

## “3D Modeler”를 사용한 광체의 3차원 모델링 사례연구

이두성<sup>1)</sup> · 김현규<sup>1)</sup>

### A Case Study on 3-D Modeling of the Orebody by using the 3D Modeler

Doo Sung Lee<sup>1)</sup> and Hyeongyu Kim<sup>2)</sup>

**요 약 :** “이산적으로 정의된 수평단면으로부터 광체의 3차원 형태를 생성하는 3D Modeler”시스템을 사용하여 국내의 한 광산에서 개발중인 실제 광체의 모델링을 수행하였다. 이 프로그램을 사용하면 다양한 공간정보를 쉽게 종합하여 모델링을 할 수 있다. 모델링의 결과는 인접한 단면사이를 연결하는 제어점들의 설정에 크게 좌우된다. 제어점의 설정은 단면간의 기하학적 유사성과 광체의 지질학적인 특성 등을 고려하여 작성한다. 작성된 모델은 광체를 3차원적으로 도시하거나 또는 임의의 단면을 추출하여 검토할 수 있으며 이 단면을 수정하여 다시 모델링함으로써 점진적으로 사용자가 원하는 형태의 모델을 구축할 수 있다.

**Abstract :** A three dimensional model for the orebody of an operating mine in Korea was constructed by using a program called “3-D Modeler”. The program allows the user to interactively construct a 3-D model of an orebody from its horizontal cross-sections. The 3-D Modeler is easily able to combine and display various spatial data for model construction. The result of modeling is strongly influenced by control points that correlate to the adjacent horizontal cross-sections. The control points are determined by comparing the geometrical shape of the adjacent cross-sections in conjunction with the geological features of the orebody. The resulting model can be evaluated in viewing the constructed object in three dimensional space or more closely evaluated by inspecting the cross-section. The model can iteratively be improved by modifying the shape of the cross-section and by using this new cross-section for the model building.

**Keywords :** 3-D modeling, Orebody modeller

## 서 론

효율적인 지하자원 개발계획을 수립하기 위해서는 3차원 공간적으로 광체의 형태를 정확히 표현하는 것이 주요한 과제이다. 일반적으로 개발광산의 광체는 레벨별 수평 단면도에 의하여 표현된다. 따라서 광체에 대한 공간적 형태는 해석자의 기하학적인 지식에 의하여 결정된다. 김현규와 이두성(2001)의 연구에서는 이 수평 단면도를 이산적으로 3차원으로 시각화하였으며(Fig. 1), 이두성과 김현규(2002)의 연구에서는 이산적으로 정의된 이들 단면으로부터 광체의 3차원 형태를 연속적으로 생성하는 “3D Modeler” 시스템을 Desktop GIS 소프트웨어인 ArcView의 extension(ESRI, 1998)으로서 개발하였다.

본 연구에서는 3D Modeler를 사용하여 실제 광체의 모델링을 수행하였다. 본 연구에 사용된 자료는 강원도 정선 지역의 신예미 광산에서 획득한 광체의 수평 단면도이다(한진균과 성준영, 1998). 이 자료는 최하부의 -600 ML(meter level)부터 최상부의 -54 ML에 이르기까지 모두 16레벨로 이루어진 수평 단면들이며, 실제 고도는 해발 -69.7 m에서 476.3 m에 해당한

다. 이 수평 단면도는 대한광업진흥공사에서 제공한 것으로서 레벨별 굴진경도 및 수평 시추자료를 참고하여 작성된 것이다. 이 자료는 김현규와 이두성(2001)의 연구에서 사용한 자료와 동일한 것이다.

## 광체 모델링

전체 16개의 수평단면도 중 모델링에 사용된 단면은 광체의 하부에 해당하는 -500 ML(30.3 m)부터 -275 ML(255.3 m)까지 총 6개이다. 이들을 택한 이유는 단면의 형태에 비교적 일관성이 있어 추가적인 작업을 하지 않고도 모델링이 가능하기 때문이다. 즉, Fig. 1의 상부에 있는 단면들에서 볼 수 있듯이 상하 단면상의 광체의 개수나 형태에 큰 차이가 있거나 복잡한 경우에는 단면 사이의 기하학적 유사성에만 의존하여 모델링을 하기 어렵고 지질학적 분석을 통한 단면 사이의 연관성 해석이 선행되어야 한다. 따라서 전체 광체에 대한 신뢰할 만한 모델을 얻는 것은 이 지역의 지질에 대한 전문적인 지식이 필요할 것이므로, 본 연구에서는 심도에 따른 광체의 발달 상

\*2002년 2월 20일 접수

1) 한성대학교 정보시스템 공학과

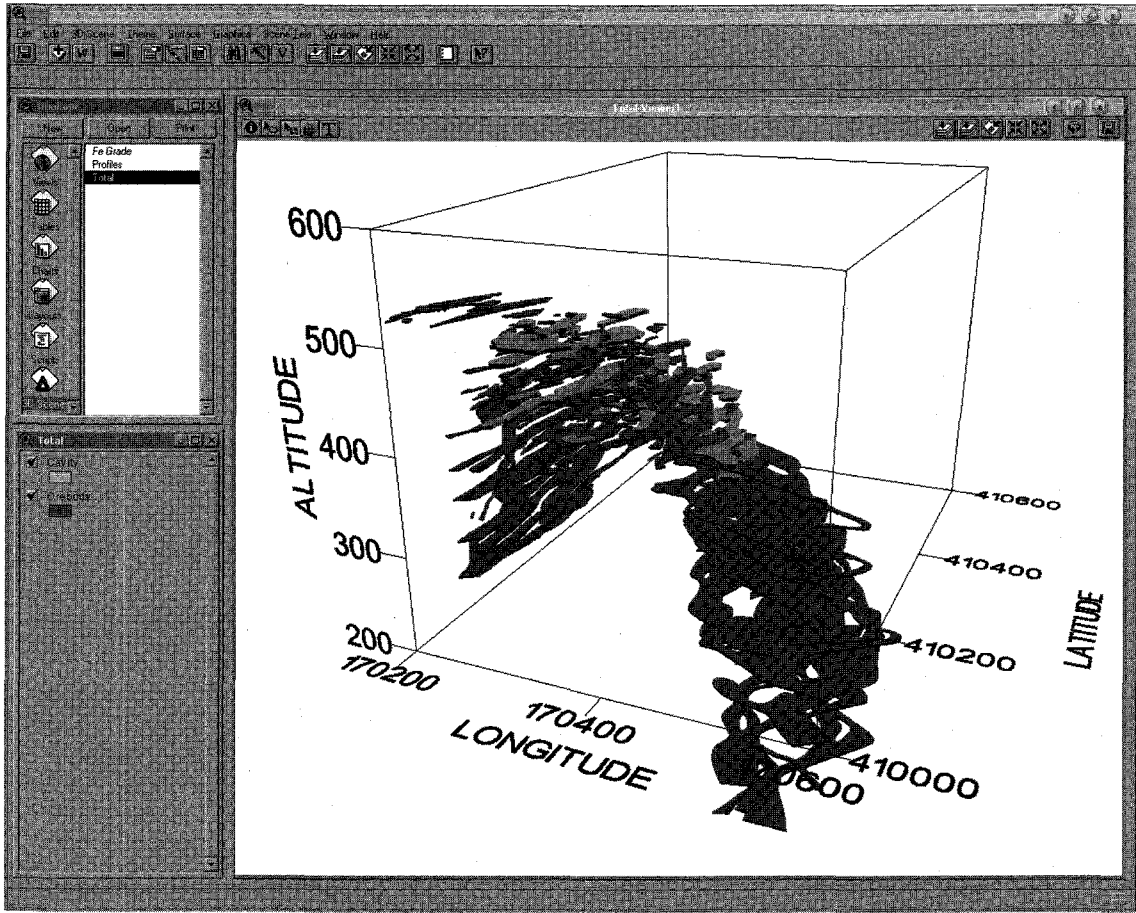


Fig. 1. A 3-D view of the ore bodies (dark gray) and cavities (light gray): (After Kim & Lee, 2001).

태의 변화가 심하지 않은 구간을 선택하여 모델을 구성하고자 하였다.

모델링의 순서는 하부로부터 상부로 향하는 방향으로 수행하였다. 물론 그 반대 방향으로 하여도 무방하다. 모델링 과정을 단계별로 기술하면 다음과 같다.

- 1) 최하부의 3개 단면에 대하여 제어점을 설정하고 모델링을 실시한다.
- 2) 생성된 모델에서 면이 교차하는 것과 같은 기하학적 오류가 있는지 검사한다.
- 3) 기하학적인 오류가 있으면 그 부분의 수평 단면을 추출하여 오류를 수정하고 상하 단면의 제어점들을 다시 설정한다.
- 4) 새로 생성된 단면을 기존의 단면과 함께 다시 모델링을 수행한다.
- 5) 수정된 모델에 오류가 모두 제거될 때까지 3~4단계를 수행한다.
- 6) 오류가 없으면 상부의 단면을 하나 추가하여 모델링을 실시한다.

Fig. 2는 하나의 단면에 대하여 제어점을 설정하는 장면이다. 각 단면은 다각형(polygon) shapefile(ESRI, 1998)로 되어있으며 제어점은 점(point) shapefile로서 생성한다. 하나의 단면은

여러 개의 다각형으로 구성될 수 있으며, 이는 단면 내부에 광체가 아닌 부분이 있는 경우이다. 따라서 각각의 다각형을 구분하기 위하여 해당 제어점들에 그룹 번호를 할당하며 각 그룹 내에 있는 제어점들에 일정한 노드(node) 번호를 부여한다. 그룹 번호와 노드 번호는 shapefile의 속성 테이블(attribute table)을 편집함으로써 설정한다. Fig. 2에서는 단면을 3개의 그룹으로 분할하여 단면상의 특이점을 중심으로 제어점을 설정하였다. 그룹 1은 최외곽선, 그룹 2는 단면 상부의 장화 모양 부분, 그룹 3은 단면 하부의 고립된 부분이다. 제어점의 위치는 이 단면 및 상하부의 단면을 비교하여 광체의 형태가 서로 대비되는 곳으로 선정하며, 단면 연결 시 같은 그룹과 노드 번호를 가진 점들끼리 이어지게 된다. 그러므로 제어점의 설정은 모델의 형태를 결정짓는 중요한 요소이며 지질학적 해석이 요청되는 과정이다. 최하부의 3 단면에 대한 제어점은 Fig. 3과 같이 설정하였다.

Fig. 4는 두 개의 원시 단면, 심도 180.3 m(Fig. 4a)와 230.3 m(Fig. 4c) 사이에서 모델링 후 생성된 심도 215 m의 단면(Fig. 4b)으로서, 제어점 설정의 중요성과 그 영향을 보여준다. 그림 상단의 (a)~(c)는 본 연구에서 적용한 제어점이며, 하단의 (e)는 시험적으로 (a)와 (c)와는 상이한 제어점을 적용해 본 결

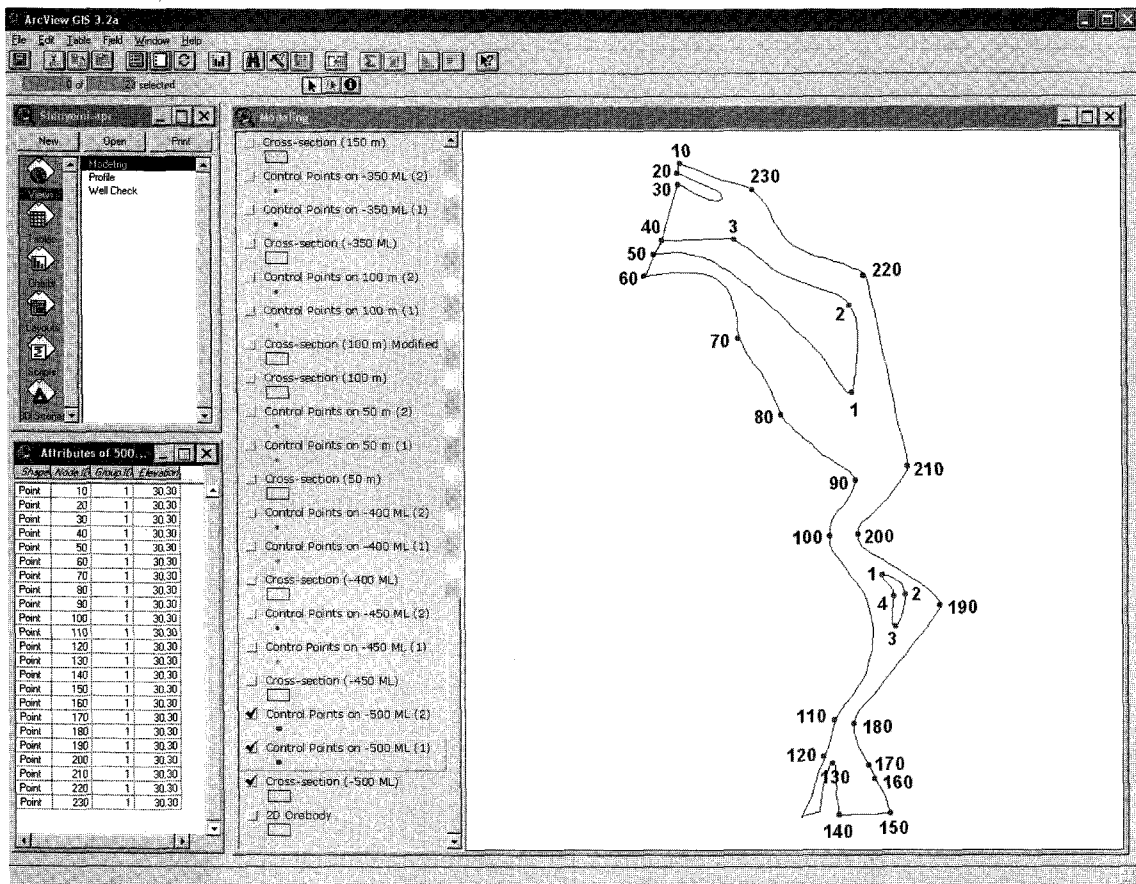


Fig. 2. A Horizontal cross-section of the orebody with control points. The orebody was divided into 3 regions and the control points were assigned independently for each region.

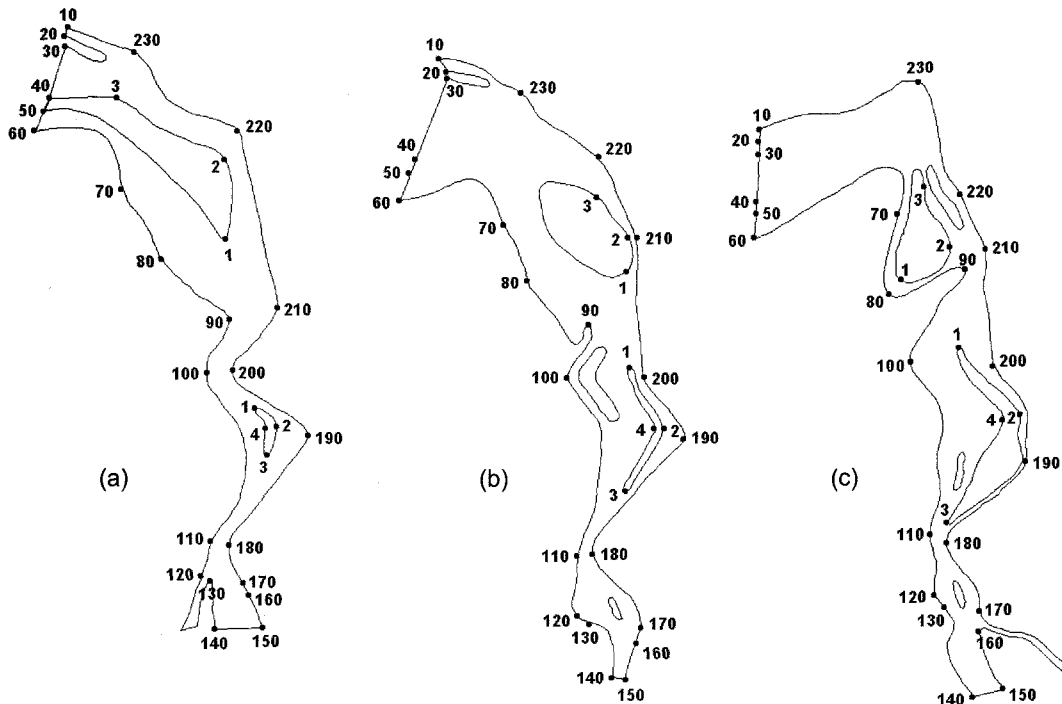
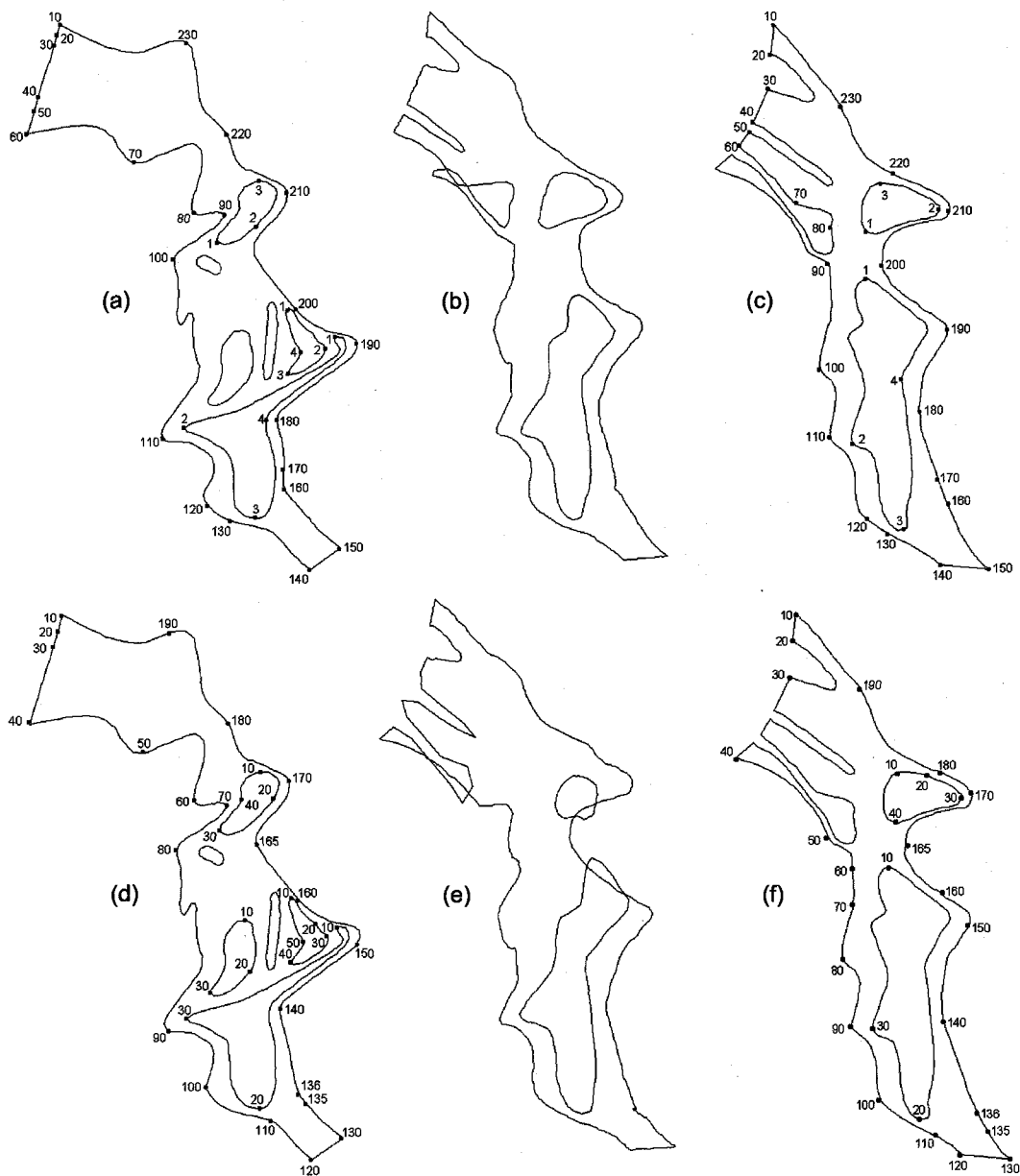


Fig. 3. Three adjacent horizontal cross-sections of the orebody with control points. The control points were assigned by comparing the geometrical shape of the adjacent cross-sections in conjunction with the geological features of the orebody.



**Fig. 4.** Two adjacent original horizontal cross-section at depths 180.3 m (4a, 4d), 230.3 m (4c, 4e) were used to construct the model. Horizontal sections at depth 215m were extracted from the model. Cross-section (4b) was extracted from the model generated by using control points shown in sections 4a and 4c, and cross-section (4e) was extracted from the model generated by using control points shown in sections 4d and 4f.

과이다. (b)와 (e) 모두 다른 그룹 혹은 같은 그룹의 다각형과 겹치는 부분이 발생하나 (b)가 훨씬 작은 면적으로 중첩되므로 더 좋은 모델임을 알 수 있다. 이와 같은 표면의 중첩은 원시 단면의 모양이 복잡하고 단면 사이의 수직 거리에 비해 횡적 변화가 클 때 나타날 수 있다. 이런 현상은 실제적으로는 존재하지 않으므로 중첩된 단면을 수정하여 가능한 모델로 개선하는 과정이 필요하다. Fig. 5는 Fig. 4b를 수정하고 새로이 제어점을 설정한 모습이다. 그룹 1의 제어점 70과 80구간의 교차부분을 수정하고 제어점 70과 80을 설정하였다.

3D Modeler를 사용하여 생성된 모델의 신뢰성은 입력 자료

인 원시 단면의 신뢰도와 제어점 설정에 달려 있다. 본 연구에서 사용된 입력 자료는 굴진개도와 수평시추 결과로부터 작성된 것이다. 이 지역에는 총 63개의 수직 및 경사 시추 조사 자료가 있다. 물론 재래식 방법으로 모든 시추자료를 체계적으로 사용하여 수평 단면을 작성하는 작업은 상당한 시간이 걸리는 작업이다. 3D Modeler를 사용하면 이러한 작업은 매우 간편하다. Fig. 6에 180.3 m(-350 ML)에서 광체의 수평 단면도에 수직/경사 시추 조사 자료에 의한 암종을 표시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 이들 시추자료를 사용하면 원래의 수평 단면도는 다소 수정이 필요하다는 것을 알 수 있다.

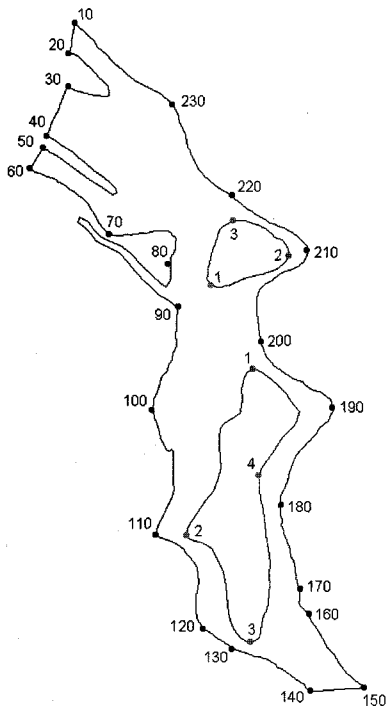


Fig. 5. Horizontal cross-section, shown in Fig. 4b, is modified and control points were assigned.

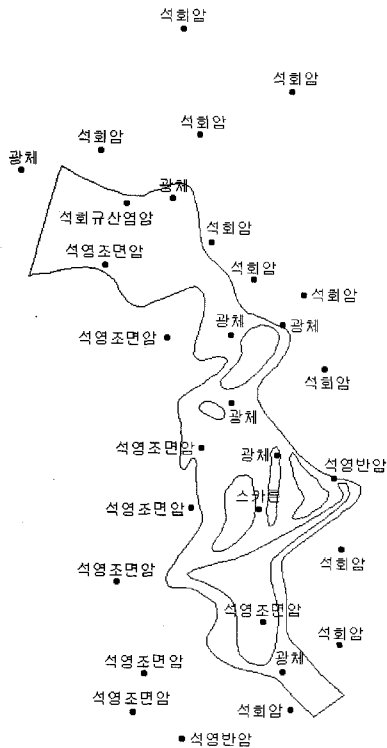


Fig. 6. Rock types at depth of 180.3 m were displayed on the horizontal cross-section. The rock types were found from the drilling cores.

3D Modeler는 완성된 3차원 모델로부터 임의의 방향과 경사를 가진 단면도를 추출할 수 있다. 컴퓨터 모델링으로 제작

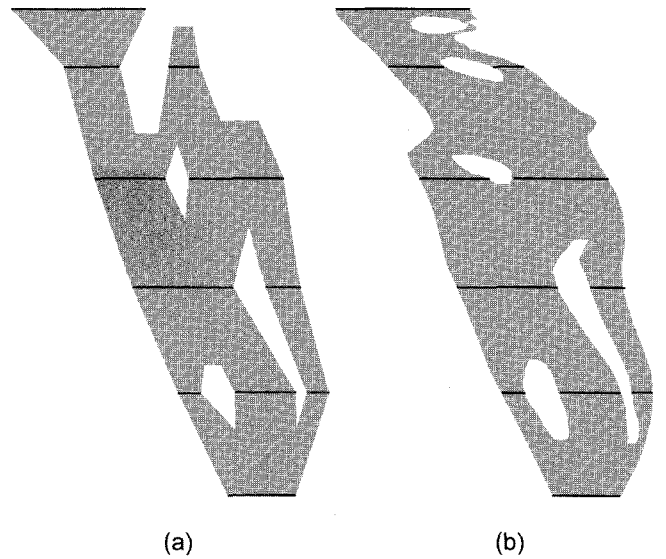


Fig. 7. A vertical cross-section of the orebody; (a) generated by using the input horizontal cross-section, and (b) extracted from the 3-D model constructed by using the 3-D Modeler.

한 3차원 모델에 의한 단면과 사람의 수작업에 의한 해석 단면을 비교해보기 위하여 김현규와 이두성(2001)의 연구에서 생성하였던 수직 단면과 같은 위치에서 단면을 추출하였다. Fig. 7a는 대한광업진흥공사의 해석에 의한 단면이며 Fig. 7b는 본 연구에서 산출한 단면이다. 광체의 모양이 비교적 단순한 하부에서는 두 단면이 비슷한 양상을 띄고 있으나, 형태가 복잡하여지는 상부에서는 서로 차이를 보이고 있다. 어느 것이 옳다고 단정짓기는 어려우나, 2차원적인 정보에 의존하여 2차원적으로 해석하였을 가능성이 큰 Fig. 7a보다는 3차원적인 개념에 의한 Fig. 7b가 앞으로 지하해야할 방향에 가까운 결과라 할 수 있다. 상술한 방법에 의하여 생성한 광체의 3차원 형태를 Fig. 8에 도시하였다.

### 결론

심도 방향으로 이산적으로 주어지는 단면도로부터 3차원 모델을 구성하는 프로그램인 “3D Modeler”를 이용하여 실제 광산에서 획득한 광체 단면도를 토대로 광체의 3차원 모델을 제작하였다. 모델링 과정에 있어 모델의 품질을 결정하는 가장 중요한 요소는 제어점의 설정이며, 이는 사용자의 경험과 지식에 의해 좌우된다. 모델 표면의 생성은 단면 사이를 보간(interpolation)함으로써 이루어지므로 원시 단면의 형태에 따라 서로 교차하는 면이 생길 수 있는데, 이를 제거하는 방법은 첫 번째로 제어점의 구성을 변경하는 것이고 두 번째로는 모델로부터 오류가 생긴 위치에서 단면을 추출하여 교차되는 면이 없도록 수정한 뒤 이 단면을 포함하여 다시 모델링 하는 것이다. 이와 같이 단면을 반복적으로 수정함으로써 오류를 줄이고 모델을 점차적으로 개선하는 기능은 3D Modeler의 강점이라

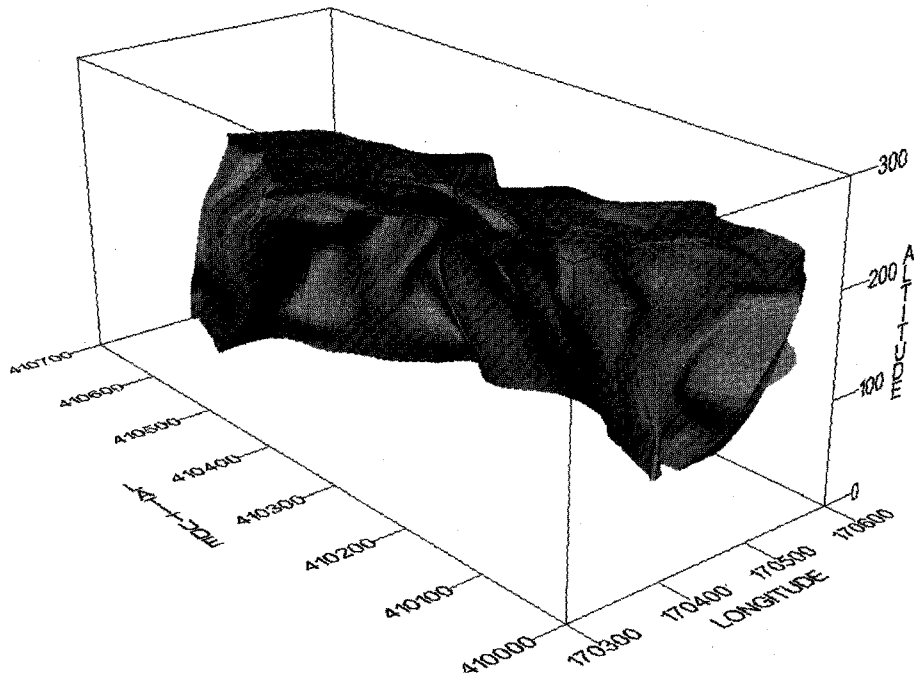


Fig. 8. Three dimensional view of the orebody constructed by using the 3-D Modeler.

할 수 있다.

완성된 모델을 검증하기 위한 방법으로 연구 지역에서 조사된 시추 주상도와의 비교를 시도하였다. 이를 위하여 3D Modeler에서 제공하는 시추 정보 추출 기능을 이용하여 원시 단면상의 수직/경사 시추공 위치에서 주상도의 암종을 확인하였으나 일부 일치하지 않는 자료가 있음을 발견하였다. 이는 원시 단면의 작성 과정에서 수직/경사공의 자료를 이용하는 것이 수작업으로는 어려운 일이었으므로 이를 제외하였기 때문이며, 3D Modeler를 사용한다면 이러한 작업을 쉽게 수행할 수 있을 것이다. 또한 연구 지역에서 사람의 해석에 의해 작성된 수직 단면도와 비교하기 위하여 모델로부터 같은 위치에서 수직 단면을 추출하였다. 2차원 자료에 의한 2차원적 분석으로는 한계가 있을 것이며, 공간 자료는 3차원적으로 구성하여 입체적으로 해석하는 것이 사실에 보다 접근하는 방법이라 사료된다.

## 사 사

이 연구는 한국과학기술평가원(KISTEP)의 “국가지정연구실(NRL)” 지원에 의하여 수행하였다. 이 기관에 감사한다.

## 참고문헌

- 김현규, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구: 물리탐사, 4(4), 101-109.
- 이두성, 김현규, 2002, 3차원 공간자료 모델링 소프트웨어 개발: 물리탐사, 5(1), 1-5.
- 한진규, 성준영, 1998, 신예미 광산 매장량 조사보고서: 대한광업진흥공사.
- ESRI, 1998, *ESRI Shapefile Technical Description*: Environmental Systems Research Institute, Inc.