교대 수평변위 발생교량 관리방안

제공처 : 한국도로공사 구조물처

출처 : 2012년도 고속도로 설계 실무자료집(2013, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 공학기술의 발전에도 불구하고 교대변위는 지속적으로 발생하고 있어 구조물의 안전성을 저해하는 손상이 나타나고 있음

(1.1) 최근 교대변위로 인한 보수 · 보강 사례

교량명	주 요 손 상	손상사진
포항IC1,2교	o 교대변위(최대 348m/m), 벽체 균열발생 o 교각변위(최대 410m/m), 기둥 균열발생 o 신축이음부, 바닥판, 거더 협착 등	
판암철교	o 고정단 받침 앵커볼트 파단 o 바닥판 협착, 단부 파손 및 횡방향 이동 o 흉벽 균열, 파손, 신축이음 협착, 솟음 등	

(2) 금년 여름 장기간 35~36℃가 넘는 폭염이 한달 이상 지속되면서 교대변위로 인해 유간이 부족한 교량에서 신축이음 파손, 솟음 등의 손상이 다수 발생 되었음(57개 교량, 65개 교대)





(3) 신축이음부 유간이나 교대기울기 등 변위이력에 대한 자료의 부족으로 변위발생 원인파악과 진행여부를 판단하기 곤란하여 적정 보수 · 보강공법 선정과 하자처리에 어려움을 겪고 있음

(4) 설계 · 건설시 교대변위를 최소화할 수 있는 방안을 모색하기 위해 관련자료를 공유하고 보다 체계적인 관리방안을 강구하고자 함

2. 현황 및 문제점

(1) 교대변위 발생교량 현황

(1.1) 197개 교량(255개 교대)에서 수평변위 발생

구 분	계	성토체 침하 수평변형	연약지반 측방유동	콘크리트포장 팽창압	
				알칼리골재반응	팽창줄눈 부족
교대수	255	161	50	33	11
협착(이력)	217	142	34	31	10

※ 변위발생교량 현황 및 분석, 교량별 세부현황

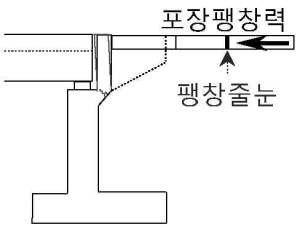
(1.2) 수평변위 발생교량 조치 현황

(단위 : 교대수)

구 분	계	성토체 침하 수평변형	연약지반 측방유동	콘크리트 포장팽창압	비 고
계	255	161	50	44	
변위억제	26	16	5	5	지반보강, 브라켓, 앵커설치 등
유간확보	102	50	24	28	신축이음교체, 바닥판·거더절단 등
지속관찰	123	91	21	11	변위 및 손상발전 여부 지속관찰
기 타	4	4	-	-	균열보수 등

(1.3) 콘크리트포장의 팽창압에 의한 교대손상

(1.3.1) 가로팽창줄눈이 콘크리트포장의 팽창량을 모두 흡수하지 못하고 교대방향으로 작용하여 교대 손상발생



〈팽창력작용 모식도〉



〈날개벽 균열발생〉



〈포장 팽창 흔적〉

(2) 일반성토구간 교대 설계시 수평변위 최소화 대책 필요

(2.1) 설계기준

구 분	내 용
직접기초 허용변위량	·허용침하량 : 25m/m ※ 안정검토 : 활동(Fs≥2.0), 전도(Fs≥1.5)
말뚝의 허용변위량	·연직 : 25m/m ·수평 : 15m/m
비탈면상의 깊은 기초 사면안정 검토	·상시 : Fs≥1.5 ·지진시 : Fs≥1.2

(2.2) 문제점 : 교대 안정성 검토시 교대수평 변위검토 미흡

(2.2.1) 말뚝의 변위 검토시 성토부가 안정화된 상태로 가정함

(2.2.2) 깊은 기초 사면안정검토시 변위 고려하지 않음

(3) 콘크리트포장 가로팽창줄눈의 설치기준 재검토 필요

(3.1) 설치기준 : 시공줄눈 또는 구조물과 접속되는 부분에 설치

(3.1.1) 일반토공부는 제한적으로 설치(시공시 기온이 4℃이하인 경우 등)

(3.2) 문제점 : 설치간격에 대한 구체적인 기준이 없음

(3.2.1) 이상고온 현상이 자주 나타나는 최근 기후변화 고려 필요

(3.2.2) 팽창흡수가 미흡할 경우 교대방향으로 팽창 → 억제대책 필요

※ 포장 알칼리골재반응 발생구간 팽창줄눈 추가설치 모니터링 결과 줄눈폭 감소량이 평균 36.8m/m로 나타남(구조물센터-901, 2011.11.17.)

- 모니터링 대상 : 서해안선 삼정교 목포(A2) 등 22개소
- 모니터링 기간 : 2010. 12. ~ 2011. 11.
- 설치규격 : 50~80m/m(완충슬래브에서 2스팬 이격된 슬래브)

(4) 변위발생 초기대처 미비 및 변위 모니터링 체계 부재

(4.1) 신축이음장치의 유간부족을 프리셋팅 미흡 등 단순 시공오류로 판단하여 하자보수시 대부분 유간을 확보하는데 그치고 있으며,

(4.2) 하자기간 만료 이후 협착되는 사례가 빈번하게 발생하고 있음

(4.3) 유간변화에 대한 체계적인 관리기준 부재 (시기, 위치, 기록관리)

3. 개선내용

교대변위 최소화를 위한 설계 · 시공 개선방안 제시

3.1 설계

(1) 일반 성토구간 교대 설계시 성토체 변형의 영향 반영

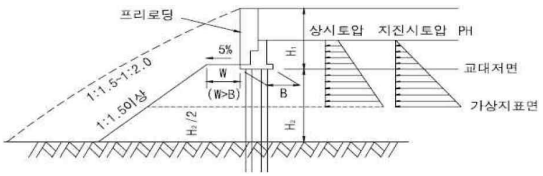
(1.1) 도로설계요령 제8-3편 교량하부구조물, 3.2.6 흙쌓기면 위의 교대

(1.1.1) Preloading 실시

(1.1.2) 기초저면 하부 성토층 높이의 H/2 토압 고려

(1.1.3) 기초폭이상 앞성토 반영

(1.1.4) 돌출말뚝으로 변위계산



H1 : 교대저면으로부터 노면까지의 높이
H2 : 지표면으로부터 교대저면까지의 높이

(2) 교대부 사면안정검토시 안전율과 함께 변위를 병행하여 검토

(2.1) 교대를 포함한 성토체 전체의 거동(변위) 검토(수치해석)

(3) 고성토 구간 교대설치 지양 및 성토부 안정화공법 적극 적용

(4) 3D 레이저 스캔을 활용한 교대 및 주변 성토부 초기치 확보

(4.1) 적용대상 교량 : 변위발생 가능성이 큰 교량

(4.1.1) 연약지반구간

(4.1.2) 고성토구간(15m이상)

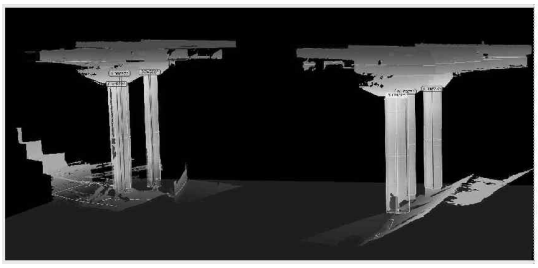
(4.1.3) 직벽형

(4.2) 초기치 자료 : Raw Data, 3차원 CAD Data(디지털 데이터)

(4.3) 소요비용 : 2백만원/교량(견적가 별첨5, 현장 CP점은 시공사 제공)

(4.3.1) 설계시 반영 및 건설시 초기점검보고서와 함께 유지관리서 인계

(4.3.2) 3D 레이저 스캔 : 빛의 속도로 발산되는 레이저 파장에 부딪히는 물체에 대한 메아리 신호(Ecoh Signals)를 실시간으로 디지털화 시키는 기법으로 3차원 데이터 획득



3.2 건설

(1) 초기점검시 교대변위 초기치 확보 강화

(1.1) 기타교량의 신축이음부 유간 및 흉벽기울기 초기치 확보

(1.1.1) (현행) 외관망도 → (개선) 외관망도 및 신축이음부 초기치

(1.2) 신축이음부 유간 및 교대흉벽 기울기 측정위치 표준화

(2) 콘크리트포장 가로팽창줄눈 설치기준 재검토

(2.1) 설치간격 기준 마련 : 시공당시 온도를 고려한 신축량 산정

(2.2) 교대방향으로의 팽창 방지대책

(2.2.1) 전단키 설치, 교량 인접구간 팽창줄눈 설치간격 축소

(2.2.2) 알칼리반응성 골재 사용시 팽창줄눈 추가설치

(3) 신축이음장치 프리셋팅시 유간감소를 고려하여 여유량 배치

※ 설치 예

- 설치여건 : 콘크리트거더교, 신축장 100m미만, 일반지역, 대기온도 15℃
- (현행)설치유간=(계산량+여유량)/2 → (개선)설치유간=계산량/2+여유량

3.2.1 교대변위에 대한 주기적인 모니터링 실시

(1) 유간 및 교대 흉벽 기울기 측정위치 및 시기 표준화

(2) 대상 : 공용초기 전체교량 모니터링 → 변위발생교량 별도관리

(2.1) 준공 1년 이내 노선 : 신축이음부가 없는 교량을 제외한 전체 교량

(2.2) 준공 1년 경과 노선 : 교대변위 발생교량

(3) 시기 : 정기 · 정밀점검시, 하절기(8월), 신축이음 재설치시

(4) 측정위치 : 신축이음장치, 바닥판, 거더, 흉벽 각각 2개소

(4.1) 붉은색 페인트로 측정위치 표기

(5) 기록관리 : 유간조사 및 신축이음 보수시 양식에 따라 기록

(6) 정기보고 : 매년 6월말 및 11월말까지 본사 보고

3.2.2 하자관리 강화

(1) 변위발생 초기 대응강화 손상확대 방지

문제인식	o 신축이음장치 유간이 부족한 경우 교대변위 의심 ※ 설치시 유간 여유량이 많아 시공오류 가능성 낮음 o 바닥판 단부나 거더에 절단 흔적이 있는 경우 시공중 교대변위 이력이 있는 교량임 o 받침의 이동방향이 동절기에 교대방향으로 이동된 경우
원인분석 및 자료검증	o 시공사로 하여금 하자원인분석 자료 반드시 징구 o 기술과제 또는 자체 기술지원제도를 활용하여 검증 ※ 교대변위로 인한 교량부대시설(신축이음장치, 받침 등)손상은 교량부대시설의 하자기간인 2년이 경과하더라도 하자처리
보수·보강	o 단순 유간확보 지양 → 변위억제 공법 적용 - 단순 유간확보 후 재협착되는 사례 많음 ※ 성토부 그라우팅, 억지말뚝, EPS블럭, 영구앵커 설치 등

4. 결론

4.1 향후 추진계획

(1) 변위발생 교량의 손상유형별 보수.보강 방안 강구(2014년)

(1.1) 변위 해석 및 평가방법, 관리기준 등에 대한 관련 연구과제 수행중

(2) 초기점검시 교대변위 초기치 확보기준 강화(건설처, 2013년)

(3) 교대변위 최소화를 위한 설계 개선방안 수립(설계처, 2012년)

(4) 3D레이져스캔을 활용한 교대 초기치 확보 비용반영(설계처, 2013년)

(4.1) 건기법 규정한 초기점검비용 외에 별도 반영(CP점은 시공사에서 제공)

(5) 유간감소를 고려한 신축이음장치 설치유간 검토(녹색환경처, 2013년)

(6) 콘크리트포장 가로팽창줄눈 관련 기준 개선 추진(2013년)

(6.1) 설치간격, 교대방향 팽창억제 등(녹색환경처, 도로교통연구원)

5. 기타

5.1 교대변위 발생교량 현황분석

(1) 총괄

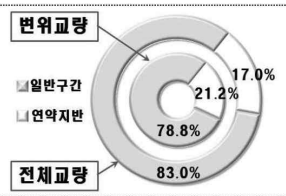
구 분	계	성토부 침하 수평변형	연약지반 측방유동	콘크리트포장 팽창압	
				알칼리골재반응	팽창줄눈 부족
교량수	197	119	39	30	9
교대수	255	161	50	33	11

(2) 연약지반 유무

(단위 : 교대수, %)

구 분	계	일반 성토구간	연약지반구간
전체교량	10,598 (100)	8,792 (83.0)	1,806 (17.0)
변위교량	255 (100)	201 (78.8)	54 (21.2)

※ 전체 구성비를 고려할 때 연약지반구간과 일반 성토구간에서의 발생빈도가 비슷하게 나타나며, 일반성토구간에서의 교대수평변위 발생 대책 필요

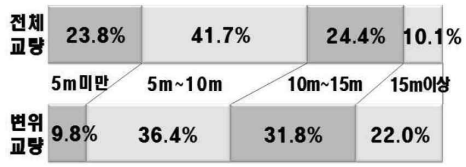


(3) 성토고에 따른 분류

(단위 : 교대수, %)

구 분	전체	5m미만	5m~10m	10m~15m	15m이상	비고
전체교량	10,598	2,519	4,426	2,584	1,069	연약지반 교량제외
	(100)	(23.8)	(41.7)	(24.4)	(10.1)	
변위교량	255	25	93	81	56	
	(100)	(9.8)	(36.4)	(31.8)	(22.0)	

※ 성토고가 높을수록 변위발생 빈도가 높고 특히, 성토고가 10m이상인 구간에서 변위발생 빈도가 높음



(4) 기초형식에 따른 분류

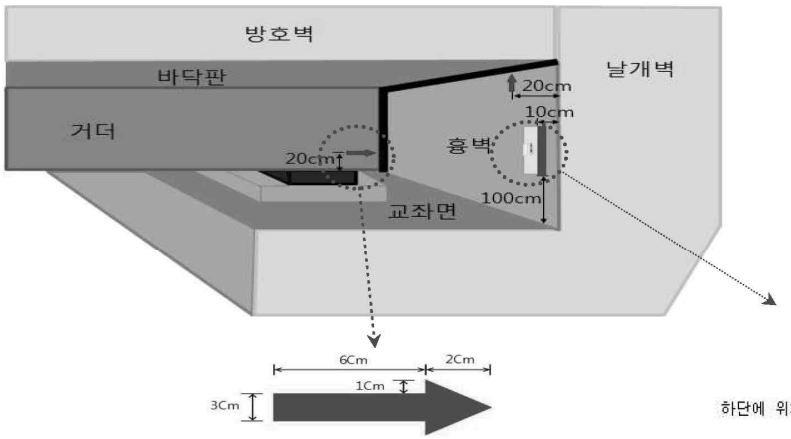
(단위 : 교대수, %)

구 분	전체	강관파일	직접파일	PC파일	기타	비고
전체교량	10,598	5,711	4,207	347	333	연약지반 교량제외
	(100)	(53.9)	(39.7)	(3.3)	(3.1)	
변위교량	255	153	72	18	12	
	(100)	(60.0)	(28.2)	(7.1)	(4.7)	

※ 직접기초보다 말뚝기초(강관, PC)의 변위발생 빈도가 높게 나타나며, 말뚝기초에 대한 변위억제대책 필요



(5) 신축이음부 유간 및 교대 흉벽 기울기 측정위치



<유간측정 위치표시>



< 기 울 기 측 정 >

구 분	유간 측정(6개소)						흉벽 기울기 측정(2개소)	
	신축이음장치(2개소)		바닥판(2개소)		거 더(2개소)			
	중분대	길어깨	중분대	길어깨	중분대	길어깨	중분대	길어깨
세부 측정위치	차선	차선	캔틸레버	캔틸레버	하 단	하 단	단 부	단 부