

# 고속국도 교량 측방유동 보강사례



**정연권**  
한국도로공사  
안동영덕건설사업단  
사업단장



**김현영**  
한국도로공사  
안동영덕건설사업단  
품질환경팀장



**이재권**  
한국도로공사  
안동영덕건설사업단  
품질차장



**최현철**  
한국도로공사  
건설처  
건설기준차장



**석지웅**  
한국도로공사  
안동영덕건설사업단  
공사과장



**임신환**  
(주)도화엔지니어링  
안동영덕건설사업단  
토질기술관리원  
(shlimnet@nate.com)

## 1. 개요

현재 건설중인 상주-영덕간 고속도로 건설사업은 총 연장 107.56km, 교량 115개소, 터널 38개소, 분기점 2개소, 나들목 7개소, 휴게소 3개소로 구성되어 있다.

설계속도 100km/h의 4차선으로 설계되어 있으며, 중부내륙고속도로(남북4축)와 중앙고속도로(남북5축)를 연결하여 경북 동북부 지연인 의성, 청송, 영덕 등의 관광자원과 산업자원 개발을 촉진하여 수도권과 대구, 포항, 경남권을 연결하는 남북방향 고속국도를



그림 1.1 안동-영덕 고속도로공사 전체 노선도

직접 연결함으로써 물리지원체계 확보를 통한 지역 균형 발전을 도모하기 위하여 계획 되었다.

이중 안동-영덕 고속도로 건설사업구간은 다음 그림 1.1과 같이 경상북도 안동시 길안면 만음리에서 영덕군 강구면 남산리까지 총 56.8km이며, 영덕IC Ramp-C교가 위치한 공구는 경상북도 영덕군 강구면 원직리~영덕군 영덕읍 남산리까지 연장 1.0km이다.

## 2. 측방유동 발생교량 현황

당 공사 구간 중 그림 2.1, 2.2와 영덕IC Ramp-C교 A2는 시공 전 측방유동에 대한 안정성을 검토하였으나 지반조건의 변화로 측방유동이 발생하였으며 이에 대한 보강사례를 전파하여 지반공학 기술자들에게 도움이 되고자 한다.

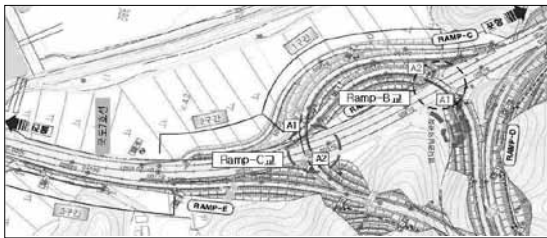


그림 2.1 위치도

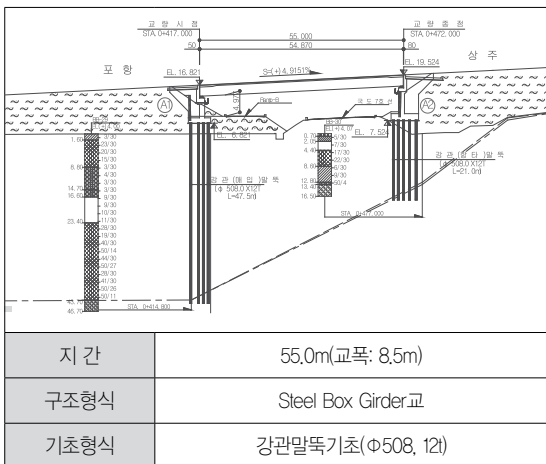


그림 2.2 영덕 IC R-C교 A1, A2 단면도

## 3. 교대 측방유동 발생 현황

영덕IC R-C교 A2 계측결과 뒷채움 시공 후 교대 변위 발생은 다음 표 3.1과 같다. 또한, 변위발생 방향은 다음 그림 3.1과 같다.

다음 그림 3.2와 같이 교대 날개벽 위치 토공부에 교

표 3.1 뒷채움 시공 후 교대 변위 계측 결과

위 치	방 향	발생변위	비 고
좌측	교축방향(전면)	91 mm	수평변위 허용기준 (15mm) 초과
	교축직각방향(좌측)	38 mm	
우측	교축방향(전면)	75 mm	
	교축직각방향(좌측)	29 mm	
기울기 계측결과	교축방향(전면)	-0.03°	1차 관리기준 ±0.12 2차 관리기준 ±0.19

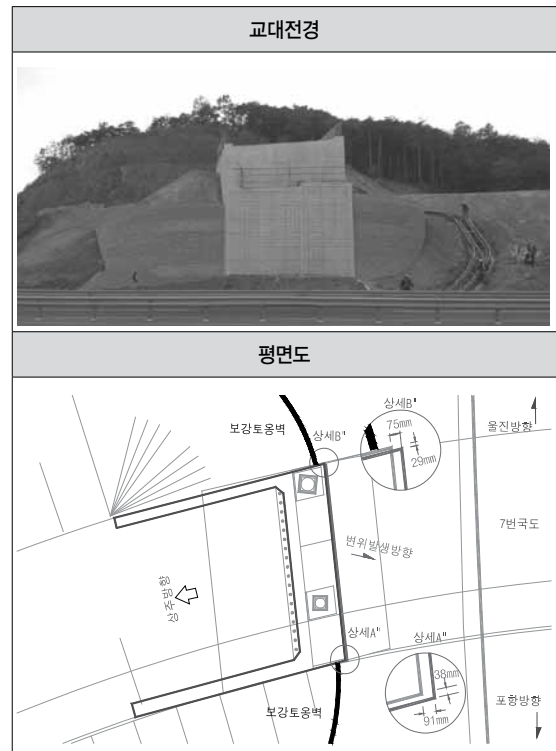


그림 3.1 교대전경 및 평면도

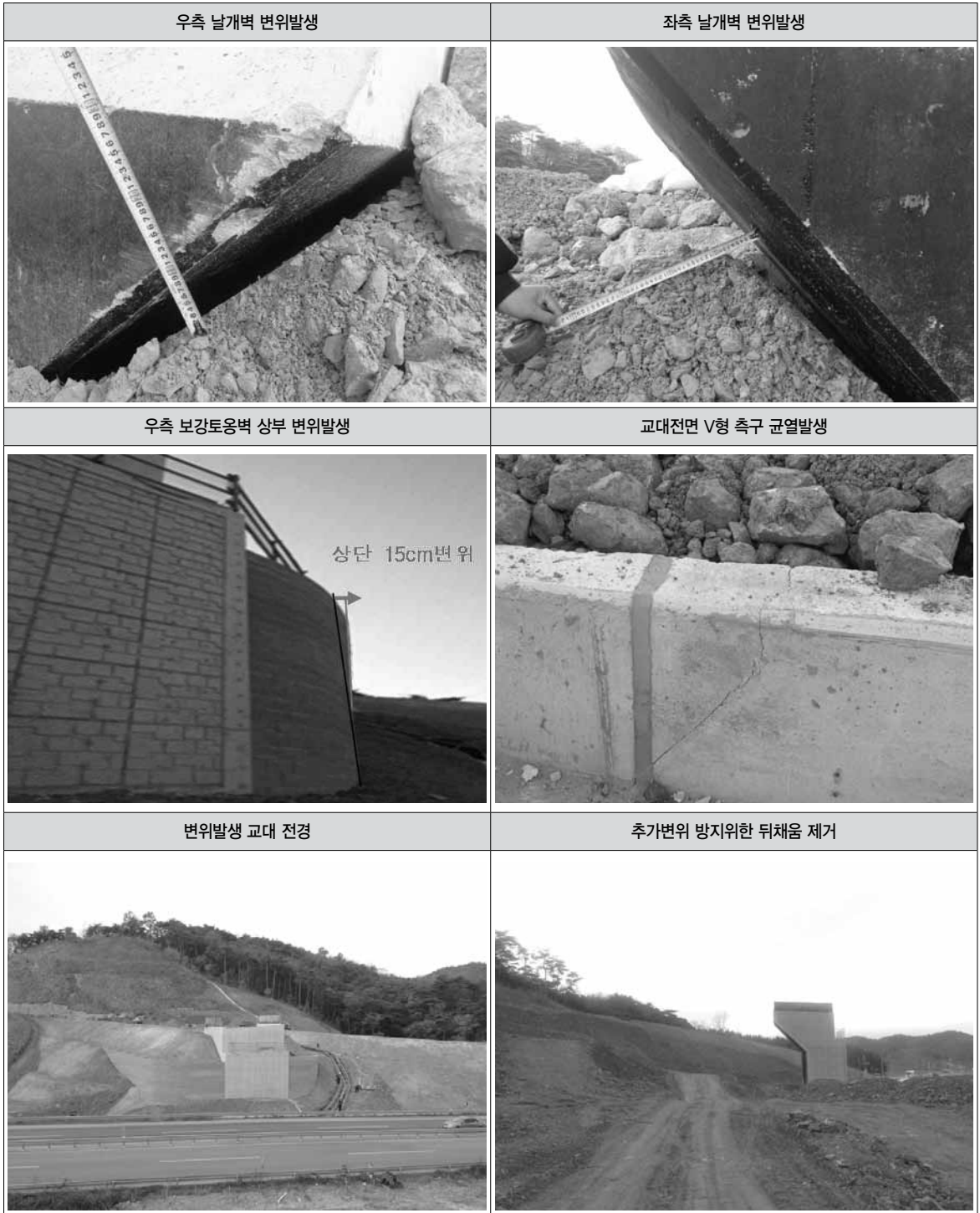
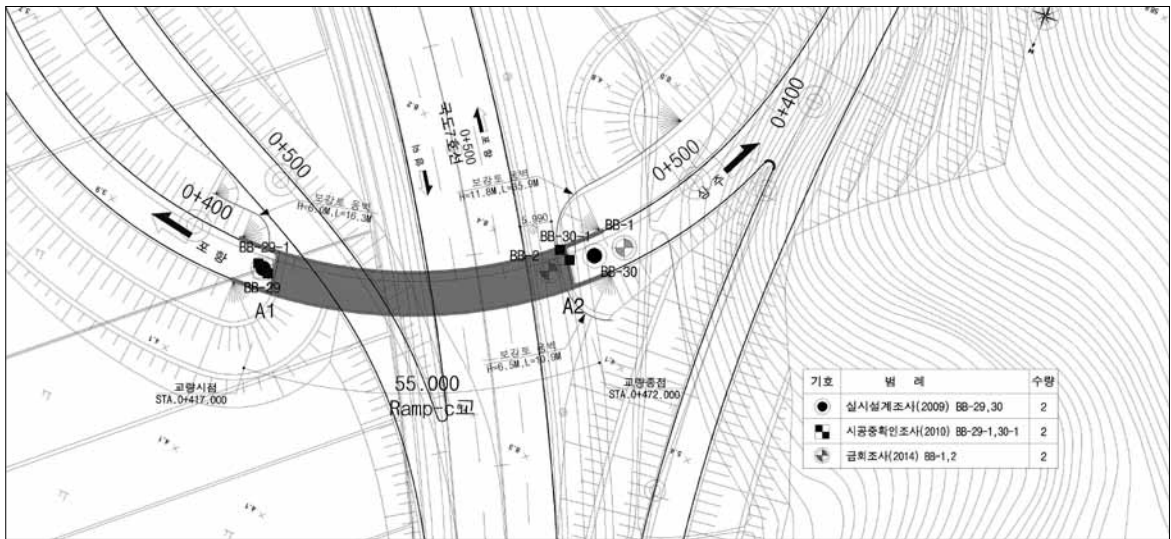


그림 3.2 변위 및 균열 발생

대 변위로 인한 공간이 형성되어 측방유동 발생을 쉽게 확인하였다. 또한 교대 전면부에 시공된 V형 측구에도 측방유동 영향으로 균열이 발생하였다.

R-C교 A2교대의 보다 정확한 지반조건을 규명하여 측방유동의 원인 및 안정성 평가를 위하여 A2교대 전·후면부에 대하여 다음 그림 4.1, 4.2와 같이 시추조사(2공), 표준관입시험 33회, 지하수위 측정을 실시하고 연약 점성토층에서 자연시료를 채취하여 실내시험을 실시하였다.

#### 4. 측방유동 발생원인 분석



공 번	위 치(STA.)	지 층	심 도(m)	두 께(m)	구 성상 태	N 치(TCR/RQD)	지 하수 위
BB-1 (교대 배면)	Ramp-C 0+482.5 (우3.1m)	매립층	0.0~4.0	4.0	자갈섞인 모래	8/30~11/30	GL -6.6m EL. +3.8m
			4.0~6.4	2.4	실트질 모래	11/30~15/30	
		퇴적층	6.4~7.0	0.6	자갈	-	
			7.0~12.3	5.3	실트질 점토	5/30~15/30	
		12.3~13.5	1.2	자갈섞인 실트질 모래	26/30		
		연암	14.0~16.0	2.0	사암의 연암	100/37	
BB-2 (교대 전면)	Ramp-C 0+468.2 (우1.8m)	매립층	0.0~5.5	5.5	실트 및 자갈섞인 모래	16/30~20/30	GL -7.5m EL. +1.6m
			퇴적층	5.5~8.0	2.5	실트질 점토	
		8.0~8.8		0.8	실트질 모래	-	
		8.8~12.0		3.2	실트 및 모래섞인 자갈	22/30~35/30	
		12.0~14.8		2.8	실트질 모래	11/30~13/30	
		연암	14.8~25.5	10.7	점토질 실트	5/30~9/30	
25.5~27.5	2.0	사암의 경암	96/19				

그림 4.1 지반조사 위치 및 내용

고속국도 교량 측방유동 보강사례

측방유동 원인분석을 위해 안정성 검토를 실시하였으며, 해석결과는 다음 표 4.1, 4.2와 같다.

R-C교 A2 교대구간에 대한 측방유동발생의 가장 큰 원인은 원설계시와 상이한 지층구조로 인한 것으로

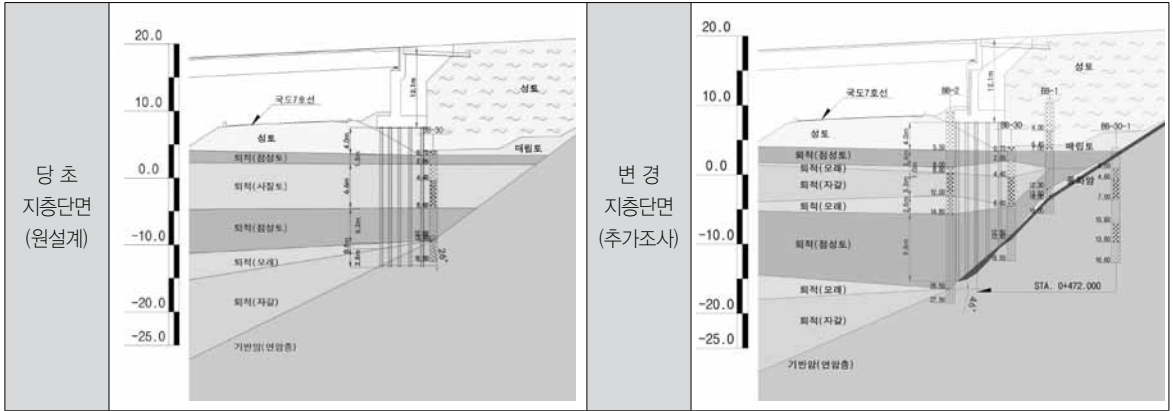
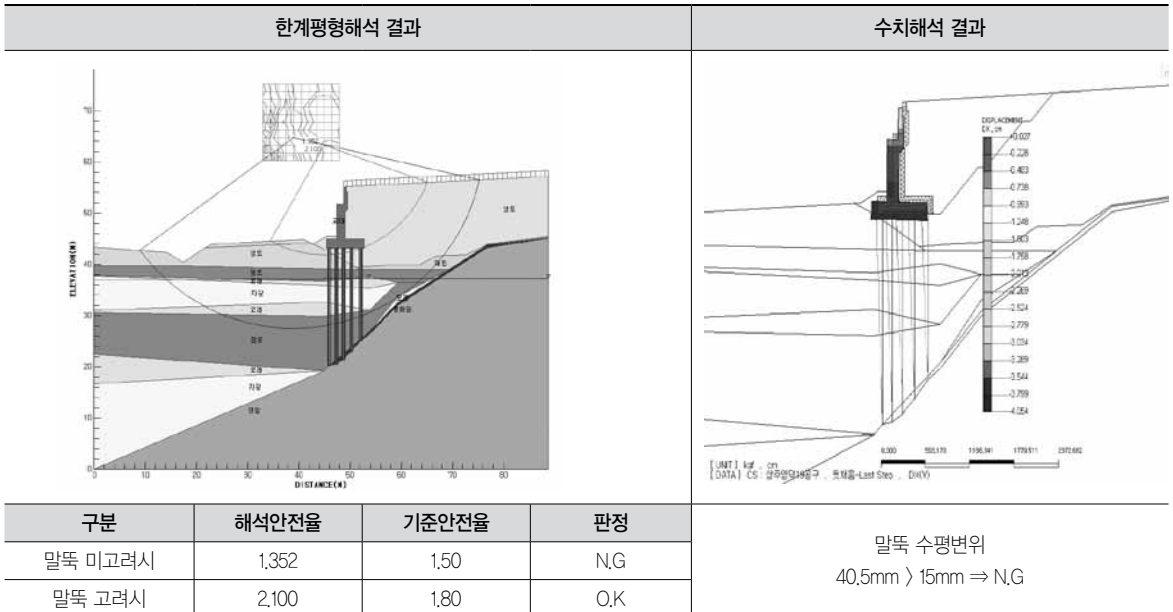


그림 4.2 추가 지반조사 상세

표 4.1 측방유동 검토결과

구분	한계평형해석결과		수치해석결과		판정
	말뚝 미고려시 (Fs > 1.5)	말뚝 고려시 (Fs > 1.8)	말뚝수평변위 (δ < 15.0mm)	말뚝휨모멘트 (M < 240MPa)	
원설계 지반조건	Fs = 1.54	Fs = 2.09	13.0	226.4	O.K
금회조사 지반조건	Fs = 1.35	Fs = 2.10	40.5	19.24	N.G

표 4.2 한계평형해석 및 수치해석 결과





## 6. Pile Slab 시공중 지반조건 변경에 따른 재검토

Pile Slab 기초말뚝(PHC) 시공 중 기반암의 심도변화가 크게 나타나 5공의 추가 시추조사와 일부 시험굴착을 통해 기반암선을 재확인하여 시공 중 보강범위를 변경하였다.

다음 그림 6.1과 같이 수치해석 결과로 말뚝기반암 근입 심도와 Pile Slab 시공범위를 조정하여 시공을 완료하였다.

그림 6.2와 같이 Pile Slab PHC말뚝 시공 중 기반암 상부에서 점토층을 확인할 수 있었으며, 이는 당초 시추조사 수량(교대위치 1공)의 한계로 조사되지 못한 교대배면 지반에 연약점토층(N<4이하)에 가까운 실험실점토층(N=5)이 분포하고 있음을 확인 하였다.

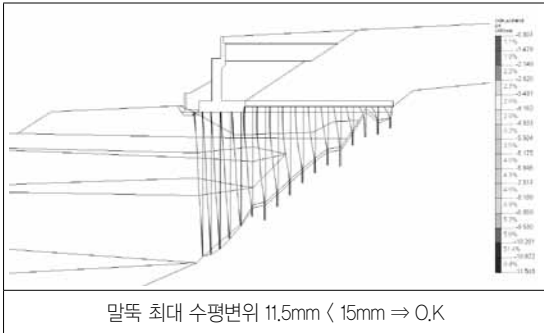


그림 6.1 Pile Slab 적용시 검토 결과(말뚝 실시공조건 반영)

## 7. 보강공사

보강공사는 그림 7과 같다.

## 8. 결 언

Ramp-C교 A2 교대는 시공 전 측방유동에 대한 사전검토를 하였음에도 불구하고 지반조건이 당초 검토 조건과 상이하여 측방유동이 발생하였다.

교대구조물 및 배면성토 완료단계에서 측방유동이 발생하였으며 측방유동 발생 즉시 배면성토 하중을 제거하여 추가적인 변위 발생을 방지하고 측방유동 발생 원인 및 보강방안을 검토하였다.

측방유동의 발생원인은 연약층의 두께 증가와 기초 Pile 선단 기반암의 급격한 경사 변화로 인한 것으로 판단된다.

측방유동 보강방안 검토시 기 시공된 교대에 추가적인 변위발생을 최대한 억제하고 장기적인 교대 안정성을 확보할 수 있는 방안으로 Pile Slab+경량혼합토 공법을 적용하였다.

기초 PHC Pile 시공 중 기반암의 심도가 시공 전 검토 조건과 차이를 보여 5공의 추가 시추확인 및 일부 터파기를 시행하여 기반암선을 재확인 후 PHC Pile 기반암 근입심도 및 Pile Slab 시공범위를 조정하여 시



그림 6.2 Pile Slab 기초 PHC말뚝 천공 작업시 점토층 확인

① Pile Slab 기초 PHC 파일시공



② 교대배면 경량 혼합토 시공



③ 시공완료 전경



그림 7.1 보강공사

공을 완료하였다.  
Pile Slab 시공완료 후 배면성토와 경량혼합토를 시

공하였으며 시공 중 계측결과 추가변위는 발생하지 않아 보강 공법이 적절하게 시행되었음을 확인하였다.