철저한 검증으로 해외 진출의 기반을 다지다

현지 지반특성을 고려한 지오백 기초공법(D-BOX)의 기술개량 및 동남아 현지 사업화

글. 이광우 인프라안전연구본부 수석연구원

시지엔지니어링㈜은 연약지반보강에서 두각을 나타내는 국내 토공·토목 전문기업으로 우수한 공법과 시공실적을 확보하고 있음에도 베트남 현지화 사업에 어려움을 겪고 있었다. 이에 한국건설기술연구원은 자체 보유기술과 베트남 현지화 사업의 경험을 살려 해당 기업의 현지 진출을 지원사격하였다.

현지 공략을 위한 계획 세우기

시지엔지니어링㈜이 개발한 지오백 기초공법(이하 D-BOX 공법)은 상자모양의 토목섬유 자루에 쇄석 등 마찰각이 큰 재료를 채워 지반에 설치하는 지반보강공법의 한 종류다. 일반적인 지오백과 달리 일정한 형상을 유지할 수 있는 트러스 밴드를 적용하여 내부 채움재의 구속효과를 증대, 전단강도 큰 강성지반을 형성함으로써 지지력을 향상시키고 하중을 분산시켜 침하량을 줄일 수 있다. 특히 포화된 연약지반에 설치하면 D-BOX 하부의 원추형 구덩이가 토사를 구속하고 간극수압을 소산시켜 압밀에 의한 국부적인 지반강화 효과를 얻을 수 있다. 이와 같은 특성으로 연약지반 상부의 기초 보강방안 및 액상화 방지 공법으로 사용하는 등 다양한 토목 및 건축분야에 적용할 수 있어 최근 한국과 일본에서 사용성이 증가하고 있다.

베트남에서도 2016년 이후 다양한 관 발주 공사에 D-BOX 공법의 적용 검토 및 설계 제안이 이루어졌으나 현지 전문 인력 및 실증 부족과 베트남 설계기준(TCVN) 등록 미비로 관 발주 프로젝트 및 대단위 토목공사에서 공법 채택에 배제되고 있는 실정이었다. 이에 한국건설기술연구원은 기술지원을 통해 베트남 건설시장에 D-BOX 공법을 성공적으로 안착시키고 나아가 주변 동남아 국가로의 시장 확장을 추진을 꾀하였다. 성공적인 현지 적용을 위해서는 기술의 현지화 검증, 매뉴얼 작성, 베트남 기술인증 및 TCVN 등록 등이 필요하였다.

새로운 기틀을 만들다

구체적인 실행 목표로 D-BOX 공법의 성능에 대한 실·검증을 통해 베트남 국가연구소인 IBST 성능 인증을 획득하고 이를 기반으로 베트남 설계기준인 TCVN 등록을 추진하였다.

먼저 D-BOX 공법의 성능검증을 위하여 새만금 일반산

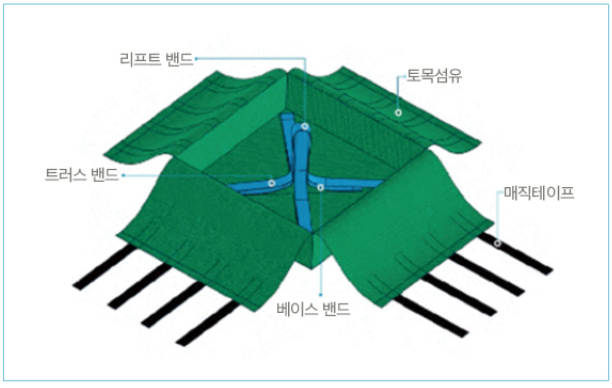

그림 1. 트러스밴드가 내부 장착된 D-BOX의 구조

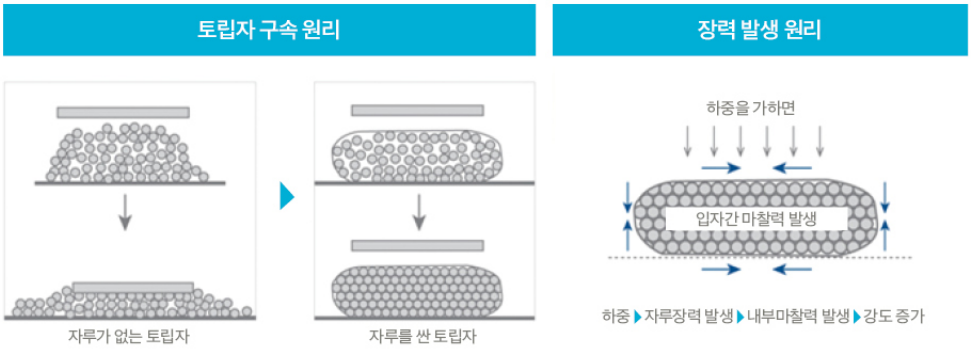

그림 2. D-BOX 내부 토립자 구속 및 장력 발생 원리

그림 3. 국내현장시험

구분	최대침하량 (mm)	허용지지력 (kPa)	비 고
D-BOX 시공	30.9	103.0	허용지지력 안전율 = 2.0
원지반	58.5	64.0	

표 1. 국내현장시험 결과

업단지 조성공사현장에서 대형재하시험을 수행하였다. D-BOX의 설치 유무에 따른 지반의 침하량을 확인하고 한국건설기술연구원 보유기술인 '휴대형 동적 콘 관입시험(김욱기 등, 2014)'으로 지반의 층후 및 강도특성을 확인하였다. 재하시험의 실효성을 높이기 위해 2.0X2.0m의 대형평판을 사용하였으며, 하부지반으로의 하중전달 특성을 평가하기 위해 기초의 하부로부터 0.5m 및 1.5m 깊이에 토압계를 설치하여 시험중 토압을 측정하였다. 시험결과 D-BOX 설치 시 원지반 대비 침하량은 47.2% 감소하였으며 허용지지력은 약 61% 증가하였다.

국내현장시험에 이어 IBTS 주관하에 베트남 빈탄 현지에서의 대형평판재하시험도 진행하였다. 베트남 설계기준인 9354; 2012를 준수하여 1.0x1.0m의 대형평판재하실험을 수행하였으며 시험결과 침하량은 30.8% 감소, 허용지지력은 약 43% 증가하였다. 국내외 성능평가 결과 D-BOX 공법 시공에 따른 지반보강효과를 확인하고 IBST와 기술인증을 위한 업무협약을 맺었다.

기술로 미래를 채우다

성능 실증 연구결과에 근거하여 D-BOX 공법을 검증 후 설계, 시공, 품질관리 매뉴얼을 작성하였다. 또한 한국건설기술연구원과 ISBT 기술인증 결과를 토대로 TCVN 설계기준 등록 절차를 진행하였다. 이후 베트남 현지 설계/컨설팅 업체와 연계하여 정보를 수집하고 설계를 제안하였다. 빈탄 지역 도로 현장 적용을 위해 시공현장을 방문, 시공성 및 현장적용성을 검토하였으며 Vin City 건설현장 내 하수관로 Pipe 기초에 시험시공을 결정하였다. 또한 GS건설 베트남사무소를 방문하여 냐베신도시 사업 내 설계 반영을 추진하고 실물시험을 통한 기술검증을 추진하였다. 아울러 지반강성 확인에 사용된 한국건설기술연구원 보유기술인 '휴대형 동적 콘 관입시험(DCPT)'의 동반진출 가능성도 확인하였다.

D-BOX 공법이 베트남 시장에서 연약지반 개량 공법으로 인증되어 적용이 확대될 경우 연약지반보강 분야에서 기술적 우위를 선점할 수 있어 주변 동남아 국가 진출을 기대할 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 지금까지의 연구성과를 바탕으로 D-BOX 공법의 베트남 현지 시장 안착 및 주변국으로의 시장 확장을 위해 다음과 같은 연구를 수행할 계획이다.

그림 4. 국외현장시험

구분	최대침하량 (mm)	허용지지력 (kPa)	비 고
D-BOX 시공	50.9	182.6	허용지지력 안전율 = 2.0
원지반	73.5	127.7	

표 2. 국외현장시험 결과

○ **현장여건에 따른 적용성 평가 시험**

- TEST BED(대심도 연약지반 또는 늪지대 지역) 현장을 대상으로 D-BOX 공법의 장/단기 성능평가 수행

○ **IBST 기술인증 결과를 토대로 TCVN(베트남 설계기준) 등록 절차진행**

- 베트남 건설부(MOC)와의 미팅을 통해 2019년 TCVN 등록 예정

○ **설계, 시공 및 품질관리 매뉴얼 완성**

○ **D-BOX공법 현지화 및 베트남 시장 안착 → 수주 확대 가시화**

- 베트남 각 지역에 Licensee를 발굴하여 기술이전(특허권 방어효과) 추진
- D-BOX공법의 설계, 컨설팅 및 감리업체 양성/전문 엔지니어링 구축
- NAGECCO(건설부산하 국영 설계회사), PTSC(PETROVIETNAM TECHNICAL SERVICES CORPORATION) 등 베트남 현지 설계/컨설팅 업체와 연계하여 설계 제안

○ **주변국 대상 기술설명회 개최 등 동남아 주변국 진출 추진**

- 인도네시아, 말레이시아 등과 협력체계 발굴 및 기술 적용

○ **기술실시계약 체결**

- 2019년 내 D-BOX 공법에 대한 기술실시계약 체결

표 3. 베트남 현지 시장 안착 및 동남아 진출을 위한 향후 계획