

임도 준공도면의 수평위치 정확도 평가에 관한 연구

김명준¹ · 권형근¹ · 최윤호¹ · 염인환¹ · 이준우^{2*}

Evaluation of Horizontal Position Accuracy in Forest Road Completion Drawing

Myeong-Jun Kim¹ · Hyeong-Keun Kweon¹ · Yeon-ho Choi¹ · In-hwan Yeom¹ · Joon-Woo Lee^{2*}

ABSTRACT

Forest roads of 16,424km have been constructed as infrastructure for efficient management of forest. The demand of forest road have been also increased steadily with SOC conception for forest management and wood production. But, accuracy verification by completion drawing of forest road needed aspects extration of geographic information to sound like forest road construction and completion drawing. However, verification for completion drawing has not ascertained. This study carried out the evaluation for position accuracy about constructed forest road in Chungcheongnam-do for evaluating horizontal position accuracy of completion drawing of forest road. In result, first of distance of completion drawing and real route designed completion drawing longer than the real route as Gongju 83m, Seosan 66m, Nonsan 27m and Dangjin 19m, respectively. Second, RMSE by point-correspondence was 11m~14.7m, buffering analysis appeared difference of 18~24m. Finally, index of shape was the similar completion and real route through 6.5~7.4 and data information of forest road corresponds to be perfect. For such reasons, the existing completion drawings have a problem that it cannot use graphic information for drawing digital map according to the regulation, and there is an urgent need for improvement to solve this problem in the process of design and construction.

Key words: Forest road, Completion drawing, Point-correspondence, Buffering, Index of shape, RMSE

1. 서론

산림의 효율적인 관리 및 경영을 위한 기반시설로서 2008년 현재 전국에는 총 16,424km의 임도가 개설되어 있으며, 앞으로 우리나라의 산림특성에 적합한 임도밀도 목표량은 SOC 개념으로는 평균 8.5m/ha, 산림경영기반시설 개념으로는 평균 14.0m/ha, 목재생산을 주 기능으로 하는 산림의 경우에는 평균 26.1m/ha로 전망하고 있다(산림청, 2009; 국립산림과학원, 2004). 즉, 임도는 산림의 효율적인 경영뿐만 아니라 임업기계화 촉진 및 국민의 보건·휴양 등 공익적인 기능에 대한 역할이 커짐에 따라서 그 필요성과 수요가 더욱 커지고 있는 실정이다.

일반적으로 임도사업은 노선선정, 노선측량, 설계, 시공, 유지관리 등의 단계로 구분된다. 여기에서 노선의 측량은 컴퓨터를 이용하여 간략측량을 실시하며, 수치지형도를 바탕으로 설계도를 작성하게 되는데, 설계도서는 현황도, 임야

도, 표준단면도, 계획평면도, 종단면도, 횡단면도, 지번계획도, 시설물 상세도 등으로 구성되어 있다. 임도의 설계도는 임도의 위치 및 노선(평면선형, 종단선형 등), 시설물 등의 모든 상세 정보를 담고 있다. 그러나 설계도서를 작성하고 시공하는 과정에서는 임도사업의 특성상 험준한 산악지에서 사업이 진행되고, 예산이 부족하기 때문에 정밀한 측량과 설계 작업이 어려운 실정이다. 따라서 설계도면과 현장의 차이가 발생하거나, 준공이 완료된 후의 현장은 준공도면과 차이가 발생해 왔다. 이러한 문제점이 발생함에도 불구하고 현재까지 준공도면과 현장과의 차이에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 김태근 등(2005)에 의한 연구에 따르면 그동안 구축된 수치지형도망의 경우 중이 임도망도를 수치화한 것으로서 실제와 많은 차이를 나타내고 있으며, 이는 전국적인 현상이라고 밝힌 바 있다. 즉, 현재까지 개설된 임도의 준공도면이 실제와 차이가 발생하고 있음에도 불구하고 이와 관련된 연구가 진행되지 못했으며, 향후 건설한 임도사업과 더불어 수치지형도망 구축을 위한 기초자료를 확보하기 위해서는 이와 같은 연구가 반드시 필요한 실정이다.

아울러 최근에는 제4차 국가공간정보정책기본계획(2010~2015)에 발맞춰 1:5,000 축척의 산림기반 주제도를 구축하기 위해 다양한 사업이 진행되고 있으나, 임도망도를 구축하는데 필요한 기본계획은 수립되지 않은 실정이다(산림청, 2008). 이와 관련하여 이미 다른 분야에서는 준공도면의 활용 가능성 및 문제점, 해결 방안 등을 중심으로 많은 연구

¹ 충남대학교 대학원(Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

² 충남대학교 산림환경자원학과(Dept. of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

* Corresponding author: 이준우(Joon-Woo Lee)
Tel.: +82-42-821-5741 Fax: +82-42-825-7850
E-mail: jwlee@cnu.ac.kr

2010년 10월 12일 투고
2010년 11월 1일 심사완료
2010년 12월 13일 게재확정

가 진행된 바 있다(신동빈과 유선철, 2008; 양인태 등 2000; 김원대 등, 2000, 양성철 등, 2009a; 양성철 등, 2009b). 이는 수치지도를 갱신하는데 소요되는 시간과 비용을 절감시킬 뿐만 아니라 최신의 데이터로 수정 및 보완함으로써 최종 사용자의 부가 가치를 향상시킬 수 있는 장점이 있음을 제시하였다(양인태 등, 2000).

본 연구에서는 임도의 준공도면 준공도면을 활용하여 주계도를 구축하는데 있어서 선행되어야 할 도면의 지리정보 정확도에 대한 평가를 통해 장·단점 및 문제점, 활용 가능성 등을 제시하고자 연구를 수행하였다. 특히, 본 연구에서는 현행 준공도면의 수평위치 정확도 평가를 위해 토탈스테이션으로 임도의 현황측량을 실시하여 자료를 취득하고, 취득한 자료를 바탕으로 준공도면과 대응점 분석, 버퍼링 분석, 유사도 평가 등을 실시하였다. 또한, 준공도면을 활용하기 위한 가능성과 조건 등에 대한 문제점을 판단하기 위해 ‘수치지형도작성작업규정’ 및 ‘수치지도작성작업내규’ 등의 규정을 활용하였다. 이러한 결과는 준공도면의 수평위치에 대한 정확도 및 활용 가능성의 평가를 통해 수치임도망도 구축을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다. 아울러 임도 뿐만 아니라 숲길 및 산림내 여러 가지 시설물의 준공도면 활용으로도 이어질 수 있다는 점을 기대할 수 있다.

II. 재료 및 방법

1. 현장 조사 및 자료 수집

임도의 준공도면에 대한 정확도를 검증하기 위해서 본 연구에서는 충청남도의 5개 시·군(당진, 서산, 논산, 천안, 공주)에 개설된 임도 5개소(5.7km)를 중심으로 토탈스테이션을 활용하여 현장 조사를 실시하였다(Fig. 1). 토탈스테이션을 이용한 측량은 오차범위가 매우 낮기 때문에 정밀한 측량을 실시할 수 있다는 장점이 있으며, 본 조사에 사용된 소기야社의 Set530R은 프리즘을 이용할 경우 오차범위가

$\pm 2 + (2\text{ppm} \times \text{거리})\text{mm}$ 이다. 현장에서의 측량은 3인 1조로 작업이 진행되었으며, 준공도면에 제시된 내용들을 중심으로 모든 시설물에 대해서 측량을 실시하였다(Fig. 2). 또한, 별도의 야장을 통해 준공도면에 제시된 시설물의 속성정보(크기 및 재료 등)에 대해 Table 1과 같이 조사를 수행하였다. 이와 같은 과정을 통해서 준공도면과 비교할 수 있는 기준도면을 작성하여 지리정보에 대한 정확도를 평가할 수 있도록 하였다.

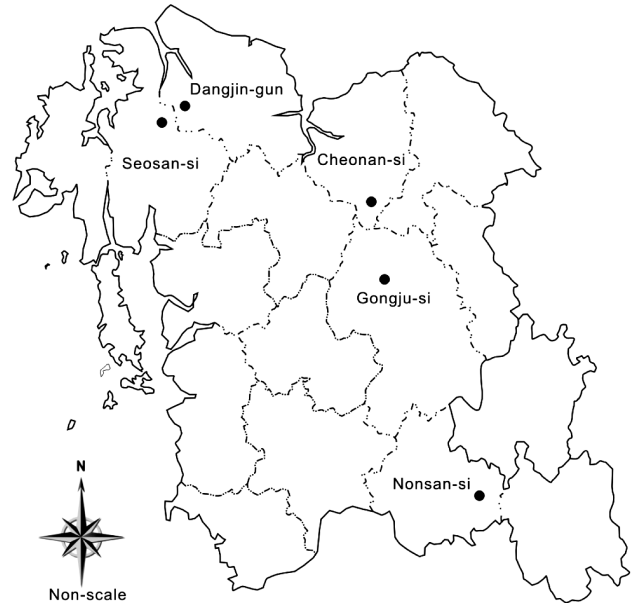


Fig. 1. Site of study area.



Fig. 2. Survey of forest road using total station.

Table 1. Survey factors base on completion drawing.

site	construction	properties	
	paving materials	gravel	length(m), wide(m)
		concrete	length(m), wide(m)
Dangjin(1.4km) Seosan(1.2km) Nonsan(1.0km) Cheonan(1.0km) Gongju(1.1km)	drainage	collecting well	wide(m)×height
		closed culvert	materials, diameter(mm)
		open culvert	materials, length(m)
		side ditch	materials, length(m)
		side ditch of L type	length(m), height(m)
	stone masonry	boulder	length(m), height(m)
		guard rail	materials, length(m)
other		shelter	length(m), wide(m)

2. 벡터형 지리정보의 정확도 평가

가. 수평위치 정확도 평가

공간데이터에 관한 품질을 평가하는 것은 동일한 지역에 대해 GPS나 토달스테이션 등의 서로 다른 방법으로 제작되는 벡터형 자료를 구성하는 점(Node)의 위치는 대개 동일한 점이 아닐 경우가 많다(김태근 등, 2005). 따라서 이와 같은 경우 정확도를 비교·평가하는 방법으로는 주로 선형자료에서 가상의 상응점을 구성하여 정확도를 비교하는 방법(Kawaga et al., 1999; Van Niel and McVicar, 2002), 정확도가 높은 기준자료의 선을 중심으로 Buffer를 형성하고 형성된 Buffer 구간에 포함되는 비교자료의 선의 비율(%)을 이용하는 방법(Goodchild and Hunter, 1997; Tveite and Langaas, 1999) 등이 있다. 그리고 선형의 유사도에 대한 평가는 유사도 지수를 이용하는 방법(김명수와 안동만, 1996) 등이 있으며, 각각의 평가 방법은 다음과 같다.

(1) 대응점(Point-Correspondence)에 의한 평가

대응점(Point-Correspondence)에 의한 방법은 서로 상응하는 점에 대한 X좌표 편차와 Y좌표 편차, 그리고 두 점 사이의 거리를 측정하는 방식이다(Ramirez and Ali, 2003). 대응점을 생성하기 위해서는 도면에 표기된 주요 시설물을 중심으로 개소당 10개의 대응점을 생성하였으며, 해당지점의 x좌표와 y좌표에 대한 편차를 분석하고 각 지점에 대한 RMSE(Root Mean Square Error)를 산출함으로써 정확도를 평가하는 방법을 활용하였다. Fig. 3은 대응점에 의한 정확도를 평가하는 방법을 보여주는 것이다.

(2) 버퍼링(Buffering) 기법에 의한 평가

동일하지 않은 위치에 대한 벡터형 자료의 정확도를 정의하는 것은 매우 어려운 방법으로서 기준자료를 버퍼링하여 비교자료가 버퍼 폭(Buffer width)에 어느 정도 포함되는지를 분석하는 방법을 활용한다. Fig. 4는 버퍼링 기법에 의한 벡터형 자료를 비교하는 방법으로서 본 연구에서는 버퍼링을 통해서 비교노선이 기준노선의 버퍼링 폭에 95%가 해당되는 지점의 버퍼 폭을 산정하여 정확도를 비교하는 방법이다(Goodchild and Hunter, 1997; Tveite and Langaas,

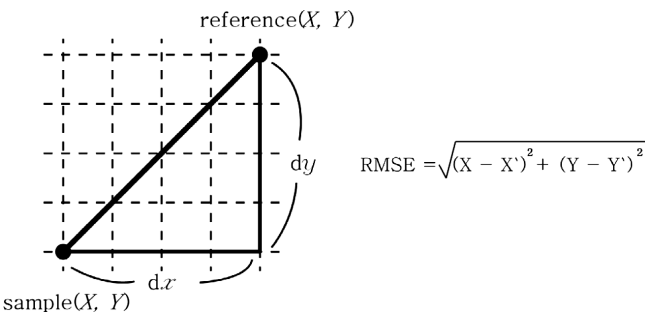
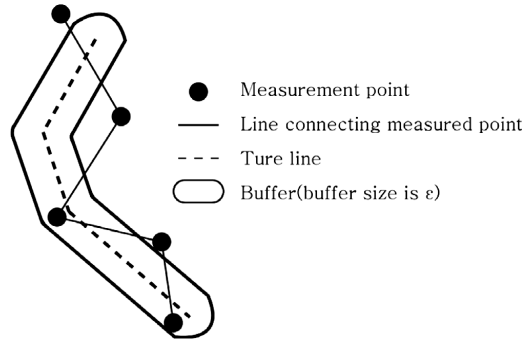


Fig. 3. Evaluation of accuracy by point-correspondence method.



*source : kagawa, Y., Y. Sekimoto and R. Shibasaki(1999)

Fig. 4. Evaluation of accuracy by buffering method.

1999). 박경식 등(2001)은 수치지도 위치정확도 품질평가를 위해 buffering을 실시하고, 1:1,000 축척의 수치지도를 이용하여 1:5,000 수치지도를 제작하였을 때 발생하는 위치오차의 한계 기준을 설정한 바 있다.

(3) 형태지수(Index of shape)를 이용한 유사도 분석

버퍼링에 의한 방법은 서로 대응하지 않는 선에 대해 근접성을 통하여 정확도를 평가하는 방법이기 때문에 형태의 유사성은 판단할 수 없다. 따라서 형태지수를 이용하여 형태의 유사성에 대한 판단을 내려야 한다. 형태지수는 주로 형태모양의 비를 산출하는 지표로서 활용되고 있는데, 면적과 둘레길이의 비율로서 그 형태가 원형일 경우 둘레길이 대 내부의 면적비가 가장 작은 1이 되며, 정사각형일 때, 1.13 정도가 된다. 형태지수는 다음과 같은 (1) 식으로 표현된다(Forman R.T.T. et al., 1986).

$$Di = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}} \tag{1}$$

Di : 형태지수

P : 둘레길이(m)

A : 면적(m²)

이러한 형태지수는 그 수치가 높을수록 형태에 대해 막대기형의 길이가 길거나, 별모양이나 불가사리모양과 같은 굴곡이 많은 부정형의 형태에 가까워지며, 하나의 변수 안에서 구성요소의 물리적 특성을 포괄적으로 나타낼 수 있다(서주환 등, 2002).

나. 속성정보의 정확도 평가

준공도면의 속성정보에 대한 정확도 평가는 시설물의 특성에 대해서 Table 1과 같이 조사를 실시하고, 준공도면과 현장의 시설물을 서로 비교·평가하였다. 시설물에 대한 위치정확도 평가는 위의 대응점 기법을 활용하여 진행되었기 때문에 여기에서는 시설물의 특성에 대해 현장과의 일치성을 평가하였다.

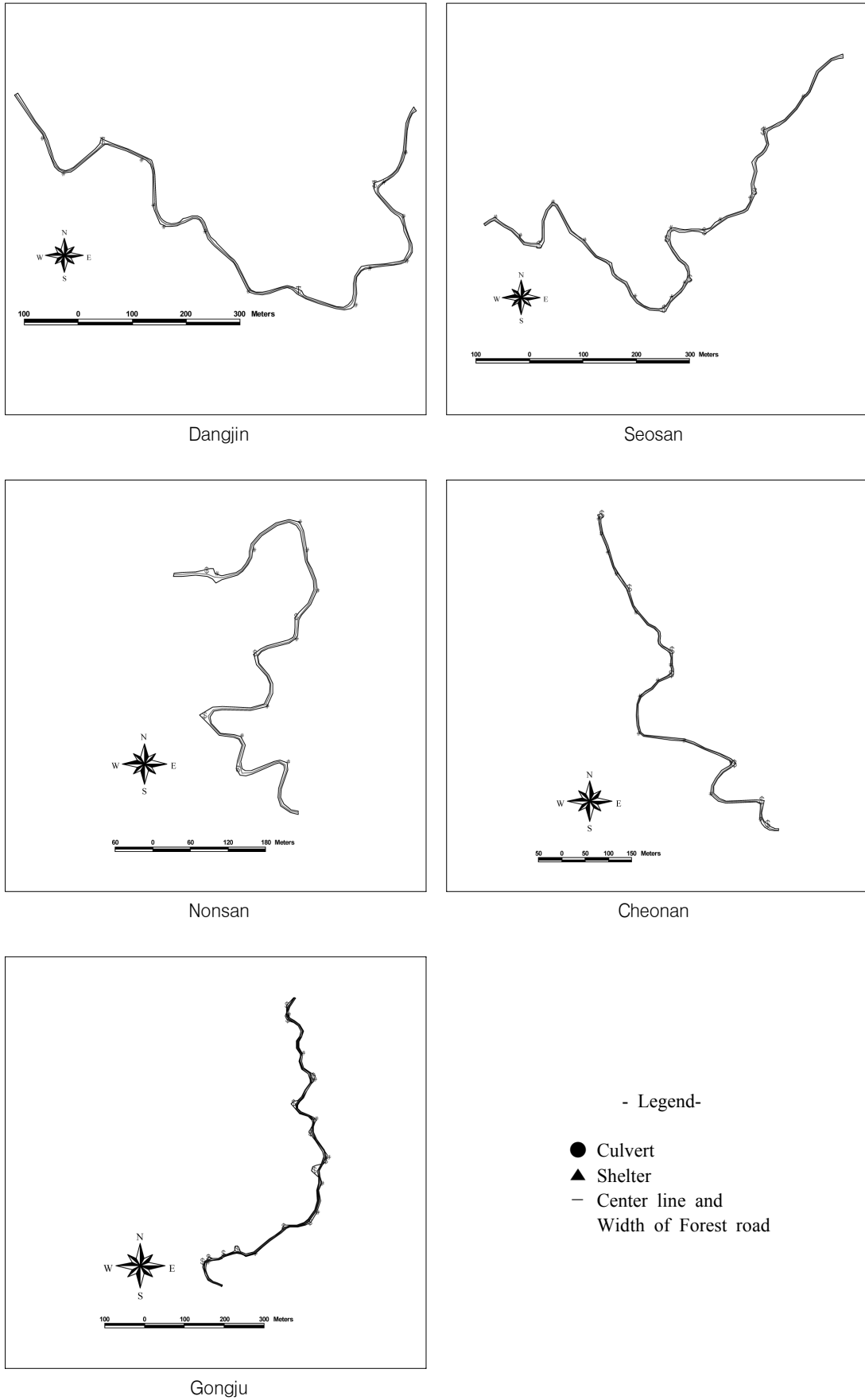


Fig. 5. Making a reference map using total station.

III. 결과 및 고찰

1. 토탈스테이션을 이용한 기준도면 작성

토탈스테이션을 이용한 측량 성과를 DXF 파일 포맷으로 변환하기 위해서는 AutoCAD 2007(Dream)을 이용하여 X, Y, Z값의 좌표를 추출하여 3차원의 공간객체를 만들었다. X, Y좌표는 수평위치에 대한 정확도를 평가하기 위한 인자이며, Z좌표는 중단선형의 정확도를 평가하기 위해 활용하였다. Fig. 5는 준공도면을 비교하기 위해 토탈스테이션으로 측량한 결과를 바탕으로 기준도면을 작성한 결과이다. 아울러 토탈스테이션을 이용하여 측량을 실시한 결과를 바탕으로 노선의 총 길이를 준공도면과 비교한 결과 Table 2와 같았다.

Table 2에서 보는 바와 같이 토탈스테이션을 이용하여 기준도면을 만든 후, 준공도면과의 길이를 비교한 결과 논산지역을 제외하고는 전체적으로 준공도면의 총 길이가 더 길게 설계되어 있음을 알 수 있다. 특히 서산과 공주지역의 임도는 준공도면의 길이가 1,275m와 1,105m이다. 그러나 실제 측량한 결과 1,029m와 1,022m로 각각 66m, 83m의 차이를 보이고 있었다. 이와 같은 원인은 임도의 측량 과정에서 간이형 컴파스를 이용한 간략측량을 실시하고, 설계도면이 현장과 일치하지 않으며, 시공시 IP점에서의 곡선설정에 따른 문제점이라고 판단된다. 그러나 본 연구에서

는 임도의 노선선정, 측량, 설계, 시공의 전과정에 대한 현장조사가 이루어지지 못했기 때문에 거리차이에 대한 원인을 명확히 파악할 수 없었다. 다만, IP점에 따른 설계도면과 현장과의 관계를 살펴본 바, Fig. 6에서 보는 바와 같이 전체 노선의 길이 차이는 곡선설치 개수에 따라서 변화하고 있음을 알 수 있었다. 즉, IP점의 수가 많아질수록 임도에서의 거리차이가 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

2. 준공도면의 수평위치 정확도 평가

준공도면의 수평위치 정확도 평가는 크게 3가지 방법으로 진행되었다. 점(point) 형태의 공간객체에 대해서는 두 점사이의 X좌표 편차, Y좌표 편차 그리고 RMSE를 분석하였다. 그리고 선(line) 형의 공간객체에 대해서는 버퍼링 기법과 유사도 지수를 분석하였다. Fig. 7은 현재 임도의 준공도면 사례로서 CAD 프로그램 기반의 DXF 파일 포맷으로 관리되고 있는 형태와 청사진으로 관리되고 있는 형태이다. DXF 파일의 경우에는 우리나라의 공간좌표 체계에 따라서 도면이 제작되었기 때문에 별도의 편집과정을 거치지 않았으며, 청사진의 경우에는 스캐닝을 통해 디지털타이핑을 실시하여 DXF 파일 포맷으로 변환하여 활용하였다. 아울러 대응점 분석은 암거 및 주요 시설물을 중심으로 각 임도에 대해서 약 10개소를 선정하여 분석하였으며, 선형은 임도의 중심선을 이용하여 분석하였다.

Table 2. Length between reference map and completion drawing of forest road.

Division	N. of IP	Drawing of design(m)	Total Station survey(m)	Difference
Dangjin	11	1,417	1,398	▽19m
Seosan	19	1,275	1,209	▽66m
Nonsan	12	1,012	985	▽27m
Cheonan	13	1,020	1,048	△28m
Gongju	23	1,105	1,022	▽83m
Total	-	5,829	5,662	-

가. 대응점의 위치정확도

조사 대상지 5개소에서 총 49개의 대응점을 추출하여 X좌표 편차, Y좌표 편차 그리고 RMSE를 분석한 결과 Table 3과 같이 나타났다. 두 점사이의 거리를 살펴보면 평균적으로 12.571~14.782m의 차이를 보이고 있었으며, 당진의 경우에는 최대 41m, 서산 23m, 논산 17m, 천안 28m, 공주 26m의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 현재의 수치지형도작성작업규정(국토지리정보원 고시 제2009-946호)에서 제시하고 있는 1:5,000 축척의 허용오차가 1m, 최대 허용오차 2m 임을 감안하면 그 오차의 범위가 약 6~7배 이상 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 아울러 1:25,000 축

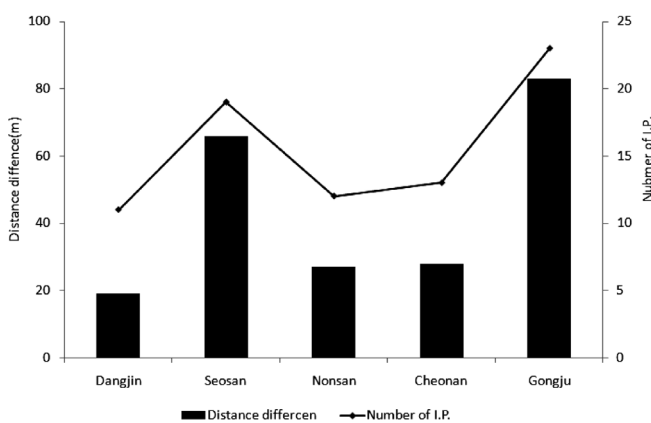


Fig. 6. The relationship between distance difference and I.P.

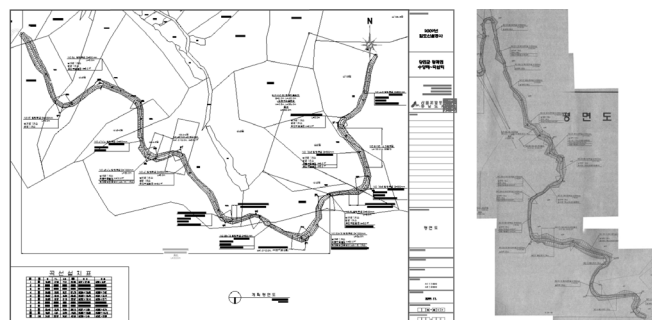


Fig. 7. Illustration of completion drawing(left : DXF file format, right : Blueprint).

척의 지도에서도 평면위치 허용오차(표준편차) 5m, 최대오차 10m임을 감안하면 그 오차의 크기가 매우 크게 발생하고 있다. 이와 같은 결과는 김태근 등(2005)의 연구 결과와 비교해 볼 때, 현재의 수치임도망도는 1:25,000의 종이 지도를 기반으로 작성되었기 때문에 전국적으로 많은 오차가 발생하고 있음을 밝힌바, 유사한 경향을 보이고 있었음을 알 수 있다. 다만, 본 연구에서는 준공도면을 활용하여 대응점의 위치정확도를 평가한 결과, 현재의 수치임도망도 보다는 대응점의 위치정확도가 다소 높게 나타났다.

나. 버퍼링 기법에 의한 정확도 평가

신뢰수준은 측정값이 허용오차 내에 포함될 확률을 의미하는 것으로 신뢰수준에 대한 기준을 마련하기 위해 국토연구원(2002)은 설문조사를 통하여 사용자가 요구하는 지리정보의 정확도를 연구한 바 있다. 이에 따르면 사용자가

선호하는 지리정보의 신뢰수준은 99% 이상(33.3%), 95% 이상(25.4%), 90% 이상(20.2%), 97% 이상(12.7%) 등의 순으로 나타났다. 이는 국내외의 사례, 지리정보의 정확도 요구조사 결과를 종합하여 볼 때 신뢰수준 95%가 타당할 것으로 판단하였으며, 본 연구에서도 버퍼 범위내에 측정값이 95% 이상 수렴되는 구간을 선정하여 분석하였다.

버퍼 폭은 토탈스테이션을 이용하여 만든 기준 지도를 중심으로 2m 간격으로 확대하여 적용하였으며, Table 4는 버퍼 폭에 따른 측정값의 포함 거리 및 비율을 보여주는 것이다. 대체적으로 버퍼 폭이 18m 이상일 경우에 측정값이 95% 이상 수렴하고 있음을 알 수 있으며, 서산과 천안은 각각 24m, 22m로 가장 크게 나타났다. 이는 측정값이 기준도면을 중심으로 전체적으로 멀리 떨어져서 선형으로 지도가 작성되었음을 의미하는 것이다. 아울러 Fig. 8은 버퍼 폭에 따른 준공도면의 포함 비율을 지도화한 것으로서 버퍼 폭에 따른 임도 노선의 포함 여부 및 위치를 알 수 있다. 김태근 등(2005)은 정사항공사진, 수치도화, TM 영상의 정확도를 비교해 본 결과 정사항공사진 34.6m, TM 영상 106.6m, 수치입체도화 15.3m의 결과를 얻었는데, 본 연구에서는 토탈스테이션을 기준으로 준공도면의 정확도를 비교해 본 결과 16m~24m로서 수치입체도화 보다는 낮은 정확도를 보였으나, 정사항공사진, TM 영상보다는 높은 정확도를 보이고 있는 것을 알 수 있었다.

다. 형태지수를 이용한 유사도 평가

형태지수는 버퍼링에 의한 기법에서는 확인이 불가능한 두선의 유사성에 대한 분석을 실시하는 것으로서 준공도면과 기준도면을 서로 중첩하여 생성되는 폴리곤의 형태를 분석하였다. 준공도면과 기준도면과 중첩함으로써 발생하는

Table 3. RMSE of point-correspondence.

Division		x-coordinate bias	Y-coordinate bias	RMSE
Dangjin	Mean	13.741	0.502	14.782
	S.D.	8.958	7.092	9.892
Seosan	Mean	4.518	8.229	13.786
	S.D.	7.191	11.679	6.591
Nonsan	Mean	6.210	4.101	11.037
	S.D.	9.355	3.193	4.790
Cheonan	Mean	1.417	2.796	13.804
	S.D.	8.335	14.731	8.035
Gongju	Mean	-0.462	-12.236	12.571
	S.D.	2.600	7.274	7.111

Table 4. Contain distance by buffer wide.

Buffer wide (m)	Dangjin(1,417m)		Seosan(1,275m)		Nonsan(1,012m)		Cheonan(1,020m)		Gongju(1,105m)	
	Contain distance(m)	proportion (%)	Contain distance(m)	proportion (%)	Contain distance(m)	proportion (%)	Contain distance(m)	proportion (%)	Contain distance(m)	proportion (%)
1	71	5.0	188	14.7	100	9.9	143	14.0	83	7.5
2	176	12.4	301	23.6	226	22.3	287	28.1	293	26.5
4	402	28.3	439	34.4	420	41.5	505	49.5	458	41.4
6	569	40.1	538	42.2	634	62.6	641	62.8	602	54.5
8	732	51.6	611	47.9	705	69.7	784	76.9	776	70.2
10	849	59.9	690	54.1	747	73.8	845	82.8	880	79.6
12	956	67.5	789	61.9	864	85.4	866	84.9	946	85.6
14	1,192	84.1	840	65.9	911	90.0	883	86.6	1,022	92.5
16	1,274	89.9	919	72.1	943	93.2	894	87.6	1,051	95.1
18	1,364	96.3	1,036	81.3	961	95.0	914	89.6	1,077	97.5
20	-	-	1,112	87.2	-	-	933	91.5	-	-
22	-	-	1,186	93.0	-	-	971	95.2	-	-
24	-	-	1,212	95.1	-	-	-	-	-	-

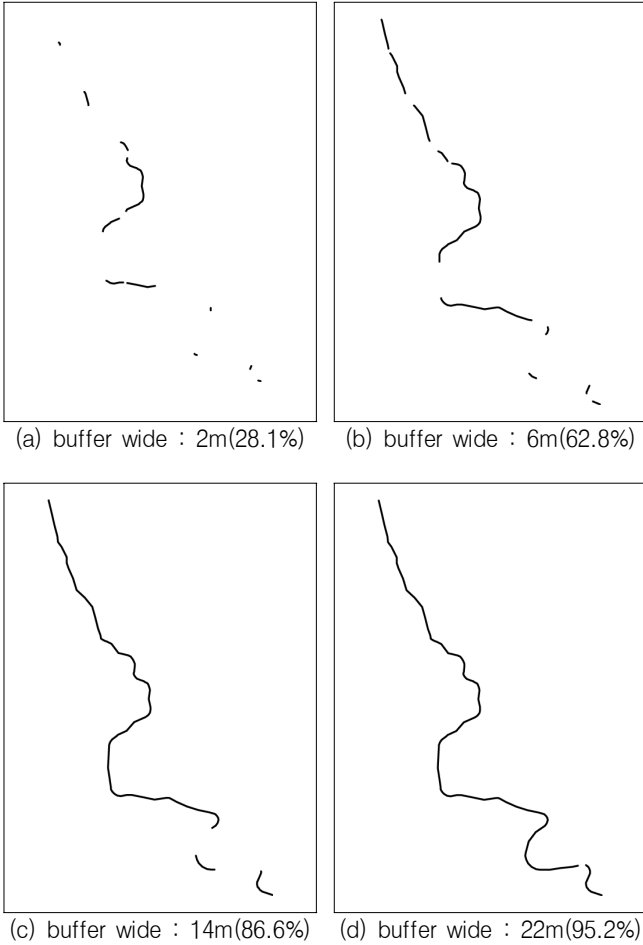


Fig. 8. Illustration of contain distance by buffer wide(Cheonan).

Table 5. Index of shape by region.

Division	Number of Polygon	Area (m ²)	perimeter (m)	Index of Shpe
Dangjin	9	11,715	2839.7	7.4
Seosan	15	11,884	2506.6	6.5
Nonsan	9	6,040	2019.4	7.3
Cheonan	16	6,942	2123.8	7.2
Gongju	17	8,612	2165.4	6.6

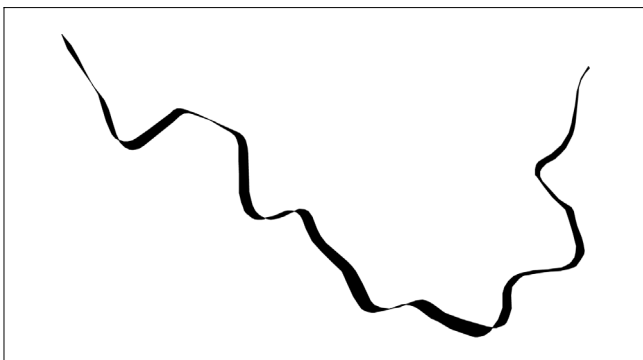


Fig. 9. Produced polygon through overlay by completion drawing and reference map.

폴리곤의 수는 총 66개가 발생되었으며, 형태지수는 지역별 차이가 있으나 약 7 정도의 수준으로 분석되었다(Table 5 참조). 이는 원의 경우 형태지수가 1, 정사각형일 경우 1.13 이 되는 것과 비교해 볼 때, 두 노선은 바늘형 또는 막대형으로 유사한 패턴을 갖는 지도였음을 알 수 있다. Fig. 9는 기준도면과 준공도면을 중첩함으로써 발생하는 폴리곤의 형태를 보여주는 사례이다. 형태지수에 의한 유사성 평가는 서로 다른 객체에 대한 형태의 유사정도를 평가하는 것으로서 형태의 유사성이 높을수록 형태지수의 값이 크게 나타난다. 이에 대한 결과는 서로 비교를 통해 평가를 수행할 수 있으며, 김태근 등(2005)의 연구에서도 정확도가 높고 형태적 유사성을 클수록 형태지수가 높게 나타나고 있음을 알 수 있었으며, 본 연구 결과와 유사한 경향을 보이고 있다.

3. 속성정보의 정확도 평가

임도의 속성정보에 대한 정확도를 평가하기 위해서는 먼저 토탈스테이션을 이용하여 시설물의 길이 및 위치를 측량하였으며, 배수시설 등은 현장 조사를 실시함으로써 규격, 재료 등을 확인하였다. 아울러 시설물의 위치는 앞에서 언급한 바와 같이 시설물을 위주로 대응점을 추출하여 정확도를 평가하였기 때문에 시설물 위치에 대한 정확도 평가는 생략하였다. 5개 임도에서의 포장재료는 콘크리트와 사리부설로 구분되는데, 대부분의 지역에서 콘크리트 포장은 그 수량이 준공도면과 동일하게 시공된 것으로 조사되었다. 그러나 사리부설 구간의 경우 전체 노선의 길이에 대해서 대체적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

암거 및 측구, 전석쌓기, 카드레일 등의 시설물은 1개소를 제외하고 모든 수량이 일치하는 것으로 조사되었다. 그러나 준공도면에서 제시된 위치와 실제 현장의 위치는 서로 다르게 설치되어 있었다. 이는 임도의 시공시 현장여건과 설계도면 사이의 차이로 인해 발생하는 문제로서 시설물의 수량 변경 없이 최적위치에 시설물을 배치하기 때문인 것으로 판단되며, 준공도면에서는 이러한 부분이 반영되어 수정되지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 임도상에서의 시설물에 대한 속성정보 측면에서는 암거 1개소를 제외하고 모든 시설물의 수량 및 재료, 크기 등이 준공도면과 일치하고 있기 때문에 비교적 양호한 것으로 판단된다. Table 6은 지역별 임도에서의 노면재료, 배수시설 등에 대한 수량으로서 설계도면과 현장을 비교한 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 임도 준공도면의 정확도를 평가하기 위해서 토탈스테이션으로 충청남도에 개설된 임도 5개소에 대해서 현황측량을 실시하고 준공도면과의 비교를 통해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 토탈스테이션을 활용하여 임도를 측량 결과 노선

Table 6. Comparison of attribute information to completion drawing and forest road.

	Division	Unit	Dangjin	Seosan	Nonsan	Cheonan	Gongju
paving materials	gravel	m	1,017(998)*	1,222(1156)	1,012(985)	900(928)	1,105(1,022)
	concrete	m	400(400)	53(53)	-	120(120)	-
drainage	collecting well		-	1(1)	-	3(3)	-
	600		-	-	-	14(14)	-
	closed culvert	800	11(11)	10(9)	9(9)	-	11(11)
	1,000		2(2)	3(3)	2(2)	-	2(2)
	box		-	2(2)	-	-	-
	open culvert		-	1(1)	-	4(4)	2(2)
	side ditch of L type		384(384)	53(53)	-	-	-
stone masonry	boulder	m ²	165(165)	90(90)	40(40)	100(100)	100(100)
	stonework	m	-	80(80)	-	-	-
other	guard rail	m	100(100)	-	-	-	-
	channel falling work		-	-	10(10)	-	-

* () is the result of survey by total station

의 길이는 준공도면에서 공주 83m, 서산 66m, 논산 27m, 당진 19m가 더 길게 설계되어 있었으며, 천안은 28m가 더 짧게 설계되어 있었다. 이와 같은 문제는 설계시 측량의 정확도에 대한 차이, 현장과 설계 도면의 차이, 길이 측정 방식(수평거리와 사거리)의 차이로 인해 발생한 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 이와 같은 문제점의 원인을 파악하는데 한계가 있었다. 단, 임도 노선의 길이 차이는 IP점의 수가 많을수록 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 향후 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 대응점에 대한 위치정확도를 평가한 결과 전체 지역에 대해서 높은 RMSE를 보였는데, 이는 대응점의 위치 오차가 약 11m~14.7m로 많은 차이를 나타내고 있었다. 이는 '수치지형도작성작업규정'에서 제시하고 있는 1:5,000축척의 지도에서 허용오차가 1m, 최대 허용오차가 2m 임을 감안하면 준공도면을 활용한 지도작성 및 활용이 불가능한 것으로 판단된다. 아울러 1:25,000의 허용오차가 5m, 최대 오차 10m임을 감안하더라도 현재의 준공도면은 지리정보를 수집하는데 있어서 많은 문제점이 있는 것으로 나타났다.

셋째, 버퍼링 분석에서는 기준노선을 일정 거리로 버퍼링하여 각 버퍼 폭에 포함되는 비교노선이 95%의 범위에 해당되는 시점을 살펴본 결과, 전체 지역에서 18m~24m로 나타났다. 이는 전체구간에 대해서 95%의 신뢰도를 갖기 위해서는 18m~24m의 거리차이를 보인다는 것을 의미한다. 이와 같은 결과는 김태근(2005) 등의 연구와 비교해 볼 때, 정사항공사진 34.6m, TM 위성영상 106.6m, 수치입체도화 15.3m로 정사항공사진 및 위성영상의 정확도 보다는 높지만, 수치입체도화보다는 낮은 정확도를 보이는 것을 알 수 있다. 다만, 선행연구에서 항공사진과 위성영상은 지리적 특성으로 인하여 임도를 추출하는데 한계점이 있기 때문에

많은 차이를 나타내었다.

넷째, 두 선형 객체의 형태적 유사성을 살펴본 결과 중첩으로 생성된 폴리곤의 형태지수가 약 6.5~7.4로 두 노선은 바늘형 또는 막대형으로 유사한 패턴을 갖고 있음을 알 수 있었다.

다섯째, 준공도면에 제시된 시설물과 현장의 시설물에 대한 속성정보를 비교한 결과 위치에 대한 서산의 암거 1개소를 제외하고는 모두 100% 동일한 결과를 보였다. 이는 설계도면에 제시된 시설물의 속성정보를 활용하는데, 문제점이 없음을 알 수 있었다.

즉, 위와 같은 결론으로 인해 현재의 준공도면을 지리정보 취득을 위한 법적 규정과 비교해 볼 때, 위치정확도가 낮기 때문에 지리정보의 취득은 불가능할 것으로 판단된다. 다만, 속성정보의 정확도는 비교적 높기 때문에 향후 준공도면에서의 속성정보 취득은 가능할 것으로 기대된다. 따라서 향후에 개설되는 임도에 대해서는 시공 및 감리 등의 단계에서 준공도면의 위치정확도에 대한 검증이 반드시 실시되어야 할 필요성이 있다. 신동빈 등(2008)의 연구에서도 준공도면을 활용하기 위해서는 준공도면의 명확한 정의와 세부지침의 마련, 준공측량의 제도적 근거 마련과 성과 심사, 준공도면 작성비용의 부담주체 설정, 기관의 정보공유 협력체계가 마련되어야 할 것으로 제시한 바 있다.

참고문헌

1. 국립산림과학원. 2004. 임도밀도 목표량 산정 연구. 110 p.
2. 국토연구원. 2002. 지리정보의 정확도 측정방법에 관한 연구. 130 p.
3. 산림청. 2008. 제5차 산림기본계획(2008~2017). 196 p.

4. 산림청. 2009. 임업통계연보. 495 p.
5. Forman, R.T.T., M. Godron. 1986. Landscape ecology. New York. John Wiley and Sons. pp. 188-189.
6. Goodchild, M., G. Hunter. 1997. A simple positional accuracy measure for linear features. *International Journal of Geographical Information Science* 11(3): 299-306.
7. Kagawa, Y., Y. Sekimoto, R. Shibasaki. 1999. Comparative study of positional accuracy evaluation of line data. Proc. of 1999 Asian Conference on Remote Sensing. Poster Session 4.
8. Kim, W.D., K.W. Lee, H.G. Park. 2000. Update / revision of digital map by using the drawing of work completion surveying. *Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 8(1): 85-95.
9. Kim, T.G., J.S. Yoon, C.S. Woo, K.S. Lee, C.H. Hong. 2005. Comparison of methodology and accuracy of digital mapping of forest roads. *The Journal of GIS Association of Korea* 13(3): 195-209.
10. Park, K.S., I.S. Lim, S.K. Choi. 2001. The positional accuracy quality assessment of digital map generalization. *Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 19(2): 173-181.
11. Ramirez, J.R., T. Ali. 2003. Progress in metrics development to measure positional accuracy of spatial data. *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference* pp. 1763-1772.
12. Shin, D.B., S.C. Yu. 2008. A study on the application of maps of completion of the construction for updating digital maps. 2008 Proceeding of Korea Spatial Information System Society pp. 19-25.
13. Suh, J.H., Y.B. Cho, J.G. Lee. 2002. A study on the analysis of landscape preference in the rural-landscape by index of shape - The case of rural culture village. *The journal of Korean Institute of Forest Recreation* 6(2): 7-14.
14. Tveite, H., S. Langaas. 1999. An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering. *International Journal of Geographical Information Science* 13(1): 27-47.
15. Van Niel, T.G., T.R. McVicar. 2002. Experimental evaluation of positional accuracy estimates from a linear network using point-and line-based testing methods. *International Journal of Geographical Information Science* 16(5): 459-473.
16. Yang, I.T., D.M. Kim, M.C. Heung, H.R. Im, S.C. Ki. 2000. A study on the updating of digital maps based on the completion drawing. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* D20(2-D): 241-247.
17. Yang, S.C., K.R. Kim, K.Y. Yu. 2009a. History database construction for digital map updating system using as-built drawings. *The Journal of GIS Association of Korea* 17(2): 183-189.
18. Yang, S.C., J.W. Choi, K.Y. Yu. 2009b. Development of the digital map updating system using CAD object extracted from as-built drawings. *Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 17(3): 13-21.