

## 일반측량 성과도를 활용한수치지도의 실시간 수정갱신 체계화 연구

### A study on the realtime renewal and update of digital map using general survey

이상길<sup>1)</sup> · 권재현<sup>2)</sup> · 양효진<sup>3)</sup> · 전재한<sup>4)</sup>

Lee, Sang Gil · Kwon, Jay Hyoun · Yang, Hyo Jin · Jeon Jae Han

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 도시과학대학원 지적정보학과 석사과정 · 우리측량설계사무소장(lee691@chol.com)

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 조교수 (jkwon@uos.ac.kr)

<sup>3)</sup> 서울시립대학교 대학원 석사과정 양효진 (y11h11j11@uos.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 대학원 석사과정 전재한 (jjh@uos.ac.kr)

#### Abstract

Currently, 54 kinds of digital maps are provided by National Geographic Information Clearinghouse and the majority of those maps are based on aerial photographs or satellite image. The digital maps which symbolize and simplifies the topography and objects from ortho-photos does not reflect the objects' shapes and facilities' changes. Especially, underground structures and complex building shapes are not correctly identifies by ortho-photos. Furthermore, the 1/1,000 and 1/500~1/2,500 maps for urban area produced by some local government or public organizations have detailed information with high precision, it is not easy to update the information due to the frequent changes of structures in the city. Although some efforts to solve this problem such as conducting field survey and shorten the survey period were tried, it is not the fundamental solution due to the high cost. Therefore, in this study, a realtime renewal and update of digital map using general survey are suggested. By assigning absolute coordinates to the general survey products and matching with digital maps, it is possible to update the digital map economically and rapidly. In addition, it is suggested that the construction of DB for general survey and sharing among survey companies to solve the duplicated survey.

## 1. 서 론

현행 측량법에서 정의된 일반측량은 기본측량, 공공측량 이외의 측량으로 비교적 소규모의 지형에 대해 국지적으로 실시되는 측량으로 정의하고 있다. 일반측량은 주로 일반측량업에서 실시하는 측량으로 개발행위 인허가 및 승인 신청시 첨부되는 측량설계도서 작성을 위해 반드시 실시되는 측량이다. 따라서 일반측량의 성과도에는 개발전후를 비교할 수 있도록 상세하게 실측한 지형정보를 포함하고 있다.

그러나 이러한 측량성과도는 개발행위의 인허가나 승인에서부터 준공이 완료되면 회사별로 정한 보존기간을 거쳐 폐기하기 때문에 유용한 지형정보도 함께 폐기되고 있는 실정이다. 일반측량 성과도가 포함하는 개발 대상지의 개발전후 지형정보는 활용가치가 높은 유용한 실측자료로서 수치지도의 실시간 수정갱신에 활용될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 일반측량 성과도가 수치지도의 실시간 수정갱신에 체계적으로 적용될 수 있음을 살펴보고 그 효용성을 검증하였다.

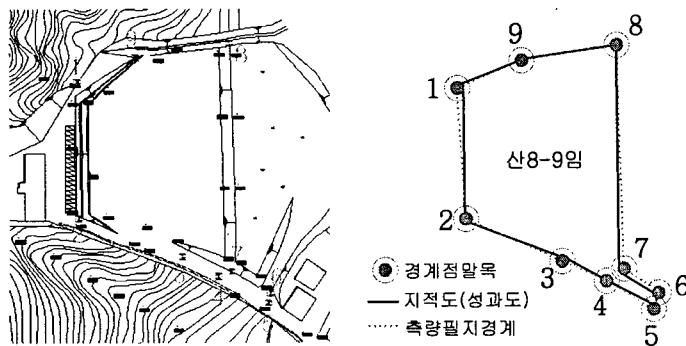
본 연구에서는 안성시 대덕면의 개발대상지를 공간적 범위로 하였으며, 그 연구는 다음과 같이 진행되었다. 경계측량에 의한 필지 경계점을 기준점으로 하여 지적도와 현황측량도를 정합시키고, 편집지적도와 지적도를 중첩하여 지적도에 직각좌표를 부여하고 편집지적도의 필지형태와 지적도의 필지형태를 일치(정위치)시킨 후 도엽의 도곽을 추출하였다. 동일한 직각좌표를 가진 수치지형도와 편집지적도는 도엽 간 매칭(Matching)을 하고, 추출 도곽과 정합된 직각좌표를 가진 현황측량도를 수치지형도와 정합하여 Layer분류, 수정갱신요소추출, 정확도 평가 등을 수행하여 수치지도의 수정/갱신하였다.

## 2. 본론

### 2.1 지적도와 현황측량도의 정합

개발계획이 수립된 토지는 일반측량 및 토목설계를 실시하기 위해서 경계복원 지적측량을 실시하게 되며, 일반측량은 현장에서 자체 도근점을 내린 후 경계측량 시 타설된 말목의 위치와 개발설계에 필요한 지형지물을 측량하여 성과를 작성하게 된다. 지적도와 측량도의 정합을 위해서 벡터편집한 각각의 수치도면을 현장에 타설된 필지경계점 말목을 기준점으로 중첩하여 정합하였다.<그림1>

본 연구 대상지로 선정된 토지에 대해서는 자체도근점 2점을 이용하여 300m×200m범위를 측량하고, 대상토지(건지리 산8-9)의 필지경계점 9점을 기준점으로 지적도와 중첩시켜 지적현황측량도를 제작하였다. 위치정확도 평가 결과 각각 도상 상대오차 0.108mm와 표준편차 0.267mm로 수치지도작성작업내규에 규정하는 상대오차(도상0.7mm) 및 표준편차(도상0.4mm)를 만족하는 결과를 얻었다.<표1>



<그림 1> 관측한 필지경계점의 지적도상 위치비교

<표 1> 위치정확도 평가결과

점	편위 (m)	상대오차 (도상mm)	편차 (mm)	편차 <sup>2</sup>
1	0.363	0.303	0.196	0.0384
2	0.044	0.037	-0.071	0.0050
3	0.103	0.086	-0.022	0.0005
4	0.006	0.005	-0.102	0.0104
5	0.076	0.063	-0.045	0.0020
6	0.112	0.093	-0.015	0.0002
7	0.253	0.211	0.104	0.0108
8	0.058	0.048	-0.060	0.0036
9	0.147	0.123	0.015	0.0002
평균	0.129	0.108	표준편차 0.267mm	
결과	상대최대오차0.303>0.70mm 표준편차0.267>0.40mm로 만족			

### 2.2 좌표등록 및 축척요소 변환

대부분의 계획설계도면에는 절대좌표를 필요로 하지 않기 때문에 임의좌표로 기준 도근점을 지정하여 작성하게 된다. 일반측량성과도는 수치지도와 좌표가 일치하지 않아 일반측량성과를 수치지도에 활용하는데 용이하지 않다. 본 연구에서는 수치지형도의 도엽체계와 일치하는 연속지적도(LMIS)나 편집지적도(토지특성도)를 활용하여 매칭 기준점(필지경계점, 선)들을 추출하고, 추출 기준점들을 매개로 일반측량성과도에 수치지도와 일치하는 도곽과 정합을 통해 절대좌표를 부여하는 방법을 적용하였다.

축척요소의 측면에서 보면 수치지도와 동일하게 일반측량성과도도 실물크기 1mm→0.001m로 표현하는 1:1,000으로 제작하고 출력 등 결과물 이용 시에 1:5,000의 경우 5.0배, 1:1,200은 1.2배 축소하여 출력하는 방식을 채택하고 있기 때문에 1:1,200으로 제작하는 일반측량성과도와 1:5,000의 수치지도 간 정합(Matching)에 있어 축척요소(Scale Factor)는 동일하기 때문에 별도의 변환을 필요로 하지 않는다.

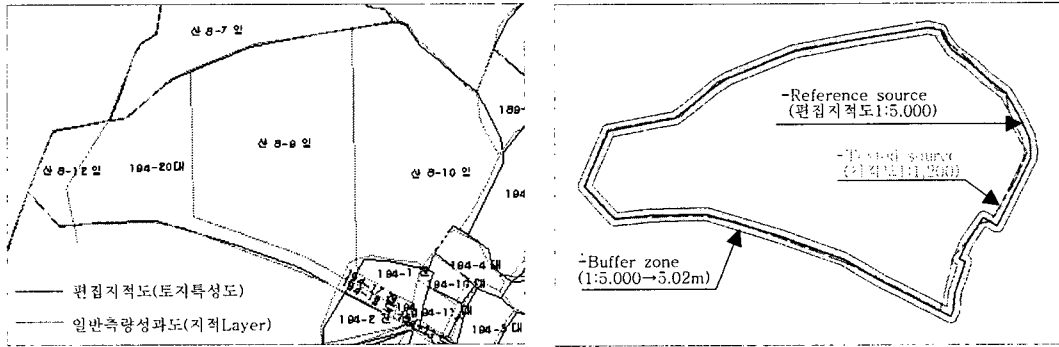
### 2.3 정위치 편집 및 결정

#### 2.3.1 정위치 편집(도해법)

편집지적도를 활용하여 일반측량성과도에 절대좌표를 부여하는 방법은 도해법의 원리로 필지의 경계점 및 선의 형태를 가장 일치 또는 근사하도록 하여 위치를 결정하는 방법으로 반복적인 매칭과정을 통해 미세하게 위치를 수정하여 정성적으로 정위치를 결정하는 방법이다.

이는 Reference source에 허용 정확도 범위의 버퍼를 생성하고 Tested source와 중첩하여 버퍼내에 속하는 Tested source 길이의 비율을 측정하여 허용표준편차 신뢰구간과의 비교로 중첩의 정확도를 평

가한다. <그림2>는 이러한 방법을 이용하여 절대좌표 부여과정을 통해 중첩된 편집지적도(토지특성도)와 일반측량성과도 지적Layer의 정위치 정합여부를 평가하기위해 <그림2 좌>와 같이 편집지적도와 지적Layer에서 중첩에 기준이 된 필지경계선을 추출하여 절대좌표를 가진 편집지적도의 필지경계선을 Reference source로하고 일반측량성과도의 매개자인 지적Layer의 필지경계선을 Tested source로 하여 <그림2 우>와 같이 Reference source에 버퍼를 생성한다. 정확도는 버퍼내에 포함된 지적Layer의 필지경계선의 길이를 전체 길이로 나누어 계산된 비율로 측정하였다.



<그림 2> 정확도 비교대상 선형(필지경계)사상의 중첩과 Buffer zone설정

### 2.3.2 정위치 결정

버퍼분석을 통해 측정된 결과를 이용하여 절대좌표가 부여된 일반측량성과도의 정위치 정합여부를 결정하기위해서는 수치지도작성작업내규에서 규정하는 단계별 기대정확도에 만족여부로 결정되는데, 단계별로 발생하는 오차의 특성은 다음단계로 오차가 전이되기 때문에 오차전파에 따라 현 단계인 정위치편집오차 뿐만 아니라 전단계의 오차를 합산한 결과 즉  $SQRT[\text{원도오차}(\pm 3.5)^2 + \text{자동독취오차}(\pm 1.0)^2 + \text{수동입력오차}(\pm 2.0)^2 + \text{벡터편집오차}(\pm 2.0)^2 + \text{정위치편집오차}(\pm 2.0)^2] = \pm 5.02\text{m}$ 를 기대정확도로 설정하게 된다.

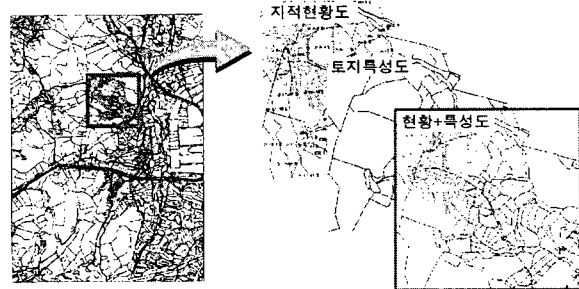
따라서 도해법 원리에 의한 절대좌표를 부여하는 정위치 결정방법의 정확도 측정결과는 버퍼크기  $1\sim 5\text{m} \leq \pm 5.02\text{m}$ (기대정확도)에서 정위치의 정확도가 94.60%로 정규분포  $2\sigma$ (2표준편차)구간에 포함되고, 기대정확도 5.02m를 버퍼 크기로 하여 분석하였을 때 Tested source 필지경계선 전체길이 599.3m중 567.9m가 포함되어 94.80%의 정확도로 약95%의 신뢰수준을 보여 기대정확도에 만족하는 것으로 평가하였다.

### 2.4 수치지형도 · 일반측량성과도 · 편집지적도의 통합

기대정확도에 만족하는 절대좌표가 부여된 일반측량성과도를 수치지형도와 정합하기위해서는 먼저 일반측량성과도에 좌표를 부여하는데 매개 자료로 활용한 1:5,000편집지적도를 수치지형도와 정합을 한다.<그림3> 일반측량성과도와 편집지적도의 정합은 수치지형도와 편집지적도의 정합과 마찬가지로 도곽 4점의 Tic좌표를 이용하였다.<그림4>



<그림 3> 1/5,000수치지형도와 편집지적도(토지특성도)의 동일 도엽간 정합

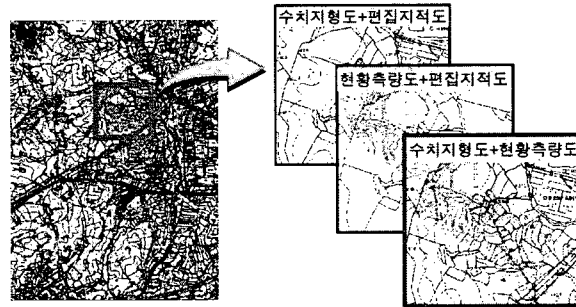


<그림 4> 일반측량성과도(지적현황도)와 1/5,000편집지적도의 동일 도엽간 정합

## 2.5 수치지도 수정갱신

### 2.5.1 정합자료간 병합

지금까지 진행한 연구과정을 정리하면 지적측량에 의해 현장에 타설된 필지경계점을 지적도와 정합하여 지적Layer로 등록하고 현황측량 성과와 함께 제작한 일반측량성과도에 포함된 지적Layer를 이용하여 편집지적도와 정합을 통해 도곽을 추출하고, 기대정확도를 만족하는 도곽의 Tic좌표 및 일반측량성과도의 모든 객체에 절대좌표를 부여하고 편집지적도를 매개로한 수치지형도와 일반측량성과도를 정합하는 단계로 진행하였다. 각 단계에서 산출된 결과물을 일반측량성과도가 포함하는 범위내에 수치지형도에서 누락 또는 잘못 표기된 지형지물을 추가하거나 수정갱신 하는데 활용하기 위하여 정합된 자료들을 병합한다.<그림5>



<그림 5> 편집지적도를 매개로 정합된  
일반측량성과도와 수치지형도의 병합

### 2.5.2 레이어의 분류

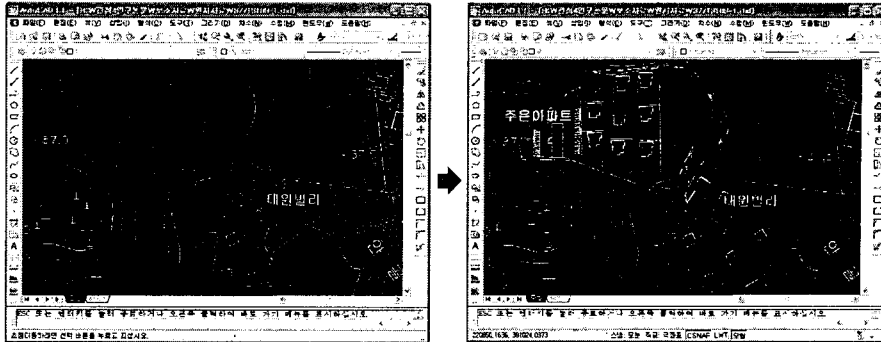
수치지도작성작업규칙에서 규정한 코드는 도엽코드, 레이어코드, 지형코드로 분류되는데 도엽코드의 경우 경위도를 기준으로 1°를 15'씩 16등분하고, 15'을 100등분(1:5,000의 경우)하여 위도 숫자2자리(37) 경도 끝숫자 1자리(7) 16등분의 일련번호(13) 100등분의 일련번호(100)를 조합(37713100)하여 분류하며, 레이어코드는 지형지물의 용도를 9개 레이어로 분류하고 지형코드는 레이어코드를 대분류로하여 중, 소, 세분류를 1~9의 숫자로 구성 대(4), 중(1), 소(1), 세분류(5) 4개의 숫자조합 4115(아파트)로 표현하고 있다.

그런데 일반측량성과도는 수치지도의 코드분류체계와는 달리 점, 선, 면 객체가 의미하는 지형지물의 속성을 명칭으로 분류하는 것이 일반적이다. 제도자나 제작업체의 자체 매뉴얼에 따라 차이가 있지만 9~17개의 레이어로 분류한다.

이러한 일반측량성과도의 레이어 분류체계를 수치지형도의 세분류 코드 분류체계로 재분류하는 것은 AutoCAD나 Provec, MapInfo 등 범용 소프트웨어를 이용하여 비교적 간단하게 재분류 할 수 있다.

### 2.5.3 수치지도의 수정갱신요소 추출 및 반영

일반측량성과도의 지형지물 레이어를 수치지도 지형코드로 재분류가 완료되면 육안판독을 통해 수치지형도에 누락되거나 잘못 묘사되어 수정갱신이 필요한 요소들인 점, 선, 면 객체들을 일반측량성과도로부터 추출한다. 수치지도 레이어 및 지형코드로의 재분류와 추출이 완료된 수치지도 수정갱신요소들을 새로운 파일로 저장하고, 로딩하여 4점의 도곽을 이용하여 수치지형도와 정합하면 수치지형도의 수정갱신이 완료된다.<그림 6>



<그림 6> 추출한 수정갱신 객체들을 수치지형도에 반영한 모습

### 3. 평가분석

#### 3.1 위치 정확성 평가(Accuracy)

위치의 정확성 평가는 건물모서리마다 부여된 좌표를 이용하여 동일지점에 수렴되는 건물모서리 간 상대거리를 계산하여 기대정확도와 비교하였다.

정확도는 수치지도작성작업내규에서 규정하는 기대정확도 범위내에서 제작된 1:5,000수치지도상의 건물위치와 폐합비1/300~1/1,000( $\pm 1 \sim 3\text{mm/M}$ )의 정확도로 폐합다각측량과 평판측량을 통해 실측한 1:1,200 일반측량성과도상 건물위치와의 비교로 산출된 것이다. 이는 기대정확도(허용 상대오차)와 비교하여 평가 할 수 있다. 수치지도만 있을 경우, 혹은 측량성과만 있을 경우에는 정확도 평가가 불가능 했다.

평가결과 측량성과와 수치지도에 모두 표시되어 있는 9개 건물의 자료를 비교 하였을 때 상대오차가  $\pm 0.231 \sim 2.556\text{m} \leq \pm 5.02\text{m}$ 로 기대정확도를 모두 만족하는 결과를 얻었다.

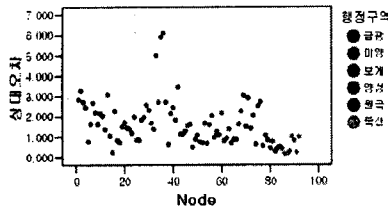
#### 3.2 형상 유사성 평가(Similarity)

형상의 유사성을 평가하기위해서 수치지도상의 건물면적( $A$ ), 일반측량성과도에서 추출된 건물면적( $B$ ), 중복 영역면적( $A \cap B$ )로 하여,  $(A \cap B/A) \times 100 = A_c$ ,  $(A \cap B/B) \times 100 = B_c$ 로 중첩도를 계산하고 다음 식에 의해 유사성과 가중치를 적용한 정규화된 유사성을 평가 하였다. 정규화에 적용된 가중치( $\epsilon$ )는 표본으로 추출된 건물의 크기를 기준으로 하여 각각의 표본건물면적( $A$ )을 전체면적( $\Sigma A$ )의 비율( $\epsilon = A/\Sigma A \times 100$ )로 계산하여 적용하였다. 평가결과 수치지도와 일반측량성과도로부터 추출한 건물의 중첩도는 63.48%~99.64%로 나타났고 중첩도를 산술평균한 유사성은 67.38%~91.46%로 산출되었다. 이는 각각의 표본으로 추출된 건물의 독립적인 유사성으로 각각의 표본건물면적을 전체면적의 비율로 가중평균한 정규화(Normalized)된 유사성은 84.18%로 나타났다. 이러한 결과는 정규분포  $2\sigma$ (2표준편차)구간에 해당하는 정확도로 높은 유사도를 보였다.

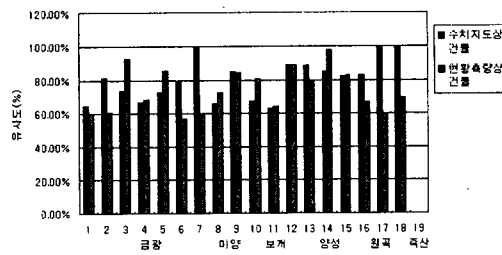
#### 3.3 타당성 분석

1:5,000수치지도 37713100(용인100)도엽을 대상으로 실시된 본 연구결과의 타당성을 분석하기위해 선정된 7개 도엽의 수치지도와 각각의 도엽 내에서 토지개발설계를 수행하기 위해 실시한 일반측량성과를 수집하여 연구와 동일한 방법으로 분석을 실시하였다. 수치지형도와 현황측량도상에 모두 존재하는 도화나 측량 시 식별점이 동일한 포장도로 모서리, 경지정리 답(갯)과 같이 지형의 변곡점이 명확한 토지 경계를 지상기준점(GCP)으로 이용하였다. 정확도 분석결과 위치정확도(상대오차)는  $\pm 0.146\text{m} \sim \pm 6.114\text{m}$  모양유사도는 72.04%~88.09%로 나타났는데, <그림7>과 <그림8> 각각의 그래프에서 보는바와 같이 대체로 위치정확도는  $\pm 0.20\text{m} \sim \pm 2.50\text{m}$ 범위에 분포하고 기대정확도( $\pm 5.02\text{m}/1:5,000$ )를 초과하는 안성 미양지역에서 발생한 3점은 도화나 추출과정 또는 측량 시 발생한 과실이 원인인 것으로 제외하면 연구결과에

서 나타난 위치정확도  $\pm 0.231 \sim 2.556m \leq \pm 5.02m$ 과 유사한 결과를 보였고, 모양의 유사성은 80% 전후로 연구결과에서 도출한 84.18%를 대체로 만족하는 결과를 보여 표본 연구지역 이외지역의 적용가능성과 연구의 타당성 및 객관성이 상당함을 알 수 있다.



<그림 7> 위치정확성(상대오차 분포)



<그림 8> 모양유사도(중첩비율)

#### 4. 결론

일반측량성과는 주로 개발사업의 인허가 등 공공의 의사결정에 활용되고 있고, 측량장비의 첨단화 등으로 정확도도 향상되어 수치지도 수시갱신자료로 활용하는데 무리가 없는 것으로 판단하였다.

정합 위치정확도는  $\pm 0.303mm$ 로 기대정확도  $\pm 0.70mm$ 를 만족했다. 좌표등록(직각좌표, 축척)은 1/5,000편집 지적도(토지특성도)와 1/1,200지적도 정합에 의해 필지경계점을 기준으로 추출한 도곽에 현황측량성과를 등록하는 방법을 이용하였다. 정위치 편집은 지적경계선(線)을 기준으로 가장 점과 선이 일치 또는 가장 근사하는 위치를 찾아 정합하였다.

정확도의 검증은 Buffering기법에 의해 측정된 결과 기대정확도  $\pm 5.02m$ 이내에서 94.8%가 포함되는 양호한 정합결과를 보였다. 또한 수치지형도, 편집지적도, 일반측량성과도간 일치하는 도곽을 이용하여 정합과정, 레이어 추출과정, 수정갱신요소 추출과정을 통하여 수정갱신 하였다. 정확도 분석 결과 위치정확도는  $\pm 0.231m \sim 2.556 \leq \pm 5.02m$ , 모양유사성은 84.14%, 완전성은 측량범위 내에서 기존 지형지물을 모두포함하고 개발사업을 통해 신축된 지형지물까지 포함하는 완전성을 보였다. 타당성 분석 결과는 위치정확도  $\pm 0.146m \sim 6.114m$ , 모양유사도 72.04%~88.09%로 나타났는데, 오차를 분포도로 분석한 결과 위치정확도는  $\pm 0.20m \sim 2.50m$ 범위에 97%이상 분포하고, 모양유사성은 80%전후에 분포하여 연구지역의 정확도  $\pm 0.231m \sim 2.556 \leq \pm 5.02m$ 와 84.14%( $\leq 2\sigma$ )로 각각 대체로 만족하는 결과를 얻었다.

#### 참고문헌

강준목, 윤희천, 엄대용, 강영미(2003), 수치지도와 지적도간의 정합정확도 확보방안  
 건설교통부(2003), GIS DB 실시간 갱신방안에 관한 연구  
 김윤중, 박수홍, 이석민, 최진무(1998), 서울시 1:1,000 수치지형도 갱신에 관한 연구  
 김원대, 이강원, 박흥기(2000), 준공측량 도면을 이용한 수치지도 수정/갱신  
 박수홍, 구자용(1999), 수치지도 도로사상의 위치정확도 측정방법  
 서울특별시(2001), 서울시 1/1,000 수치지도 유지관리방안 연구보고서  
 이근상, 장영률(2001), 소규모 지역에서 수치지도의 위치정확도 향상 방안에 관한 연구  
 이원희, 유기윤(2003), LiDAR 자료를 이용한 수치지도 갱신  
 이현직, 박흥기, 이강원(1998), 1:1,000 및 1:5,000 수치지도의 위치정확도 검증  
 Analytical Surveys Inc., ARC/INFO Database Design of Athens-Clarke County, Georgia  
 Goodchild M F and G L Hunter(1997), A simple positional accuracy measure for linear features  
 International Journal of Geographical Information Science  
 R D Buchan, F W Fleming & J R Kelly(1999), Estimating for Builders and Quantity Surveyors