

지반조사분야의 최근 연구 및 기술동향(II)

지반조사기술위원회

4. 암반조사 분야

암반은 대략 불연속, 이방성, 불균질하며 탄성적이지 않다. 또한 지구조 이동, 지진, 용기, 침강 등 지구의 상부지각의 동적인 움직임에 의하여 계속적으로 응력을 받고 있다. 암반은 물, 유류, 천연가

스, 공기 등을 함유하고 있는 균열이 있는 다공성매질이다. 따라서 이와 같은 암반을 특성화 하는 것은 쉬운 일이 아니다. 현재 외국에서 사용중인 암석 및 암반의 규정된 시험방법들은 다음 표 2와 같다. 이 밖에 많은 시험방법들이 제안되고 있으나 아직은 국제적으로 공인받지는 못하고 있다.

표 2. 암석 및 암반에 대한 ISRM 및 ASTM시험방법

International Society for Rock Mechanics (ISRM) test methods	American Society for Testing and Materials(ASTM) test methods
<ul style="list-style-type: none"> • Petrographic description • Hardness and abrasivity • Monitoring rock movements using borehole extensometers • Determining sound velocity • Creep in triaxial compression • Quantitative description of discontinuities • Tensile strength • Uniaxial compressive strength and deformability • Water content, porosity, density, absorption • In situ deformability of rock • Pressure monitoring of movements across discontinuities • Rock anchorage testing • Point load strength • Deformability using a large flat jack • Deformability using a flexible dilatometer • Rock stress determination • Fracture toughness • Seismic testing within and between boreholes • Laboratory testing of argillaceous swelling rocks • Large-scale sampling and triaxial testing of jointed rock 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants • Creep in uniaxial compression • Direct tensile strength • Modulus of deformation using flexible plate loading • Modulus of deformation using rigid plate loading • Rockbolt anchor pull test • Rockbolt long-term load retention test • In-situ deformability and strength in uniaxial compression • Dimensional and shape tolerances of rock core specimens • In situ creep • In situ shear strength of discontinuities • Modulus of deformation using a radial jacking test • Permeability measured by flowing air • Thermal expansion using a dilatometer • Elastic moduli of intact rock core • Transmissivity and storativity of low permeability rocks using the constant head injection test • Transmissivity and storativity of low permeability rocks using the pressure pulse technique • Triaxial compressive strength • Undrained triaxial compressive strength • Unconfined compressive strength • Thermal diffusivity

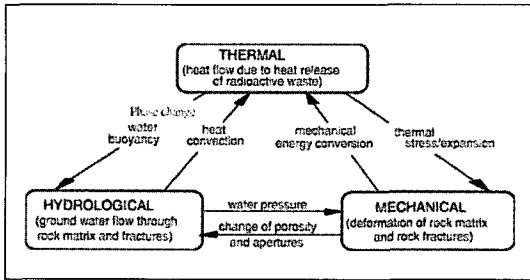


그림 19. 균열암반내에서의 열-수리-역학적 과정

특히 방사성폐기물의 안전한 지하저장처분시설의 설계, 건설 및 장기적 안전유지를 위해서 열환경 조건에 대한 열·수리·역학적 특성에 대한 각종 실험이 진행되고 있다(그림 19). 이들 상호반응현상을 보다 정확히 모사하는 수학적 모델을 개발하기 위하여 국제공동연구인 DECOVLEX 프로젝트가 스웨덴, 캐나다, 영국, 미국 등의 9개 연구기관이 참여한 가운데 1992년에 착수되어 현재 활발한 연구가 진행되고 있다. 환경오염 등과 관련해서는 열·수리·역학·화학적 상호작용규명을 위해서 국제적인 협력하에 많은 연구가 진행되고 있다.

암반의 굴착능력은 암석물성 관련 영향요소로서 연약면의 형태, 빈도수, 방향과 암석의 굴착성능 등에 좌우되며 또한 장비관련 요소로는 thrust level, cutter size & type, average cutter spacing, machine diameter, torque capacity 등이 있다. 암석의 굴착성능평가에는 다음 시험들이 주로 사용

되고 있다.

① DRI(Drilling Rate Index), ② BWI(Bit Wear Index), ③ CLI(Cutter Life Index), ④ Cherchar Abrasiveness Index(CAI), ⑤ Brittleness Values S20, ⑥ Sievers J Value (SJ), ⑦ Abrasion Value (AV), ⑧ Abrasion Value Steel (AVS), ⑨ Quartz Content (%)

국외에서 널리 사용하고 있는 암반평가기법들로서는 ① RMR, ② Q-system, ③ RCR(Rock Condition Rating), ④ N(Rock Mass Number), ⑤ M-RMR(Modified Rock Mass Rating), ⑥ RMI(Rock Mass Index), ⑦ L-RMR(Laubscher's Classification), ⑧ Geological Strength Index (GSI), ⑨ Monte Carlo Simulation 등이 사용되고 있으며 이들 분류방법사이의 상호관계를 분석하고 관계식을 도출하여 사용되고 있다.

신희순(지질자원연구원)

5. 육상 물리탐사와 지반내 지하매설물 조사

5.1 육상 물리탐사 분야

5.1.1 전기비저항 및 전자탐사

전기비저항 탐사는 지하매질에 전류를 흘려준 후

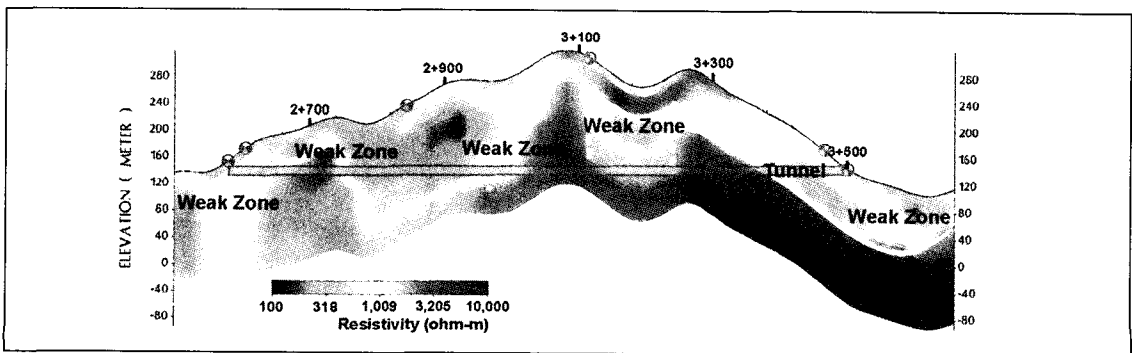


그림 20. 터널예정 지역에서의 전기비저항 분포단면

지질변화에 따른 전위차를 측정하여 지하 암반상태에 대한 정보를 획득하는 탐사법으로 지하매질의 연속적인 암반상태 파악, 단층, 파쇄대, 탄층, 석회암 공동 등의 연약대 탐지 등에 널리 사용된다. 특히 전기비저항 탐사는 한 지점에서의 물성값만 내주는 시추조사와 달리 측선 하부에 대한 연속적인 영상을 제공하여 줌으로써 조사구간에 대한 전반적인 암반상태를 신속하게 파악할 수 있는 장점을 가

지고 있다. 전기비저항 탐사는 지반조사에서 암반 분류 결과와의 상관관계를 통한 미시추 구간에서의 암반등급 산정을 통해 터널의 지보형식 선정과 교량의 교각위치 선정 및 보강공법 선정에 대한 기초 자료를 제공하여 준다. 전기 비저항 탐사의 실제 탐사 사례를 그림 20과 21에 제시하였다. 한편, 전기 비저항 탐사는 현장작업의 특성상 200 미터 이상의 장심도에 대한 정보를 획득하는데 많은 어려움이 따르는 단점이 있어, 200 미터 이상의 장심도 구간에서는 전자탐사가 널리 사용되고 있다. 전자탐사는 자연장 또는 인공 전자파 송신원에 의해 유기되는 전기장과 자기장을 측정하여 지하매질의 전기비저항 분포단면을 획득하는 탐사법으로 측정된 전자기장의 주파수에 의해 해석심도가 결정되기 때문에 수백 ~ 수km 심도에 대한 정보를 손쉽게 측정할 수 있다. 전자탐사의 실제 측정 결과는 그림 22에 도시된 바와 같다.

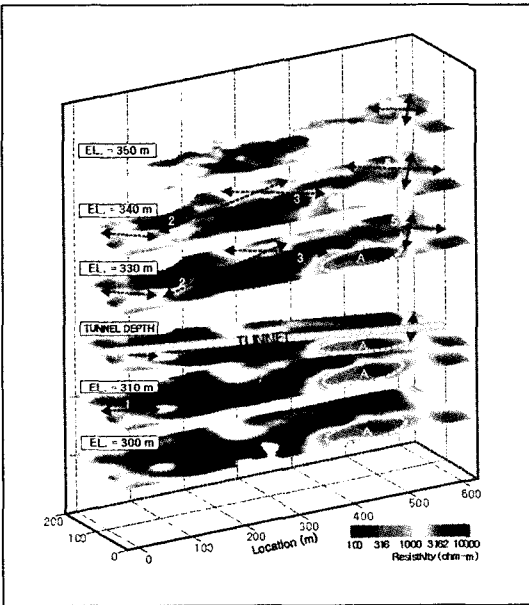


그림 21. 석회암공동 분포 지역에서의 3차원 전기비저항 탐사 결과

5.1.2 탄성과 탐사

탄성과 탐사는 다이내마이트나 햄머 등을 이용하여 탄성파를 발생시킨 후 지하매질을 전파해온 탄성파를 측정하여 지하매질에 대한 영상 또는 탄성과 속도 분포단면을 획득하는 탐사법이다. 탄성과 탐사는 이용되는 탄성파의 종류에 따라 굴절법 탄성과 탐사, 반사법 탄성과 탐사와 표면파 탐사로 나눌 수 있다. 굴절법 탄성과 탐사는 가장 먼저 도달

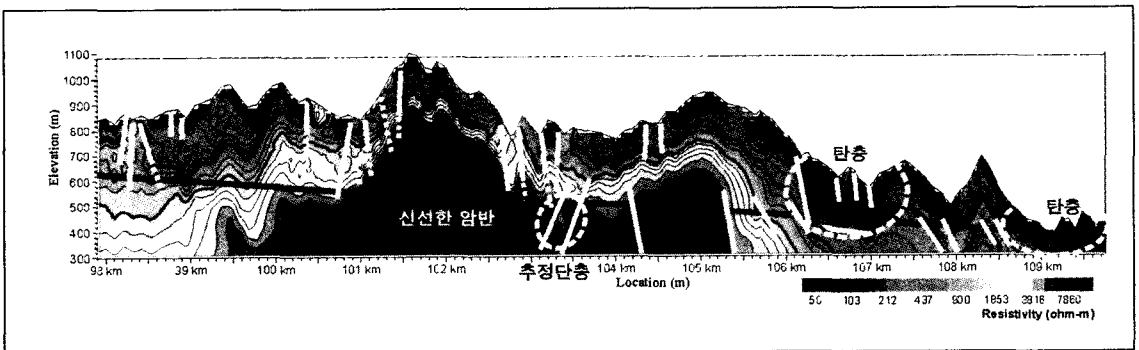


그림 22. 전자탐사에 의한 800 m 심도의 전기비저항 분포단면

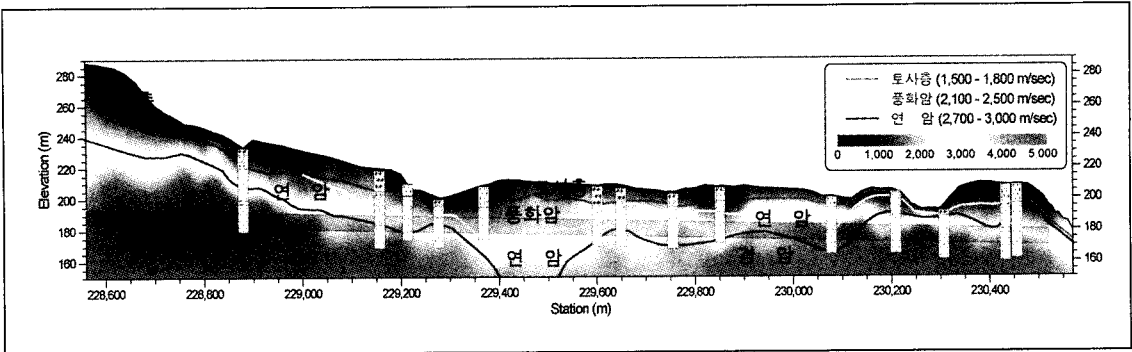


그림 23. 굴절법 탄성과 탐사에 의한 지층상태 추정 단면

하는 직접파와 굴절파의 도달시간을 측정하여 지하 매질의 탄성과 속도 분포단면을 획득하는 탐사법으로 지하매질의 연속적인 지층선 작성, 굴착난이도 파악 및 토공량 계산 등에 널리 사용된다. 한편, 굴절법 탄성과 탐사는 송신원이 천부에 위치하여 50미터 이상의 장심도에 대한 신뢰성 있는 자료의 획득이 어려운 바, 최근 들어서는 지표 뿐만 아니라 시추공에 송·수신원을 위치시켜 50미터 이상의 심도에서의 탄성과 속도 분포단면을 획득하는 대심도 토모그래피 탐사도 널리 사용되고 있다. 반사법 탄성과 탐사는 암중경계면, 단층, 파쇄대 등의 지하매질의 속도 불연속면에서 반사되어 돌아온 반사파를 측정하여 지하매질의 지층에 대한 영상을 획득하는 탐사법으로 지하매질에 대한 정밀 영상을 제공하는 장점이 있지만, 획득 및 자료처리 시간이 많이 소요되고 탄성과 속도 단면이 아닌 지층 영상

을 제공해주는 단점이 있어 핵폐기물 처리장이나 지하저장고 부지조사 등에 제한적으로 사용되고 있다. 표면파 탐사는 지표면을 따라 전달되어 온 표면파를 측정하여 전단파와 속도 분포단면을 작성하는 탐사법으로, 체적파와 표면파를 모두 고려하여 2차원 토모그래피 영상을 구할 수 있는 SASW 기법과 표면파의 기본모드를 주로 고려하여 연속적인 속도 단면을 획득하는 MASW 탐사법이 있다. 표면파 탐사는 굴절법 탄성과 탐사와 달리 지형변화가 심하거나 지하매질이 복잡한 지질구조를 보이는 경우에는 적용이 어려운 단점이 있는 단면에 수평 지층상태를 보이는 아스팔트 등의 포장체 하부 두께 조사, 성토층의 다짐상태 파악 등에는 탁월한 성능을 보여주고 있다. 그림 23, 24, 25에 각각 굴절법 탄성과 탐사, 반사법 탄성과 탐사, 표면파 탐사의 실제 측정사례를 도시하였다.

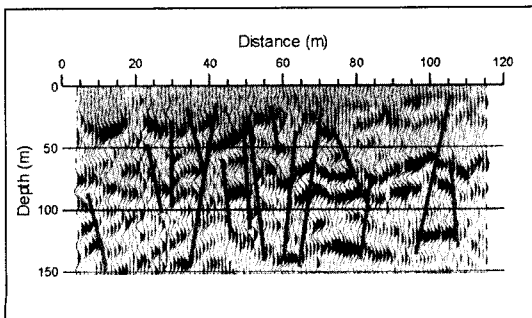


그림 24. 반사법 탄성과 탐사에 의한 지층 및 불연속면 분포 단면

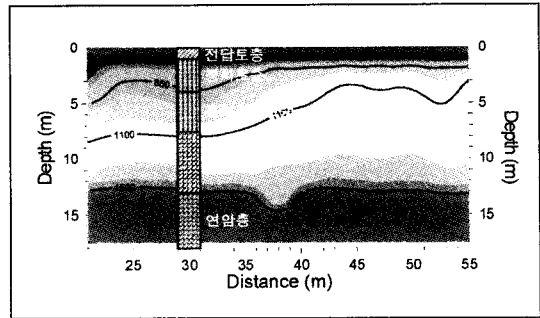


그림 25. 표면파 탐사에 의한 전단파 속도 분포 단면

5.1.3 단일 시추공 탐사

단일 시추공만을 사용하여 심도에 따른 시추공벽 주변매질의 물성을 측정하는 물리탐사법으로는 밀도검층, 음파 검층, 공내 탄성과 탐사, SPS 탐사, 초음파 주사검층, 시추공 영상촬영 등이 있다. 음파 검층, 공내 탄성과 탐사와 SPS 탐사는 사용하는 탄성파의 주파수 및 탐사 방법이 다소 다르지만 모두 시추공벽 주변 매질의 종파 및 횡파 속도를 측정하는 탐사법으로 밀도를 측정하는 밀도 검층과 함

께 내진해석에 널리 사용되고 있다. 초음파 주사 검층(Televiewer)과 시추공 영상촬영(BIPS)은 초음파와 광파를 사용하는 차이가 있지만 모두 시추공벽 주변매질에 분포하는 불연속면을 측정하는 탐사법으로 불연속면의 경사방향 및 경사각, 크기, 간격 등의 특성을 규명하여 3차원 절리 생성과 터널 갱구부 사면, 절토부 사면의 불연속체 해석에 널리 사용되고 있다.

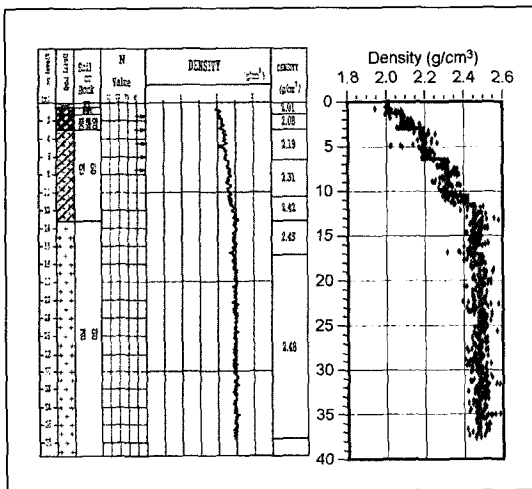


그림 26. 심도별 밀도 분포

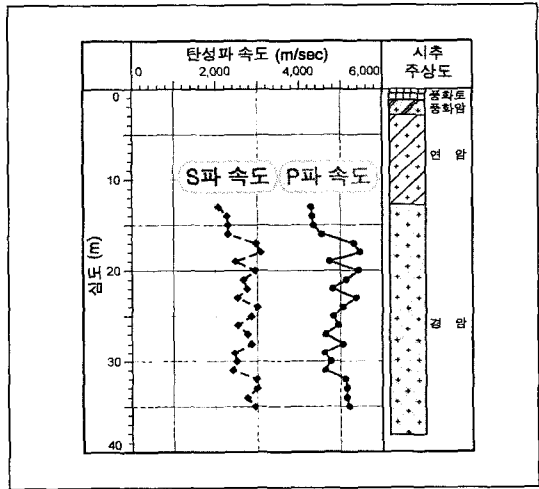


그림 27. 심도별 탄성파속도

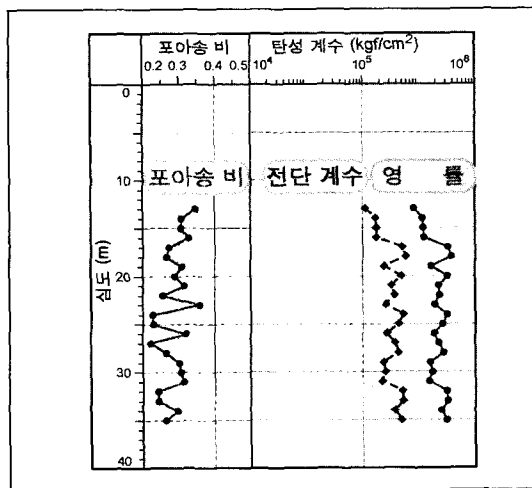


그림 28. 심도별 동적 물성

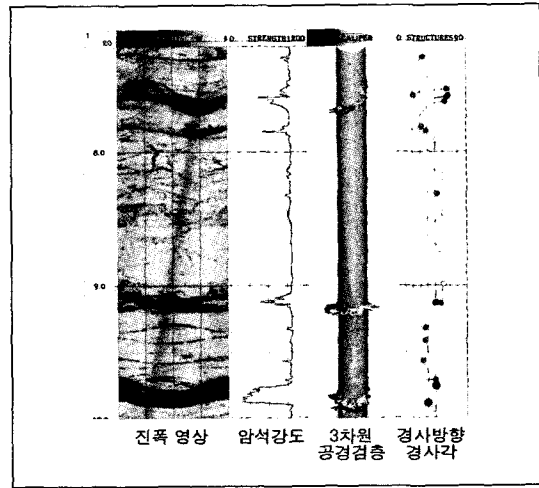


그림 29. 초음파 주사검층에 의한 영상분석

5.1.4 시추공간 토모그래피 탐사

두 개의 시추공을 사용하여 시추공간 매질에 대한 물성을 측정하는 토모그래피 탐사는 크게 전기비저항 토모그래피, 탄성과 토모그래피, 레이더 토모그래피로 나눌 수 있다. 전기비저항 토모그래피는 시추공간 매질의 전기비저항 분포단면을 작성하는 탐사법으로 탄층과 같이 전기비저항 차이가 큰 물질의 분포영상 파악에 주로 사용되며, 탄성과 토모그래피 탐사는 시추공간 매질의 탄성과 속도 분

포단면을 작성하는 탐사법으로 석회암 공동 및 단층, 파쇄대 등의 연약대 파악, 터널 갱구부의 정밀 지층상태 파악 등에 널리 사용된다.

5.1.5 레이더 탐사

레이더 탐사는 수십 ~ 수백 MHz 대역의 전자기파를 사용하여 지하매질에 대한 특성을 파악하는 탐사법으로 지표에서 탐사하는 지하탐지 레이더(GPR) 탐사, 단일 시추공을 사용하는 시추공 레이

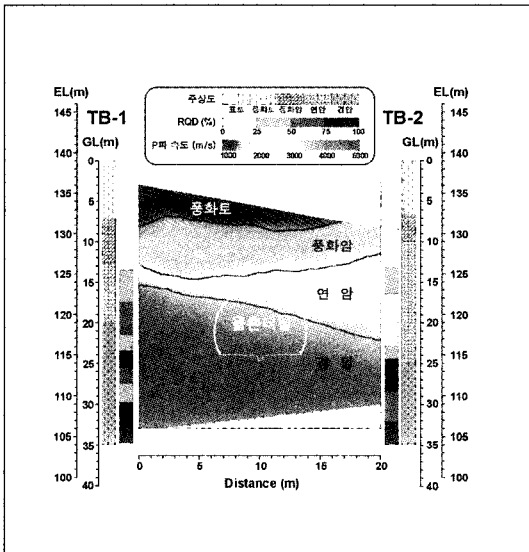


그림 30. 탄성과 토모그래피 해석 단면

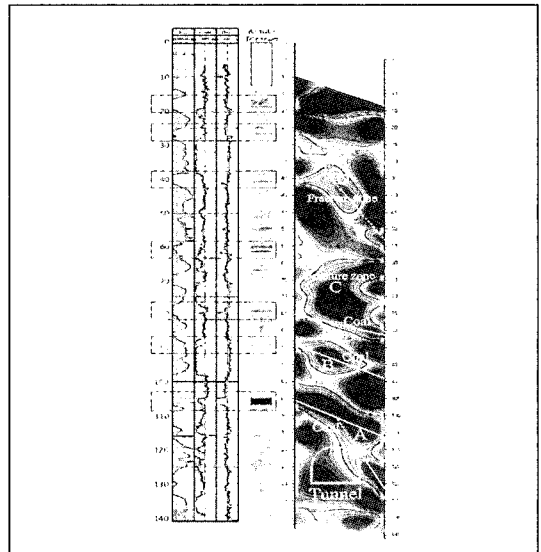


그림 31. 탄층지역에서의 전기비저항 토모그래피 해석 단면

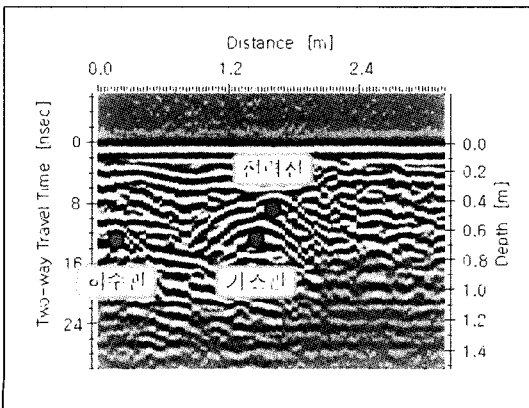


그림 32. GPR 탐사에 의한 매설관로 탐지

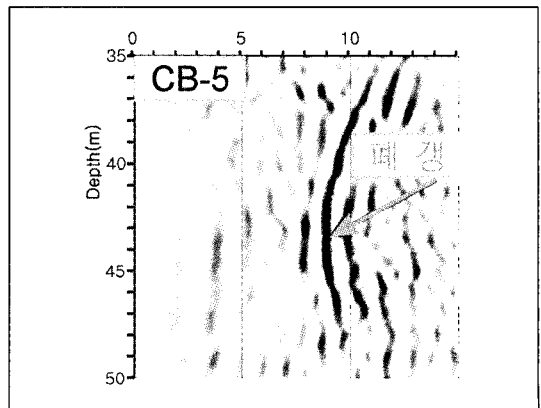


그림 33. 폐갱지역에서의 시추공 레이더 반사법 단면

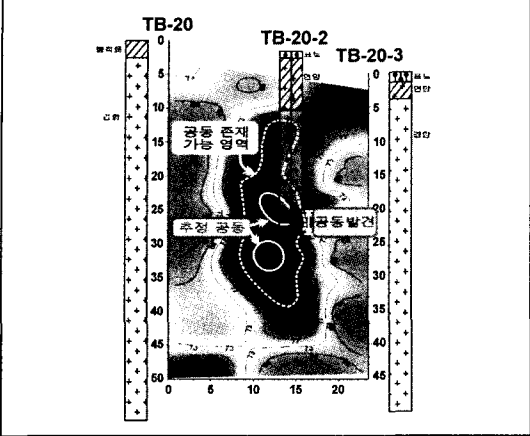


그림 34. 레이더 토모그래피 탐사에 의한 석회암 공동 탐지

다 반사법 탐사, 두 개의 시추공을 사용하는 레이더 토모그래피 탐사 등이 있다. 지하탐지 레이더 탐사는 지하매질의 불연속면에서 반사되어 돌아온 전자기파를 측정하여 지하매질에 대한 영상을 제공해주는 탐사법으로 고분해능의 영상을 제공해주는 반면에 가탐심도가 수 ~ 수십 미터에 불과해 국내에서는 터널 라이닝 두께 검측, 지장물 조사 등에 주로 사용되고 있다. 한편, 전기비저항과 탄성과 탐사와 달리 전자기파를 사용하는 레이더 탐사는 지하매질의 유전율의 변화에 의해 전자기파의 거동 특성이 달라지는 바 석회암 공동, 폐갱도와 같이 지하매질

과 유전을 차이가 심한 대상체의 탐지에 탁월한 효능을 보인다.

5.2 지하 매설물 탐사

5.2.1 관로탐지기 이용법

지하매설물탐사에서 가장 널리 적용되는 관로탐지기 이용법은 그림 35에 나타난 바와 같이 관로가 주로 전도체임에 착안하여 관로에 전류를 흐르게 하고 관로를 중심으로 발생하는 동심원상의 자장을 측정하는 방법이다. 그림 35에서와 같이 전도성 관로에 특정 주파수의 전류가 공급되면 관로를 중심으로 자기장이 동심원 형태로 형성된다. 지표에서 주어진 주파수를 측정하는 수신기로 자장의 세기를 측정하면 관로의 직상부를 파악할 수 있다. 상업적으로 만들어진 관로탐지기에서는 자장의 수평성분을 측정하는 수신코일을 고도를 달리하여 2개 정도 설치하고 자장의 수직성분을 측정하는 수신코일을 1개 설치하는 방식을 널리 채용한다. 수직성분 측정시에는 관로의 직상부에서 최저값을 보이고 수평성분 측정시에는 관로의 직상부에서 최대값을 보일 것이다. 고도를 달리하는 2개의 수평성분을 측정하는 이유는 관로의 심도를 계산하기 위함이다. 관로탐지기 이용 탐사는 매설관로의 종류와 현장 여건

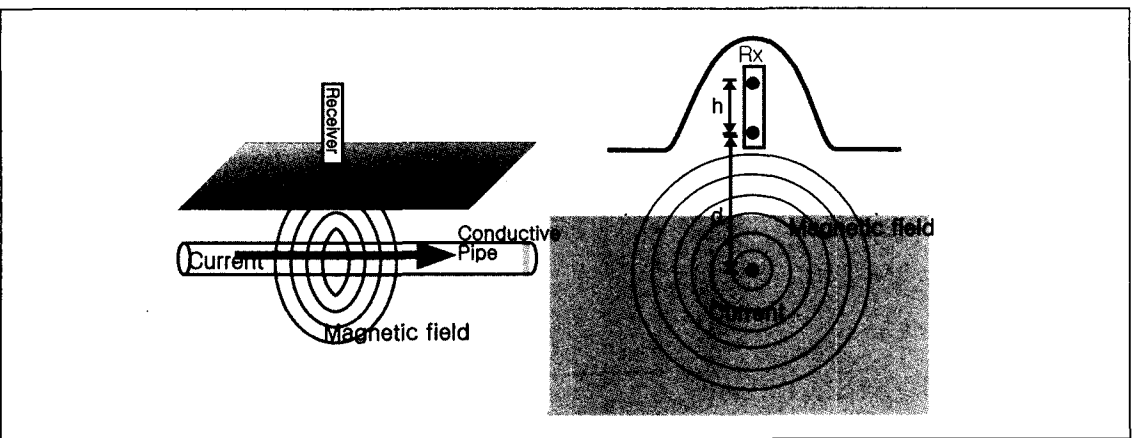


그림 35. 매설관로 탐지기의 기본원리

에 따라 어떻게 관로에서 주변 잡음보다 강력한 자장을 발생시킬 수 있는가에 탐사의 성공여부가 달려있다.

5.2.2 자력탐사법

많은 종류의 간단한 금속탐지기는 자력센서를 부착하고 특정 레벨이상의 자장이 검출되면 소리나 눈금자의 떨림 등으로 자성체의 존재를 알려준다. 구배측정자력계(magnetic gradiometer)를 사용하면 좀 더 정확한 자료를 얻을 수 있다. 이 방법 역시 일반 지구물리탐사 과정에서 다루는 항목이므로 자세한 언급은 피하도록 한다. 자력탐사법은 지구물리탐사법중에서는 신속한 방법이지만 통상적인 매설물탐사법에 비하여는 자료취득과 처리가 복잡하다. 또한 매설물의 심도에 대한 정량적인 결과를 내어주지 못하기 때문에 지하매설물탐사에서 가장 마지막에 채택되는 기법중의 하나이다. 그림 36은 호수에서 수행한 자력탐사결과로서 매설된 파이프 라인의 반응이 G-a에 나타나 있다.

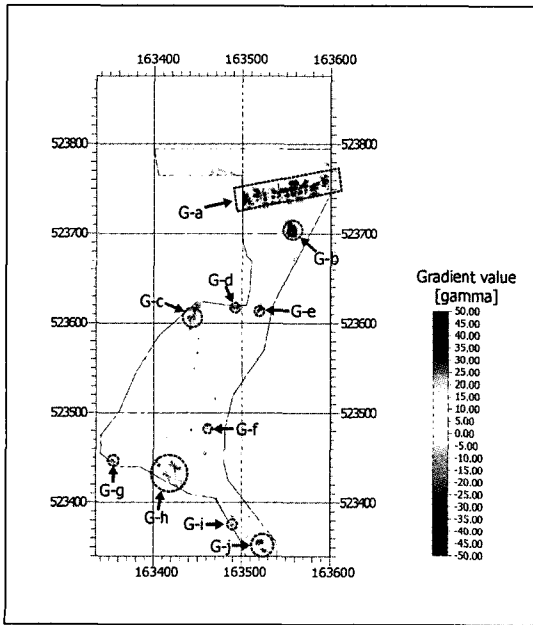


그림 36. 매설된 파이프의 위치(G-a)를 보여주는 자기이상도

5.2.3 전자탐사법

전자탐사법은 두개의 송수신 루프를 이용하여 지하 매설물에 의해 유기되는 2차장을 측정하여 매설 관로의 위치를 탐지하는 탐사법으로 가스관, 상수도관과 같이 금속성 매설물 탐지에 적합한 탐사법이다. 전자탐사법은 통상적인 매설물 탐사법에 비하여는 자료취득 및 자료처리가 복잡하며 매설물의 심도에 대한 정량적인 결과를 내어주지 못하기 때문에 지하 매설물 탐사에서 가장 마지막에 채택되는 기법중의 하나이다. 이밖에도 간혹 야외의 나대지를 통과하는 전도성 관로를 탐지하기 위해 전기 비저항탐사법이 채택되기도한다. 이는 자력탐사나 전자탐사와 달리 어느 정도의 심도가 영상화 되도록 지하매설물탐사 용도로는 좀 더 적합하다. 또한 하수박스처럼 빈공간이 두드러지게 형성되어 있는 경우에는 미세중력탐사의 적용도 가능할 것이다.

김기석 (희송지오테크)

6. 도로포장 및 하부지반 조사 분야

고속도로와 활주로와 같은 포장구조체의 건전도 평가는 포장구조체의 유지관리에 필수적인 항목으로, 정적인 방법과 동적인 방법으로 수행할 수 있다. 정적인 방법으로는 Benkelman Beam, Traveling Deflectometer, CEBTP Curviameter, Rolling Weight Deflectometer 등이 있으며, 동적인 방법으로는 Dynaflect, Road Rater, Falling Weight Deflectometer (FWD) 등이 있다. 국내 일부 기관에서는 최근 FWD를 도입하여 그 활용을 확대하고 있는 추세이다. 한편, 최근 미국에서는 FWD의 기능과 MLS (Mobile Loading Simulation)의 기능을 결합한 Rolling Dynamic Deflectometer (RDD)이 개발되어 고속도로와 활주로에 성공적으로 적용되고 있다. RDD는 FWD의 장점을 대부분 가지고 있으며 연속적으로 이동 중에 측정할 수 있는 측정의 연속성과 신속성의 장점을 겸비한 첨단 시험장비이

다. 본 고에서는 RDD의 기본 원리와 적용사례 등을 살펴보았다.

6.1 RDD의 개요와 구조

Rolling Dynamic Deflectometer는 트럭에 장착하여 포장구조체의 변위를 측정하는 장비로서, 트럭을 이동시키면서 포장구조체에 큰 진동하중을 재하하고 그에 따른 변위를 측정하여 포장구조체의 성능을 평가한다. RDD의 특징은 몇 개의 제한된 지점에서 변위를 측정하는 것이 아니고, 트럭을 이동시키면서 연속적으로 측정하며, 결과적으로 RDD 실험에 의해 전체 포장구조체의 변위 분포도를 구할 수 있다. RDD는 몇 개의 변위센서를 사용하는데, 이들은 하중 재하 영향권 내의 여러 지점에서 변위를 측정한다. 단일 센서로 측정된 변위의 공간적 변화를 살펴볼 수 있으며, 일련의 변위센서들로부터 측정된 변위를 조합하면 동적하중에 대한 변위곡선을 얻을 수 있는데, 이 변위곡선의 형태는 포장구조체의 각 하부지층의 강성을 개별적으로 추정하는데 자료로 활용된다.

RDD의 개념도를 그림 37에 도시하였다. RDD는 서보-유압 재하 시스템, 하중재하 및 변위측정 시스템 등이 트럭에 장착된 장비이다. 유압 동하중

재하장치는 3.4ton의 래머를 상하로 이동시켜서 5~100Hz의 주파수로 308kN의 침투 하중을 발생시킬 수 있다. 유압 재하장치에 의해서 발생된 하중은 재하 프레임, 두 개의 하중재하 차륜에 전달되고, 궁극적으로 포장구조체에 동하중으로 가해지게 된다. 하중재하 차륜은 정적인 하중에 의해 포장구조체 표면과 밀착되어 동적 하중 재하 동안에도 떨어지지 않도록 되어있다.

6.2 RDD에 의한 평가항목 및 적용사례

RDD에 의한 포장구조체의 평가는 FWD와 같이 포장구조체의 탄성계수를 추정하고자 하는 일반적 항목이외에 다양한 항목을 포함한다. RDD에 의한 포장구조체 평가방법을 다음과 같은 4 가지로 정리할 수 있다.

- 변위주상도(Deflection Profiles)
- 연속 변위 분포형상(Continuous Deflection Basins)
- 이음매의 파동 전파성 측정(Joint Transfer Measurements)
- 포장구조체의 응답스펙트럼(Pavement Response Spectra)

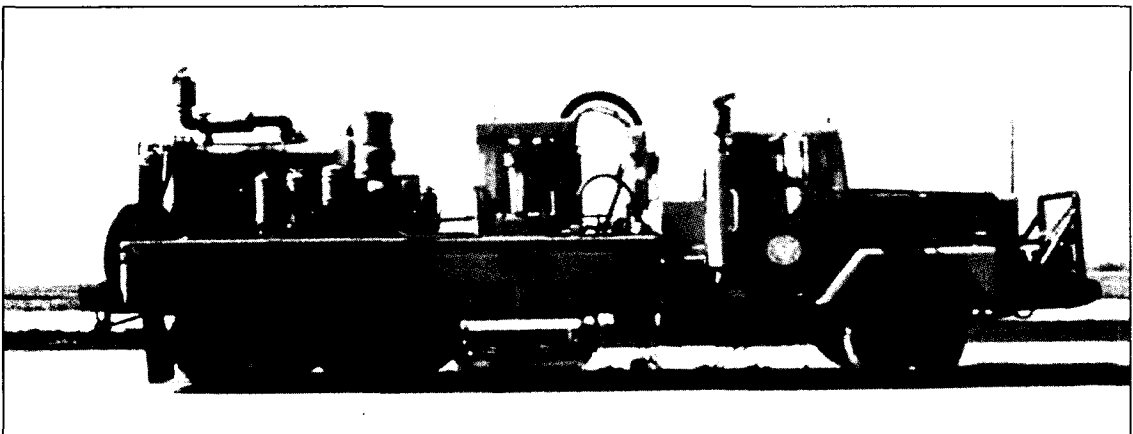
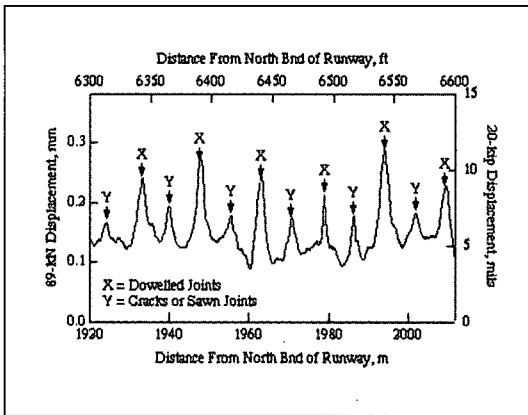
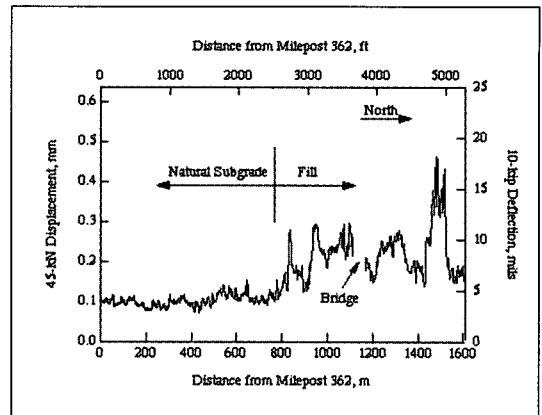


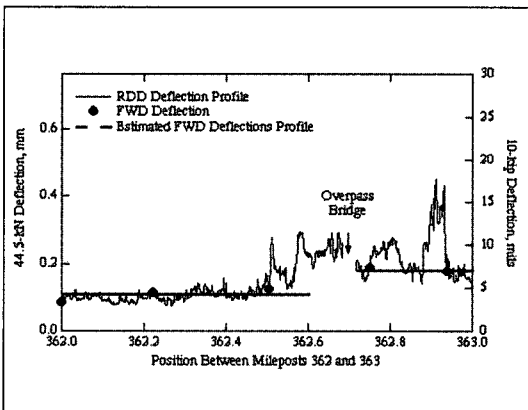
그림 37. 장구조체의 건전도 평가를 위한 Rolling Dynamic Deflectometer



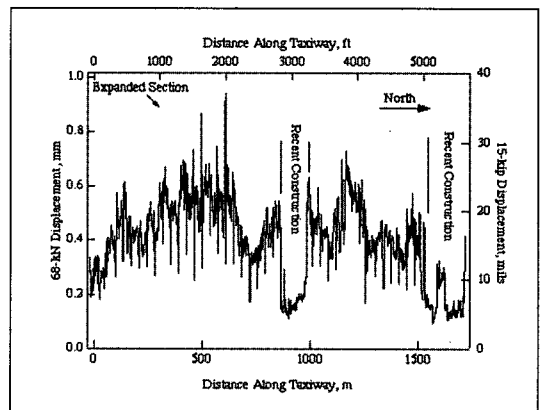
(a) 공항의 강성 활주로 포장: 달라스 국제공항



(b) 고속도로 연성포장: 텍사스 힐즈보로 인근



(c) 고속도로 연성포장에서의 RDD 실험결과와 FWD 실험결과와의 비교



(d) 아스팔트 오버레이 시공된 강성 활주로 포장: 텍사스 그린즈빌

그림 38. RDD 실험의 적용사례: 변위주상도 (Deflection Profiles)

RDD에 의해서 결정하는 변위주상도란 RDD 실험 축선 위의 각 측정점에서 임의 변위센서에 의해서 측정된 변위의 크기를 측정위치에 대해 도시한 그래프를 나타내는 것이다. 실제 측정사례를 그림 38(a)(달라스 국제공항)에 제시하였다. 강성 활주로 포장의 경우 그림 38(a)(달라스 국제공항), 고속도로 연성포장의 경우 그림 38(b)(텍사스 힐즈보로 인근), 아스팔트 오버레이 시공된 강성 활주로 포장의 경우 그림 39(d)(텍사스 그린즈빌) 등이 실제 대표적 RDD 적용사례이다.

그림 38(a)의 달라스 국제공항 강성 활주로 포장

의 경우, RDD 실험은 다우웰이 설치된 조인트와 균열을 구분할 수 있음을 보여주고 있다. 그림 38(b)의 고속도로 연성포장의 경우는 RDD 실험에 의해 기층지반의 영향을 확인할 수 있음을 보여주는 예인데, 자연지반의 기층과 매립층의 지반에 대해 RDD 충격하중에 대한 변위의 크기가 확연히 다르게 나타나고 있다. 이와같이, RDD 실험은 포장도로 하부의 기층의 상태를 평가하는데도 활용 가능하다. 또한, 그림 38(c)에는 RDD 실험으로 측정된 변위와 FWD로 측정된 변위의 결과를 상호 비교하고 있다. 제한된 개소에서만 시행되는 FWD

실험은 연속적 측정을 수행하는 RDD 실험결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 그림 38(d)와 같이, 아스팔트 오버레이 시공된 강성 활주로 포장에 있어서는 최근 시공된 포장층의 경우 상당히 작은 변위를 보이고 있지만, 이미 노후화가 진행되고 있는 기존의 포장층은 RDD의 하중에 대해 큰 변위를 발생시키고 있음을 보여주고 있다. 따라서 RDD 실험은 포장층의 강성을 상대적으로 비교하는데 있어도 활용될 수 있음을 알 수 있다.

조성호 (중앙대학교)

참고문헌

1. Bay, J.A. Development of a Rolling Dynamic Deflectometer for Continuous Deflection Testing of Pavements, Dissertation, The University of Texas at Austin, December 1997.
2. Bay, J.A., and Stokoe, K.H., II, "Continuous Profiling of Runway and Taxiway Pavements with the Rolling Dynamic Deflectometer (RDD) at Dallas-Fort Worth International Airport," Transportation Research Record, January 1998.
3. Bay, J.A., and Stokoe, K.H., II(1999), "Continuous Profiling of Flexible and Rigid Highway and Airport Pavements with the Rolling dynamic Deflectometer," Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli: Third Volume, ASTM STP 1375, S.D. Tayabji and E.O. Lukanen, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
4. Bay, J.A., Stokoe, K.H., McCullough, B.F., and Alexander, D.R.,(1999), "Profiling Flexible Highway Pavement Continuously with Rolling Dynamic Deflectometer and a Discrete Points with Falling Weight Deflectometer," Transportation Research Record No. 1655, pp74-85
5. Bay, J.A., Stopkoe, K.H., II, Mc Nerney, M.T., Soralump, S, VanVleet, D.A.(2000), "Evaluation of Runway Pavements at the Seattle-Tacoma International Airport Using Continuous Deflection Profiles Measured with the Rolling Dynamic Deflectometer," Transportation Research Record.

광고 게재 모집 안내

월간 "地盤"에 게재할 광고를 다음과 같이 연중 수시로 모집하오니 지면을 통하여 회사를 홍보하고자 하는 업체 및 회원은 신청하여 주시기 바랍니다.

- 다 음 -

(단위: 만원 / 회)

		표지 2, 4	표지 3	내지
칼	라	60	50	45
흑	백	40	30	25

※ 1년 단위 계약 10% DC, 특별회원사 15% DC (1년 단위 계약 10% DC 추가)