

효율적 지반조사를 위한 차량 탑재형 시스템의 구축

Track Mounted Vehicle Systems for the Field Tests and Investigations

조성민¹⁾, Sung-Min Cho, 김홍중¹⁾, Hong-Jong Kim, 장용채²⁾, Yong-Chai Chang,
김성환²⁾, Sung-Hwan Kim

- ¹⁾ 한국도로공사 도로연구소 지반연구실 책임연구원, Chief Researcher, Geotechnical Div. of Highway Research Center, Korea Highway Corporation
²⁾ 한국도로공사 도로연구소 지반연구실 수석연구원, Research Director, Geotechnical Div. of Highway Research Center, Korea Highway Corporation

SYNOPSIS : The operation of appropriate field testing equipments is essential to get the real characteristics of the field grounds. KHC built the track mounted vehicle system for the field ground investigations. This system is mounted on Ford heavy truck chassis and provides the most efficient arrangement for the field tests and the site investigations. This system consists of hydraulic pressure systems, generating systems, water suppliers, and many testing devices. The various equipments for cone penetration tests, self-boring pressuremeter tests, flat dilatometer tests, field vane tests and standard penetration tests are installed in the cabin of the system. The drilling and the undisturbed soil sampling are available. This vehicle is mobile where other heavy vehicles would need a bulldozer, thanks to the track system which is controlled hydraulically. By retracting the tracks, this vehicle runs as an ordinary truck on a highway. All-weather testing is possible owing to the cabin and the air-conditioner.

Key words : field test, site investigations, track mounted vehicle system

1. 개요

최근 들어 지반조사의 중요성이 부각되면서 현장 시험에 대한 관심이 증대되고 있다. 현장 시험은 채취한 시료를 대상으로 하는 실내 시험에 비하여 지반의 교란이나 응력 상태 변화에 의한 영향을 적게 받아 그 결과의 신뢰성이 상대적으로 높고, 비교적 신속하게 수행할 수 있다는 장점이 있으나, 시험 장비가 대체로 비싸고 부지 및 기후 조건에 따라 현장 접근성 및 작업성이 저하될 수 있다는 점과 기존의 설계 관행 때문에 우리나라에서는 표준관입시험과 베인시험 외에는 많이 활용되지 못하다가, 근래 수년 사이에 피에조콘관입시험 장비가 도입되면서 이 분야에 대한 연구와 수행 실적이 늘어나고 있다.

현장 지반조사를 통해 설계나 관련 해석에 필요한 합리적인 지반정수를 얻기 위해서는 지반 조건 및 구조물의 종류를 고려한 적합한 시험기법과 적절한 장비의 선정이 전제되어야 한다. 시험 결과의 신뢰성은 장비의 제원 및 운용 시스템의 안정성에 크게 영향을 받기 때문이다. 이에 따라 본 연구진은 채래식 방법의 시험과 근래 도입된 다양한 기법의 시험 및 조사의 일괄적인 수행을 위하여 관련 시험 장비를 집적화하고, 기후 조건과 상관없이 전천후 조사가 가능하며 매우 연약한 지반에도 진입할 수 있는 차량 탑재형 지반조사 시스템을 구축하였다. 이 시스템에서는 시험 장비의 많은 부분을 자동화하여 시

험시의 번거로움과 오차 발생 소지를 대폭 감소시켰다.

구축된 시스템에는 장비 운용을 위한 기본 설비로서 동력 장치와 유압 시스템, 그리고 전원 및 물 공급 장치를 설치하였으며, 연약한 지반에서 장비의 진입과 이동이 가능하도록 타이어 바퀴 외에 상하이동식 궤도(track)를 장착하였다. 이에 따라 일반 도로 주행시에는 타이어 바퀴를 사용하며, 필요시 궤도를 내려서 이동할 수 있다. 그리고 모든 시험 장비는 냉·온방기가 설치된 캐빈(시험실) 내에 설치되어, 기후 조건과 상관없이 현장에서 시험을 수행할 수 있다(그림 1).

수행 가능한 현장 시험은 콘관입시험(CPT, cone penetration test), 자가굴착식프레셔미터시험(SB-PMT, self-boring pressuremeter test), 현장베인시험(FVT, field vane test), 달라토미터시험(DMT, flat dilatometer test), 표준관입시험(SPT, standard penetration test) 등이며, 자체 굴착 장비를 이용하여 50m 깊이까지 시추공 굴착(드릴링)을 할 수 있고, 필요시 불교란 흙 시료와 지하수 시료를 채취할 수 있다. 다음 표 1은 Campanella와 Robertson(1983)이 현장 시험방법별로 신뢰성을 평가하여 제시한 표를 인용한 Wroth(1984)의 글에서 본 장비와 관련된 시험 부분만을 재인용하여 정리한 것이다.

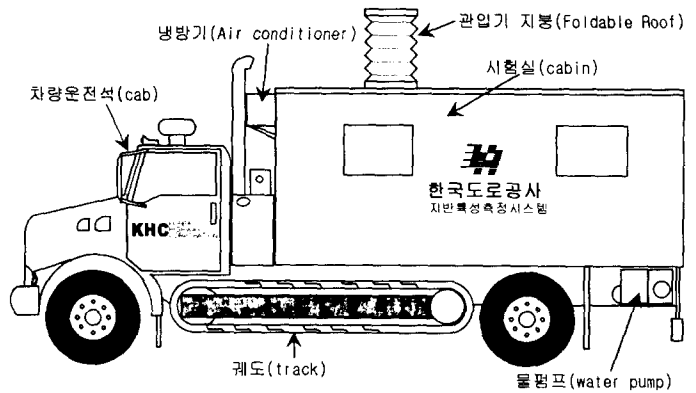


그림 1. 차량 시스템의 측면도

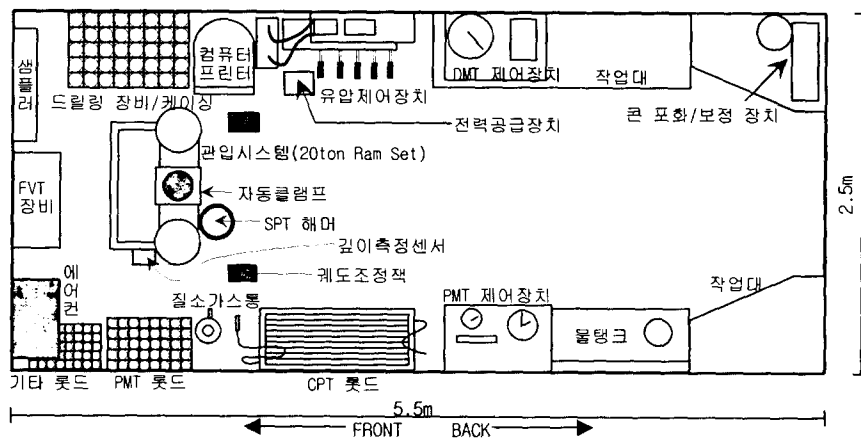


그림 2. 캐빈(시험실) 내 장비 배치 평면도

표 1. 현장시험법의 신뢰성 비교(Wroth, 1984; 재인용)

측의 분류	지층 구성	상대 밀도	마찰각	비배수 전단 강도	간극 수압	응력 이력	탄성 계수	압축성	압밀 계수	투수 계수	0.01mm- 크기 입자 의 함량	액상화 평가
CPT ₀	A	A	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A
SB-PMT	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
DMT	B	A	B	C	-	B	B	C	-	-	C	B
FVT	B	C	-	A	-	B	-	-	-	-	-	-
SPT	B	B	B	C	-	-	-	C	-	-	-	A

(A: 우수, B: 보통, C: 불량)

2. 시스템의 구성

이 시스템은 크게 차량, 보조 설비, 그리고 시험 장치로 구분할 수 있다. 그림 3은 이를 개략적으로 나타낸 것이다. 보조 설비는 유압 시스템, 전원 공급 장치, 릿드 세척 장치, 물 공급 장치 등과 연약 지반 진입을 위한 궤도 및 실내 시험실(캐빈) 등이다. 각종 시험 장치는 이들 보조 설비의 지원으로 작동하게 되어 있으며, 시험실의 작업 공간 확보와 장치의 최적화를 위하여 가급적 서로의 부품을 공유하는 방향으로 구축하였다. 이를테면 CPT, FVT, DMT, SPT, 샘플링 시에는 모두 콘 릿드를 사용하며, 시추공 굴착과 PMT의 굴착시에는 동일한 물 펌프를 이용한다.

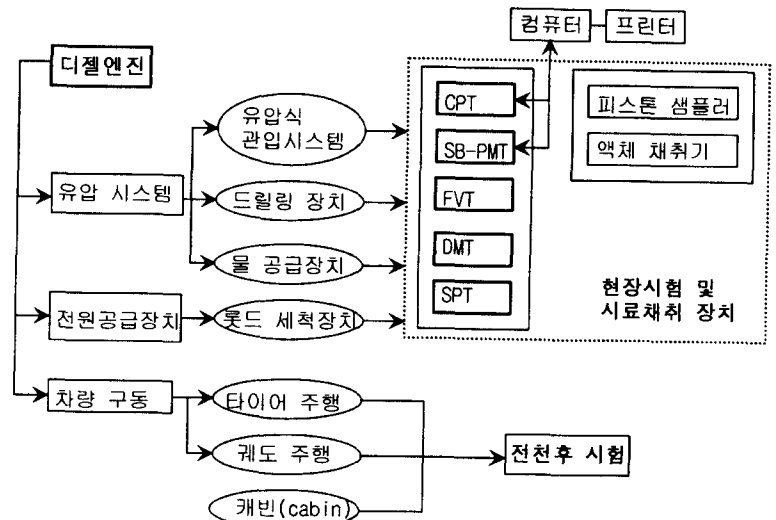


그림 3. 시스템의 구성 개요

2.1 차량 및 보조 설비

시험 장비를 탑재한 차량은 Ford사에서 제작한 2축 트럭으로 시험 장비를 포함한 총중량은 약 19.5t이다. 이 시스템의 주동력은 Caterpillar사의 직렬6기통(V6) 7,200cc 디젤엔진(최대출력 142kW(=90마력)/2,200rpm), 최대토크 705N·m/1440rpm)으로서 차량의 구동과 함께 PTO(power take-off) 기능에 의한 유압 시스템의 작동, 발전 설비의 작동을 담당한다.

엔진 힘으로 작동하는 유압 시스템은 유압 펌프(압력 3200psi), 유압 제어 장치(hydraulic control unit), 유압식 관입기(hydraulic ram set) 등으로 구성되어 있다. 유압 제어 장치는 상, 하단 이중 구조로 되어 있는데, 상단 밸브 세트는 물 펌프와 드릴링 모터의 구동과 궤도 높낮이의 제어를 담당하고, 하단 밸브 세트는 유압식 관입기와 유압 모터를 제어한다. 시험 도중에는 유압 시스템의 원활한 작동을 위하여 엔진 회전수를 1,500rpm으로 정속으로 유지시킨다. 제어 장치의 밸브에는 조절 나사가 있어 유압을 조절할 수 있으며, 이에 따라 장치들의 구동 속도를 제어할 수 있다. 유압식 관입기의 압입 능력은 20t이며, CPT를 위한 기본 관입속도는 ASTM에서 규정한 사운딩 속도인 2cm/sec에 맞추어져 있으며, 제어 밸브를 통해 조절 가능하다. 관입기의 뒤쪽에는 당초 시험 도중 자중만으로 관입이 곤란할 때를 대비하여 유압 모터로 작동하는 앵커 시스템을 설치하였으나, 본 차량 장비의 자중이 거의 20t에 달하여 사용성이 극히 저조할 것으로 판단해서 통상 시스템에서는 분리하였다.

그리고, 이 장비는 일반 차량으로는 진입이 어려운 점토층이나 험로 등에도 자유롭게 들어갈 수 있어야 하므로 이를 위하여 유압으로 구동하는 궤도(track)를 탑재하였다. 궤도를 내렸을 때의 접지압은 50kPa 이하로서, 연약층 및 험로 주행은 물론이고 다른 중차량의 견인이 가능하다. 궤도의 상하 이동은 캐빈 내의 유압 제어 장치에서 조절하며, 구동은 트럭 운전실 내의 별도 조종간을 사용하여 한다.

자가굴착식프레셔미터시험과 시추공 굴착시에 필요한 물을 공급하기 위하여 차량의 뒤쪽에는 배수용량 60l/min 이상의 유압식 물 펌프를 장착하였다. 또한 사운딩 후 릿드 및 케이블 인발시 흙 등 이물질이 자동으로 제거할 수 있도록 릿드 세척 장치를 설치하였다. 릿드 세척 장치는 물탱크와 전동기, 그리고 노즐로 이루어져 있으며, 고압의 물을 릿드에 분사하여 진흙 등을 씻어낼 수 있다. 시험실의 조명, 전동기의 구동을 위한 전력 공급을 위하여 엔진 동력을 이용한 자체 발전 설비가 갖추어져 있어, 12V는 물론이고 110/220V의 전원을 이용할 수 있다.

2.2 콘관입시험(CPT) 장치

정적콘관입시험은 국내에 도입된 지 얼마 되지 않았음에도 비교적 빠른 속도로 활성화되고 있는 현장시험법이다. 이 시험의 최대 장점은 지반 특성을 깊이별로 연속적으로 파악할 수 있다는 점이며, 또한 장비가 고가이기는 하나 시험 방법이 비교적 간단하고 신속하다.

콘관입시험 장치는 유압식 관입기, 콘 로트드, 콘, 콘 케이블, 컴퓨터, 프린터 등으로 이루어져있다. 그림 4는 이 장치의 개요도이다. 사용 가능한 콘은 ASTM D-3441에 규정된 선단 단면적 10cm^2 의 표준 콘으로 선단저항력 q_c , 주면 마찰력 f_s , 기울기 I 를 측정할 수 있는 3채널 콘과 여기에 간극수압까지 측정이 가능한 4채널 피에조콘, 그리고 지중의 수소이온농도(pH)와 산화-환원 가능성(redox potential)을 측정할 수 있는 환경콘이다. 이들은 내부에 스트레인 게이지 변환기와 증폭기를 갖춘 전자식 콘으로 선단저항은 100MPa , 주면 마찰은 1Mpa 까지 측정 가능하며, 콘의 기울어진 정도인 경사각은 10° 까지 측정된다. 콘 내부의 전자장치는 콘 케이블을 통해 로트드 내로 계속 연결되어 컴퓨터와 접속된다. 컴퓨터는 트럭 인터페이스 및 깊이 측정 센서와도 연결되어 시험 도중 심도를 자동으로 측정할 수 있다. 콘 관입 시험 도중 연속적으로 측정된 데이터는 컴퓨터로 바로 전송되어 내장된 해석 프로그램에 의하여 분석된다. 해석 프로그램은 UBC에서 개발한 것으로 측정 데이터를 곧바로 분석하여 도시화하고 흙을 분류한다. 피에조콘은 시험 전에 다공질 팁을 포함한 내부를 완전하게 포화시켜야 하므로, 캐빈 내에는 이를 위한 진공펌프와 글리세린 용액을 설치하였다. 또한 일정 기간별로 선단 저항, 마찰 저항, 간극수압에 대한 보정 작업(calibration)을 수행할 수 있도록 이와 관련된 설비를 부착하였고, 콘의 청소와 수선을 위하여 작업 도구를 장착하였다.

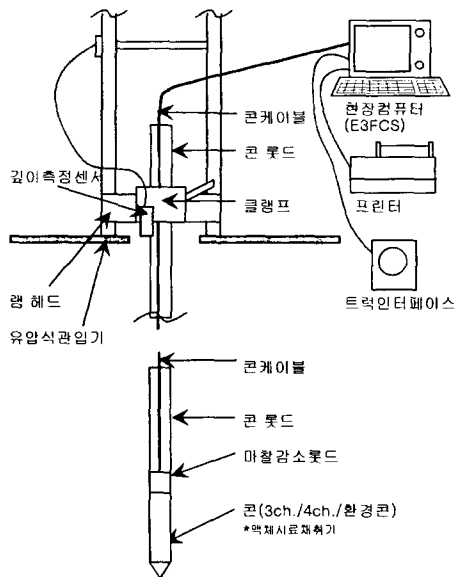


그림 4. CPT 장치

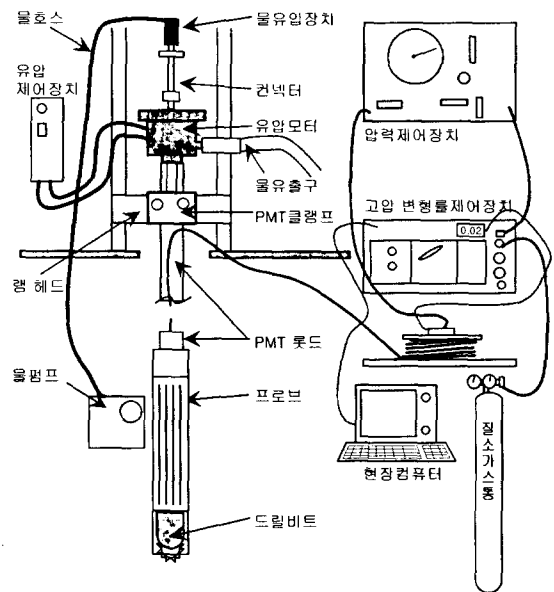


그림 5. SB-PMT 장치

2.3 자가굴착식 프레스미터시험(SB-PMT) 장치

프레스미터시험(PMT)은 지중에서 프로브를 팽창시켜 이 때의 압력과 변위를 측정하는 현장시험으로, 국내에서는 아직 보편화되지 않고 있으나 유럽과 미국 등지에서는 이와 관련한 연구가 널리 행해지고 있다. 이 시험은 여타 다른 실내·현장 시험과는 달리 횡방향 재하를 기본으로 하기 때문에 매우 유용한 지반 정보를 얻을 수 있다. 이 시험은 프로브를 설치하는 방식에 따라 자가 굴착식(self boring), 선굴착식(pre-boring), 압입식(push-in)으로 나뉘는데, 현재 국내에서 일부 사용되는 장비는 모두 선굴착

식으로 운용되는 것이다. 선굴착 방식의 프레스미터시험시에는 시추공의 과굴착 또는 미굴착으로 인하여 많은 문제가 발생할 수 있다.

본 시스템에 설치한 프레스미터시험 장비는 영국의 캠브리지대학에서 처음 개발한 자가굴착 방식으로, 스스로 굴착하면서 프로브를 시험 심도까지 도달시키므로 시추공과 프로브가 밀착하게 되어 지반의 교란에 의한 영향을 최소화할 수 있어 결과의 신뢰도가 매우 높으며, 1회의 시험으로 다양한 종류의 지반정수를 직접 산정할 수 있다는 장점이 있다. 더우기 본 시스템에 설치된 장비는 간극수압셀을 가지고 있어 투수성에 대한 분석이 가능하다. SB-PMT를 통하여 얻을 수 있는 지반정수는 현장횡방향응력(전응력, 유효응력) P_0 , 주응력 방향, 전단탄성계수 G , 비배수전단강도 s_u , 점토의 예민비, 횡방향압밀계수 c_h , 사질토의 마찰각 ϕ , 팽창각 ν 등이다.

자가굴착식 프레스미터시험(SB-PMT) 장치는 프레스미터 프로브, 고압 제어장치, 압력 게이지 판넬, 롯데 및 커터, 질소 가스통, 회전 장치(rotary rig adaptor hardware), 송수 장치 및 기타 부대 장비들로 구성된다(그림 5). 관입 장치는 CPT와 마찬가지로 캐빈 내의 유압식 관입기를 사용한다. 프로브 내에는 풀 브릿지 방식의 스트레인게이지 셋트와 각종 전자 장치가 설치되어 있다. 시추공 벽면에 가할 수 있는 최대압은 4MPa이며, 이 때 초기 직경 83mm의 프로브가 91mm까지 팽창된다. 변위는 1micron까지, 압력은 1kPa까지 측정할 수 있다. 이 장비를 사용할 경우 측정할 수 있는 전단강도의 범위는 5~700kPa, 현장횡방향응력은 1500kPa까지, 그리고 전단탄성계수의 범위는 0.5~1000MPa이다(Cambridge Insitu, 1997) 시험 과정은 굴착과 프로브 팽창, 두 부분으로 나뉘어진다. 시험시에는 CPT와 동일한 유압식 관입기를 사용하며, 전용 클램프를 채우고 회전 모터를 설치한 뒤, 캐빈 바깥의 물펌프와 연결한다. 롯데는 이중관으로 되어 있어 내부 롯데는 모터와 커터로 연결되고, 외부 롯데는 프로브와 연결된다. 프로브와 연결된 가스 튜브와 센서 케이블은 외부 롯데 바깥으로 이어져 고압 제어 장치와 컴퓨터에 연결된다. 모터에 의한 커터의 회전과 동시에 유압식 관입기에 의하여 롯데가 관입되는데, 이 때 커터와 프로브를 보호하기 위하여 관입 속도는 CPT에 비하여 매우 느린 속도로 진행되어야 한다. 프로브 팽창에 사용되는 가스는 질소이며, 별도의 용기에서 레귤레이터에 의해 일정 압력 이하로 보관된다. 자가굴착 방식으로 임의 심도에 도달한 프로브가 팽창되면, 시추공의 횡변위와 응력, 그리고 지중의 간극수압이 자동으로 측정되어 그 데이터는 컴퓨터로 전송되어 처리된다. PMT에서 프로브의 보정은 매우 중요하며, 그 절차가 까다롭기 때문에 많은 주의가 필요하다. 캐빈에는 이를 위한 보정 장치를 설치하여 상시 관리가 이루어지도록 하였다.

2.4 딜라토미터시험(DMT) 장치

딜라토미터시험(DMT)은 프레스미터시험과 유사한 원리로 이루어지는데, 원통형 프로브 대신에 센서가 내장된 납작한 금속날(flat dilatometer blade)을 사용하며, PMT에 비하여 장치와 시험법이 매우 간단하다. 이 시험법은 1970년대에 이탈리아의 Marchetti가 개발하였으며 1986년 ASTM에 규정되었다. 딜라토미터 날의 센서 부위는 얇은 금속막으로 덮혀 있어 압입이나 팽창 도중 손상되기 쉬우므로 이 시험은 사질토보다는 점성토 지반에 더 적합한 것으로 알려져 있다(FHWA, 1992).

시험시에는 유압식 관입기를 사용하여 금속날을 압입시키며, 표준 콘 롯데를 이용한다(그림 6). 날의 압력은 PMT에서 사용하는 건조한 질소 가스를 이용하여 가하며, 시험 전에 제어 장치를 이용하여 미리 보정 작업을 끝낸다. 원하는 심도까지 딜라토미터 날을 압입한 후에 가스압을 높혀 금속막을 팽창시키며 압력 A와 B를 기록한다. A는 팽창 이전의 압력(금속막의 중심이 0.05mm 가량 늘어

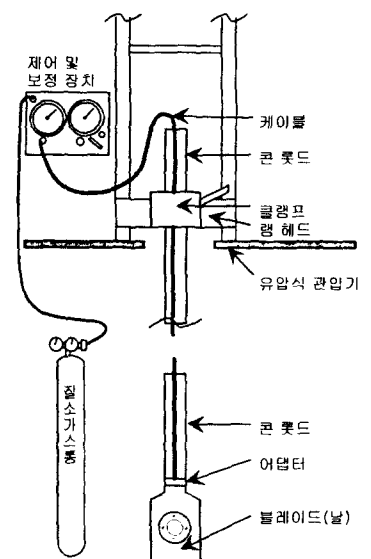


그림 6. DMT 장치

난 정도)이며, B는 금속막이 1.10mm 팽창되는 데에 필요한 압력이다. 이제 가스압을 빼고 이 때의 압력 C를 기록한다. 제어 장치에는 부저가 내장되어 금속막의 팽창 높이가 0.05mm 이하가 되거나 1.10mm 이상이 되면 작동하여 신호음을 내므로 A, B 값을 파악하는 데에는 어려움이 없다. 이러한 가압-감압 과정에는 1~2분 가량이 소요된다. 이 과정이 한 심도에서의 시험이며, 다시 다음 심도로 내려가 이를 반복한다. 이 장치는 현재까지는 컴퓨터와 연결시키지 못한 관계로 해당 압력은 제어 장치의 부르동 게이지에서 관측하여 기록지에 적는다. 기록된 A, B, C 값은 적절한 계산을 통하여 각각 수정값인 p_0 , p_1 , p_2 로 바꾸며, 이를 토대로 딜라토미터 계수 E_D , 재료지수 I_D , 횡방향응력지수 K_D , 간극수압지수 U_D 를 계산한다.

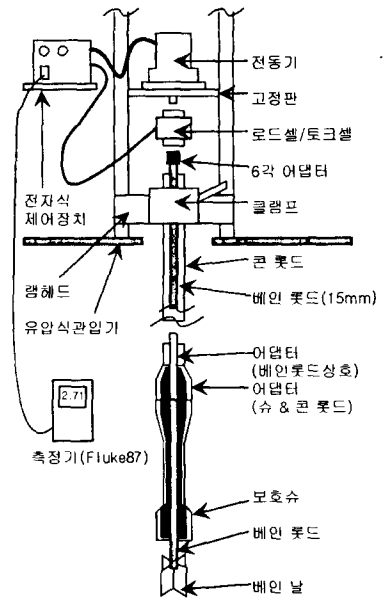


그림 7. FVT 장치

2.5 현장베인시험(FVT) 장치

베인전단시험은 일정한 규격(높이=폭x2)의 베인날을 지중에 압입하여 회전시키면서 저항을 측정하는 원위치 시험으로 1919년 Olsson이 최초로 수행한 이래 80년 동안 점성토 지반의 비배수전단강도 산정에 널리 활용되고 있다. 그러나 우리나라에서 지반조사시에 통상적으로 사용하는 베인날, 눈금판, 토크게이지 등의 시험 장비는 대부분 간이형으로 조악하며, 자체 압입 능력이 없고 회전력과 회전 속도를 일정하게 조절하기 어려워 결과의 신뢰성이 저하되는 경우가 많다.

이번에 구축한 현장베인시험 장치는 GEONOR사의 전동식 모델을 기본으로 하고 있으며, 이미 설치된 유압식 관입시스템과 콘 관입 장비들을 활용하여 해당 심도까지 베인 날을 압입시켜 각종 전동 장비와 센서를 이용하여 시험을 수행할 수 있다. 베인의 날은 압입 과정에서 손상되는 것을 막기 위하여 견고한 보호슈(protective shoe) 내에 위치하고 있으며, 베인 로트드와 주변 흙 사이의 마찰을 없애기 위하여 보호슈와 연결된 콘 로트드 안에 베인 로트드가 자리하는 이중관 체제로 되어 있다. 따라서 베인의 날과 로트드는 압입시에는 아무런 저항을 받지 않게 된다. 로트드의 상단부에는 압입시의 연직하중을 측정할 수 있는 로드셀과 회전시의 토크를 측정할 수 있는 토크셀이 함께 내장된 어댑터가 연결되며, 그 위에 베인 로트드와 날을 회전시킬 동력인 직류 전동기가 자리한다. 로드셀은 압입시 베인 로트드에 작용하는 연직하중을 측정하여 과도한 부하로 보호슈와 베인 날이 파손되지 않도록 하는 역할을 한다. 이들은 전자식 제어 상자와 연결된다. 이들을 통해 베인의 회전속도는 ASTM D 2573에서 권장하는 0.1deg/sec를 비롯하여 여러 단계로 조절할 수 있다. 일단 시험 대상 심도에 도달하면 베인 로트드를 밀어서 베인 날이 보호슈 아래로 나오도록 한 다음 로트드를 회전시키며 일정한 시간 간격으로 토크를 측정한다. 토크는 전압으로 표시되므로 최소/최고값이 설정되는 전압계를 사용하여 기록한다. 대략 10millivolt가 1kPa을 나타낸다(Campanella & Jackson, 1990). 베인의 날은 55mmx110mm와 65mmx130mm의 두종류를 사용할 수 있다.

2.6 표준관입시험(SPT) 장치

표준관입시험(SPT)은 우리나라에서 가장 널리 활용되고 있는 현장시험법으로 그 원리는 매우 간단하다. 이 시험으로 얻어지는 N 값은 거의 모든 지반구조물 설계에 활용될만큼 보편화되어 있어, 시험기 설치상의 많은 문제에도 불구하고 본 시스템에 장착하였다.

KSF 2307에서는 N 값을 63.5kg의 해머를 75cm의 높이에서 자유 낙하시켜 스플릿스폰 샘플러를

30cm 관입시키는 데 소요되는 값으로 정의하고 있다. 그림 8은 SPT 장치의 개요도이다. SPT 장치는 해머와 샘플러, 그리고 해머가 타격되는 앤빌(anvil)로 구성되며 콘 룯드를 사용한다. 해머는 전자석을 이용하여 기준 높이까지 들어올리는 방식을 택하였다. 일단 들어올려진 해머는 전자석의 전원이 꺼지면서 자유 낙하하여 샘플러가 연결된 룯드상의 앤빌을 타격하게 된다. 타격 횟수의 기록은 임의 양식의 기록지를 이용한다. 타격 후에는 샘플러를 인발하여 안의 교란 시료를 채취한다. 다음 시험을 위해서는 해당 심도까지 먼저 굴착을 진행한 후 다시 샘플러를 내리고 위의 과정을 반복한다.

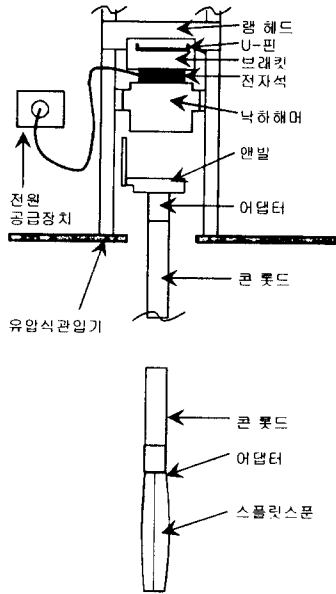


그림 8. SPT 장치

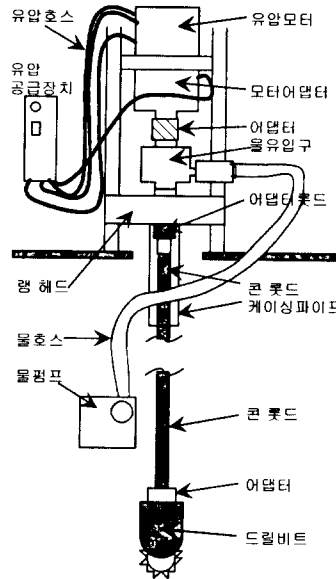


그림 9. 드릴링 장치

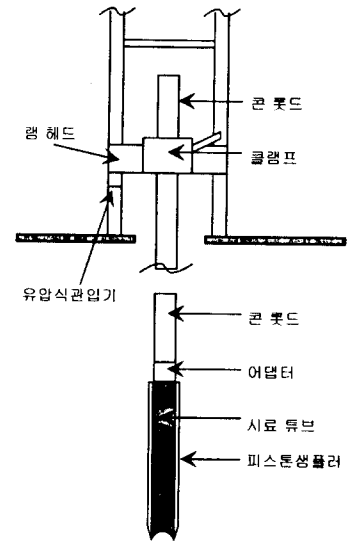


그림 10. 시료채취 장치

2.7 시추 및 시료 채취 장치

본 조사 시스템은 시추공 굴착(drilling) 장비를 갖추고 있어 시추공 형성이나 기타 다른 시험의 지원에 활용할 수 있다. 이рте면 점성토층 상부에 매우 단단한 지층이 있어 CPT, PMT, DMT, FVT 등을 바로 수행하기 어려울 경우에 이 장비를 활용하여 상부 지층을 굴착한 뒤에 형성된 시추공을 이용하여 CPT 등의 사운딩을 수행할 수 있다. 또한 공벽의 붕괴를 막기 위하여 케이싱 파이프를 설치할 수도 있다. 굴착용 비트는 흙과 연암용, 두 종류를 교대로 사용할 수 있다. 굴착시 룯드는 콘 룯드를 활용하며 케이싱 파이프의 직경은 90cm이다. 그림 9는 이 장치의 개요도이다.

SPT시의 스플릿스푼 샘플러를 이용할 경우에는 교란된 흙 시료를 채취할 수 있는데, 본 시스템은 이 외에도 피스톤 샘플러를 갖추고 있어 점성토층에서 NX 규격으로 불교란 시료를 채취할 수 있다. 피스톤 샘플러는 유압식 관입기를 이용하여 해당 심도까지 압입시킨 후 내부의 피스톤을 사용하여 시료 채취관을 밀어서 흙 시료를 담는다. 그림 10은 그 개요도이다. 그리고, 액체 샘플러를 보유하고 있어 임의 심도에서 지하수 시료를 채취할 수도 있다. 이 샘플러는 피에조콘과 그 형상이 유사하며, 콘 관입 장비를 이용하여 해당 심도까지 관입시킨 후 밸브를 열고 미리 연결된 튜브를 통해 지하수를 채집한다.

3. 시스템의 활용

앞서 소개한 바와 같이 구축된 지반조사시스템에서는 국내에서 이미 보편화된 기존 현장시험을 보다

간편하게 행하고, 콘관입시험, 프레스미터시험, 딜라토미터 시험 등 새로운 방식의 시험을 수행할 수 있도록 하였으며, 또한 시추공 굴착 및 시료 채취 등을 병행할 수 있게 하여 지반 조사와 관련된 통합적인 작업의 일괄적인 수행을 가능하게 하였다. 따라서, 단기간 동안의 정밀한 지반조사에 매우 효율적이며, 각 시험별로 산정된 지반정수의 비교를 통해 각 시험의 특성을 파악하는 데에도 유용하다.

이 장비는 현재 시험 운용을 마치고 고속도로 지반정보화 연구, 연약지반 조사 연구 등 도로연구소(HRC)의 기본 연구 과제 수행은 물론이고, 한국도로공사에서 발주한 여러 노선의 고속도로 건설공사 현장의 정밀 지반조사 등 실무 분야에도 이용되고 있으며, 점차 적용 대상 지반의 범위를 넓혀갈 예정이다.

4. 결론

이번에 구축한 차량 탑재형 지반조사 시스템에서는 기존에 널리 활용되던 재래식 현장 시험 장비를 상당 부분 자동화하고, 최근 국내에 도입되기 시작한 새로운 시험 및 조사 장비를 집적화 하였으며, 장비의 현장 접근성과 작업성을 크게 향상시켜, 이를 활용할 경우 보다 합리적인 지반조사가 가능하도록 하였다. 이 시스템의 몇가지 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 모든 시험 장비가 궤도 구동이 가능한 대형 트럭의 실내 캐빈에 탑재되어 신속한 현장 진입은 물론, 기후 조건과 무관한 전천후 시험이 가능하다. 또한 각 시험 장치 및 작동 설비의 상호 호환성을 높여 작업 연계성과 시험실 공간의 최적화를 도모하였으며, 가급적 많은 부분을 자동화하여 시험시의 번거로움과 오류 발생 가능성을 최소화하였다.
- 2) 이 시스템을 활용하여 수행 가능한 현장 시험은 정적파에조콘 관입 시험, 프레스미터 시험, 딜라토미터 시험, 현장 배인 시험, 표준 관입 시험 등이며 특히 프레스미터 시험은 국내에서는 처음으로 자가 굴착 방식으로 이루어지므로 그 결과의 신뢰성이 높을 것으로 기대된다. 이 외에도 시추공 굴착과 불교란 흙 시료 채취, 지하수위 채취가 가능하다.
- 3) 구축된 시스템은 신설되는 고속도로 건설 현장을 중심으로 이용 중에 있으며 이를 통하여 현재 진행 중인 고속도로 지반 정보화 및 연약지반의 조사, 평가와 관련된 다양한 연구와 실무 분야에 활용될 예정이다.

참고문헌

ASTM(1996), Annual book of ASTM STANDARDS 1996, Vol.04.08, 04.09
Cambridge Insitu(1997), Working instructions; Cambridge self boring pressuremeter(SBP-MPX Type XD), Part I
Campanella, R.G. and Jackson, S.(1990), Operations manual; UBC field vane test system
Campanella, R.G. and Robertson, P.K.(1983), *Flat plate dilatometer testing: research and development*. Soil Mech. Report 68. Univ. of British Columbia
Federal Highway Administration(1992), The flat dilatometer test, Pub. No.FHWA-SA-91-044
Marchetti, S. and Crapps, D.K.(1981), Flat dilatometer manual
Wroth, C.P.(1984), *The interpretation of in-situ soil tests*, Géotechnique, Vol.34, No.4, pp.449-489