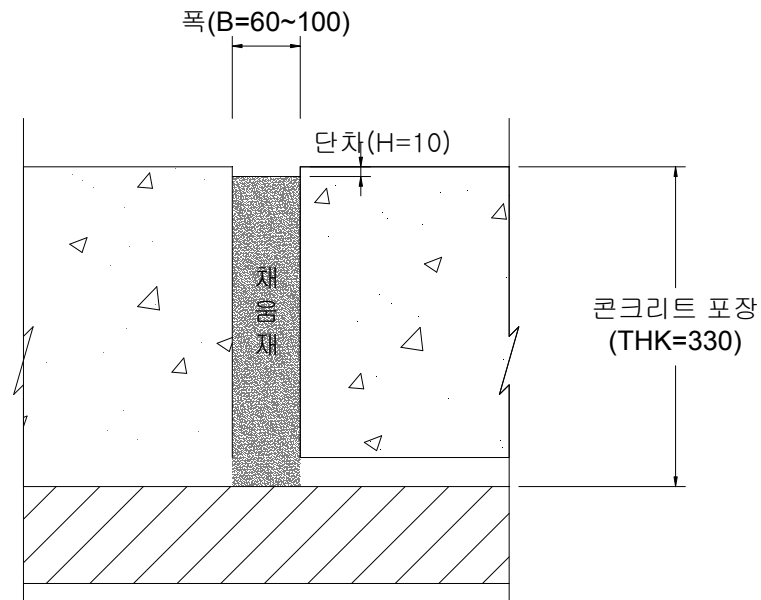
가. 시공 방법

- 1) 절삭 시 콘크리트 슬래브 단면을 완전히 절단하여 시공하며, 차로측 포장면 전폭에 대하여 실시하여야 한다.
- 2) 팽창줄눈 채움재 커팅면이 건조할 때 시공하며 구스아스콘 및 가열아스콘 등을 사용할 수 있으나, 경제성 및 수밀성, 시공성, 콘크리트와의 접착성을 감안하여 재료를 선정할 필요가 있다. 기설치된 팽창줄눈은 채움재의 쏠음, 변형 등의 상태는 아니며 약 70mm이상의 유간이 확보된 상태로서, 상기 사항을 종합적으로 고려해볼 때 채움재는 현재 사용 중인 일반 상온아스콘 보수제를 사용하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.
- 3) 채움재 시공 시 이물질이 삽입되지 않도록 하며, 설치온도는 온도 상승에 의한 포장팽창 우려가 적은 동절기 기간에 시공하는 것이 적절하다.

【표 5.1】 공법별 비교

구분	1안	2안	2안
공법	상온 아스콘	구스 아스콘	탄성 콘크리트
장단점	· 탄성력(회복력) 적음 · 시공성이 양호함 · 공사비가 저렴함 · 차량통행 양호 · 유간 협착 시 변형가능 	· 탄성력(회복력) 보통 · 시공성이 복잡함 · 공사비가 고가임 · 차량통행 양호 · 방수성 우수 · 소성변형, 반복적인 변형에 취약 	· 탄성력(회복력) 양호 · 시공성이 양호함 · 공사비가 고가임 · 차량통행 양호 · 방수성 우수 · 차량충격하중 흡수 
공사비	70,000원/m	450,000원/m	500,000원/m

나. 시공 상세도

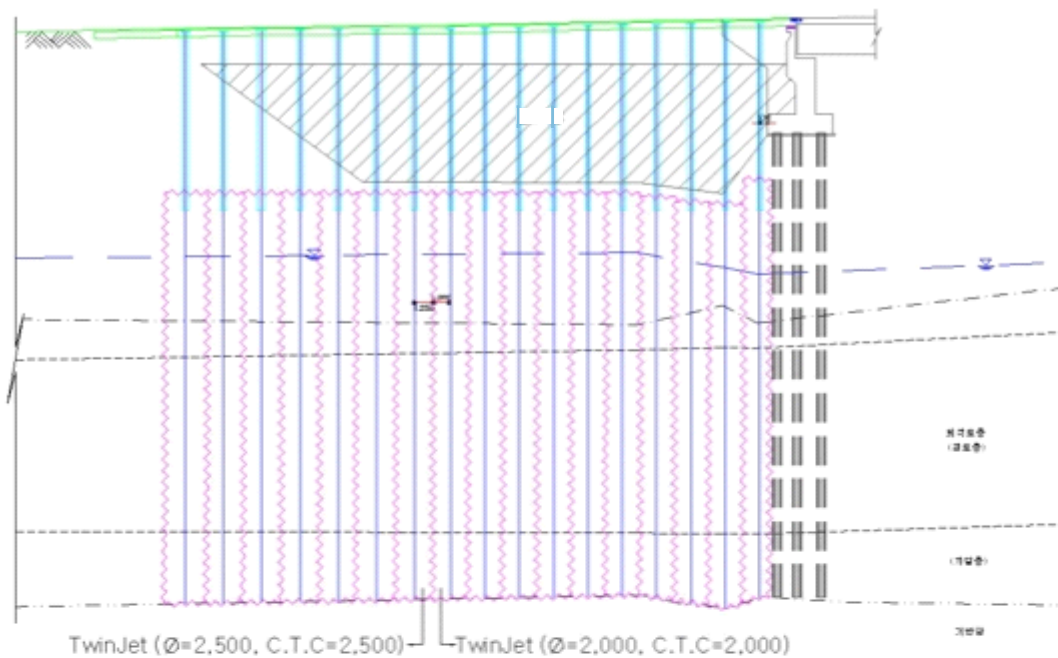


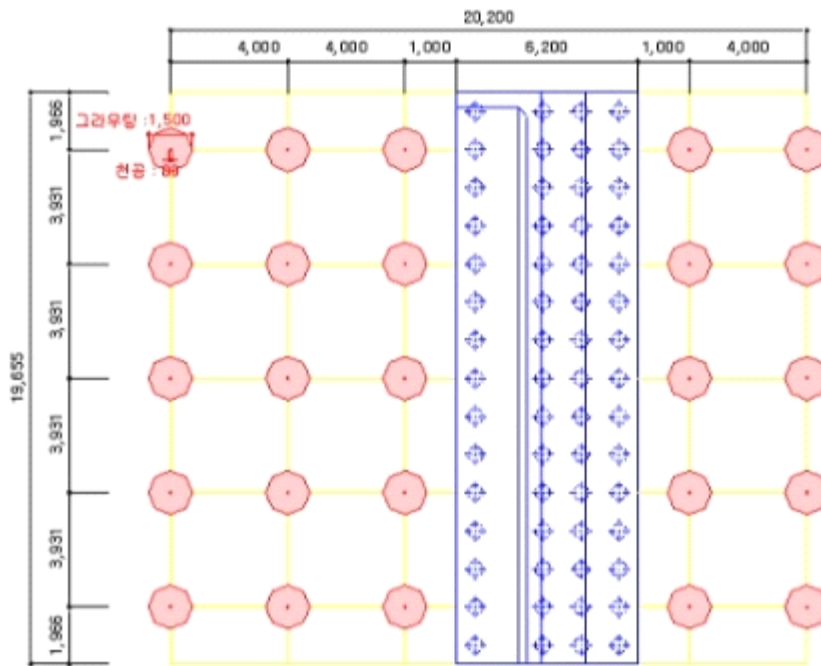
【그림 5.4】 팽창줄눈 시공 상세도

5.2.2 측방유동 발생 시 보강방안

가. 지반 개량법 : 지반의 강도개선

교대 뒷채움부를 포함한 기초 지반의 그라우팅을 실시하여 주동토압을 감소시켜 교대를 안정화시키는 방안





【그림 5.5】 교대 뒷채움부 및 전면보강(Twin-jet 공법)



【사진 5.1】 지반 보강(예)

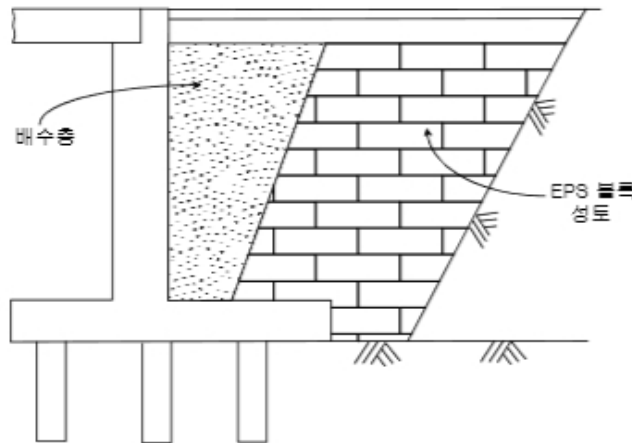
나. 기초체 저항법

기초본체의 강성 중대, 허용변위/응력 이내를 유지하도록 설계

다. 하중경감·균형법

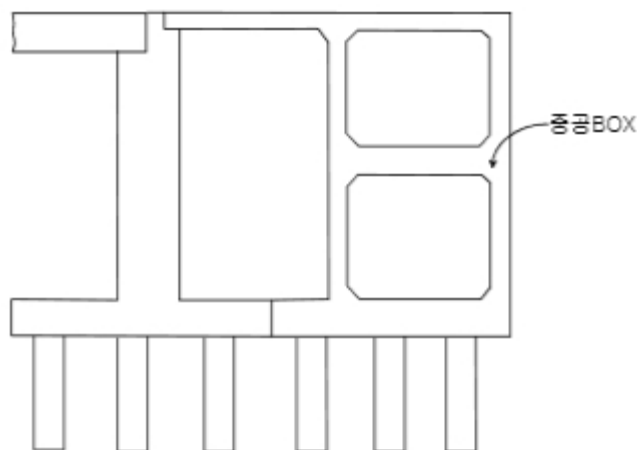
편재하중의 직접저감 또는 교대 전후 토압 균형 고려(교대형식 변경, 성토하중 저감)

1) 경량성토재를 이용하는 방법 : 교대배면에 EPS 블록과 같은 경량성토재를 시공하여 측방유동을 일으키는 편차응력을 감소



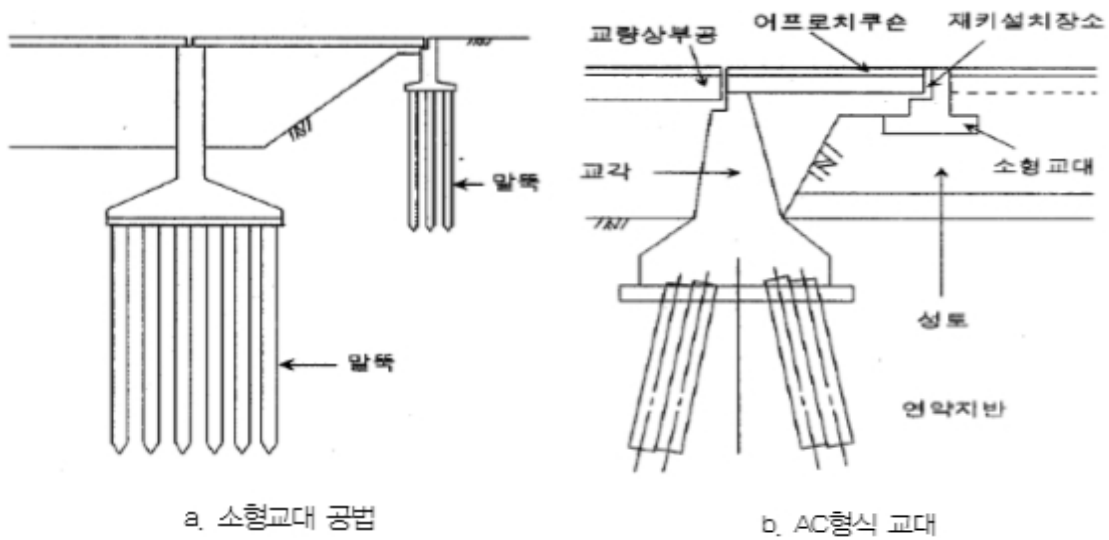
【그림 5.6】 경량성토재 적용 예

2) 박스 구조물을 이용하는 방법 : 교대배면의 성토대신에 교대의 기초를 확대한 후 그 상부에 중공의 BOX 구조물을 설치하여 성토하중을 경감시키는 방법



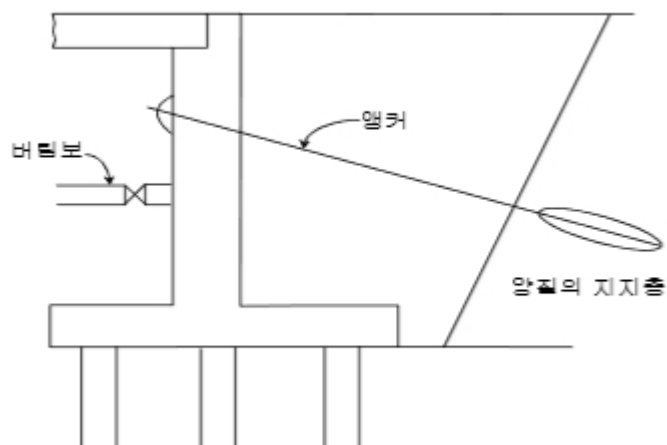
【그림 5.7】 박스구조물 적용 예

3) 접속슬래브 및 교량설치 : 교대배면에 사면을 형성하고 추가적인 교량을 설치하여 그 상부를 접속슬래브로 연결 원천적인 성토하중을 제거하는 방법. 본 공법은 편차응력을 제거하여 측방유동을 확실히 방지하는 방법.



【그림 5.8】 접속슬래브 및 교량설치 예

4) 교대전면에 지지구조물 설치: 교대전면에 측방유동에 저항하는 버팀, 앵커 등의 지지구조물을 설치하여 교대의 변위를 방지 또는 최소화시키는 방법



【그림 5.9】 교대 전면에 지지구조물 설치 예

제 6장 종합결론

6.1 종합결론

제 6장 종합결론

6.1 종합결론

6.1.1 현장조사 및 시험, 측정·측량 결과

- 기존 진단(2013년) 검토결과 및 보장 : 사면안정해석 결과, A1은 N.G, A2는 O.K로 해석되었으며, 현장조사결과, A1, A2 교대의 측방유동 징후가 관찰됨. 따라서 2015년 A1 범면 그라우팅 보장 및 받침장치 프리셋팅, A2 단부절단 보수가 실시되었음.
- 현장조사 : 교대 및 날개벽 주변, 접속 토공부 포장 조사 결과, 날개벽에 설치된 난간부 볼트의 내측(교량측) 변형 및 접속슬래브 주변 균열, 단차 등이 조사됨. 받침장치 거동 분석 결과, P1은 온도변화에 의한 거동이 원활치 않으며, P4, A2는 신장측 이동량 과다 및 최대 온도 시, 여유량을 확보하지 못하는 것으로 분석됨. 신축이음은 천안방향 A1의 경우 하절기 여유량이 확보되지 못하며, A2는 신장측 이동량이 이론대비 과다한 것으로 분석됨.
- 알칼리 골재반응 시험 : A1, A2에 접속한 토공 포장부에 대한 알칼리 골재반응 시험결과, 알칼리 골재반응은 없는 상태로 검토됨.
- 접속포장부 거리 측량 및 팽창줄눈, 그라인더 커팅부 변화상태 : 계측기간내 하절기 최고 온도의 변화를 알수 없어 뚜렷하지 않으나 온도의 증가에 의한 포장의 신장거동은 미소하게(1~10mm) 변화가 있는 것으로 조사되었다. 팽창줄눈의 폭이 감소하였고 콘크리트 포장의 이동량(그라인더 커팅부 갭길 아스콘과의 차), 지중경사계의 상단부 변화량을 고려하면 미소하게(4mm) 포장의 팽창이 교량측으로 발생된 것으로 판단된다. 포장측량은 팽창줄눈이 미설치된 A1 천안에서 상대적으로 크게 측정되었고 팽창줄눈이 설치된 지점에서는 거의 없는 것으로 측정되어 팽창줄눈의 효과를 나타내는 것으로 판단된다. 다만, 현재까지는 팽창량이 다소 적어 토공부 포장의 신장거동에 의한 교량에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단됨.
- 지중경사계 계측 : 온도가 높아질수록 교량측 변위량(포장팽창 방향)은 증가하는 상태임. 1mm 이상의 변위가 나타나는 깊이는 2m에서 나타나기 시작하여 하부 지반보다는 상부 토공포장 변위의 경향이 있음. 다만, 변화량이 미미하여 접속한 토공포장의 신장에 의해 교량에 끼치는 영향은 적을 것으로 판단됨.
- 교대·교각 측량 및 측정 : A2와 P4의 경우 기온이 상승함에 따라, 거리가 가까워지는 경향이 나타났으며, A1과 P1은 측량의 오차로 나타날 수 있는 미미한 변화 정도로서,

온도 변화에 의한 거리변화는 거의 없는 것으로 판단됨. 교대 및 교각(P2)의 기울기 및 단차측정결과, 교대는 $0.01\sim0.06^\circ$ 의 내측변위가 있는 것으로 측정되었으며, 교각의 기울음은 없는 상태로 측정됨.

6.1.2 종합결론

(단위 : mm)

구분	천안 A1	논산 A1	천안 A2	논산 A2	온도변화량
팽창줄눈 감소	미설치	-5	-7	-4	16.0℃
그라인더 컷팅부 (포장신장방향)	7	6	3	4	15.4℃
포장측량(팽창량)	10	1	1	1	15.4℃
지중경사계 (깊이 : -1.0m)	미설치	미설치	미설치	4.06 (교량측)	10.5℃

조사기간 내 온도변화에 따른 접속포장부 신축거동량은 교량 교대부 변위를 일으킬만한 수치는 아니며, 접속부에 기설치된 팽창줄눈은 접속포장의 거리 측량결과, 팽창량을 흡수하는 효과가 있는것으로 검토되어 교량에 미치는 영향은 더욱 적을 것으로 판단된다. 광정교의 접속부 연속 콘크리트 포장의 거리가 A1~정안C교, A2~내촌2교 양방향 모두 약 1,2km이며 해당구간의 팽창량을 추론하기는 어려우나 기존의 팽창줄눈 설치 및 재설치의 경험적인 방법에 의해 천안방향 A1 접속부에 인접하여 팽창줄눈을 신규 설치하고, 추가로 양방향 A1, A2로부터 +300m 지점에 팽창줄눈의 신규설치를 건의하는 바이다.

또한, 교대 변위 여부 및 측방유동에 대해서 금회 실시한 측량·측정자료를 토대로 추가적인 계측(고온과 저온 시 포함)을 실시하여 교량의 반응상태에 대해 면밀히 검토해 볼 필요가 있다. 향후 교량의 외관상 받침장치의 파손 및 편기, 법면침하, 바닥판의 협착 등 측방유동의 명확한 징후가 나타날 경우, 측방유동에 따른 보강방안(법면 그라우팅, 교대 Earth Anchor 등)을 고려할 필요가 있다. 따라서, 경제성과 교대 안전성을 만족하는 대책방안을 마련하기 위해서는 금회 과업기간 중 측량·측정을 통해 파악된 기울기의 내측변위, A2 받침 및 신축이음의 이론거동량 이상의 과한 신장거동, 접속포장부의 교량측 신장거동 등의 대해서 온도의 현저한 상승 및 저하에 의한 변화상태 파악 및 동일한 경향성을 띄는지에 대한 검토가 필요하므로 금회 실시한 결과들을 토대로 지속적(최소 하절기와 동절기가 포함된 기간)인 측정·측량을 통한 데이터 수집 및 분석이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

부 록

1. 기술검토 특별시방서
2. 측정, 시험, 계측 성과표

1. 기술검토 특별시방서

기술검토 특별시방서

1. 내용

교대 수평이동 원인 및 대책방안 수립

2. 목적

교대는 성토부와 교량이 접하는 부분에 설치되며, 교량의 상부구조에서 전달되는 수직하중과 수평하중을 하부기초에 전달하고 성토체에서 발생하는 수평토압을 지지하는 구조물이다. 교대는 성토체와 구조체의 접속을 위한 연결부재인 신축이음장치, 교량 받침, 접속슬래브, 말뚝기초 등으로 구성되어 있다. 교대는 설계 시 수평변위가 발생하지 않는 고정점으로 가정하여 설계되지만, 실제로는 일사 및 화학 반응에 의한 포장 콘크리트의 팽창, 지반의 크리프, 설계에서 고려하지 못한 토압 등의 영향으로 수평변위 발생 가능성이 매우 높다. 이러한 요인에 의해 신축이음장치의 협착으로 교대의 안전성, 내구성, 사용성 등 다양한 문제를 야기시키고 있다. 이러한 문제는 고속으로 차량이 통행되고 있는 고속도로의 경우 차량 통행의 안전 확보 및 원활한 소통을 위해 유지관리 상에서의 사전조치가 필요하다.

본 과업에서는 콘크리트 포장 및 교대의 변위 계측, 콘크리트 내구성 실험, 포장판 해석, 성토부 교대의 수치해석, 팽창줄눈 변위량 계측을 통한 원인 분석을 실시하여 가장 합리적인 보수 방안과 효율적인 유지관리 방법을 도출한다.

3. 범위

가. 조사 및 계측

- 1) 포장 및 접속도로 현황과 외관조사
- 2) 알칼리골재반응(A.A.R) 및 블로우업(Blow-Up) 현상 외관조사
- 3) 콘크리트 포장의 팽창줄눈 및 시공줄눈 변화량 계측
- 4) 알칼리골재반응 시험을 위한 콘크리트 포장 코어 채취
- 5) 교량 접속부의 포장상태 및 포장에 대한 시험시료 채취
- 6) 콘크리트포장 노면온도 계측
- 7) 콘크리트 포장의 팽창량 계측
- 8) 교대 유간부측 교량 수평변위 계측(경사계, 지중수평 변위계, GPS 등)

나. 수평변위 발생원인 파악

- 1) 고성토부 공용중 잔류침하 허용변위 초과 검토
- 2) 지반조사 등을 통하여 공용중 지반변화 양상 검토
- 3) 압성토 및 뒷채움재 변위 파악
- 4) 상부 포장부의 콘크리트 팽창에 따른 교대 밀림 현상 검토
- 5) 신축이음장치, 받침장치, 교대 협착 등의 손상 유형 파악 검토

다. 실내 실험 및 해석

- 1) 콘크리트 포장의 온도 및 건조수축에 의한 팽창량 해석
- 2) 성토체의 크리프 변형을 고려한 교대의 역학적 거동 해석

- 3) 알칼리골재반응 가능성 판정(KS F 2545 화학법)
- 4) 알칼리골재반응에 의한 팽창량 측정(KS F 2546 모르타르봉법)
- 5) 염화물계 제설제 살포가 알칼리골재반응을 촉진시키는지의 실험적 검토
- 6) 경험식, 원호활동, 수치해석을 통한 측방유동 해석
- 7) 온도 및 건조수축에 의한 콘크리트 포장 해석

라. 교대 변위 방지 대책 수립

- 1) 콘크리트 포장 팽창줄눈 설치 및 보수 기준 방안 수립
- 2) 알칼리골재반응에 의한 콘크리트 포장 거동 평가
- 3) 팽창 줄눈 설치 시 콘크리트 포장의 손상 최소화 방안
- 4) 수평 변위 발생 교대 유지관리 방안 수립
- 5) 신축이음장치의 유지관리 방안 수립
- 6) 교량 점검 및 보수를 포함한 예방적 유지관리 체계 구축
- 7) 교량 접속부 Approach-Slab 처짐 구간의 공용 중 보수 방안 제시
- 8) 교대 유간부측에 따른 콘크리트 및 강교 거더 유지관리 방안 제시

4. 대상시설물의 선정

논산천안고속도로 연장은 82.04km, 도포폭은 23.4m로서 터널 2개소, 장대교량 44개소(총연장 : 11,789m)이다. 교대 수평변위에 따른 신축이음장치 협착은 콘크리트포장 구간에 가설된 교량에서 주로 발생하여, 과업대상 구간을 탄천 IC로부터 천안 JCT 구간 총 연장 56.7km 상에 가설되어 있는 도로시설물 중 교대 유간부측, Approach-slab 처짐, 접속부 포장솟음, 콘크리트 포장 Blow-Up구간을 대상으로 한다.

가. 구간별 도로 현황

인터체인지명	시 점	종 점	연 장	포장형식	비 고
논산JCT ~ 연무IC	194.2	202.6	8.4	AP	연약지반
연무IC ~ 서논산IC	202.6	211.3	8.7	AP	연약지반
서논산IC ~ 탄천IC	211.3	219.6	8.3	AP	연약지반
탄천IC ~ 남공주IC	219.6	234.3	14.7	CP	
남공주IC ~ 정안IC	234.3	257.4	23.1	CP	
정안IC ~ 남풍세IC	257.4	269.7	12.3	CP	
남풍세IC ~ 남천안IC	269.7	273.8	4.1	CP	
남천안IC ~ 천안JCT	273.8	276.3	2.5	AP+CP	

5. 기간

용역기간과 동일

6. 일반지침

- 가. 본 과업은 과업수행자가 당사에 제출한 과업수행계획서와 관련법규 및 용역규정을 준수하고, 업무 담당자와 협의하여 시행하여야 한다.
- 나. 본 과업 수행시 자료는 공공기관 및 기타 공신력 있는 최근의 자료를 활용한다.
- 다. 과업지시서에 명기되어 있지 않으나, 과업수행상 수반되는 관련 업무는 과업지시서의 일부로 간주하고 이를 수행하여야 한다.
- 라. 과업수행자는 계약일로부터 5일 이내에 착수계를 제출하고, 착수계 제출시 분야별 참여자 명단과 보안각서를 제출하여야 한다. 또한, 매월 5일까지 과업진도보고서(전월실적 및 당월계획)를 제출하여야 한다.
- 마. 과업진도보고서에는 기간 중 수행한 과업내용 및 다음달 예정과업내용을 상세히 기술하고, 당초 예정공정보다 현저한 지연이 생길 때에는 만회대책을 강구하여야 한다.
- 바. 본 과업의 수행결과를 증빙할 제반자료에 대한 모든 권리는 당사에 있으며, 당사와 사전협의 없이 타 용도 및 임의로 전용, 변경, 개조하여 사용할 수 없고 기술검토 내용에 대한 비밀보장의 의무를 갖는다.
- 사. 본 과업지시서 내용에 대한 이견이 생겼을 때는 당사와 과업수행자가 협의·조정하여 본 과업을 수행하여야 한다.
- 아. 본 과업수행에 있어 주요사항에 대해서는 사전에 당사 담당자와 긴밀히 협의하여 차질 없이 수행되도록 한다.
- 자. 당사의 방침 혹은 여건변동 및 기타 필요하다고 인정될 때에는 방침에 따라 혹은 과업수행자와 협의하여 시행한다.
- 차. 본 과업지시서에 명시되지 않은 사항 및 제안서·과업지시서 상의 불합리한 점이나 문구, 용어해석에 대하여 상호 이견이 있을 경우는 당사의 해석에 의한다.
- 카. 과업수행 중 여건변동이나 기타 당사에서 필요하다고 판단되는 사항이 발생한 경우에는 계약상대자는 이에 응하여야 하며, 이로 인하여 과업량이 증감될 경우 계약을 변경할 수 있다.
- 타. 본 과업지시서에 명시되지 않은 사항은 당사 직원과 협의하여 결정한다.

7. 성과품 납품

- 가. 기술검토 성과품으로는 A4 규격의 최종 요약보고서, 최종 본보고서, 부록(참고문헌 목록, 문헌조사 및 연구수행을 통해 수집된 자료 중 보고서에 포함되지 않은 내용 등)과 상기 내용이 담긴 전산자료 및 기타 관련 결과물로 한다.
- 나. 과업수행 결과는 성과품으로 기한 내에 납품하되, 모든 성과품 인쇄 시에는 당사와 협의하여 승인을 득한 후 인쇄하여야 한다.
- 다. 과업수행자는 기술검토 결과와 관련하여 취득한 자료 및 분석 결과물을 정리하여 당사에 제출하여

야 한다.

라. 모든 성과품에 포함되는 사진, 그림, 도표, 도면, 노선도는 시인성이 좋도록 컬러 인쇄를 원칙으로 하며, 부득이할 경우 담당자와 협의하여 결정한다.

마. 과업수행자는 보고서 작성시 수록내용, 규격, 편집, 표지, 양식 등에 대하여 사전에 담당자와 협의하여 결정하여야 한다.

바. 보고서 납품

성과품의 종류	납품기일	부 수	비 고
착수 보고서	착수일로부터 10일내	2부	
최종 보고서(안)	준공 20일전	-	파일
최종 요약보고서	준공 전	2부	
최종 본보고서	준공 전	2부	
부 록	준공 전	-	필요시
원본 전산자료	준공 전	3EA	USB
기타자료	준공 전	1식	

※ 당사의 방침 등에 따라 성과품 종류 및 제작방법, 소요 부수는 변경될 수 있음

사. 계약상대자는 당사의 승인을 받아 작성한 도서라 할지라도, 계약상대자의 잘못으로 발생된 과오나 오류 등으로 인한 과업수행 상 발생한 모든 하자에 대하여 계약상대자의 책임이 면제되는 것은 아니며, 계약상대자는 용역준공 후에도 이러한 사항에 대한 당사의 수정 보완요구가 있을 때에는 계약상대자 부담으로 시정 조치하여야 한다.

8. 지식재산권의 귀속 및 성과활용

가. 과업 수행 중 또는 수행 후에 발생하는 모든 성과물 및 제반 자료에 대한 지식재산권은 당사와 계약상대자간 공동으로 소유하는 것을 원칙으로 하되, 계약당사자간 협의를 통해 달리 정할 수 있다.

나. 과업수행자 및 그에 소속된 직원이 과업성과를 논문 등으로 활용할 경우에는 사전에 당사의 승인을 받아야 한다.

9. 기타사항

가. 과업수행 중 발생하는 제반 안전사고 책임 및 행정적, 기술적 제반비용과 문제처리는 계약상대자가 부담한다.

나. 과업을 수행함에 있어 민원이 발생되지 않도록 유의하여야 하며, 만약 제3자로부터 민원이 제기될 경우 계약상대자는 민원을 원만히 해결하여야 한다.

다. 과업지시서에 명시되지 않은 사항은 당사 용역계약 일반조건 및 용역계약특수조건 등에 의하며, 기술검토특별시방서에 언급되지 않은 사항은 업무담당자와 협의하여 결정한다.

2. 측정, 시험, 계측 성과표

2-1. 알칼리 골재 반응 시험 성적서

2-2. 지중경사계 계측 DATA

2-3. 교대 변위 계측 DATA

2-4. 포장 측량 DATA

2-1. 알칼리 골재 반응 시험 성적서

- | | | | |
|-------------|--|-----------|------------------|
| 1. 성적서 번호 : | CMT2018 - 1744 | 5. 접수일자 : | 2018 년 04 월 05 일 |
| 2. 의뢰인 | 업체명 : (주)아워브레인 | 6. 발급일자 : | 2018 년 04 월 20 일 |
| | 주 소 : 서울특별시 송파구 송파대로 167, 테라타워 B 동 501 호 | | |
| | 성 명 : 이 현 용 | | |
| 3. 성과이용목적 : | 보고서 작성용 | | |
| 4. 시 료 명 : | 광정교 A1 측 접속포장 콘크리트 코어 | | |

시 험 결 과

연 번	시험 · 검사종목		단 위	시험 · 검사방법	시험 · 검사결과
1	알칼리 골재 반응	알칼리농도감소량(Rc)	mmol/l	KS F 2545 : 2017	123.3
		용해한 실리카(Sc)	mmol/l		28.0

담당자 : 최 환
Tel : 031-646-0810

기술책임자 : 신 도 철
Tel : 031-646-0801

- ※비 고 :
1. 이 시험성적서는 당초 의뢰자가 제출한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증 하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서의 원본 진위확인은 한국에스지이에스 온라인 성적서 조회 홈페이지(<http://e-checking.kr.sgs.com/construction/>)에서 열람이 가능합니다.

한국에스지이에스(주) 건설시험연구원

주 소 : 경기도 화성시 동탄면 동탄산단10길 20 전화번호 : 031)669-0600

유의사항 : 기술책임자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

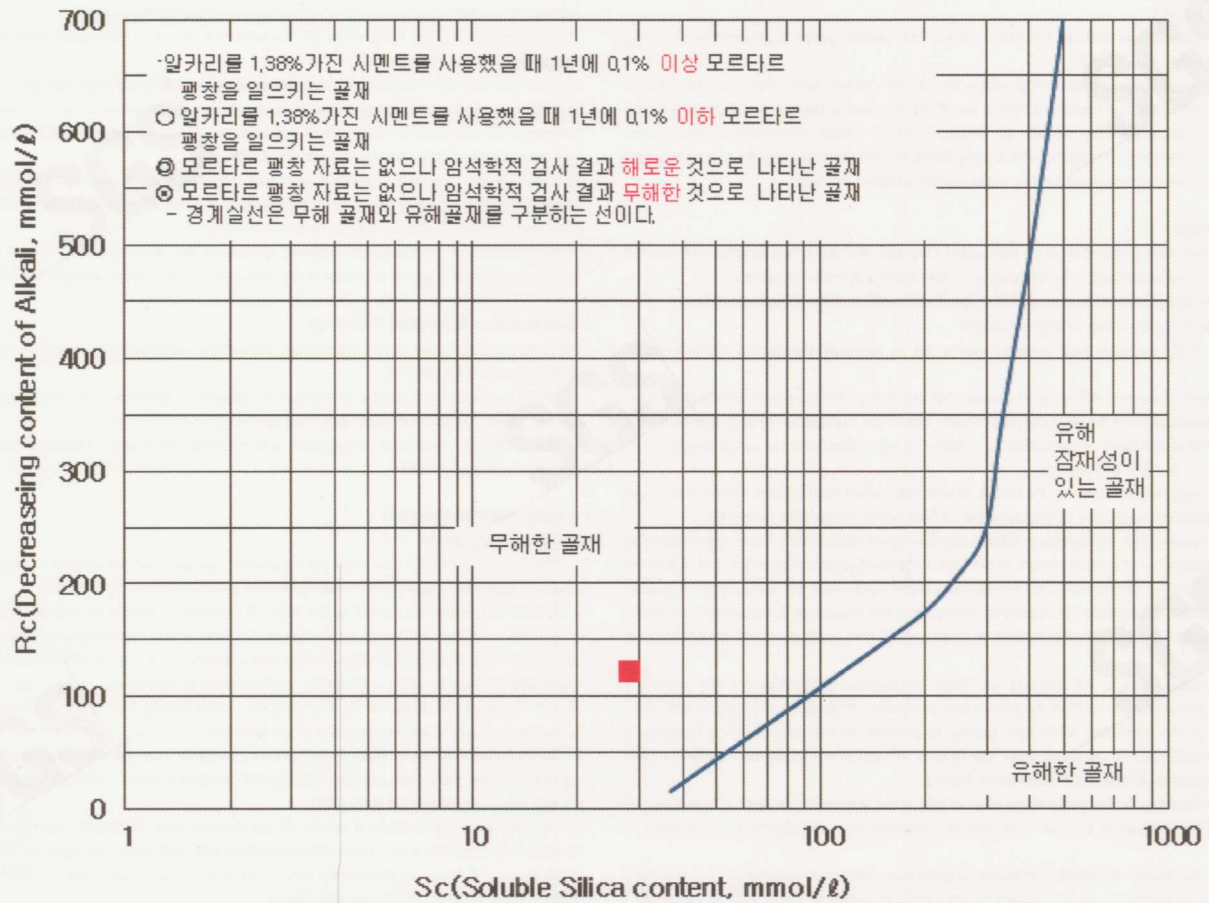
페이지 1 / 1

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

KQP-2510-001-F07 (07)



첨부



2-2. 지중경사계 계측 DATA

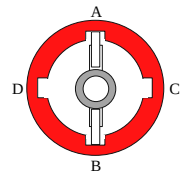
경사계 누적변위

현 장 명 : 광정교(교량종점부)

A : 천안방향

관리번호 : INC - 1

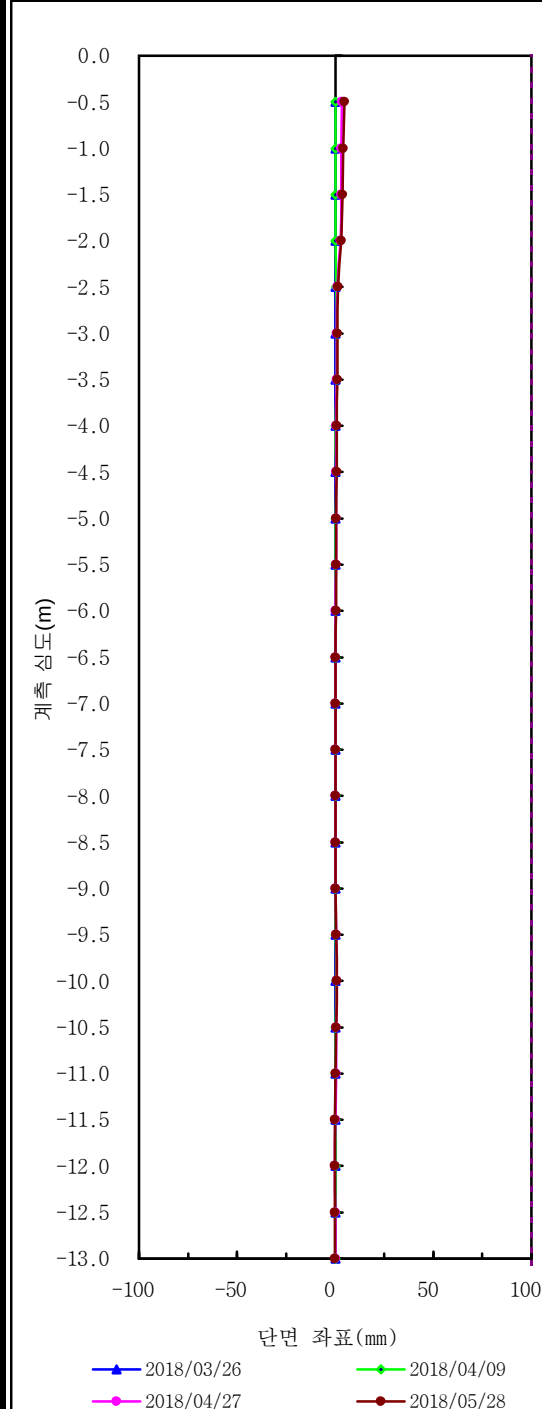
B : 공주방향



기 준 일 : 2018-03-26

DISPLACEMENT (mm)

A-B DIRECT



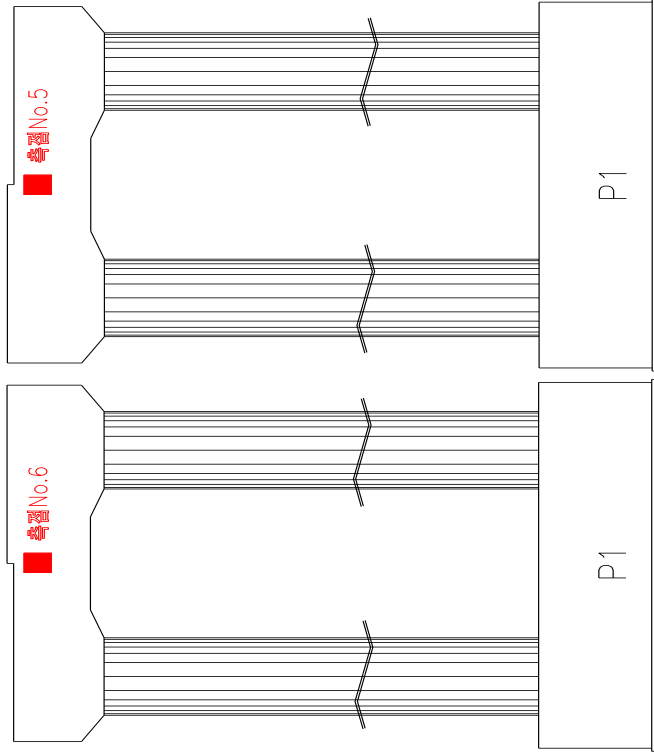
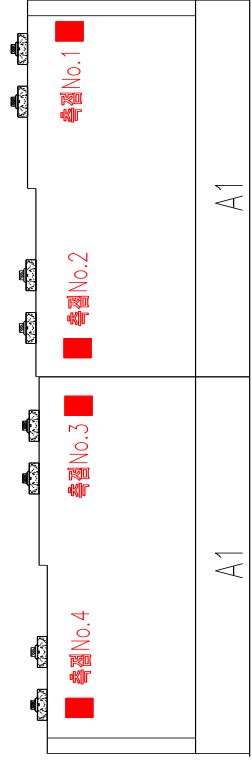
굴착심도

DEPTH(M)	2018/03/26	2018/04/09	2018/04/27	2018/05/28
-0.5	0.00	0.20	3.50	4.58
-1.0	0.00	0.23	3.19	4.06
-1.5	0.00	0.17	3.08	3.88
-2.0	0.00	0.14	2.80	3.11
-2.5	0.00	0.50	1.08	1.38
-3.0	0.00	0.84	0.94	1.19
-3.5	0.00	0.69	0.78	1.03
-4.0	0.00	0.30	0.48	0.66
-4.5	0.00	0.33	0.64	0.91
-5.0	0.00	0.19	0.53	0.59
-5.5	0.00	0.17	0.50	0.64
-6.0	0.00	0.31	0.31	0.39
-6.5	0.00	0.31	0.22	0.27
-7.0	0.00	0.30	0.09	0.17
-7.5	0.00	0.30	0.00	0.06
-8.0	0.00	0.27	0.08	0.19
-8.5	0.00	0.11	0.17	0.23
-9.0	0.00	0.03	0.11	0.14
-9.5	0.00	0.28	0.52	0.63
-10.0	0.00	0.50	0.72	0.86
-10.5	0.00	0.16	0.47	0.52
-11.0	0.00	0.03	0.39	0.23
-11.5	0.00	0.19	0.02	-0.25
-12.0	0.00	0.16	-0.03	-0.23
-12.5	0.00	0.14	0.00	-0.17
-13.0	0.00	0.06	0.03	-0.05
최대변위 (mm)	0.00	0.84	3.19	4.06

2-3. 교대변위 계측 DATA

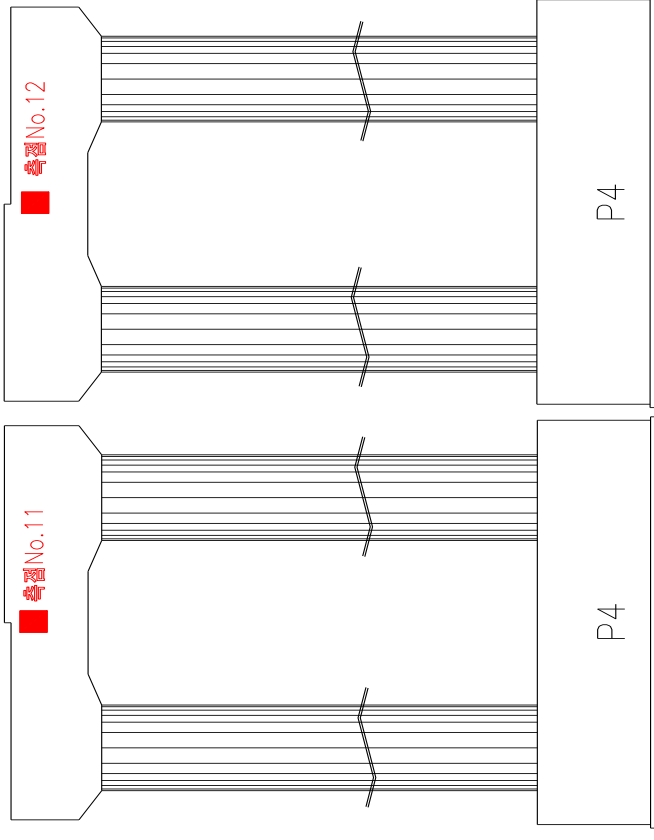
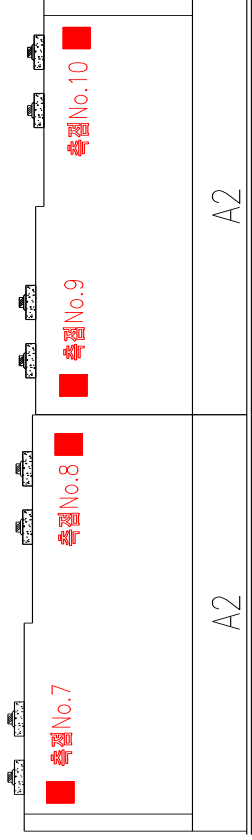
본산방면

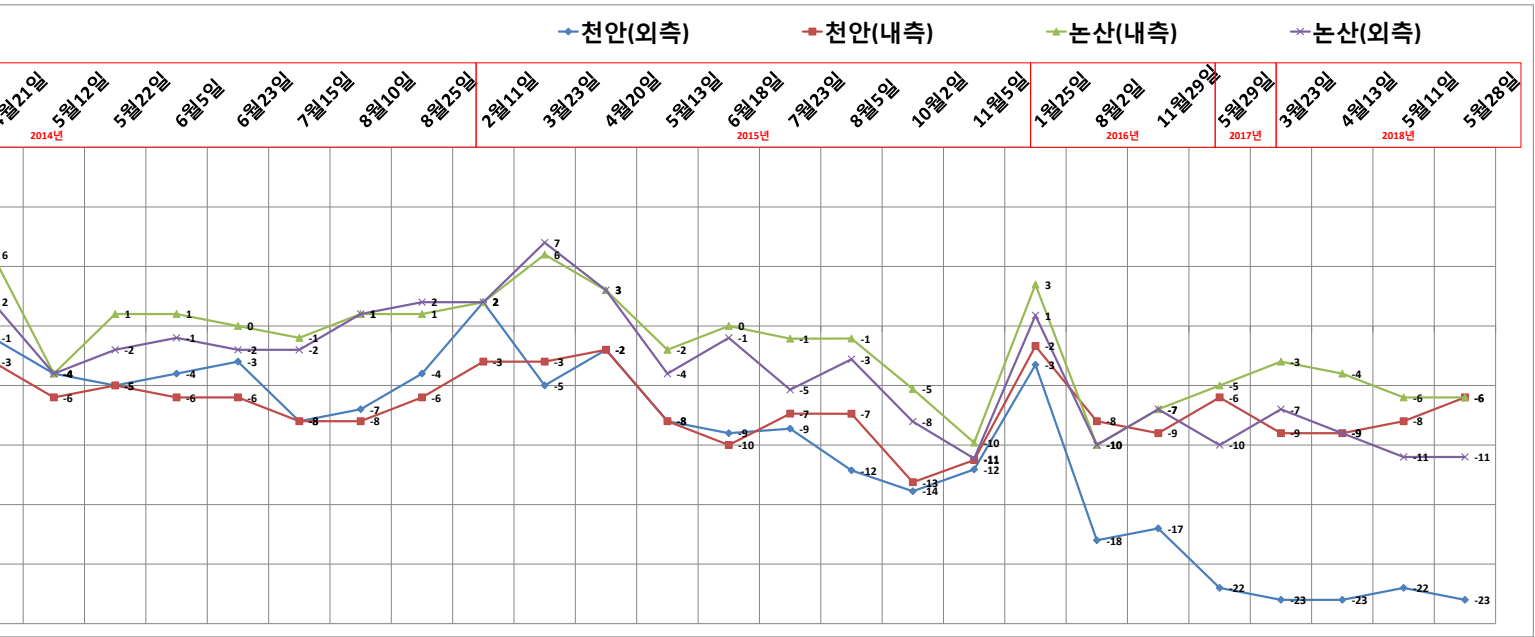
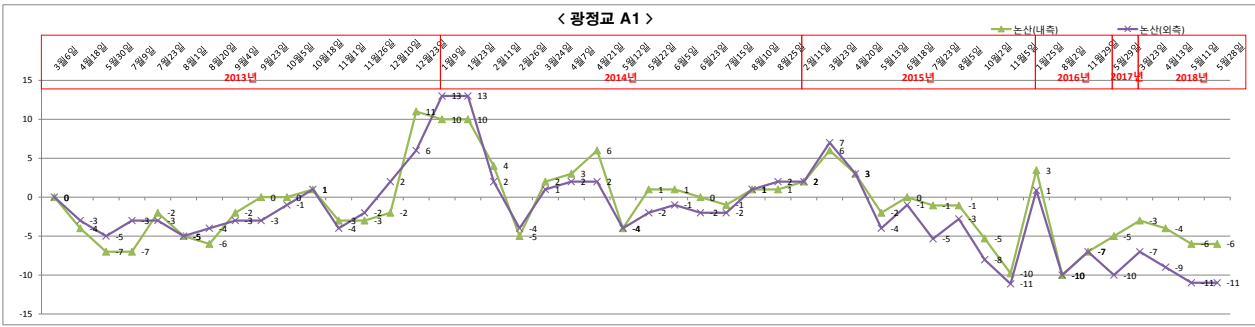
천안방면

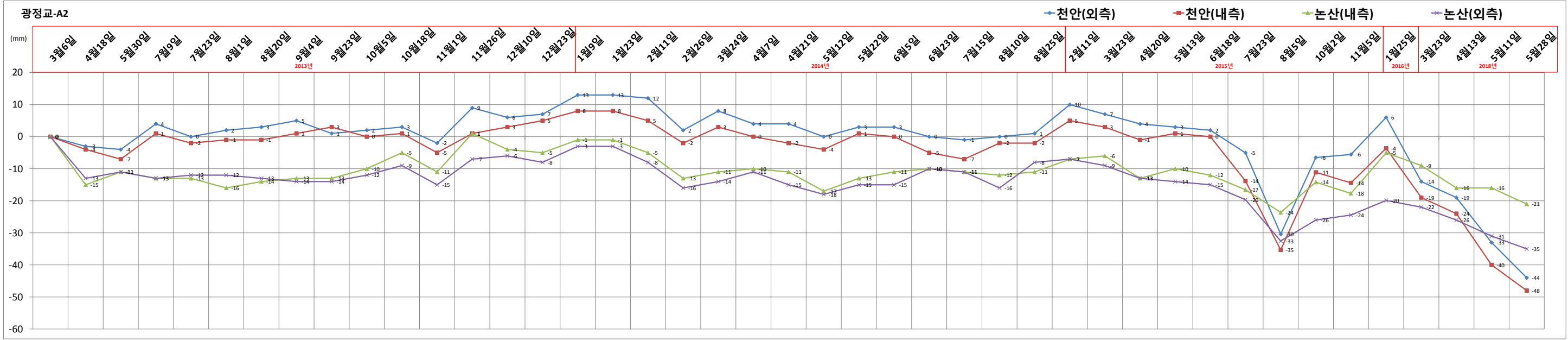
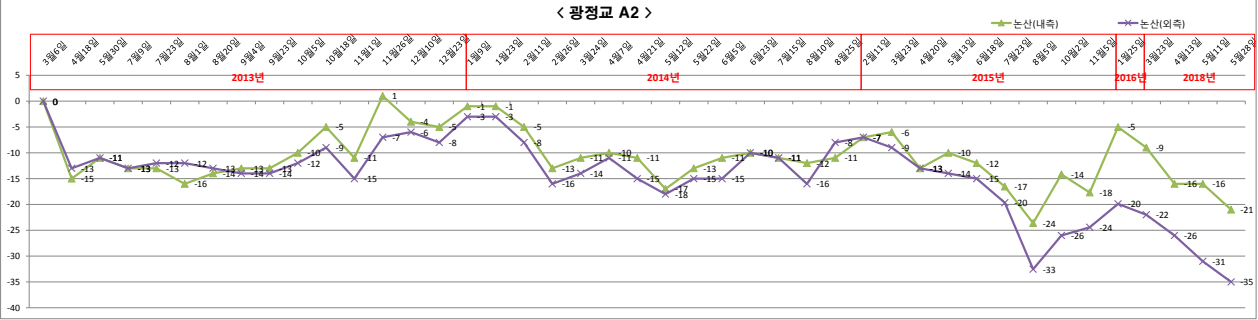
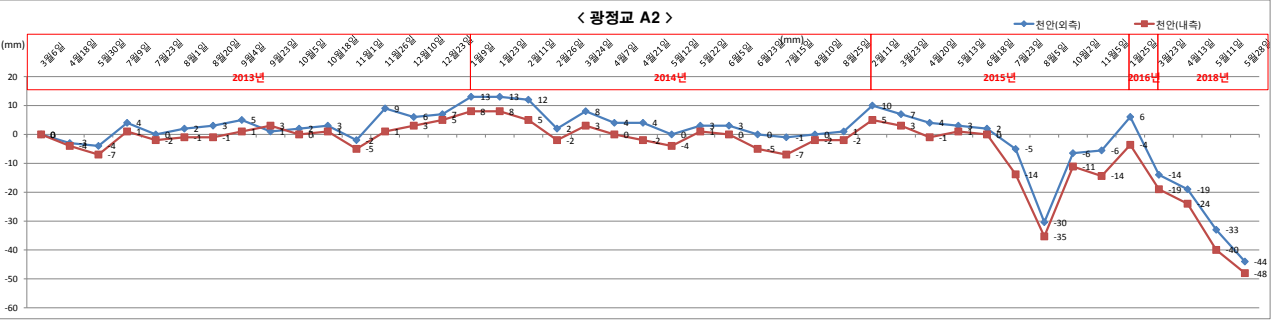


천안방면

본산방면







2-4. 포장 측량 DATA

광정교 포장 측량

		천안방향										
		A1	A2									
2018년 3월 23일	1회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-149.671	-50.101	49.857	99.683	149.501	-149.575	-99.743	-49.801	50.124	150.001
		E	10.966	2.836	1.328	3.057	6.305	7.331	5.501	3.67	-0.015	-3.655
		Z	-3.369	-2.121	-0.947	-0.344	0.269	-1.662	-1.519	-1.428	-1.611	-2.258
	2회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-149.671	-50.1	49.858	99.682	149.502	-149.575	-99.743	-49.801	50.125	150
		E	10.963	2.836	1.33	3.057	6.307	7.332	5.499	3.669	-0.014	-3.657
		Z	-3.369	-2.12	-0.95	-0.345	0.265	-1.662	-1.525	-1.431	-1.612	-2.257
	-											

		논산방향										
		A1	A2									
2018년 3월 23일	1회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	149.653	49.657	-49.953	-99.441	-148.554	146.978	98.095	49.183	-48.453	-146.172
		E	9.097	5.954	-3.873	-11.294	-20.136	-31.563	-20.603	-9.594	12.383	34.347
		Z	-3.431	-2.169	-0.971	-0.357	0.305	-1.757	-1.573	-1.488	-1.685	-2.338
	2회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	149.652	49.657	-49.953	-99.442	-148.554	146.977	98.095	49.182	-48.454	-146.171
		E	9.099	5.955	-3.871	-11.295	-20.135	-31.561	-20.603	-9.595	12.382	34.35
		Z	-3.439	-2.173	-0.97	-0.363	0.306	-1.75	-1.568	-1.483	-1.684	-2.338
	-											

(단위 : mm)			곡선					직선				
거리차	구분		천안방향 (←)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			+300m~+ 200m	+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m		-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	
1차	1회	거리	99.901	99.969	49.856	49.924	299.208	49.866	49.976	99.993	99.943	299.777
			299.650					299.778				
		높이차	1.248	1.174	0.603	0.613	3.638	0.143	0.091	-0.183	-0.647	-0.596
			3.638					-0.596				
	2회	거리	99.902	99.969	49.854	49.926	299.209	49.866	49.976	99.994	99.941	299.776
			299.651					299.777				
		높이차	1.249	1.170	0.605	0.610	3.634	0.137	0.094	-0.181	-0.645	-0.595
			3.634					-0.595				

(단위 : mm)			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~-200m	-200m~-100m	-100m~-50m	-50m~-0m	-300m~-0m	+0m~+50m	+50m~+100m	+100m~+200m	+200m~+300m	+0m~+300m
1차	1회	거리	100.045	100.094	50.041	49.903	299.636	50.097	50.136	100.079	100.157	300.468
			300.083					300.469				
		높이차	1.262	1.198	0.614	0.662	3.736	0.184	0.085	-0.197	-0.653	-0.581
			3.736					-0.581				
	2회	거리	100.044	100.093	50.043	49.901	299.636	50.095	50.136	100.079	100.156	300.466
			300.081					300.466				
		높이차	1.266	1.203	0.607	0.669	3.745	0.182	0.085	-0.201	-0.654	-0.588
			3.745					-0.588				

(단위 : mm)			곡선					직선				
신뢰도	구분		천안방향 (←)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			+300m~+ 200m	+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m	+300m~+ 0m	-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	-0m~- 300m
1차	1회 ~ 2회	거리	-0.001	0.000	0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.002	0.001
			-0.001					0.001				
	높이차	-0.001	0.004	-0.002	0.003	0.004	0.006	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	
		0.004					-0.001					

			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~-200m	-200m~-100m	-100m~-50m	-50m~-0m	-300m~-0m	+0m~+50m	+50m~+100m	+100m~+200m	+200m~+300m	+0m~+300m
1차	1회 ~ 2회	거리	0.001	0.001	-0.002	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002
			0.002					0.003				
	높이차	-0.004	-0.005	0.007	-0.007	-0.009	0.002	0.000	0.004	0.001	0.007	
			-0.009				0.007					

광정교 포장 측량

원본정리		천안방향										
			A1					A2				
2018년 4월 13일	1회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-146.229	-49.761	48.279	97.595	147.182	-150.038	-100.947	-51.751	46.682	145.071
		E	38.1	12.12	-7.431	-14.733	-20.542	28.02	19.254	10.467	-7.134	-24.681
		Z	-3.456	-2.202	-1.032	-0.427	0.182	-1.786	-1.641	-1.546	-1.723	-2.367
	2회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-146.228	-49.761	48.278	97.596	147.182	-150.037	-100.947	-51.75	46.682	145.071
		E	38.102	12.119	-7.432	-14.735	-20.543	28.021	19.255	10.466	-7.134	-24.682
		Z	-3.456	-2.201	-1.032	-0.428	0.178	-1.785	-1.641	-1.544	-1.721	-2.363
	-											

		논산방향										
			A1					A2				
2018년 4월 13일	1회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	144.13	48.922	-48.172	-97.269	-146.489	150.228	100.197	50.128	-49.816	-149.838
		E	-41.872	-11.144	13.168	22.851	31.074	-6.152	-3.593	-0.997	4.19	9.354
		Z	-3.427	-2.167	-0.975	-0.363	0.302	-1.808	-1.625	-1.542	-1.736	-2.385
	2회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	144.131	48.922	-48.171	-97.269	-146.489	150.228	100.198	50.128	-49.816	-149.838
		E	-41.872	-11.142	13.168	22.85	31.073	-6.151	-3.591	-0.995	4.19	9.353
		Z	-3.427	-2.169	-0.975	-0.364	0.303	-1.809	-1.624	-1.541	-1.735	-2.385
	-											

(단위 : mm)			곡선					직선				
거리차	구분		천안방향 (←)									
A1측					A2측							
측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차			
+300m~+ 200m			+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m	+300m~+ 0m	-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	-0m~- 300m	
1차	1회	거리	99.905	99.970	49.854	49.926	299.214	49.868	49.975	99.994	99.941	299.778
		299.655				299.778						
		누적 거리차	0.004	0.001	-0.002	0.002	0.006	0.002	-0.001	0.001	-0.002	0.001
		높이차	1.254	1.170	0.605	0.609	3.638	0.145	0.095	-0.177	-0.644	-0.581
	3.638				-0.581							
	2회	거리	99.905	99.969	49.856	49.925	299.213	49.867	49.976	99.993	99.942	299.777
			299.655					299.778				
		높이차	1.255	1.169	0.604	0.606	3.634	0.144	0.097	-0.177	-0.642	-0.578
			3.634					-0.578				

(단위 : mm)			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~- 200m	-200m~- 100m	-100m~- 50m	-50m~-0m	-300m~- 0m	+0m~+50 m	+50m~+1 00m	+100m~+ 200m	+200m~+ 300m	+0m~+30 0m
1차	1회	거리	100.044	100.092	50.043	49.902	299.634	50.096	50.136	100.079	100.155	300.466
			300.081					300.466				
		누적 거리차	-0.001	-0.002	0.002	-0.001	-0.002	-0.001	0.000	0.000	-0.002	-0.002
		높이차	1.260	1.192	0.612	0.665	3.729	0.183	0.083	-0.194	-0.649	-0.577
		3.729					-0.577					
	2회	거리	100.045	100.090	50.044	49.902	299.635	50.095	50.137	100.078	100.155	300.466
			300.081					300.465				
		높이차	1.258	1.194	0.611	0.667	3.730	0.185	0.083	-0.194	-0.650	-0.576
		3.730					-0.576					

(단위 : mm)			곡선					직선				
신뢰도	구분		천안방향 (←)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차			총거리차	
			+300m~+ 200m	+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m	+300m~+ 0m	-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	-0m~- 300m
1차	1회 ~ 2회	거리	0.000	0.001	-0.002	0.001	0.001	0.001	-0.001	0.001	-0.001	0.001
			0.000					0.000				
	높이차	-0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.001	-0.002	0.000	-0.002	-0.003	
		0.004					-0.003					

			곡선					직선				
			논산방향 (→)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
구분			-300m~- 200m	-200m~- 100m	-100m~- 50m	-50m~-0m	-300m~- 0m	+0m~+50 m	+50m~+1 00m	+100m~+ 200m	+200m~+ 300m	+0m~+30 0m
1차	1회 ~ 2회	거리	-0.001	0.002	-0.001	0.000	-0.001	0.001	-0.001	0.001	0.000	0.000
			0.000					0.001				
	높이차	0.002	-0.002	0.001	-0.002	-0.001	-0.002	0.000	0.000	0.001	-0.001	
		-0.001					-0.001					

광정교 포장 측량

		천안방향										
		A1	A2									
2018년 5월 10일	1회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-148.9	-50.255	49.286	99.095	149.017	-153.358	-103.688	-53.908	45.693	145.245
		E	22.699	6.885	-2.383	-4.527	-5.16	14.877	10.46	6.037	-2.831	-11.65
		Z	-3.342	-2.085	-0.915	-0.315	0.29	-1.74	-1.591	-1.493	-1.67	-2.318
	2회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-148.899	-50.255	49.286	99.095	149.018	-153.358	-103.687	-53.906	45.693	145.246
		E	22.706	6.886	-2.381	-4.527	-5.155	14.876	10.46	6.039	-2.83	-11.641
		Z	-3.343	-2.087	-0.915	-0.315	0.288	-1.74	-1.593	-1.495	-1.665	-2.308
	-											

		논산방향										
		A1	A2									
2018년 5월 10일	1회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	146.465	47.182	-52.753	-102.795	-152.684	149.256	99.609	49.928	-49.243	-148.494
		E	-14.009	-1.714	3.971	4.268	3.103	-18.815	-12.123	-5.379	8.08	21.515
		Z	-3.323	-2.062	-0.85	-0.239	0.428	-1.721	-1.537	-1.456	-1.651	-2.306
	2회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	146.466	47.187	-52.754	-102.796	-152.683	149.249	99.61	49.928	-49.242	-148.494
		E	-13.998	-1.71	3.968	4.267	3.102	-18.869	-12.121	-5.378	8.078	21.517
		Z	-3.323	-2.063	-0.853	-0.239	0.428	-1.724	-1.534	-1.454	-1.654	-2.306
	-											

(단위 : mm)			곡선					직선				
거리차	구분		천안방향 (←)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			+300m~+ 200m	+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m		-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	
1차	1회	거리	99.905	99.972	49.855	49.926	299.217	49.866	49.976	99.995	99.942	299.779
			299.658					299.779				
		누적 거리차	0.004	0.003	-0.001	0.002	0.009	0.000	0.000	0.002	-0.001	0.002
			높이차	1.257	1.170	0.600	0.605	3.632	0.149	0.098	-0.177	-0.648
		3.632				-0.578						
	2회	거리	99.905	99.971	49.855	49.927	299.217	49.867	49.977	99.993	99.942	299.779
			299.658					299.779				
		높이차	1.256	1.172	0.600	0.603	3.631	0.147	0.098	-0.170	-0.643	-0.568
			3.631					-0.568				

(단위 : mm)			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측				A2측					
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~- 200m	-200m~- 100m	-100m~- 50m	-50m~-0m	-300m~- 0m	+0m~+50 m	+50m~+1 00m	+100m~+ 200m	+200m~+ 300m	+0m~+30 0m
1차	1회	거리	100.041	100.097	50.043	49.903	299.638	50.096	50.137	100.080	100.156	300.469
		300.084				300.469						
		누적 거리차	-0.004	0.003	0.002	0.000	0.002	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.001
		높이차	1.261	1.212	0.611	0.667	3.751	0.184	0.081	-0.195	-0.655	-0.585
	3.751				-0.585							
	2회	거리	100.037	100.102	50.043	49.901	299.637	50.096	50.138	100.079	100.158	300.470
		300.083				300.471						
		높이차	1.260	1.210	0.614	0.667	3.751	0.190	0.080	-0.200	-0.652	-0.582
3.751				-0.582								

(단위 : mm)			곡선					직선				
신뢰도	구분		천안방향 (←)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			+300m~+ 200m	+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m	+300m~+ 0m	-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	-0m~- 300m
1차	1회 ~ 2회	거리	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.002	0.000	0.000
			0.000					0.000				
		높이차	0.001	-0.002	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	-0.007	-0.005	-0.010
			0.001					-0.010				

			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측					A2측				
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~- 200m	-200m~- 100m	-100m~- 50m	-50m~-0m	-300m~- 0m	+0m~+50 m	+50m~+1 00m	+100m~+ 200m	+200m~+ 300m	+0m~+30 0m
1차	1회 ~ 2회	거리	0.004	-0.005	0.000	0.002	0.001	0.000	-0.001	0.001	-0.002	-0.001
			0.001					-0.002				
	높이차	0.001	0.002	-0.003	0.000	0.000	-0.006	0.001	0.005	-0.003	-0.003	
		0.000					-0.003					

광정교 포장 측량

		천안방향										
			A1					A2				
2018년 5월 28일	1회 / 신형	측점	+300m	+200m	+100m	+50m	+0m	-0m	-50m	-100m	-200m	-300m
		N	-146.527	-48.113	51.29	101.064	150.975	145.578	95.764	45.84	-54.047	-153.881
		E	25.025	7.835	-2.814	-5.654	-6.975	5.185	2.88	0.575	-4.018	-8.646
		Z	-3.366	-2.105	-0.944	-0.346	0.25	-1.752	-1.611	-1.514	-1.701	-2.358
	-											
	-											

		논산방향										
			A1					A2				
2018년 5월 28일	1회 / 신형	측점	-300m	-200m	-100m	-50m	-0m	+0m	+50m	+100m	+200m	+300m
		N	-154.152	-54.717	45.278	95.321	145.189	149.387	99.474	49.525	-50.179	-149.961
		E	12.952	1.916	-2.503	-2.164	-0.374	-11.509	-7.214	-2.875	5.785	14.419
		Z	-3.496	-2.23	-1.016	-0.403	0.269	-1.82	-1.635	-1.554	-1.754	-2.405
	-											
	-											

(단위 : mm)			곡선					직선				
거리차	구분		천안방향 (←)									
A1측					A2측							
측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차			
+300m~+ 200m			+200m~+ 100m	+100m~+ 50m	+50m~+0 m	+300m~+ 0m	-0m~-50m	-50m~- 100m	-100m~- 200m	-200m~- 300m	-0m~- 300m	
1차	1회	거리	99.904	99.972	49.855	49.928	299.218	49.867	49.977	99.993	99.941	299.778
		299.659						299.778				
		누적 거리차	0.003	0.003	-0.001	0.004	0.010	0.001	0.001	0.000	-0.002	0.001
		높이차	1.261	1.161	0.598	0.596	3.616	0.141	0.097	-0.187	-0.657	-0.606
	3.616					-0.606						
	2회	거리	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000					0.000				
		높이차	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000					0.000							

(단위 : mm)			곡선					직선				
구분			논산방향 (→)									
			A1측				A2측					
			측점간 거리 차				총거리차	측점간 거리 차				총거리차
			-300m~- 200m	-200m~- 100m	-100m~- 50m	-50m~-0m	-300m~- 0m	+0m~+50 m	+50m~+1 00m	+100m~+ 200m	+200m~+ 300m	+0m~+30 0m
1차	1회	거리	100.046	100.093	50.044	49.900	299.637	50.097	50.137	100.079	100.155	300.469
		300.083				300.468						
		누적 거리차	0.001	-0.001	0.003	-0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	-0.002	0.001
		높이차	1.266	1.214	0.613	0.672	3.765	0.185	0.081	-0.200	-0.651	-0.585
	3.765				-0.585							
	2회	거리	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000					0.000				
		높이차	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000				0.000								