

# 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질 확보에 관한 연구

## A Study on the Quality Assurance of National Basemap Digital Mapping Database

이현직\* · 최석근\*\* · 신동빈\*\*\* · 박경열\*\*\*\*

Lee, Hyun-Jik · Choi, Suk-Keun · Shin, Dong-Bin · Park, Keong-Yeol

### 要 旨

최근 국가지리정보체계 구축계획의 일환으로 1 : 5,000 국가기본도의 수치지도제작사업이 활발히 추진되고 있다. 국가기본도의 수치지도자료는 향후 추진될 공통주제도, 지하매설물종합도 및 공공 GIS 활용분야 등의 기본이 되는 자료로 구축된 자료의 품질 확보가 중요한 관건이 되고 있다. 본 연구에서는 수치지도작성 작업규칙에 의거한 품질확보 과정을 정립하고 자료량에 따른 검수시간과 경제성을 고려하여 데이터베이스의 자동 품질확보 프로그램 개발함으로써 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질을 향상시켜 공공 데이터베이스의 신뢰도 및 활용성을 높이는 데 목적이 있다. 본 연구의 수행 결과, 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질확보 과정을 정립하였으며, 본 연구를 통해 개발된 자동 품질확보 프로그램이 공공 데이터베이스의 신뢰도 및 활용성을 향상시킬 수 있었다.

### ABSTRACT

In recent years, the 1 : 5,000 scale Digital National Basemap(DNB) has been generated under National Geographic Information System(NGIS) Project. The DNB database generated will be the backdrop data for thematic maps, underground facilities maps and so on. The DNB database will be distributed to the government and private sectors in near future so that it should meet the requirements as the basic data. In order to assure the quality of DNB database, the establishment of quality assurance process to database was in great need. In this study, we were mainly concerned with improving the quality of digital national basemap database in geomatric aspect as well as the processing time due to the amount of digital data generated. As a results of this study, the quality assurance process of DNB database is established and automatic quality assurance program is developed. Also, the program developed in this study is contributed to quality assurance of DNB database as well as economic aspects.

### 1. 서 론

국가기본도 수치지도자료 등과 같은 대규모 공공 데이터베이스는 정보화 사회의 근간이 되는 사회간접자본의 하나로 다양하고 창의적인 응용을 통해 고부가가치를 실현하여야 한다. 막대한 예산이 소요되는 지형공간데이터베이스인 국가기본도 수치지도 데이터베이스

는 효과적인 활용을 목적으로 하여야 하며, 이를 위해 데이터베이스 설계와 구축과정 역시 미래의 사용자와 예상 수요를 바탕으로 추진되어야 한다.

국가지리정보체계(National Geographic Information System:NGIS)구축 기본계획에 의거하여 1995년도부터 추진되고 있는 국가기본도 수치지도 제작사업은 1997년까지 1 : 5,000 축척이 완성될 예정이며, 1998년까지는 전국 6개 광역시를 필두로 72개 도시에 대한 1 : 1,000 축척의 수치지도제작이 수행될 계획이고, 또한 1 : 25,000 축척은 많은 지역이 이미 제작된 상태이다.

이와같은 국가기본도의 수치지도제작 자료는 기존의

\* 상지대학교 토목공학과 전임강사  
\*\* 경북실업전문대학 지적과 조교수  
\*\*\* 국토개발연구원 연구원  
\*\*\*\* 충북대학교 대학원 박사과정

종이지도와는 달리 점, 선, 면 및 문자의 요소로 지형지물의 위치나 형상을 수치화된 좌표로 표현하고 있어 사용목적에 적합하게 재 가공함으로써 부가가치를 증대시킬 수 있으며, 필요에 의해 정부부처, 지방자치단체 및 정부투자기관이나 민간에 제공되어야 함은 물론, 차후에는 공공 GIS 활용체계의 기본자료로 이용되어야 함에 따라 표준화된 작업규정에 의해 자료의 품질을 확보하는 것이 중요한 문제가 된다.<sup>1)</sup>

그러나, 기 제작된 자료의 분석을 통해 파악된 현재의 자료 상황은 복잡한 작업과정, 다양한 작업환경, 초기 설계과정의 경험미숙을 통한 세부 작업 규정의 모호함, 작업자의 기술수준의 차이 등은 물론, 자료량이 방대함에 따라 발생하는 검수과정의 오류발생 가능성에 의해 자료의 신뢰도 및 품질 확보가 어려운 실정이다.

일반적으로 대규모 데이터베이스의 품질을 확보하기 위해서는 완성된 자료에 대한 품질 기준을 설정하여 표준화된 검사 단계에 의해 자료검수가 수행되어야 한다. 자료의 검수과정에는 자료모형과 자료내용, 위치정확도 및 자료품질을 검토하기 위해 육안에 의한 원도자료와의 비교나 컴퓨터 도시를 통한 시각검수가 주로 수행되고 있으나, 복잡한 작업규정과 자료특성에 의해 개인적인 오차 등이 발생할 가능성이 클 뿐만 아니라 막대한 시간과 인력 및 그에 따른 경비가 소요되므로 신뢰성이

있는 자료품질의 확보를 위해 개인오차가 배제되고 시간과 인력 및 경비를 절감할 수 있는 자동검수 과정의 정립이 요망된다.<sup>2)</sup>

따라서, 본 연구에서는 부가가치가 큰 대규모 공공 데이터베이스인 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 일정한 품질을 확보하기 위해 육안검수나 시각검수로 제대로 처리하기 힘든 세부적인 전산화일의 구조적 오류나 수치지도작성 작업규칙에 명시한 과업지침의 논리적 오류를 일괄적으로 검수할 수 있는 최적 자료검수과정을 정립하고 컴퓨터에 의해 자동검수를 수행할 수 있는 프로그램을 개발하는데 목적이 있다.

## 2. 수치지도제작 과정 및 주요 세부작업 지침

### 2.1 국가기본도 수치지도제작 과정

수치지도제작(Digital Mapping)은 수치지도작성작업규칙(건설교통부령 제17호 '95. 5. 29)에 의거하여 컴퓨터를 이용한 수치도화, 지도입력 등 지형·지물을 수치자료로 취득하여 표준코드 및 표준도식에 의해 목적에 따라 정위치편집과 구조화편집 또는 도면제작편집을 수행하는 것을 의미한다.<sup>3)</sup>

따라서, 수치지도제작은 대상지역의 상태 및 축척에

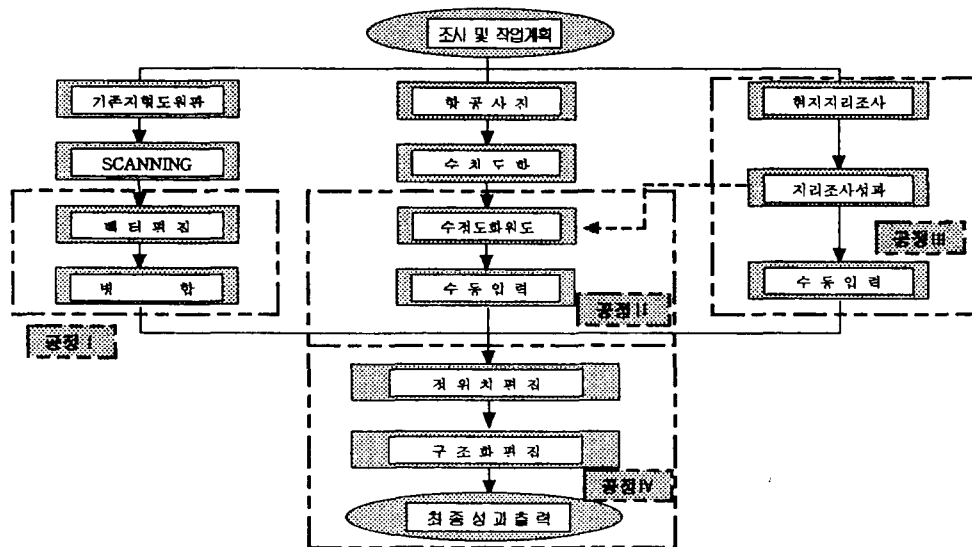


그림 1. 수치지도제작의 주요 과정

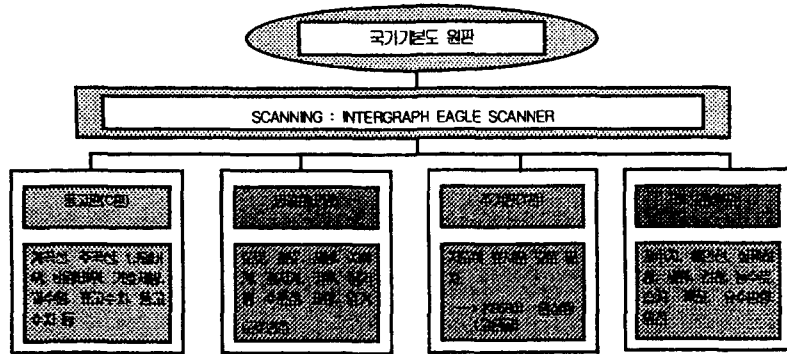


그림 2. 자동독취자료의 내용 주요 수록정보

따라 소요정확도를 유지하기 위해 그림 1과 같은 복잡한 과정으로 수행되며<sup>4)</sup>, 이들로부터 입력, 편집, 출력, 수정된 수치지도자료는 그대로 이용하거나 변환과 검색이 가능하고, 다른 종류의 자료와 조합하여 각종 형식의 지도를 만들 수 있어 건물, 도로, 하천, 지형 등으로 구조화(Structuerd Data)된 데이터베이스 구축이 가능하다.<sup>5,6)</sup>

그림 1에서 나타낸바와 같이 수치지도제작과정은 기존 지도입력(공정 I)과 수치도화(공정 II) 및 현지지리조사(공정 III)의 3단계의 과정과 이들 성과를 편집하는 정위치 및 구조화편집(공정 IV)으로 분류된다.

공정 I은 기존 지형도의 각 판을 통해 작업을 수행하는 과정으로 데이터베이스의 구축시 시간과 경비를 절약할 수 있으나, 자료의 최근화를 이룰 수 없어 정확도 및 신뢰도를 저하시킬 수 있음에 따라 최근 촬영된 대상지역의 항공사진으로 변경된 부분을 수치도화하는 공정 II의 과정이 필요하며, 이 또한 촬영시와 지도제작시의 시차를 고려하여 공정 III의 현지지리조사를 통해 자료의 신뢰성을 확보한다. 이와같이 제작된 자료는 지도제작규정 및 편집규정에 따라 공정 IV의 정위치편집 및 구조화편집을 수행하는 과정으로 국가기본도의 수치지도화가 수행된다.

일반적으로 지도자료의 입력은 신축이 없는 원판을 이용하여야 하며, 표준코드 및 표준도식에 의거하여야 한다. 수동독취기에 의한 입력은 4점 이상의 기준점을 이용하여야 하며, 표정오차는 도상 0.2mm 이내 여야 한다. 또한, 자동입력작업은 표준레이어코드에 따라 레이어별로 입력하는 것을 원칙으로 하며 벡터자료로 변환하여야 하고 수정된 벡터자료는 표준지형코드를 부

여하여야 한다.

본 연구에서는 이와같은 수치지도제작과정중 축척 1 : 5,000의 국가기본도를 대상으로 기존 지형도의 지도 입력과지형 및 지물정보의 최근화를 위해 수치도화를 수행한 수정도화원도와 지리조사정보를 정위치편집하는 수치지도제작과정을 분석하여 수치지도제작 과정의 작업형태별 세부지침을 파악함으로써 자동검수프로그램 개발의 기본자료로 이용하였다.

수치지도제작의 세부 공정은 그림 2와 같이 최근에 촬영된 항공사진을 해석도화기로 도화한 수치도화자료를 선행 입력하고, 기존 지형도의 원판을 자동독취한 등고판, 인공판, 하천판, 주기판의 작업을 수행한후, 이를 입력된 수치도화자료와 정위치 편집을 하여야 하며, 각 판별 입력 내용을 하나의 화일로 결합하여 지리조사사항을 수정하는 과정으로 수행된다. 각 판별 자료의 수록내용 및 수치지도제작의 세부공정은 그림 2 및 그림 3과 같다.

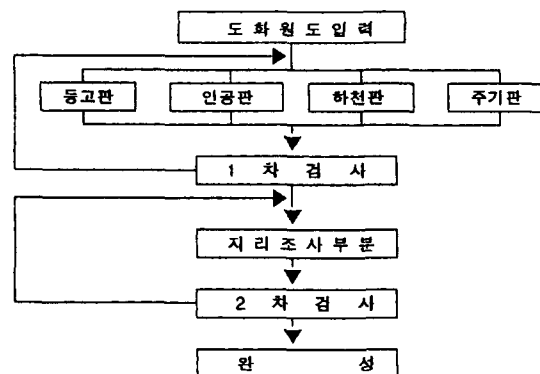


그림 3. 수치지도제작 세부공정 흐름도

## 2.2 수치지도제작의 주요 세부작업 지침

수치지도제작의 공정별 세부작업 지침은 작업자와 검수자에게 가장 기본적이고 중요한 사항으로 주로 벡터편집과 정위치 편집과정에 대해 규정하고 있다. 본 연구에서는 이와같은 과정에 대한 주요세부지침을 파악하여 수치지도제작 과정에 발생하는 주요 오류(error)의 유형을 분석하는데 이용하였다.

자동독취자료를 활용한 벡터편집은 기존 지형도를 자동독취(scanning)하여 제공되는 raster자료를 독취된 raster범위내에서 생성하는 과정으로 그림 1의 공정 I에 해당되며, 수치지도제작 공정의 대부분을 차지하는 과정이다.<sup>7,8)</sup>

벡터편집시 이용되는 좌표변환은 국립지리원에서 제공한 도곽좌표값을 사용하여야 하며, 도곽의 4 모서리 점은 작업이 수행된 후에도 삭제하여서는 안되고 지도원판별로 작업된 벡터자료는 하나의 화일로 병합하여야 한다. 화일의 병합에 이용되는 좌표기준계는 우리나라 지도투영의 기준인 횡단메르카토르(Transverse Mercator:TM)좌표로 하여야 하며, 단위는 m로 소수이하 2자리까지 기록하여야 한다.

일반적으로 벡터편집의 정확도는 raster자료와 최종 작성된 벡터자료를 화면에서 비교하여 도상 0.2 mm이 내이어야 하며, 확인용 출력도면은 정확도는 지도원판과 비교하여 상대최대오차가 도상 0.7 mm, 표준편차가 도상 0.4 mm이내이어야 한다. 자동독취자료를 활용한 벡터편집 과정에서 준수하여야 할 주요세부 지침은 표 1과 같다.

수정도화원도의 수동입력(digitizing)은 공정 II에 의해 작성된 대상지역의 수정도화원도를 수동독취기를 통해 벡터자료로 만드는 과정으로 기존 자료의 정확도와 신뢰도를 향상시키기 위해 수행된다. 수동입력을 위한 표정에는 최소 4점의 기준점이 이용되어야 하며, 기준점간의 거리는 가능한 멀은 것이 좋고 표정오차는 도상에서 0.2 mm이내이어야 한다.

일반적으로 각종 지형지물에 대한 수동입력 및 주기의 입력과정은 표 1에서 기술한 벡터편집의 세부지침에 준용하며, 입력시의 정확도는 도상 0.2 mm 이내로 이를 만족하기 위해 수동독취기의 해상도는 20선/mm 이상 이어야하고 독취범위는 900 mm×600 mm 이상이어야 한다. 또한, 수동입력자료의 확인용 출력

표 1. 벡터편집을 위한 주요 세부지침

세 부 항 목	세 부 지 침	비 고
1. 실형건물중 직선건물	○ 각 모서리에 하나씩 점 데이터가 있어야 하며, 반드시 폐합	
2. 곡선자료의 점간 입력간격	○ 축척 1:1,000 및 1:5,000→1 m    ○ 축척 1:25,000→10 m	
3. 곡선자료의 중간점을 생략할 수 있는 간격	○ 축척 1:1,000 및 1:5,000→6°    ○ 축척 1:25,000→10°	직선진행 방향기준
4. 도로중심선 및 하천중심선	○ 축척 1:1,000→모든 실효도로와 일반철도에 도로중심선 삽입 ○ 축척 1:5,000 및 1:25,000→고속국도, 국도, 지방도와 시가지 간선도로에 도로중심선 삽입 ○ 직할하천, 지방하천, 준용하천→제방사이에 하천중심선 삽입	
5. 선의 교차	○ 도로, 도로중심선, 하천, 하천중심선이 고가부 및 교량과 교차시 교량등을 통과하여 연결	
6. 분 기 점	○ 모든 자료의 분기점은 반드시 일치	
7. 연속 선형대상물	○ 모든 선형자료는 반드시 연결	
8. 등고선, 표고점, 삼각점, 수준점	○ 표고값을 정확히 입력하여야 함	
9. 등고선 수치	○ 등고선을 단락시키지 않고 등고선상에 입력	
10. 원판의 오기 및 누락	○ 도화원도 등 확인이 가능한 자료를 이용하여 직접 및 수동독취기로 입력	
11. 지류기호	○ 한필지에 하나씩 중앙에 입력	
12. 주기의 기재로 삭제된 지형지물	○ 주변상황을 판단하여 복원하며 그렇지 못한 경우에는 도화원도 등을 확인하여 복원	
13. 주기의 입력	○ 지형도 및 지리조사 주기를 해당기호로 입력(KS 5601 완성형) ○ 크기, 간격, 배열은 건설교통부령제247호에 의거하여 입력	

표 2. 정위치편집의 세부지침

세 부 항 목	세 부 지 침
1. 국가기준점	○ 성과표에 따라 모두 입력(삼각점 및 수준점조사)
2. 항공사진 판독이 불가능한 지역	○ 지리조사 성과를 이용하여 수정 보완 ○ 모니터상에서 어려우면 수동독취기로 입력
3. 등고선이 불합리한 지역	○ 산지에 한하여 주곡선 간격의 1/3범위에서 수정 가능
4. 항측 및 지리조사 시점의 차이로 인한 불일치	○ 지리조사성과를 이용하여 입력 및 수정
5. 각종 지형지물의 제원(도로, 철도, 교량, 제방, 댐)	○ 지리조사에서 얻은 자료를 통해 정확히 수정
6. 지류 계	○ 축척 1:5,000→폐합하지 않아도 됨 ○ 축척 1:1,000→반드시 폐합
7. 도로 및 하천 폭	○ 축척 1:1,000→0.6 m 이상 ○ 축척 1:5,000→3.0 m 이상 ○ 축척 1:25,000→6.0 m 이상은 실폭으로 표현

도면의 정확도는 지도원판과 비교하여 상대 최대오차가 도상 0.7 mm, 표준편차가 도상 0.4 mm 이내이어야 한다.<sup>9,10)</sup>

정위치편집은 지리조사 및 현지보완측량으로 얻어진 성과를 이용하여 수치도화로 작성된 수정도화원도 및 벡터편집된 지도자료성적을 수정보완하는 작업으로 작업의 수행은 도엽단위로 하며, 국가표준코드 및 표준도식을 준수하여 수행하여야 한다. 정위치편집의 세부규칙은 표 2와 같다.

또한, 정위치편집을 위한 지도자료의 편집 및 주기의 입력은 표 1의 벡터편집 세부지침에 준용하며, 정위치편집의 정확도는 지리조사된 내용과 일치하여야 한다.

이와같은 정위치편집된 자료는 자료간의 지리적 상관관계를 파악하기 위해 정위치편집된 지형지물을 기하학적 형태로 구성하는 구조화편집 및 지도형식의 도면으로 출력하기 위해 지도도식규칙 및 표준도식에 의해 편집하는 도면제작편집을 수행한다.

### 3. 수치지도 자동검수프로그램의 개발 및 타당성 분석

본 연구에서는 복잡한 작업공정으로 제작되는 수치지도 자료의 일정한 품질을 유지하기 위해 수치지도제작 작업공정 및 주요 작업지침과 기 제작된 수치지도자료의 전산자료구조 및 오류유형 분석을 통해 검수기준을 설정하는 프로그램을 설계하고 수치지도자료의 자동검수 프로그램을 개발하였으며, 1:5,000 국가기본도의 실제 자료를 통해 개발된 프로그램의 프로그램의 타

당성을 분석하였다.

#### 3.1 수치지도자료의 구조 분석

본 연구에서는 자동검수프로그램 개발의 최적자료 형태 및 검수기준을 설정하기 위해 국립지리원의 수치지도 제작업에 등록된 20여개 업체의 작업환경을 조사하여 수치지도제작에 주로 이용되는 자료의 전산파일 구조를 분석하였다. 본 연구에서는 대부분 업체가 작업시 활용하는 AutoCAD의 DWG 자료와 Intergraph MicroStation의 DGN 자료 및 중간형식으로 수치지도 납품형식인 DXF 자료구조를 분석하였다. 본 연구에서 분석된 수치지도자료의 전산파일 구조의 특성은 다음과 같다.

##### 3.1.1 DWG 자료구조

DWG는 AUTODESK사의 AutoCAD 고유 자료형식으로 자료층(LAYER)을 65535개까지 표현할 수 있으며, 한 개의 자료층은 32bytes까지 이름을 부여할 수 있다. DWG 자료구조는 점, 선, 면 모두의 구조를 가지며 2점 문자까지도 완벽하게 지원함에 따라 수치지도제작의 최종 성과는 현실적으로 DWG 자료구조로 완성하고, DXF 자료도 AutoCAD에서 변환하는 것이 바람직하다.<sup>11)</sup>

작업지침의 점요소로 표현되는 INSERT는 BLOCK이라는 심볼과 외부 화일을 불러들이는 작업에 많이 사용하며, INSERT 자체는 단순한 구조를 가지지만 BLOCK 화일을 만들 때 기준점(base point)을 수치지도작성 작업규칙 도식규정에서 정의한 위치에 만들지 않으면 오류를 발생한다.

또한, 작업지침의 선요소는 LINE, POLYLINE, VERTEX, SEQEND 구조로 표현되며, LINE은 첫점과

끝점의 정보를 가지고 있기 때문에 등고선 등의 긴 선형작업에는 사용할 수 없고, 연결선이 필요하지 않은 공간정보에 사용함에 따라 등고선, 도로, 하천 등 긴 선형이 대부분인 지형도에는 연속선 작업이 가능한 POLYLINE 구조로 공간정보를 취득하나, 중간점은 VERTEX 구조를 가지며 끝점의 정보는 SEQEND 구조로 마무리한다.

작업지침의 면구조는 별도의 구조를 가지지 않고 선구조의 폐합으로 즉 POLYLINE의 첫점과 끝점이 동일한 좌표를 가지고 있으면 되며, 이때 끝점은 첫점과 동일한 좌표를 나타내어야 한다. 주기입력에 필요한 문자구조는 문자의 위치정보 뿐 아니라 크기, 방향, 두께 등 모든 정보를 가지고 있다.

### 3.1.2 DGN 자료구조

현재 많은 용역 업체들이 수치지도제작 자료입력 프로그램으로 사용하고 있는 Intergraph MicroStation의 DGN자료는 구조적으로 DWG와 많은 차이가 있다. 우선 DWG는 모든 요소가 3D 자료구조를 기본적으로 갖고 있으나, DGN은 2D와 3D 자료구조를 개별적으로 갖고 있어 자료처리 속도나 화일의 크기가 작아짐에 따라 작업속도를 향상시킬 수 있다.<sup>12)</sup>

또한, DGN은 자료층 정의 부분에 6bit의 자료층영역을 가지고 있어 내부적으로 이용하는 1개의 자료층을 제외하고 63개의 자료층만을 사용하는 한계성을 나타내고 있음에 따라 DWG 화일과 비교할 때 1:5,000 국가기본도 수치지도작성 작업내규에 정의되어 있는 수백개의 자료층을 표현 할 수 없다. 그러나, 수치지도 제작업에 등록된 업체의 대부분은 신속한 작업이 가능한 특성에 따라 DGN 자료 구조로 작업을 하고 있었으며, 최종 화일만을 AutoCAD 자료구조인 DWG 로 변환하는 것으로 조사되었다.

MicroStation을 선호하는 이유는 화면의 확대, 축소, 이동 등 화면도시(Display) 속도가 AutoCAD 보다 빠르고, 요소의 편집기능이 뛰어나며 래스터자료의 처리와 벡터라이징 기능이 3rd Party로 지원하는 것이다.

이중 화면도시 속도는 각 요소의 영역을 가지고 있을 뿐 아니라 기울기 값을 단순히 각도로 표시하지 않고 벡터 변환을 위한 행렬값으로 표시되어 있으며 특히 심볼(CELL:DWG의 INSERT)요소는 심볼의 위치나 이름 등 기본적인 자료 이외에 실제로 심볼을 구성하고 있는 요소의 내용 까지도 포함 되어 있다.

면요소는 DWG와 마찬가지로 LINESTRING의 폐합으로 표현되며, 문자정보는 2점 문자로 정보를 보관 할 수 있는 영역을 찾을 수 없음에 따라 수치지도작성 작업내규에 적합하지 않음을 알 수 있었다.

### 3.1.3 DXF 자료구조

DXF의 자료는 DWG 자료를 사용자가 쉽게 알아 볼 수 있도록 문자 정보로 표현한 것으로 DXF 화일의 가장 큰 특징은 모든 정보가 문자로 되어 있으며 두 줄이 쌍을 이루어 한 개의 요소 정보를 이루게 된다. 한 쌍을 이루는 두 줄 중 첫 번째는 요소 정보를 분류하는 그룹 코드이고 두 번째 줄은 그룹 코드의 내용이다.

DXF 화일은 그 내용이 DWG 화일과 같을지라도 표현 형식에 있어 DWG 화일과 틀린점이 있다. 그 예로 DWG 화일은 요소의 그룹코드가 사용되어 있지 않는 경우 기본값(default)으로 자료에 저장되나, DXF 화일은 사용하지 않은 그룹코드의 내용은 생략되어 자료에 저장하지 않는다.

일반적으로 1:5,000 국가기본도 수치지도 1개 화일을 완성했을 때 DWG로 3MB, DGN으로는 1.5MB 정도로 DWG의 약 반정도의 크기를 가지며 DXF는 DWG의 약 3배 정도인 10MB정도의 대용량의 자료로 정보를 보관하게 된다.<sup>13,14)</sup>

따라서, 본 연구에서는 이상과 같은 수치지도자료의 전산화일 구조분석을 통해 복잡한 수치지도제작 지침을 모두 만족하고 오류의 위치파악과 수정시 중요한 위치정보의 검색이 가능함은 물론, 대부분의 업체에서 공통적으로 활용되는 Auto CAD r12 DWG자료구조를 자동검수프로그램 개발의 최적 자료구조로 선정하였다.

## 3.2 수치지도자료의 오류유형 분석 및 자동검수 프로그램의 오류유형기준 설정

본 연구에서는 기존 수치지도 납품자료의 육안검사 및 전산코드검사를 통해 주로 발생하는 오류유형을 분석하여 자동검수프로그램 설계의 검수기준 설정에 이용하였다.

육안에 의한 검사방법은 기존 지형도와 수정도화원도 및 최종 출력도면을 중첩하여 지형도와 수정도화원도상의 지형지물의 누락여부를 라이트테이블상에서 육안으로 검사하는 방법으로 사소한 심볼의 누락이나, 표고값 표기오류등 기본적인 오류파악에는 장점이 있으나, 육안에 의한 검사임에 따라 자료의 활용시 중요한

표 3. 육안 검사에 의한 주요 오류 유형

오류유형	주요 오류 내용
도로오류	○ 최종출력도면의 도로폭원과 기존 지형도 및 수정도화원도의 도로폭원이 상이한 경우 ○ 실폭도로와 세류가 만나는 지점에 암거가 누락된 경우
건물오류	○ 주기건물에 대한 심볼 누락 및 종이지도의 주기심볼의 위치와 주기위치가 너무 떨어진 경우 ○ 기존 건물의 위치와 신규 도화된 건물의 위치를 명확히 구분하지 않아 생기는 건물의 겹침
지류오류	○ 지류계 및 경지계 누락, 논과 밭 및 과수원의 심볼표기 누락 및 위치오류 ○ 지리조사된 경계선의 종류를 명확히 하지 않아 생기는 오류
기타오류	○ 등고수치의 오기 및 위치오류, 등고선이 건물의 중심부를 통과하는 오류 ○ 경계선 오류유형 : 행정경계선의 오기

건물의 폐합, 자료층 오류 및 인접관련오류 등 전산구조상에서 발생하는 미세한 많은 오류의 파악은 불가능한 단점이 있다.<sup>15)</sup> 일반적으로 육안검수를 통해 파악되는 주요 오류에 유형은 표 3과 같다.

전산코드검사에 의한 방법은 수치지도작성작업규칙 도식규정에 정의되어 있는 주요 자료층코드에 고유색상을 부여하여 자료층코드가 정확히 입력되었는지를 파악하는 방법으로 전산프로그램을 이용함으로써 자료층의 오류파악에는 장점이 있으나, 세부적인 오류파악에는 한계가 있다. 전산코드검사에 의한 주요 오류유형에는 표 4와 같다.

이와같은 검사방법에 따른 오류유형 이외에도 수치지도자료의 전산화일구조 분석을 통해 많이 발생하는 오류에는 기준선초과(overshoot)오류, 기준선미달(undershoot)오류가 있으며, 검사화일내의 오류와 검사화일과 인접화일과의 오류로 분류된다.

본 연구에서는 기존 수치지도자료에 대한 육안검사 및 전산코드검사에서 파악된 오류유형과 전산자료구조 분석을 통해 파악된 오류유형을 포함한 총 19가지로 분류되는 자동검수프로그램의 오류유형 기준을 표 5와 같이 설정하였다.

### 3.3 자동검수 프로그램의 설계 및 개발

본 연구에서는 앞절에서 분석한 자료구조 및 오류유형과 오류유형 기준을 토대로 프로그램의 설계를 수행하고 수치지도자료의 자동검수프로그램을 개발하였다.

자동검수 프로그램의 개발을 위해서 본 연구에서는 자료구조의 장점이 있는 DWG자료구조를 대상으로 하였으며, 자료검수의 시간 및 인력을 단축하기 위해 Auto CAD환경이 아닌 DOS환경에서 일괄처리할 수 있도록 개발하였다.

본 연구를 통해 개발된 자동검수프로그램은 자료의 활용성을 증대시키기 위해 CAD 환경에서 다양한 명령어로 작업되는 수치지도작성 작업규칙에 규정된 점, 선, 면 및 문자의 요소를 꼭 필요한 자료구조만을 사용하도록 단순화하였으며, 상하좌우 최대 4개의 인접(EDGE MATCH)도면을 자동검수할 수 있도록 설계하였다.

또한, 본 연구에서는 오류의 내용을 외부화일로 만들어 오류의 내용 및 수에 대한 검사가 가능하도록 하였음은 물론, 오류의 위치를 쉽게 찾을 수 있도록 오류가 발생된 위치를 원으로 표시하는 DXF화일을 생성하도록 설계하였다.

표 4. 전산코드검사에 의한 주요 오류 유형

오류 유형	주요 오류 내용
· 도로선코드입력오류	○ 도로의 양쪽선을 다른코드로 입력한 오류
· 세류처리오류	○ 하천선중 세류선을 입력하는 경우 주위의 제방선을 교차하는 오류
· 지류계처리오류	○ 수치지도자료층중 가장 많은 코드로 지류계와 경지계를 혼동한 오류
· 콘크리트구조물코드오류	○ 여수토를 콘크리트옹벽 코드로 입력한 경우(부정확한 작업지침 및 작업자의 주관)
· 주기코드오류	○ 주기입력시 발생하는 오류로 새마을창고를 산업시설코드로 입력한 경우 등
· 건물코드오류	○ 주기건물시 주택코드로 입력한 오류

표 5. 자동검수프로그램의 오류유형 기준

no.	오류명	원인 및 허용한계	해결방안
1	기준선초과오류 (OVERSHOOT)	- 작업화일의 ENTITY중 도곽기준선을 0.01이상 지나친 경우	- 작업화일의 도곽좌표 확인 - 도곽선분에 정확히 인접되어 있는지 확인
2	기준선미달오류 (UNDERSHOOT)	- 작업화일의 ENTITY중 선형ENTITY가 도곽기준선에 0.2이하로 미치지 못한 경우	- 작업화일의 도곽좌표 확인 - 도곽선분에 정확히 인접되어 있는지 확인
3	건물폐합오류 (BUILDING OPEN)	- 작업화일의 ENTITY중 건물이 폐합되지않은 경우	- ENTITY의 시작점과 끝점이 서로 같은 위치에 있는지 확인
4	고도값오류 (Z-VALUE AMBIGUOUS)	- 작업화일의 ENTITY중 등고선, 수전점, 삼각점, 표고점의 Z-VALUE값이 논리에 맞지 않는 경우	- Z 값이 0이하 이거나, 2000이상인지 확인 - 계곡선이 주곡선의 Z값이 아닌지 확인 - 주곡선이 계곡선의 Z값이 아닌지 확인 - VERTEX의 Z값이 다른 VERTEX의 Z값과 틀린지 확인
5	등고선끊김오류 (CON BREAK)	- 작업화일의 ENTITY중 등고선이 도곽내에서 끊어진 경우	- 등고선의 시작점과 끝점의 좌표가 같은지 확인 - 등고선의 시작점과 끝점이 도곽선분에 인접되어 있는지 확인
6	자료층오류 (LAYER MISS)	- 작업화일의 ENTITY중 LAYER.TBL에 등록되어있지 않은 형태로 입력되어 있는가 존재하는 경우	- ENTITY의 LAYER, TYPE이 LAYER.TBL에 등록되어 있는지 확인
7	인접자료층오류 (REF LAYER MISS)	- REF화일과 작업화일의 선형요소가 도곽선상에서 같은 좌표로 존재하고 있으나, REF화일의 요소와 작업화일 요소의 자료층이 서로 다른 경우	- 작업화일과 REF화일의 ENTITY LAYER 가 동일 한지 확인 - 같은 좌표상의 REF화일과 작업화일의 ENTITY 개수가 같은지 확인
8	인접고도값오류 (REF Z-VALUE MISS)	- REF화일과 작업화일의 성형요소가 도곽선상에서 X, Y 좌표는 동일하게 존재하나 Z값이 서로 다른 경우	- 작업화일과 REF화일의 Z값이 같은지 확인
9	요소부재오류 (ENTITY NONE)	- REF화일의 선형요소가 도곽선상내 존재하고 있으나, 작업화일내에 인접처리 되는 요소가 존재하지 않는 경우	- 작업화일과 REF화일의 인접여부 확인 - 작업화일의 요소가 누락되지 않았나 확인
10	인접요소부재오류 (EDGE MATCH MISS)	- 작업화일의 선형요소가 도곽선상에 존재 하고 있으나, REF화일내에 인접처리되는 요소가 존재하지 않거나, 작업화일에는인접 요소가 2개존재하지만 REF파일에서는인접 되는 요소가 1개밖에 존재하지 않는 경우	- 작업화일과 REF화일이 인접처리되어 있는지 확인 - REF화일의 ENTITY가 누락되지 않는지 확인 - 같은 좌표상에 REF화일과 작업화일과 작업화일 ENTITY의 개수가 서로 동일한지 확인
11	불확실요소사용오류 (USELESS ENTITY)	- 작업화일 요소중 LINE, LINE STRING, TEXT, CELL이외의 요소가 존재하는 경우	- LINE, LINE, STRING, TEXT, BLOCK 이외의 ENTITY가 있는지 확인
12	문자기준점오류 (I POINT TEXT)	- 각도가 있는 TEXT ENTITY중 2개 POINT 를 갖고 있지 않는 경우	- 각도가 있는 TEXT의 JUSTIFY가 RIGHT로 되어 있는지 확인
13	수부코드폐합오류 (WATER OPEN)	- 작업화일 ENTITY중 수부코드 ENTITY가 폐합되지 않은 경우	- ENTITY의 시작 및 끝점이 같은 위치인지 확인
14	등고선교차오류 (CON INTERSECTION)	- 등고선 상호간에 교차되는 부분이 있는 경우	- 교차되는 등고선을 찾아 원도와 맞는지 확인
15	등고선꺾임오류 (CON OVER DEGREE)	- 연속되는 등고선형의 각도가 90°가 넘는 경우	- 벡터라이징시 큰각도로 꺾인 선형 여부 파악
16	요소중복오류 (ENTITY DUPLICATED)	- 같은 LAYER의 자료가 중복되어 있는 경우	- 자료의 중복여부 확인



표 5. 자동검수프로그램의 오류유형 기준(계속)

no.	오류명	원인 및 허용한계	해결방안
17	건물기호위치오류 (B-SYMBOL OUTSIDE)	- 주기심볼이 건물 EENTITY의 외부에 존재하는 경우	- 주기심볼 위치가 건물의 범위 안에 있는지 확인
18	등고선의 중복점오류 (DUPLICATED POINT)	- 등고선의 VERTEX가 같은 위치에 2개이상 있는 경우	- 그 위치에 VERTEX가 몇 개 존재하는지 확인 한후, 필요없는 VERTEX는 삭제
19	등고선직선화미처리오류 (USELESS POINT)	- 연속되는 등고선형의 각도가 6° 보다 작고 길이가 3m보다 작은 경우	- 그 위치의 VERTEX를 삭제

3.3.1 프로그램의 논리 및 물리설계

수치지도 자동검수 프로그램의 논리설계 과정에서는 수치지도 작성 작업 지침과 입력된 수치지도 자료를 비교 분석하여 수치지도 작성 작업 지침에 위반되는 자료의 논리적 오류를 유형별로 분류하고 각 오류의 발생 빈도 및 발생 형태를 분석하여 검수의 범위 및 우선 순위를 설정하여 수치지도 검수 프로그램의 검수 기준을 확립하였다. 본 연구에서 자동검수프로그램의 논리설계 과정은 그림 4와 같다.

프로그램 물리설계과정 중의 하나인 구성요소의 결정에서는 자료분석 및 표준화 방안을 고려하여 도형자료의 자료층요소(layer.tbl)를 설정하였으며 특히, 확장성을 고려하여 사용자가 필요에 따라 수정, 추가, 삭제할 수 있도록 하였고 도곽 좌표체계는 사용자가 직접 입력한 직각좌표를 사용하도록 함으로써 경위도 좌표를 직각좌표로 변환하는 과정에서 생길수 있는 오류를 제거하였다.

프로그램을 실행하여 발생하는 오류목록은 내용을 단순화 함으로써 사용자가 한 눈에 알아볼 수 있도록 설계하였으며, 입·출력 설계는 가장 일반적인 자료로 만들어 사용할 수 있도록 설계 되었기 때문에 사용자의 시스템 사양이나 환경에 아무런 제약을 받지 않도록 하였다.

또한, 프로그램 물리설계과정에서는 자료분석과 오류의 출력을 위한 각종 LIBRARY를 설계하였으며, 프로그램의 수행과정에 대한 설계를 수행하였다. 프로그램의 물리설계과정은 그림 5와 같다.

3.3.2 프로그램의 개발과정

자동검수 프로그램을 개발의 주요 과정은 본 연구의 자료구조 분석을 통해 수치지도 작업지침 및 오류과약에 적합한 자료구조로 설정된 DWG자료의 READING LIBRARY 개발과 물리설계과정에서 설계된 프로그램 수행절차의 구현이다. 본 연구에서는 프로그램 개발언어로 Visual C++를 이용하였으며, 사용환경은 RAM 4MB이상인 386급이상 PC의 DOS환경에서 이용할 수 있도록 하였다.

DWG READING LIBRARY의 개발에서는 자료 입력 당시의 입력환경과 화일의 대한 정보를 가지고 있는 HEADER부분과 자료층, 심볼, 선형의 종류, 문자형태 등의 정보를 가지고 있는 TABLE부분 및 실질적인 자료입력 요소를 포함하고 있는 3부분으로 나누어 개발하였으며, HEADER와 TABLE 부분을 기억장소에 저장한후 입력된 요소부분을 읽어 요소의 내용을 검수할

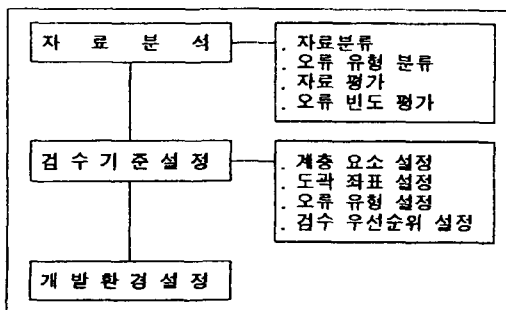


그림 4. 프로그램 논리설계 흐름도

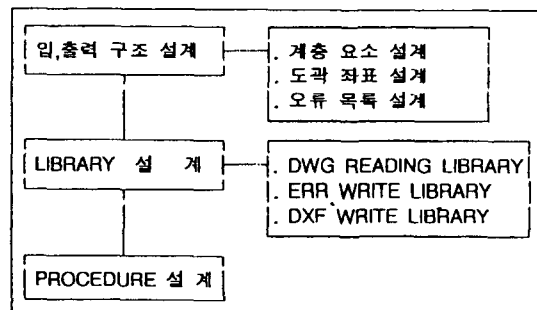


그림 5. 프로그램 물리설계 흐름도

수 있도록 변환하는 방법을 이용하였다. 그림 6은 본 연구에서 개발된 DWG READING LIBRARY의 흐름도이다.

또한, 자동검수 프로그램의 수행절차 구현에서는 첫 번째 단계로 자동검수를 위한 전제조건으로 사용자가 정의한 자료층 TABLE(LAYER.TBL, INDEX)화일의 내용을 읽어 그곳에 저장된 정보를 이용하여 검수를 수행하기 위해 사용자 정의 화일의 정보를 프로그램내에 기억하며, 다음 단계로 DWG READING LIBRARY를 이용하여 검색화일을 입력한 후, 검색화일의 요소의 종류 및 오류 여부를 검색하도록 하였다.

이 과정에서 TABLE화일에서 정의한 도곽 좌표에 의해 검색화일의 선형요소에 대한 인접여부를 파악한 후, 인접된 경우 화일간의 인접 검수를 위해 기억 장소에 좌표와 자료층 및 표고값을 기억장소에 저장하고 오류의 검수는 요소의 종류와 자료층에 따라 개별적으로 수행하도록 하였다.

검색화일의 사방에 인접된 인접화일은 DWG READING LIBRARY를 이용하여 요소를 읽어들이지만 검수화일과 같이 화일내의 오류검수는 수행하지 않으며, 단지 도곽의 인접여부만을 확인한후 인접되어 있으면 기억장소에 저장된 내용과 비교하여 같지 않으면 인접오류로 처리 하도록 하였다.

오류 처리된 요소들은 그 내용에 따라 오류메세지와 오류위치의 XY좌표 및 자료층명을 오류화일(\*\*\*\*\*.ERR)

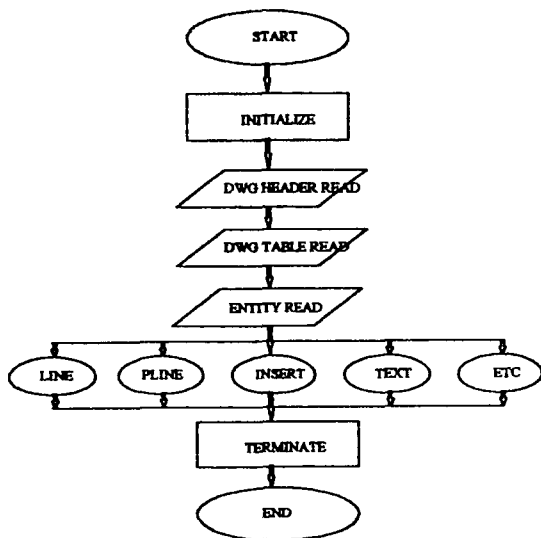


그림 6. DWG READING LIBRAR 흐름도

에 기록하도록 하였으며, 또한, 본 연구에서는 오류의 가시적인 파악과 오류의 수정을 용이하게 하기 위해 오류화일에 포함된 오류위치의 평면좌표를 중심으로 0 LAYER의 원으로 표시하는 DXF 화일생성 프로그램(ERR2DXF.EXE)도 개발하였다. 본 연구에서 개발된 수치지도 자동검수 프로그램의 주요 흐름도는 그림 7과 같다.

### 3.4 자동검수 프로그램의 타당성 분석

본 연구에서는 기 제작되어 납품된 1:5,000 국가기본도 수치지도자료를 이용하여 본 연구에서 개발된 자동검수프로그램의 타당성을 분석하였다. 타당성분석을 위한 대상지역은 시가지와 산악지가 고르게 분포되어 있는 대구지역으로 1:5,000도엽 30매(41번-70번)를 선정하였으며, 대상지역의 분포는 시가지 및 산악지가 약 45%, 농경지 및 구릉지가 27%, 산악지역이 28%로 대상면적은 약 179.21 km<sup>2</sup>(수계 제외)이다.

본 연구에서는 오류수정이 되지 않은 30매의 수치지도자료에 대해 자동검수프로그램을 수행하여 본 연구를 통해 설정된 19개 오류유형 및 9개 국가표준 레이어별 오류를 점검하였다. 본 연구에서 수행한 타당성 분석의 결과는 표 6 및 그림 8와 같다.

표 6 및 그림 8에 나타난 바와 같이 본 연구에서 개발한 자동검수프로그램에 의해 대상지역의 오류를 검

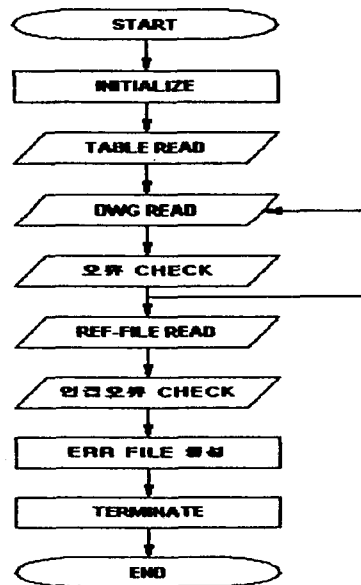
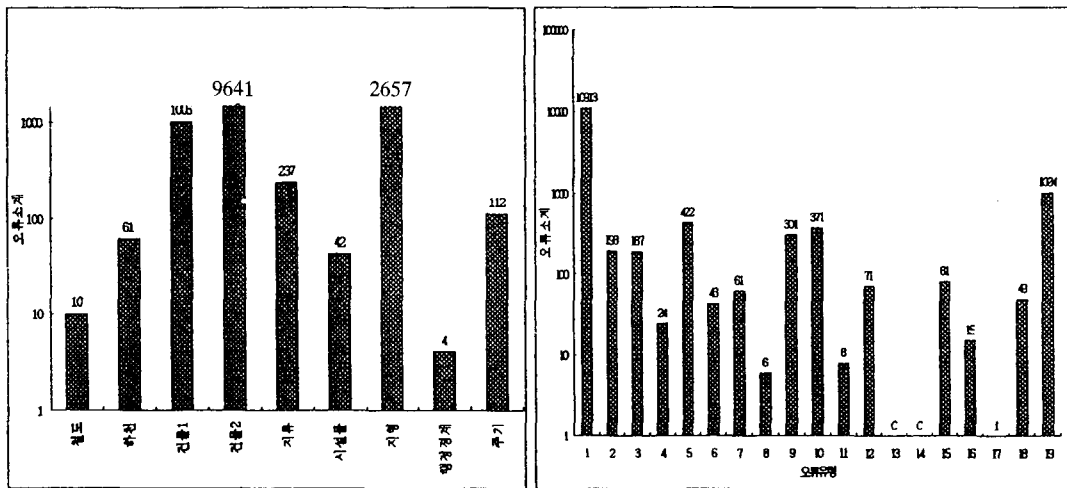


그림 7. 자동검수 프로그램 개발 흐름도

표 6. 자동 검수프로그램의 타당성 분석 결과

오류 유형	오류소계	레이어별 오류 수								
		철도	하천	건물 1	건물 2	지류	시설물	지형	행정경계	주기
1	10913		6	700	9269	155	8	719		65
2	193		9	71	48	13		52		
3	187				179		8			
4	24						24			
5	422					20		402		
6	43				2	15		22		4
7	61		3	30	18	2		7	1	
8	6							6		
9	301	5	20	88	49	14		124	1	
10	371	5	22	115	74	17	2	134	2	
11	8			2				6		
12	71							20		51
13	0									
14	0									
15	81							81		
16	15		1		1	1		11		1
17	1				1					
18	49							49		
19	1024							1024		
합계	13770	10	61	1006	9641	237	42	2657	4	112



(a) 레이어별 오류분석

(b) 자료유형별 오류분석

그림 8. 자동검수프로그램의 타당성 분석 결과

수한 결과 총 13,770개의 오류가 검색되었으며, 레이어 별 오류분석에서는 대상지역의 특성에 따라 건물2(3층 이상)레이어와 등고선을 포함하는 지형레이어 및 건물

1(1-2층)레이어 순으로 오류가 많이 발생하였다.

또한, 본 연구에서 설정한 19개 오류유형별 분석에서는 총 오류의 70% 이상이 기준선초과(OVERSHOOT)

오류 확인 이름	오류 내용	오류 종류
***** 71.ERR *****	***** REFERENCE FILE DOWN ***** REF LAYER MISS X=245143.851 Y=308696.703 LA=5111 REF LAYER MISS X=245062.708 Y=308696.276 LA=5111 REF Z-VALUE MISS X=245782.655 Y=308700.064 LA=7111 REF Z-VALUE MISS X=245161.342 Y=308696.795 LA=7111	이래쪽 인접도면 오류
USLESS ENTITY X=246799.740 Y=310444.933 LA=7131 1 POINT TEXT X=246812.559 Y=310360.870 LA=7131 CON BREAK X=245309.177 Y=308996.653 LA=7111 CON BREAK X=245309.138 Y=308996.834 LA=7111 BUILDING OPEN X=245279.627 Y=308939.007 LA=4112 BUILDING OPEN X=245278.112 Y=308938.164 LA=4112 OVER SHOOT X=244647.714 Y=311468.098 LA=7114 CON OVER DEGREE X=244720.420 Y=311342.963 LA=7114 Z-VALUE AMBIGUOUS X=244665.036 Y=308650.642 LA=7111 OVER SHOOT X=244665.846 Y=308694.004 LA=7111 USLESS POINT X=245047.595 Y=309052.968 LA=7111 USLESS POINT X=245088.802 Y=310595.562 LA=7111 DUPLICATED POINT X=244979.352 Y=310265.174 LA=7114 Z-VALUE AMBIGUOUS X=245161.342 Y=308696.795 LA=7111 LAYER MISS X=245326.332 Y=308955.361 LA=0 UNDER SHOOT X=246895.910 Y=310558.713 LA=5113 OVER SHOOT X=246898.164 Y=310913.609 LA=5113 LAYER MISS X=245327.461 Y=308919.636 LA=7131 ENTITY DUPLICATED X=245165.139 Y=308762.440 LA=4112 ENTITY DUPLICATED X=245186.297 Y=308747.210 LA=4112 CON INTERSECTED X=244689.985 Y=310473.284 LA=7111 CON INTERSECTED X=244888.701 Y=310768.939 LA=7114 CON INTERSECTED X=245987.274 Y=309598.230 LA=7111 CON INTERSECTED X=244818.663 Y=311439.973 LA=7111 CON INTERSECTED X=244818.934 Y=311440.579 LA=7111	감수 내의 오류	
	***** REFERENCE FILE RIGHT ***** ENTITY NONE X=246896.564 Y=310446.260 LA=2112 REF LAYER MISS X=246896.746 Y=310412.591 LA=2112 REF LAYER MISS X=246893.807 Y=310957.593 LA=3119 ENTITY NONE X=246895.958 Y=310558.718 LA=5113 ENTITY NONE X=246894.050 Y=310912.496 LA=5111 REF Z-VALUE MISS X=246896.362 Y=310483.799 LA=7111 REF Z-VALUE MISS X=246897.914 Y=310196.082 LA=7111	오른쪽 인접도면 오류
	***** EDGE MATCH MISS ***** EDGE MATCH MISS X=245161.342 Y=308696.795 LA=7111 EDGE MATCH MISS X=245308.444 Y=308697.569 LA=5112 EDGE MATCH MISS X=245373.184 Y=308697.910 LA=5111 EDGE MATCH MISS X=245782.655 Y=308700.064 LA=7111 EDGE MATCH MISS X=246893.807 Y=310957.593 LA=5111 EDGE MATCH MISS X=246896.362 Y=310483.799 LA=7111 EDGE MATCH MISS X=246896.608 Y=310438.184 LA=2112 EDGE MATCH MISS X=246896.746 Y=310412.591 LA=2111 EDGE MATCH MISS X=246897.914 Y=310196.082 LA=7111	감수도면 인접오류
	***** TOTAL 45 *****	오류 총 갯수

그림 9. 오류화일의 출력 예

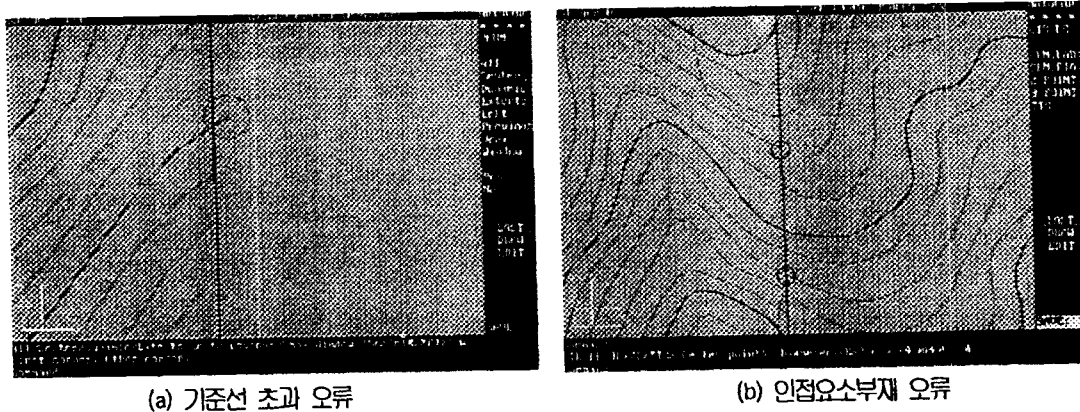


그림 10. 오류유형의 DXF화일 출력 예

오류로 나타났으며, 다음으로는 등고선과 관련된 19, 5번 오류가 많았고, 인접화일과의 요소오류(9, 10)도 많이 나타났다.

이상과 같은 자동검수 프로그램의 타당성 분석을 통해 레이어별로는 건물, 지형(등고선 관련), 지류의 오류가 많았으며, 오류유형별로는 육안검사나 전산코드검사를 통해서 파악할 수 없는 기준선초과 및 미달오류와 등고선 관련 오류 및 인접화일과의 관계에서 발생하는 오류가 주종을 이뤄 본 연구를 통해 개발된 전산화 일구조분석을 기본으로 한 자동검수프로그램이 수치지도자료의 품질 확보에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

자동검수프로그램의 타당성분석 과정에서 생성된 71번 검사화일과 인접화일간의 오류화일은 그림 9과 같으며, 이들 중 본 연구에서 개발한 ERR2DXF.EXE 프로그램으로 DXF화일로 전환한 오류중 기준선미달오류와 인접요소부재오류를 표현한 예는 그림 10과 같다.

#### 4. 결 론

본 연구는 국가기본도 수치지도제작 데이터베이스의 품질을 확보하기 위해 수치지도 작업 공정 및 자료구조를 파악하고 이를 이용하여 자동검수 프로그램을 개발

하는 연구로 본 연구의 수행 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수치지도작업에 이용되는 주요 전산파일의 구조를 분석한 결과, 자동검수를 위한 최적자료형태로 DWG자료 구조가 수치지도작업의 세부작업 지침에 위배되는 오류 파악에 합리적임을 알 수 있었으며, 자료구조분석을 통해 파악된 내용을 토대로 DWG READING LIBRARY와 DXF WRITE LIBRARY를 개발할 수 있었다.

2. 기 제작된 수치지도자료의 육안검사 및 전산코드 검사를 통해 수치지도제작 과정에서 주로 발생하는 오류유형을 파악할 수 있었으며, 파악된 오류유형을 기초로 자동검수프로그램의 19가지 오류유형기준과 검수기준을 설정할 수 있었다.

3. 본 연구에서는 수치지도자료의 자료분석과 설정된 오류유형 및 검수기준을 토대로 자동검수프로그램의 설계를 수행하였으며 육안검사와 전산코드검사의 장점을 최대한 수용하고 단점을 보완할 수 있는 검수절차를 설정하여 수치지도자료 자동검수프로그램을 개발하였다.

4. 개발된 수치지도 자동검수프로그램의 효용성을 파악하기 위해 대상지역을 설정하여 타당성 분석을 수행하였으며, 레이어 및 오류유형별 오류분석 결과, 육안검사 및 전산코드검사에 파악하기 어려운 건물레이어의 기준선초과 및 미달 오류와 등고선 관련 오류, 인접도엽과의 각종 오류가 다수 검색되어 본 연구를 통해 개발된 자동검수프로그램이 향후 활용성이 큰 공공정보인 국가기본도 수치지도 데이터베이스의 품질 확보에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 개발한 자동검수 프로그램은 전산화 일구조의 분석을 통한 작업규정상의 오류를 자동 검색할 수 있었으나, 자료의 위치오차나 위상구조로 변환하였을 때의 오류를 검수할 수 없음을 따라, 현재의 수치

지도 활용측면을 고려하면 1/5,000 국가기본도 뿐만 아니라 1/1,000 국가기본도, 공통주제도, 지하매설물종합도 등 향후 추진될 사업을 대비하여 공공GIS 활용측면까지 고려된 검수프로그램으로 발전시키기 위해 지속적인 연구가 추진되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 과학기술원, 지리정보시스템, 과학기술원, 1993
2. 국토개발연구원, 국가지리정보체계 구축방안 연구, 국토개발연구원, 1995
3. 국립지리원, 수치지도작성작업내규, 국립지리원, 1995
4. 국토개발연구원, 국가기본도 수치지도화 방안 연구, 국토개발연구원, 1996
5. 국토개발연구원, 지하매설물 관리체계 개발계획, 국토개발연구원, 1996
6. 유 근 배, 지리정보론, 상조사, 1992
7. 유 복 모, 지형공간정보론, 동명사, 1994
8. 한국통신(선로기술연구소), 수치지도 정밀도 검증용 도구개발, 한국통신, 1995
9. Keith Turner.A., Three-Dimensional Modeling with Geoscientific Information System, 1992
10. Antenucci,J.C.et al., Geographic Information System:A Guide to the Technology, Van Nostrand Reinhold, 1991
11. AUTODESK, AutoLISP Programmer's Reference Manual, 1992
12. INTERGRAPH, MircoStation 참조안내서, 1994
13. Jerroid E. Marsden and Anthony J. Tromba, VECTOR CALCULUS, 1980
14. Robert Laurini and Derek Thompson, Fundamentals of Spatial Information System, 1991
15. 신동빈, 수치지도제작에서의 자료오류 유형, 한국지형공간정보학회 '97 학술발표회 개요집, 한국지형공간정보학회, 1997