

TCM공법을 적용한 기존 교대구조물의 수치해석적 안정성 평가



김 남 석
STO엔지니어링 대표
kns8931@naver.com



홍 선 옥
부산시 주무관
hongsunuk@korea.kr

1. 서론

최근 도심지를 통과하는 지하구조물 건설공사 시, 기존에 설치되어 있는 지하구조물의 간섭 등으로 인해 공사비 증가, 공사기간 지연, 민원발생의 원인이 되고 있다. 이러한 문제점을 해소하고 안전시공이 되도록 하기 위해, 진접선(당고개~진접) 복선전철 제4공구 건설공사 중 주곡2교 교량 하부를 TCM(Trench Cut Method)공법으로 문형구조물을 시공함에 있어서, 기존 교대구조물 하부말뚝 절단에 따른 교대구조물 및 말뚝에 대한 안정성을 수치해석 기법 (FEM)을 통해 분석하였다. 특히, 문형지지구조물 시공계획에 대한 설계자료를 분석하여 시공 시 제반사항을 파악하고 그에 적절한 3차원 유한요소해석모델링을

통하여 시공단계에 따른 지반과 구조물의 안정성을 평가하여 기존 교대구조물의 구조적 안정성과 교대구조물 하부의 말뚝거동을 확인하고, 그 결과를 종합적으로 검토·분석하였다.

2. 검토개요

본 설계사례는 진접선(당고개~진접)복선전철 제4공구 건설공사 중, 기존 주곡2교 교량 하부를 비개착 공법인 TCM공법으로 문형구조물을 시공함에 있어서 기존 말뚝 절단에 따른 구조물 및 말뚝에 대한 안정성 검토로서, 문형지지구조물 시공계획에 대한 제반 안정성 검토를 수행

〈표 1〉 안정성 평가 교량 현황

교량형식	교량연장	교량폭	하중	준공일
단경간 RPF 거더교	43.0m	25.8m	DB-24, DL-24	2011. 09. 30



〈표 2〉 안정성 검토기준

구 분	말뚝지지력(kN)		말뚝 수평변위 (mm)	구조물 침하 (mm)	말뚝 허용력 (MPa)
	A1	A2			
허용 기준	865.60	791.70	15.0	25.0	140.0

하여 안전시공이 되도록 하는데 그 목적이 있다.

본 과업은 지반조사결과 및 관련 자료를 분석하여 시공 시 제반사항을 파악하고 그에 적절한 3차원 모델링을 통하여 비개착 구조물의 시공단계에 따른 지반과 구조물의 안정성을 평가하여 구조물의 구조적 안정성을 확인하고, 그 결과를 종합적으로 검토·분석한다. 또한 안정성평가를 위해 연속체로 이루어진 구조물이나 지반에 외적인 경계조건을 고려하여 이에 따른 내부변수를 계산하는 유한요소해석(FEM)프로그램인 MIDAS GTS NX를 이용하여 수치해석을 실시하였으며, 해석결과를 통하여 주곡2교

교대구조물 및 문형지지구구조물의 안정성 평가와 기존 교대구조물 하부 말뚝절단시 및 잭Up시 인접말뚝의 안정성도 확인하고자 한다. 뿐만 아니라 수치해석적으로 본 구조물에 설계하중이 작용하는 경우와 실하중이 작용하는 경우에 대해서도 각각 하중초기조건을 달리하여 비교 분석하였다.

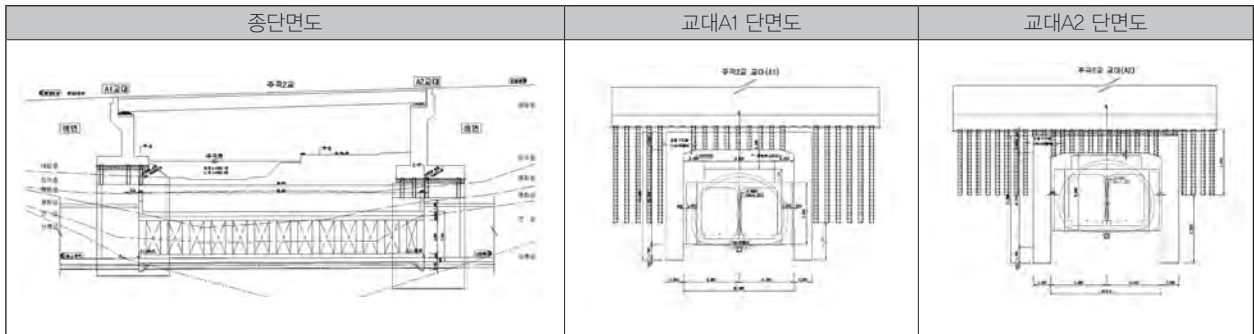
수치해석시 검토기준은 기존 주곡2교 말뚝기초의 설계 지지력과 일반적인 허용기준을 참고하여 적용하였다.

3. TCM(Trench Cut Method) 공법을 적용한 유한요소해석 모델

3.1 해석 검토조건

주곡2교 하부통과구간 TCM 공법 안전성 검토시 해석조건은 설계하중과 실하중 조건으로 구분하여 검토

〈표 3〉 검토 단면



〈표 4〉 지반설계정수

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
쌓기재	토 사	19.0	15	25	30	0.35
	암버력	20.0	0	37	100	0.32
매 립 층		18.0	5	28	25	0.34
퇴적/ 붕적층	모 래	18.0	0	29	30	0.33
	자 갈	19.0	0	35	65	0.32
풍화토	N<50	19.0	20	30	60	0.33
	N≥50	19.5	25	31	90	0.32
풍 화 암		20.0	40	33	250	0.30
연 암		23.0	500	35	1,800	0.27
보 통 암		25.0	1,000	38	5,000	0.25
경 암		26.0	2,500	41	12,000	0.22

하였으며, A1교대와 A2교대에 대해서도 각각 검토 수행하였다.

3.2 검토 단면

지층조건은 상부로부터 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암 순으로 분포하고 있으며, A1교대와 A2교대에 대해서 시공단계별로 각각 검토하였다.

3.3 해석 물성치

본 해석에 사용된 지반설계정수는 토질역학에서 가장 널리 쓰이고 있는 Mohr-Coulomb 모델(탄소성재료모델)을 사용하였다.

3.4 지반경계조건 및 하중조건

해석영역에 대한 경계 조건은 지반의 반무한평면으로 구현하여 굴착의 영향 없는 구역이 발생하도록 모델링 영역을 확대하였다.

수치해석에 적용된 설계하중 및 실하중 조건은 기존 주곡2교의 구조계산서를 참고하였으며, 잭 UP하중은 말뚝 설계하중 평균치를 산정하여 적용하였다.



〈표 5〉 수치해석 모델링

구분	내용
적용 모델	구조물 : Elastic모델 적용 지반 : Mohr-Coulomb 파괴 기준에 따른 탄소성모델 적용
적용 요소	지반 및 구조물 : Solid요소 말뚝 및 가시설 : Beam요소 가시설 벽체 : Plate요소 요소수 : 809,393개 절점수 : 167,714개

〈표 6〉 하중조건

구분	설계하중	실하중	잭UP하중
A1 교대	43,383.40kN (본당637.99kN)	14,772.90kN	637.99kN/ 개소당
A2 교대	66,158.23kN (본당642.31kN)	14,772.49kN	642.31kN/ 개소당

4. TCM(Trench Cut Method) 공법 시공 단계별 해석 결과

4.1 시공단계

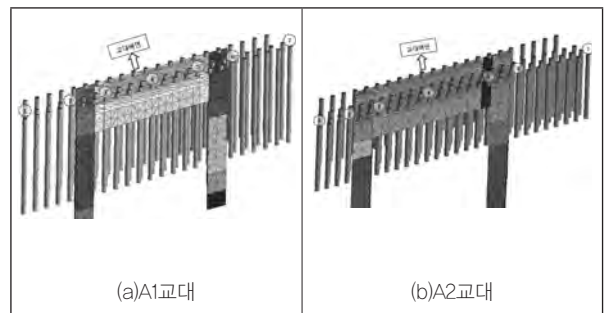
〈표 7〉 해석 시공단계

구분	STEP	해석과정
시공 전 단계	0	원지반 모델링
시공 단계	1	기존구조물 말뚝 하중재하
	2	좌측트렌치벽체굴착 및 말뚝제거, 좌측벽체설치
	3	우측트렌치벽체굴착 및 말뚝제거, 우측벽체설치
	4	슬래브부 면굴착
	5	문형지지구조물 상부슬래브 설치
	6	잭 UP 실시
	7	문형지지구조물 하부 굴착 및 말뚝제거

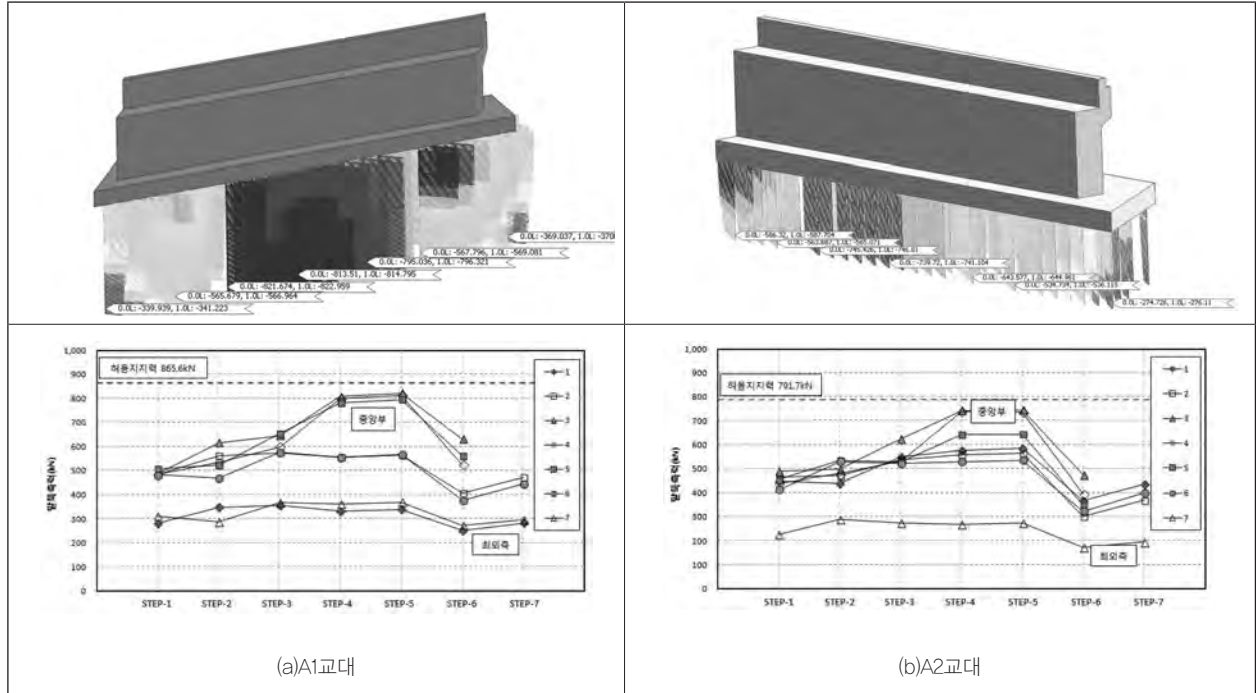
4.2 검토위치 선정

문형지지 구조물 시공에 따른 해석단면 결과분석은 기존 말뚝의 최외측, 말뚝 절단시 인접하여 위치한 말뚝, 중심부에 위치한 말뚝 등 주요 7개 지점을 선정하였다.

〈표 8〉 주요 검토위치



〈표 9〉 시공단계별 해석 결과(말뚝 반력)



4.3 검토결과

문형지지구조물 시공단계에 따른 주곡2교 교대 구조물의 발생변위는 설계하중 조건에서 최대 4.32mm 발생하여 허용기준 이내로 나타났으며, 말뚝축력은 최대 821.67kN으로 말뚝의 허용지지력 이내로 확인되었다.

또한, 말뚝축력은 문형지지 구조물 시공을 위한 지반굴착 및 말뚝절단시 축력이 증가하는 경향을 보이다가 잭 UP시 약 23~25% 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론

시공단계 및 하중조건을 고려한 수치해석으로부터 도

출한 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 주곡2교 하부통과구간에 대한 시공단계별 해석결과 주곡2교 구조계산서의 말뚝작용력을 구현한 설계하중조건과 구조형상 및 지반조건 등 각종 조사근거를 적용한 실하중조건 모두 구조물의 변위, 말뚝축력 등 허용기준을 만족하는 것으로 검토되었다.
- (2) 말뚝축력은 문형지지 구조물 시공을 위한 지반굴착 및 말뚝절단시 축력이 증가하는 경향을 보이다가 잭 UP시 감소하는 것으로 나타났다.
- (4) TCM공법 적용에 따른 기존 교대구조물의 안정성을 확보할 수 있도록 향후 시공시 수치해석결과를 반영한 계측계획 및 시공관리 계획을 수립토록 조치하였다. ☺