

코아스캐너 Corescanner

김 중 열 (Kim, Jung Yul)
Rafat, G.

한국자원연구소
독일 DMT-ILG 물탐연구소

요약 / ABSTRACT

한.독 국제공동연구를 통하여 현실화된 코아스캐너는 세계적인 현기술수준에서 독보적이라 할 수 있다. 발체된 코아의 외형은 촬영되고 또한 디지털 데이터화 함으로써 다음과 같은 기대효과가 약속되고 있다. ① 거의 완벽한 코아 외형복제는 바로 코아 보관에 따른 제반 문제를 극복할 수 있는 기틀을 마련하는 것이 되겠으며, ② 재래의 시추주상도가 보여준 불확실성은 다각적인 분석기법 내지 다양한 도면화기법에 의해 크게 해소됨으로써 향후 지질주상도 작성을 위한 새로운 면모를 보여 주는 것이 되었다. 본 논문에는 상기 기법이 국내 변성퇴적암 코아에 응용되어 그의 효율성이 입증되고 있음을 보여 주고 있다.

Through the Korea-Germany joint project, a novel method, that is, an optical Corescanner (Stereophotogrammetry) of acquisition, evaluation and display of structural elements of drill cores has been realized. All scannable cores can be digitally stored on a storage device(dat tape, optical disc etc.) and available for further analysis using diverse software facilities. The use of this scanning technique was demonstrated on the cores derived from the metamorphosed sedimentary rocks in our country. Recent studies showed a great potential of using the Corescanner with high resolution not only for avoiding ambiguities of drill log interpretation due to the capability of accurate quantitative analysis of structural elements, but also for replacing the cores themselves as a data-base one via completely copying of the core outlook.

서 언

코아시추는 토목 설계 및 시공을 위한 지반조사에서 규정화되고 있다. 비록, 채취된 코아가 조사지

역에서 극히 국부적인 영역만을 대변하고 있는 것은 사실이나 그래도 지하의 암반상태를 직접 눈으로 확인할 수 있다는 것 만으로도 귀중한 자료가 되는 것이다. 이러한 면에서 코아시추는 토목분야

이외에도 일찍이 광업분야(석유, 석탄, 금속광물 탐사)에서 널리 활용되었으며 최근에는 먹는 물 탐사, 지반침하문제, 지하수 오염문제 및 지열조사에 이르기 까지 그의 응용이 다양하다. 코아가 발췌되면 우선 육안관찰에 의해 지질주상도(drill log)가 작성

되며 그중 일부는 암석물성(탄성파속도, 강도 등) 측정을 위해 실험실로 보내진다. 일반적으로 지질주상도 양식은 조사업체에 따라 다소 달리고 있으나 그의 내용은 서로 거의 유사하다. Fig.1은 지질주상도에 대한 하나의 실례를 보여 주고 있다.

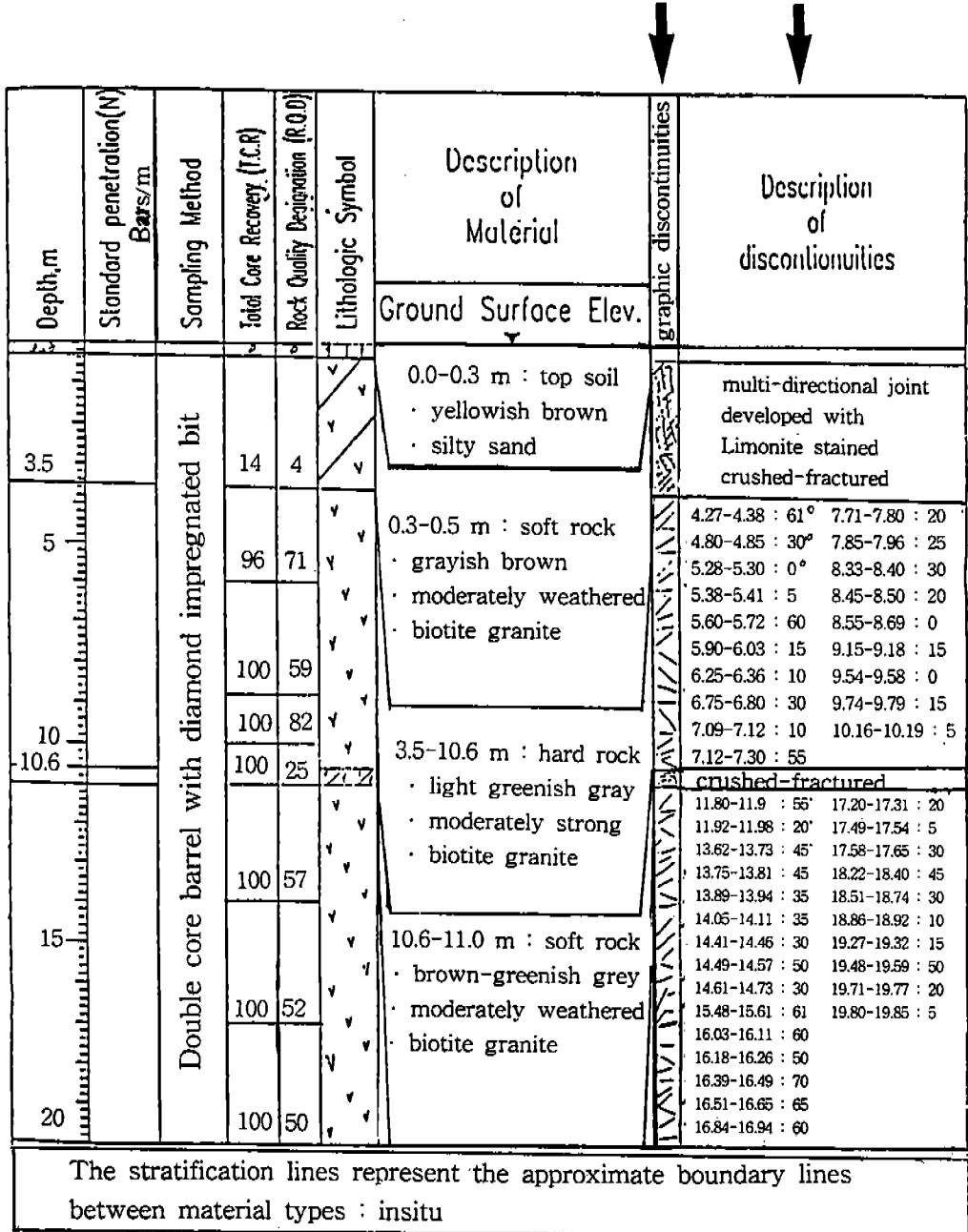


Fig. 1. Example of drill log.

여기에는 크게 암층분리와 절리발달 상태에 대한 내용이 담겨 있다. 암층은 조사자의 판단에 의해 토사, 풍화암, 연암, 경암(극경암)으로 분류되고 나아가서 TCR(Total Core Recovery), RQD(Rock Quality Designation) 및 각 암층의 특성(지질학적 암석분류, 풍화상태 등)에 대한 내용이 첨부된다. 물론 코아 육안관찰 과정에서 풍화암/연암 혹은 연암/경암 경계면 판단에 다소 어려운 경우가 있을 수 있겠으나 전체적으로 상기 암층분리에 대한 내용은 토목 설계 지반조사에서 가장 신뢰할 수 있는 자료로 간주될 수 있는 것이다.

대체로 지반조사의 목적은 암반분류에 귀결된다. 상기 코아 육안관찰에 의한 암층분리도 일종의 암반분류법에 속하며 또한 암반의 탄성파속도도 암층분류를 위한 매개변수가 된다. 그러나, 터널이나 비축기지 및 폐기물 저장시설 설계를 위한 암반분류에서는 단순한 암층분리이외에도 암반내 절리구조가 보다 주요한 매개변수로서 요구되고 있다. 예를 들면, 암반분류법으로서 Q-system이나 RMR(Rock Mass Rating)은 무엇보다 절리발달상태에 근거를 두고 있다. 따라서, Fig.1에 예시된 지질주상도에서도 그 절리부분은 절리에 대한 정보를 담고 있다. 여기에는 단지 코아 한면에 대한 절리모양이 심도별로 묘사되고 또한 심도구간별 절리발달상태가 상술되고 있다. 일별하여, 이러한 기록내용은 상당한 불확실성을 보여 주고 있음을 볼 수 있으며 더구나 절리구조 해석을 위한 자료로서는 이해면이나 분석의 정량화 측면에서 근원적인 한계성을 드러내고 있는 것이다. 이러한 취약점을 보완하기 위하여 지질조사자들은 상기 지질주상도외에 별도로 불연속면을 보다 구체적으로 기록하여 보관하거나(예: Fig.2 참조) 혹은 코아를 투명종이에 맡아 그 외형에 표출된 불연속면을 그대로 본뜬으로써 분석의 정확성을 높이고자 하고 있다. 한편으로는 Fig.3에서 나타난 바 장기적인 연구목적에 의해 코아 외형을 복사기에 의해 그대로 복제하는 경우도 있다. 이때에는 불연속면이 sine curves로 표현되어 분석을 위한 온전한 자료가 되는 것이다.

발체된 코아들은 일정기간동안 보관하도록 되어 있다. 이것은 우선 코아 시추작업에 대한 확인 내지 증빙자료가 되는 것도 있겠으나 무엇보다 지질

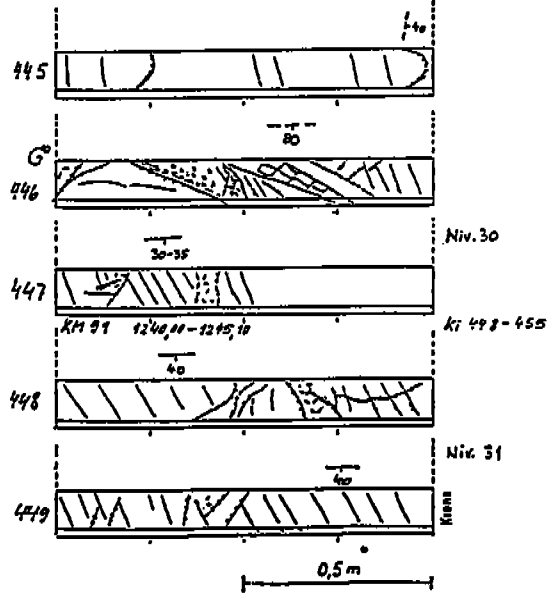


Fig. 2. Conventional recording of structural elements by means of hand sketches.

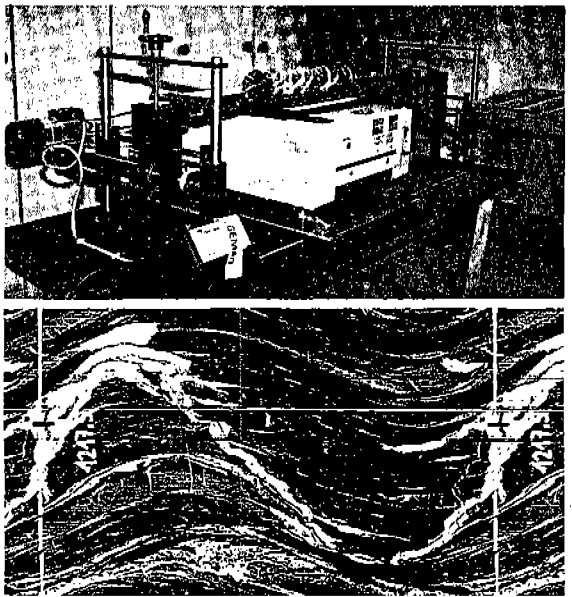


Fig. 3. Conventional recording of structural elements by means of Photocopier.

주상도의 미흡한 내용을 보완할 수 있는 근본자료가 되기 때문이다. 그러나, 이러한 코아보관 배후에는 또 다른 문제점이 뒤따르고 있다. 즉, 현재 국내 각종 건설공사에 비추어 해마다 엄청난 양(수십만 코아 박스 추정)의 코아가 누적되고 있으며 이들을 제대로 보관하기 위한 별도의 시설은 바로 비경제적이라 할 수 있는 것이다. 더구나 현실적으로 코아들은 규정된 기간동안 단순히 보관만 되고 있는 경우가 허다하다.

지금까지 서술한 코아 시추조사의 취약점은 대체로 지질주상도 내용의 불확실성과 코아보관의 어려움으로 대변될 수 있다. 본 논문에서 소개하는 코아스캐너(Corescanner)기법은 바로 이러한 문제를 근원적으로 극복하고자 하는 노력의 결실로 배태된 것이라 할 수 있다. 즉, 코아의 외형을 광학적으로 촬영하고 동시에 디지털 기록처리 함으로써 코아의 완벽한 복제는 물론 코아분석의 효율성을 극대화할 수 있는 소위, 코아분석을 위한 하나의 신기원이 열리게 된 것이다.

코아스캐너 기법

코아스캐너는 코아 외형을 광학적으로 디지털 촬영하여 data base화 함으로써 암반성상을 그대로 복원함은 물론 코아분석의 효율성을 극대화할 수 있는 하나의 첨단기법이다. 코아스캐너에 대한 착상 및 그에 따른 기본 hardware 및 software는 이미 수년전 독일 DMT물탐연구소에서 개발된 바 있으며 그 이후 한·독 국제공동연구를 통하여 측정 장치의 내구성 및 운용의 효율성은 물론 분석기법의 다양성에 이르기까지 독보적인 연구결실을 낳게 되었다.

Fig.4는 당소에 설치된 코아스캐너 측정 및 전산 처리 시스템 전모를 보여주고 있다. 측정시스템은 크게 ① 코아를 회전하게 하는 모터, ② 코아를 촬영하여 DSP(Digital Signal Processing)처리하는 CCD(전하 결합소자) line camera, ③ 모터제어 인터페이스와 카메라 인터페이스를 내장하여 데이터를 저장하고 동시에 영상화하는 PC시스템으로 구성되어 있다. 코아는 고무로 피복된 두개의 플라스틱 봉 사이에 물려서 일정한 속도로 회전된다. 이때 회전장치의 제한된 규격으로 인하여 코아의 총

연장은 최대 1m이며 코아의 직경은 40mm~150mm범위 내에서 측정 가능하다. 본 시스템에서 코아 원주에 대한 분해능은 약 1mm이며 이는 코아 직경 크기와는 무관하다. Grey level line camera는 배열된 코아 상단부로부터 수직 방향으로 약 1m 떨어진 곳에 장착되어 있으며 그 분해능은 1024 pixels/m 이다. 물론 여기에는 촬영을 위한 grey level camera 대신에 color camera로 대체될 수 있다. 이 때에는 CCD RGB(Red Green Blue) linear sensor의 분해능이 5184 pixels(1728×[R, G, B])/m에 달하며 데이터 양이 이전과 비교하여 5배로 불어나게 된다. 일반적으로 지질구조 해석을 위한 코아 분석에서는 grey level line camera로도 충분한 성과를 기대할 수 있다. 한편, PC에 내장된 운영 software (CORESCAN software)는 MS-windows상에서 가동되고 있으며 그의 주된 기능은 코아 길이의 실측화에 따른 제반조정, 측정제어, interactive pic-king of structural elements, 코아 이미지 교정 및 데이터 관리(MS-windows Bitmap format저장, 영상화 등)이다. 본 측정 시스템에서 상기 측정 과정을 통하여 코아를 촬영하는 시간은 코아 직경 90mm에 대하여 약 1분이 소요된다.

코아스캐너의 응용성

Fig.5는 하나의 실례로서 시추코아 외형(연장 약 1m)을 촬영한 결과(unrolled core image)이다. 예시된 시추코아(경기도 광주군 지하저장시설 지반조사 시추공(NX규격))의 직경은 약 54mm이며 본 탐사 지역의 암석은 지질학적 측면에서 대체로 변성퇴적암으로 간주되고 있다. 암석의 성상이 뚜렷하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 그림에서 표시된 수직선은 1m당 설정된 기준선(reference line)으로서 향후 코아 정돈(이미지 회전)을 위한 지침이 된다. 일반적으로, 코아 사진촬영의 경우에는 단지 코아의 한 면만 관찰될 수 있고 또한 화면의 크기 내지 분해능은 거의 고정적이라 할 수 있으나 반면, 여기서 도면화된 이미지(unrolled image)는 우선 코아의 양면을 나타내고 있기 때문에 불연속면 분석을 위한 온전한 자료가 됨은 물론 나아가서 그의 크기 및 형태는 다양한 도면화기법에 의해 얼마든지 조정가능하게 된다. 만약, 코아를 color scanning할 경우

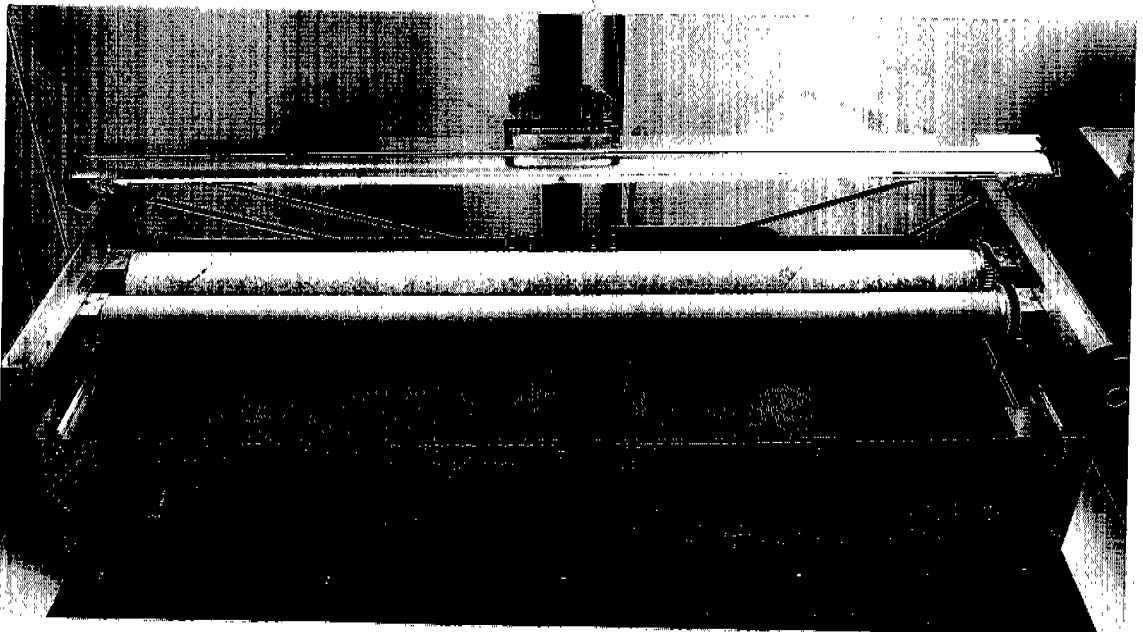
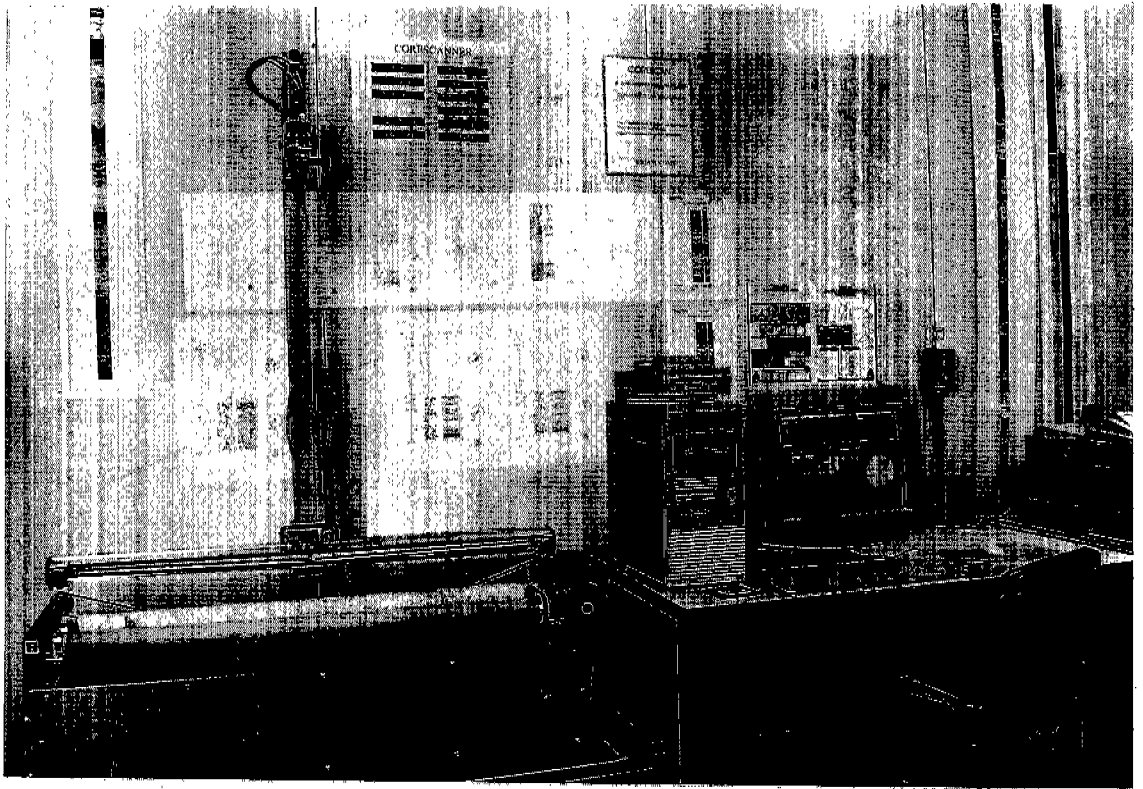


Fig. 4. Outlook of Corescanner measuring system.

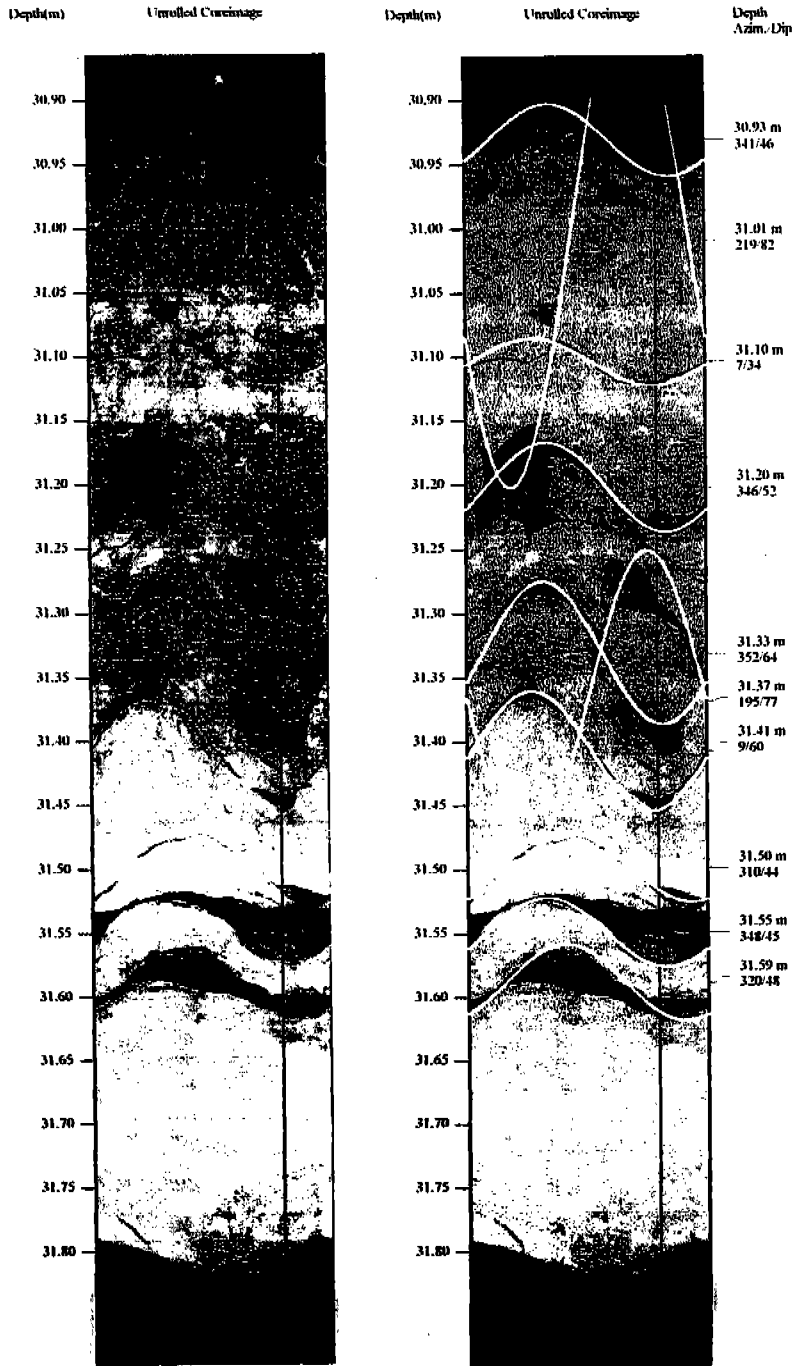


Fig. 5. Digital optical core image analysis. Unrolled digital image of drill cores derived from the metamorpho-sed sedimentary rock(Kyeongki province). Structural elements are denoted by various sine curves.

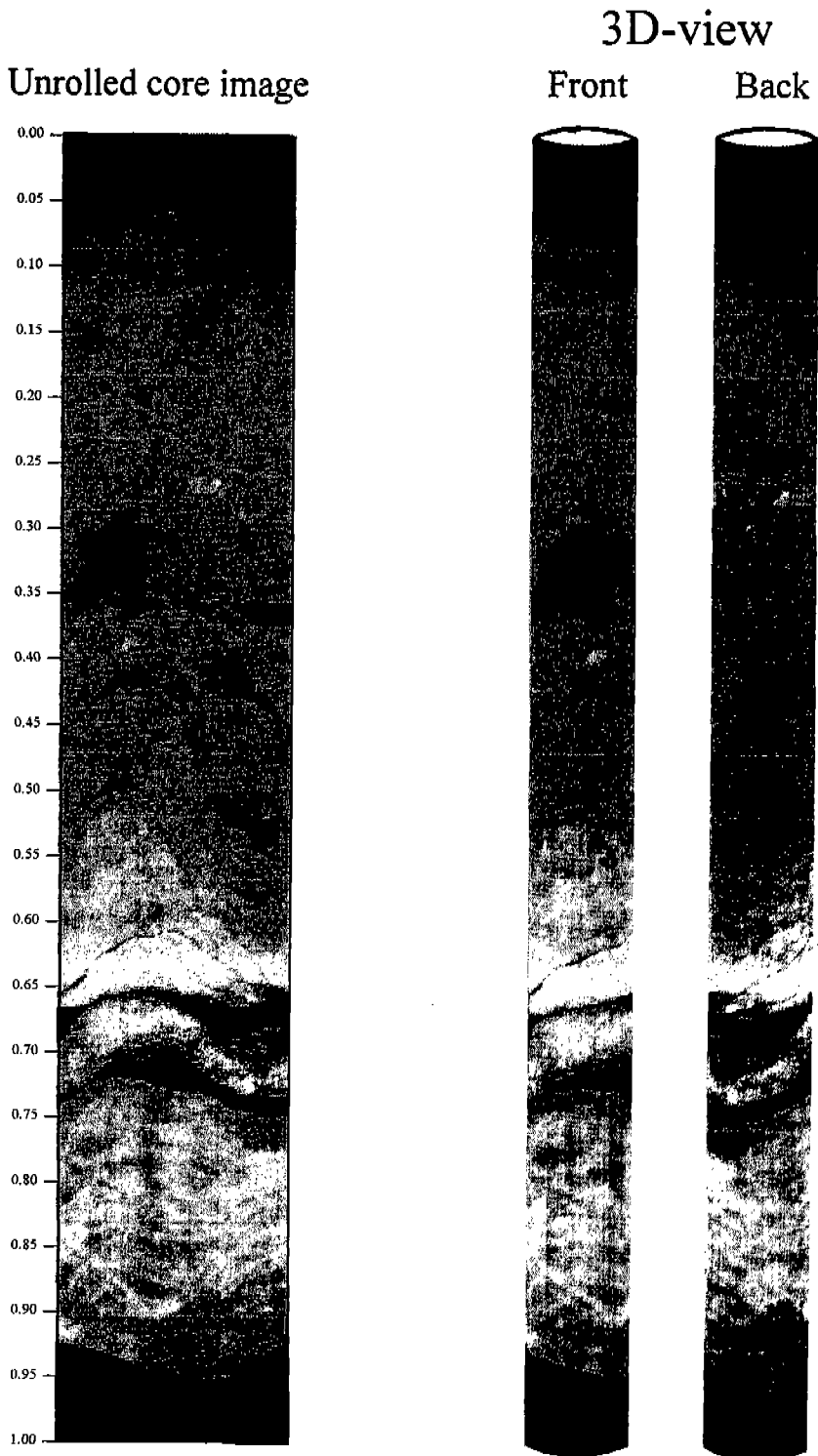


Fig. 6. Digital optical core image analysis.
Example of presentation of unrolled and 3-D image.

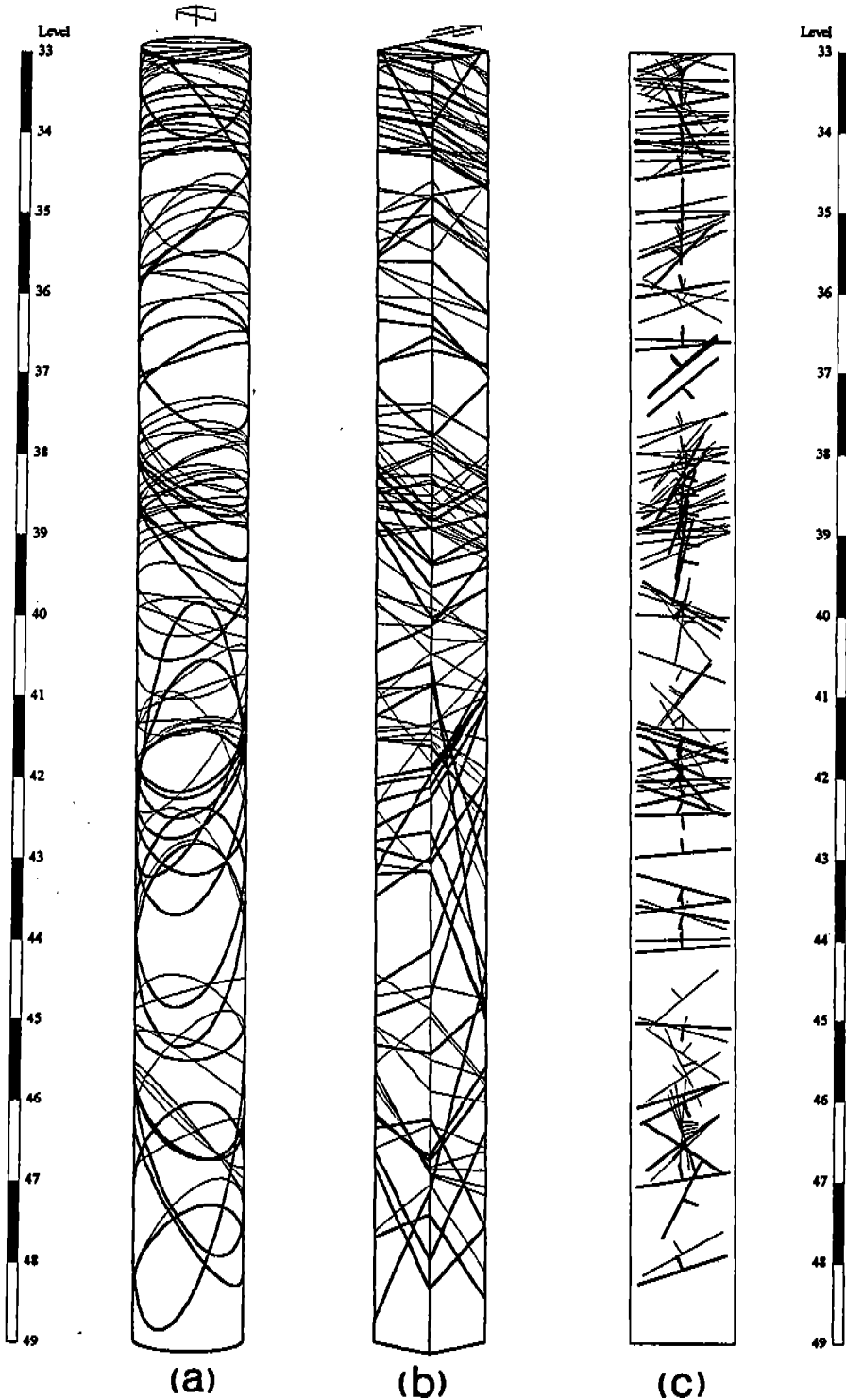


Fig. 8. Digital optical core image analysis.
Example of presentation structural elements. (a), (b) different 3-D view, (c) strike and dip direction

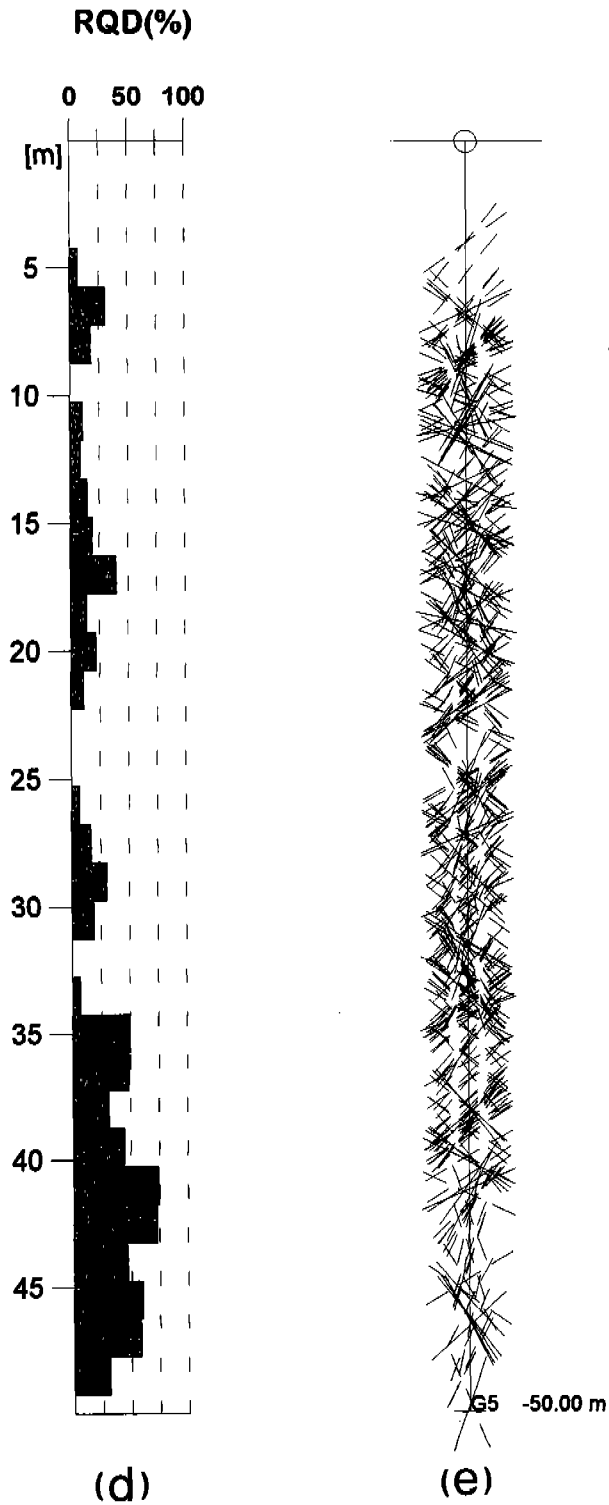


Fig. 8. (continued) (d) RQD, (e) plan view of structural elements.

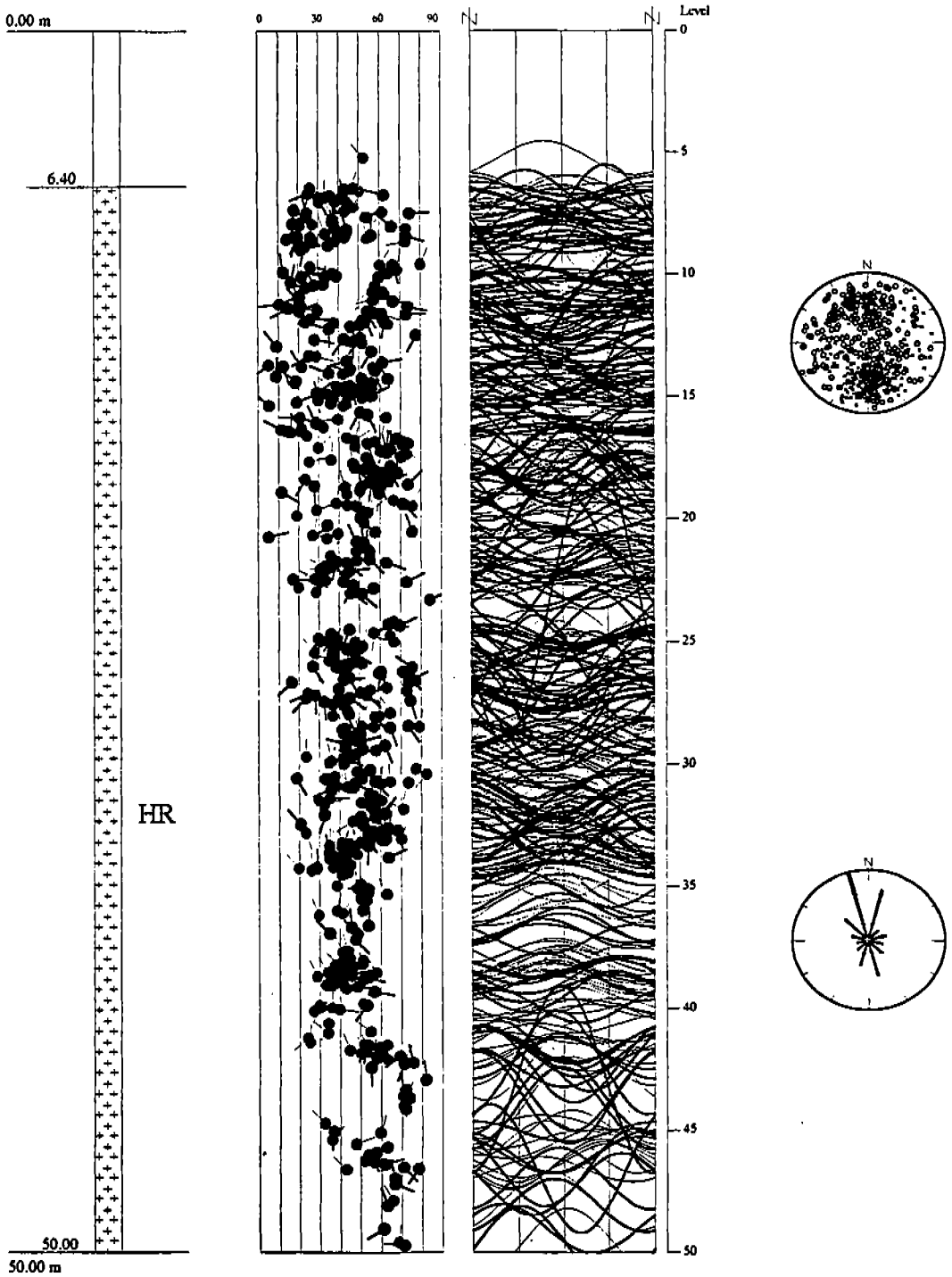


Fig. 9. Digital optical core image analysis(before orientation).

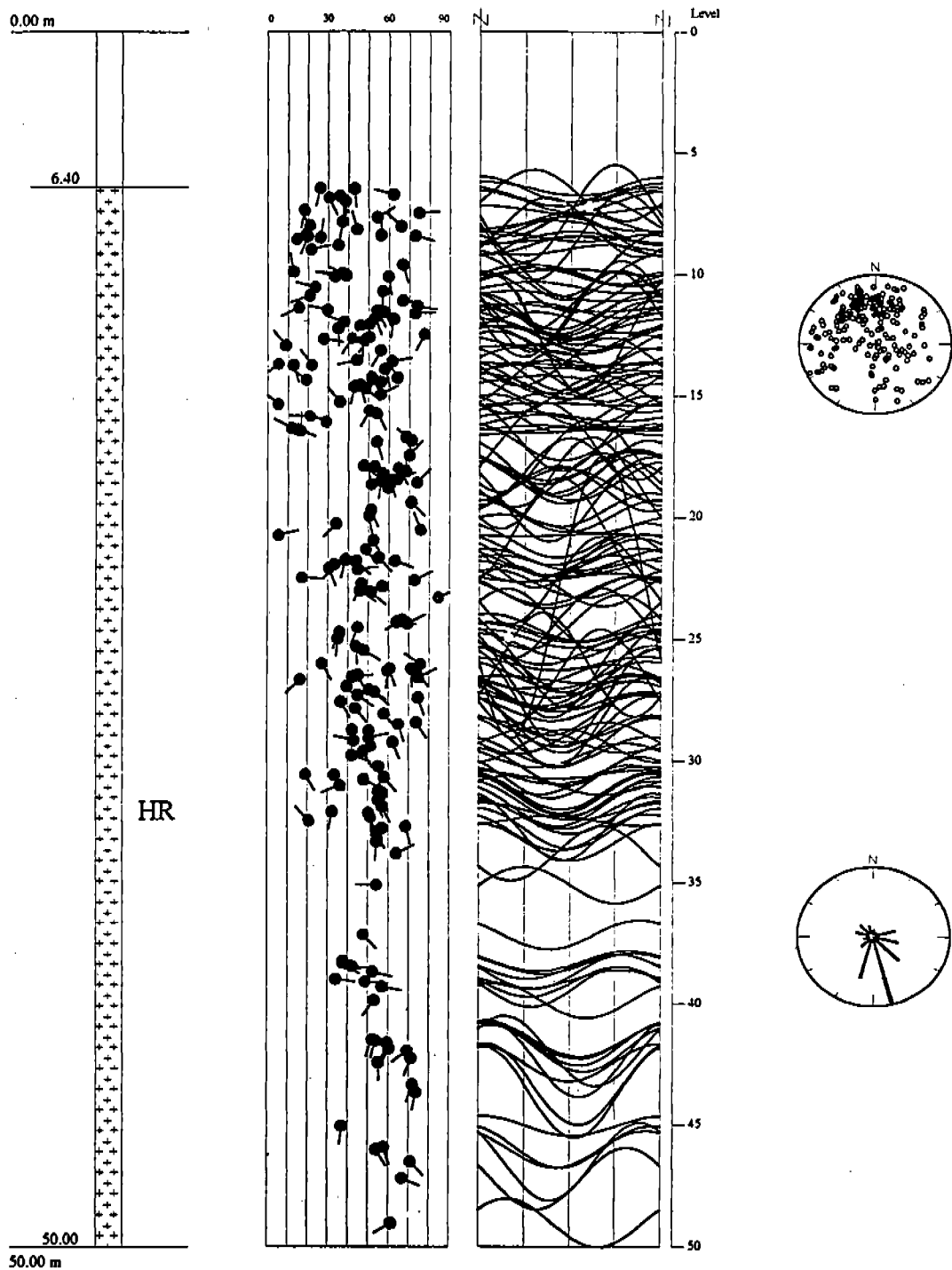


Fig. 10. Televiwer structural analysis(Kyeonggi province).

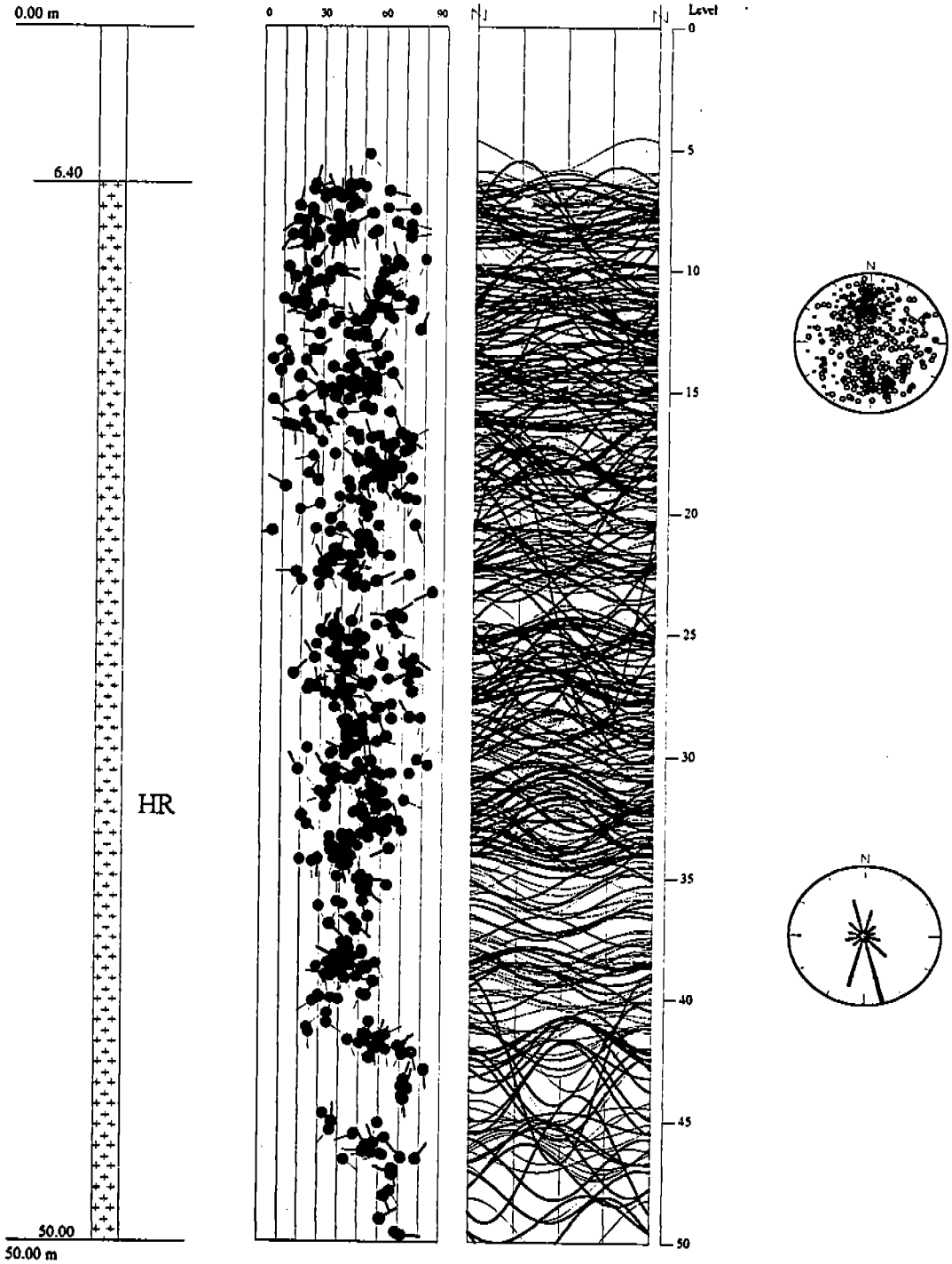


Fig. 11. Digital optical core image analysis(after orientation).

에는 코아 실물과 대등한 모양이 복원될 수 있다. 그림의 오른쪽 부분은 코아 이미지로 부터 structural elements가 발체되고 있음(sine curves)을 보여 주고 있으며 이러한 과정은 텔레뷰어 분석(김중열 등, 1995, 1996)에서도 유사하게 진행된다. Fig.6에는 상기 이미지(Fig.5 참조)를 도면화기법에 의해 3차원(코아전면 및 후면)으로 표현한 결과를 나타내고 있다.

코아이미지가 갖는 주요 기능중 하나는 무엇보다 불연속면에 대한 정량적 분석을 가능하게 할 수 있다는 데 있다. Fig.7은 상기 발체된 불연속면을 다양한 분석 및 도면화기법에 의해 나타내고 있다. 왼쪽 그림은 코아 육안관찰을 통하여 작성된 시추추상도이며 여기에는 단지 예상된 터널심도구간(경암 : HR(Hard Rock)만 보여 주고 있다. 두번째 및 세번째 그림은 발체된 각 불연속면의 경사방향 및 경사각을 arrow plot 및 sine curves로 나타내고 있으며 그들을 통계학적으로 처리된 결과(오른 쪽 그림)는 rose diagram(경사방향 표현) 및 polar projection(경사각 표현)으로 나타내고 있다. 대체로 지향성을 띤 경사방향이 관찰된다. Fig.8은 이전과 동일한 분석내용을 또 다른 도면화기법에 의해 나타내고 있다. 특히, (c)는 불연속면의 주향 및 경사방향을 지질학 분야에서 상용되는 표기법으로 대신 하였으며, (d)는 RQD, (e)는 시추공을 포함한 임의의 수직절단면을 바라 보았을 때 표출되는 불연속면의 위치 및 경사를 심도에 따라 일괄적으로 표현하고 있다. 여기서 나타낸 실선은 경사방향이 절단면을 기준으로 $\pm 45^\circ$ 범위내에 놓여 있을 경우이며 그 이외의 경사방향은 점선으로 표현되었다. 물론, 이들 각 그림은 그 자체로써 임의로 확대되거나 혹은 선정되어 동시에 도면화 될 수 있다.

일반적으로 발체된 코아는 방향성을 잃게 된다. 따라서 코아분석에 의한 불연속면의 경사방향은 반드시 교정되어야 하며 이를 위한 최적의 방법은 불연속면에 대한 완벽한 방향성을 제시할 수 있는 텔레뷰어기법(김중열 과 Schepers, 1996)이 되겠다. Fig.9는 시추공 전구간에 대한 코아스캐너 분석 결과를 보여 주고 있으며 Fig. 10은 동일한 시추공을 대상으로 얻게된 텔레뷰어 탐사결과를 나타내고 있다. 상기 결과들은 비록 서로 다른 기법에 의해

얻게 되었으나 상호 불연속면의 경사각 내지 경사방향의 지향성 측면에서 훌륭한 대조를 보여 주고 있다. Fig.11은 코아분석에 의한 주 경사방향을 텔

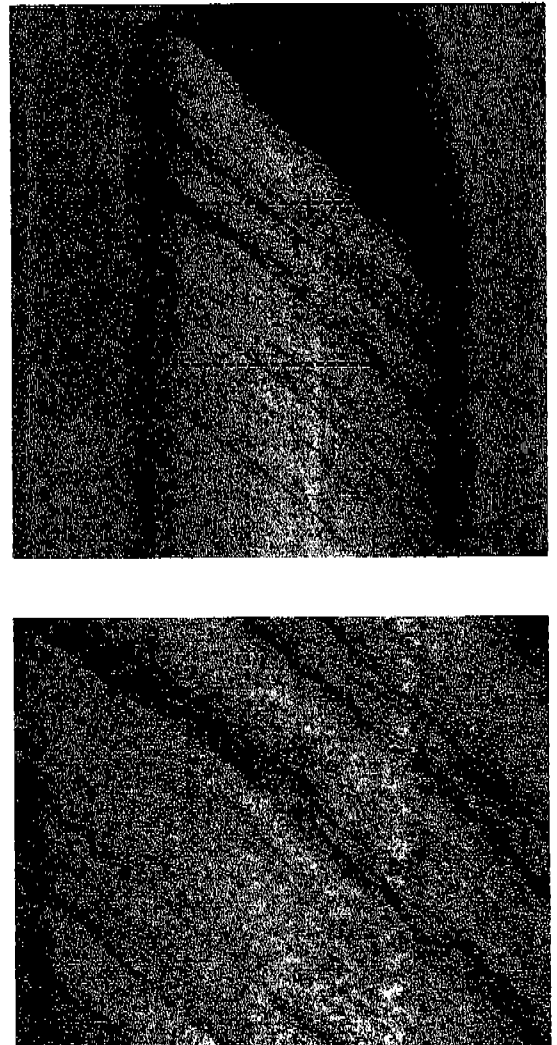


Fig. 12. Digital optical core image analysis.
Upper part : Color display of unrolled image produced with the Color Corescanner.
Lower part : Part of the unrolled image was enlarged. It reveals clearly the fine layering.

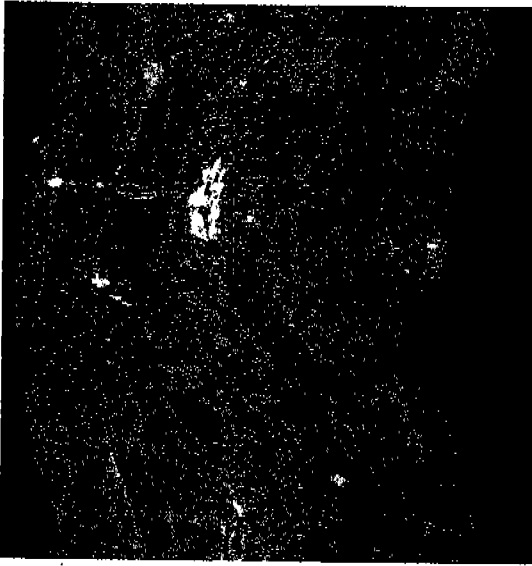


Fig. 13. Digital optical core image analysis.
 Upper part : Color display of unrolled image produced with the Color Corescanner.
 Lower part : Part of the unrolled image was enlarged. It reveals clearly the fine layering.

레뷰어 결과에 따라 단순히 방향만 전환된 것을 나타내고 있다.

이미 언급한 바 스캐닝된 코아이미지는 windows

software기능에 의해 자유자재로 확대될 수 있기 때문에 무엇보다 암반의 성상(예 : 구성물질, structure)을 마치 돋보 기로 관찰하는 효과와 대등하게 분석할 수 있을 뿐만 아니라 동시에 그 결과를 도면화할 수 있는 것이다. Fig.12 및 13은 color corescanner에 의해 디지털 촬영된 코아 이미지의 일부를 확대한 것을 보여 주고 있다.

결 언

본 논문은 코아스캐너에 의해 코아 외형을 거의 완벽하게 복원시킬 수 있음을 보여주고 있으며 그로부터 다음과 같은 기대효과가 약속될 수 있음을 예시하였다. ① 코아 보존 및 관리에 따른 제반 문제점이 크게 해소될 수 있는 계기가 마련되었다. 예를들면, 채취된 코아들을 바로 스캐닝한 후 즉시 시추공에 채워넣게 된다면 지하수 오염 등의 환경 문제도 크게 완화될 수 있는 방법이 제시될 수 있다. ② 코아 외형 및 분석결과에 대한 도면화가 자유자재(확대 등)로 되기 때문에 조사 내용에 대한 이해 도를 크게 높힐 수 있다. ③ 지질구조(절리, 열리, 단층 등)에 대한 정밀 분석이 가능 하다. ④ 시추 코아의 data base화로 정보교환이 용이하게 되며, 또한 전 국토 시추 코아 data bank화도 가능할 수 있게 된다.

상기 코아스캐너 기능은 우선 재래의 코아 시추 지반조사의 응용 효율성을 극대화 함은 물론 나아가서 지질에 대한 또 다른 분야(예 : 암석학, 지질학, 퇴적학, 석재조사 등)에서도 상당한 기여를 할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구결과는 과기처 특정과제(국제공동연구) 수행과정에서 비롯되었다.

참 고 문 헌

김중열, Schepers, R. (1995) : 고분해능 텔레뷰어 점층기법의 기능, 대한지질공학회지, v. 5, p

277-288.

김중열, 김유성, 현혜자 (1995) : Geotomography에 의한 암반구조 연구(V), KR-95(T)-17, 한국자원연구소, 392p.

김중열, 김유성, 현혜자 (1996) : 물리탐사 병합기술에 의한 지반조사 매개변수 산출법 연구(I), KR-96(T)-2, 한국자원연구소, 153p.

김 중 열

한국자원연구소

대전광역시 유성구 가정동 30

TEL : 042-868-3178

FAX : 042-861-9716

Rafat, G.

DMT-Institute of deposits, Surveying and Applied Geophysics

Herner str. 45, 44787 bochum, Germany

TEL : 0234-9683-301

FAX : 0234-9683-607