

국내 지반조사 자료 정밀도 평가

Evaluation of Precision of the Domestic Geotechnical Information Data

장 용 구¹⁾ · 전 흥 수²⁾ · 채 덕 호³⁾ · 조 완 제[†]

Yonggu Jang · Heungsoo Jeon · Deokho Chae · Wanjei Cho

Received: January 22nd, 2014; Revised: February 19th, 2014; Accepted: March 14th, 2014

ABSTRACT : There have been vast amounts of the site investigation data from the domestic construction sites every year and various national research institutes are constructing the database for the site investigation data. According to the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, the database for the site investigation has been constructed for covering 154,000 individual boreholes since the computerization project for the geotechnical information started at 2000. It is considered to be high time to evaluate the reliability of the stored DB so that the current DB should be utilized to the various fields related to the planning and site investigation of the construction activities. Therefore, the precision of the stored site investigation data was evaluated via normal distribution for more active sharing and utilization. As a preliminary evaluation of the precision, the locations of the encountered strata from two different sites were analyzed. After the precision of the stored data is determined, the level of reliability of the each category of the stored geotechnical information would be determined and the users would be able to decide which information could be utilized.

Keywords : Boring information, Precision, Normal distribution

요 지 : 전국 건설 현장에서는 매년 막대한 양의 시추정보가 생산되고 있으며 건설 시공의 정보화와 더불어 시추정보에 대한 데이터베이스 구축이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 구축된 정보는 현재 15만공 이상이 되고 있으며 구축된 정보에 대한 신뢰도를 분석하여 그 활용성을 높일 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 시추정보의 정밀도 검증 시범지역을 선정하여 각 지역의 지층 심도, 지하수위, 표고를 정밀도 검증 항목으로 선정하고 현재 DB화되어있는 시추정보들의 정밀도를 정규분포를 통해 평가하였다. 지층정보의 경우 심도가 깊어짐에 따라 오차가 커지는 경향을 나타내었으며, 조사 시기에 따라서도 다른 정밀도를 나타내었다. 추가 연구를 통하여 보다 많은 정보를 바탕으로 다양한 시추정보의 정밀도 검증을 수행할 경우, 구축된 자료의 신뢰성 확보로 지하공간정보의 활용성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 시추정보, 정밀도, 정규분포

1. 서 론

국가 지하정보인 시추정보는 터널, 지하구조물 등의 국토 개발, 석탄, 석유, 금·은·동의 자원개발, 지진과 같은 지질 재해, 지하수, 토양에 대한 환경오염 방지, 지질공원, 지질박물관 같은 관광·레저 그리고 지반에 대한 지질학적, 화학적, 물리학적 교육연구 등에 지대한 기여를 하고 있다(Jang et al., 2013). 21세기에 들어 급속히 진행된 정보화 시대에 발맞추어 지하정보의 수집과 유통은 순수과학에서 공학적 활용으로 변모하고 있으며 우리나라의 경우, 정책의 입안 및 의사결정 등에 필요한 각종 GIS를 필요로 하는 관계기관에서 개별적으로 추진함에 따른 예산 중복투자 등의 부작용을 최소화하기 위하여 국가 주도하에 지리정보체계를 효율적으로 구축하기 위하여 1990년대 초부터 정보화의 필요성이

제기되었다. 이에 따라 NGIS(National Geographic Information System) 1단계 사업을 통해 국토 기본지질도가 전산화되었고 2단계에 들어와 지하지리정보부문에서 지질 정보화 사업이 추진되면서 방대한 지질정보의 체계적인 관리와 정보화를 이루려고 하고 있다.

최근 국내 지하공간정보 통합 인프라 구축을 위한 표준화 방안 및 활용성에 관한 연구가 수행되어 지층별 표준화, 단위체계 표준화, 지하공간정보 연계 표준화를 제시한 바 있다(Seok et al., 2012). 또한 국토지반정보와 지질정보의 통합·활용을 통한 국토지하정보의 표준화 및 구축 방법 제시와 지식기반커뮤니티 구축에 관한 연구도 진행된 바 있다(Song et al., 2011). 현재 한국건설기술연구원의 경우 지반 정보 DB 구축과 함께 2007년부터 “지반조사 성과 전산화 및 활용에 관한 지침”이 제정되어 국토지반정보 유통체계

1) Korea Institute of Construction Technology

2) Korea Institute of Construction Technology

3) Department of Civil & Environmental Engineering, Dankook University

† Department of Civil & Environmental Engineering, Dankook University (Corresponding Author : jei0421@dankook.ac.kr)

가 운영되고 있으며, 지반정보 입력-검수-활용을 위한 국토 지반정보 유통시스템을 개발하여 2013년 기준 약 13만공 이상에 대한 시추정보 DB가 구축되어, 지반정보를 보급 및 활용할 수 있도록 하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013). 여기서 검수는 지반조사 보고서의 전산화 과정에서의 오류만을 검수하는 것으로 지반조사 성과 자체의 정밀도 및 정확도를 평가함에 있어서는 제도적인 제약이 있다.

따라서 이러한 정보의 축적과 효과적인 유통에 관한 시스템적인 연구와 더불어 현재 축적된 지하정보들의 유효성, 다시 말하면 정밀도를 평가하는 과정이 반드시 선행되어야 한다. 지하정보의 경우 지반의 불균질성과 불확실성으로 인하여 정확도(Accuracy)를 판별하는 것은 상당히 어려운 문제이기 때문에 한 시추공에서 획득한 정보와 근접 시추공에서 얻은 정보의 정밀도(Precision)로 그 정보의 유효성을 판별하여야 할 것이다.

본 연구에서는 현재 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 국토지반정보 유통시스템 내의 저장된 시추정보를 추출하여 지층 관련 정보 및 지하수위 정보의 정밀도를 판별하여 유통되는 자료의 정밀도를 평가하였다.

2. 정밀도 검증 시범지역 및 항목 선정

2.1 정밀도 검증 시범지역 선정

정밀도 검증 대상 시범지역을 선정하기 위하여 국토지반정보 통합DB센터(<http://www.geoinfo.or.kr/>, 2013)에 주어진 데이터를 추출하여 사용하였다.

지층이 단순하고 단층, 습곡 등과 같은 지질학적 구조가 드물게 나타나 지질 및 지형과 같은 지반 고유의 차이에 의

한 자료의 분산 정도가 작은 지역을 선정하고자 하였으며, 이를 토대로 부산 신항 지역에서 수행된 진입 철도와 진입 도로 사업 그리고 낙동강 살리기 사업을 정밀도 검증 시범 지역으로 선정하였다. Fig. 1은 부산과 낙동강 지역에서 수행된 세 종류의 지반조사 장소를 표시하였고 Table 1은 각 사업의 지반조사 시 조사되었던 시추공간의 최대, 최소, 평균 거리를 나타내었다.

부산 신항에서 실시된 진입 도로 공사와 진입 철도 공사 사업은 남북방향으로 길게 시추가 이루어졌으며, 두 공사 간 평균 95 m 간격으로 나란하게 지반조사가 이루어져 있어 두 기관의 자료를 통해 보다 정확한 비교·분석을 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 유통프로세스 추진 전 지반조사가 실시된 부산 신항 지역과 유통프로세스 추진 후 최근에 지반조사가 실시된 낙동강 살리기 사업의 정밀도를 비교하여 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 유통프로세스 과제가 시추정보 정밀도 향상에 얼마나 기여하고 있는지 분석해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

정밀도 검증 대상은 부산 신항의 경우 상부로부터 매립층(자갈), 퇴적층(점토, 모래) 및 암으로 구성된 지층 형태를 보였으며, 전체적인 지층의 층서 및 위치는 유사한 경향을 보이나 두 사업의 시추공 사이 평균 거리 95 m 차이에 의한 지형 및 지질학적 특성으로 인해 편차가 다소 존재하였다. 낙동강 살리기 사업의 경우 매립층(모래), 퇴적층(점토, 자갈)의 지층을 나타냈다.

지층 형태를 보다 시각적으로 살펴보기 위해 각 시추공사 사이의 거리를 고려하여 주어진 시작심도와 종결심도의 데이터들을 거리-고도 그래프 위에 점으로 나타내었다.

이때 연속된 3개소의 데이터들의 이동평균법(moving average method)을 이용하여, 지형적 특성을 고려한 연속적인 지층의 분포를 파악하고자 하였다. 이동평균법은 각 항에 대하여 추세의 변동을 알 수 있도록 구간을 옮겨가며 구하는 평균값으로 항의 개수가 많아질수록 경향선이 직선에 가까워져 지형적 특성을 왜곡할 수 있으며, 2개소의 데이터를 이용하여 산술평균을 이용할 경우 시추공 사이의 지형적 특성을 고려할 수 없으므로 정확한 지층을 파악할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 인구의 추정(Park et al., 2010)이나 미국 주택 실거래가 지수(한국감정원 부동산연구원 정책연구부, 2008) 산출 등 여러 연구에서 3개소를 통한 이동평

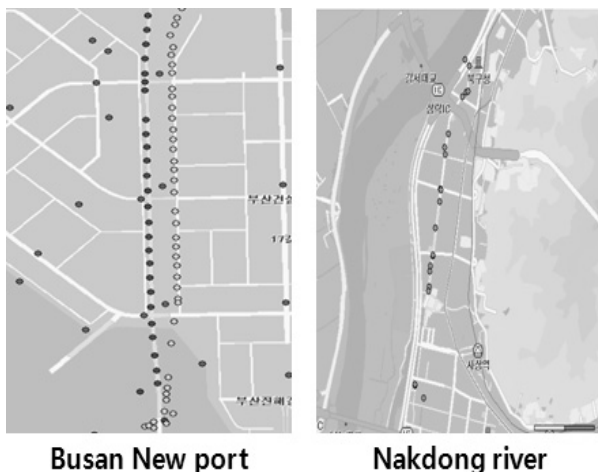


Fig. 1. Borehole locations in the selected sites

Table 1. Maximum, minimum and average distance between boreholes

	Road	Railway	Nakdong River
Maximum	127 m	146 m	542 m
Minimum	35 m	25 m	8 m
Average	63 m	51 m	163 m

균을 사용하고 있는 것을 참고로 하여 3개소의 이동평균을 사용하였다.

Fig. 2~4는 각각 부산 신항 진입 도로, 진입 철도, 낙동강 사업 지역의 지층 형태를 보여주고 있으며, 빗금 친 부분은

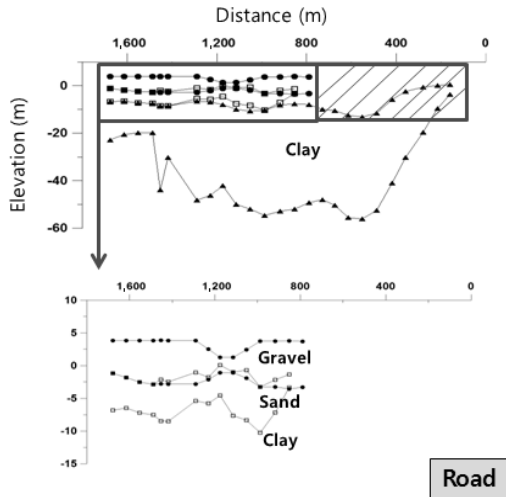


Fig. 2. Section view of strata encountered at the road construction, Busan

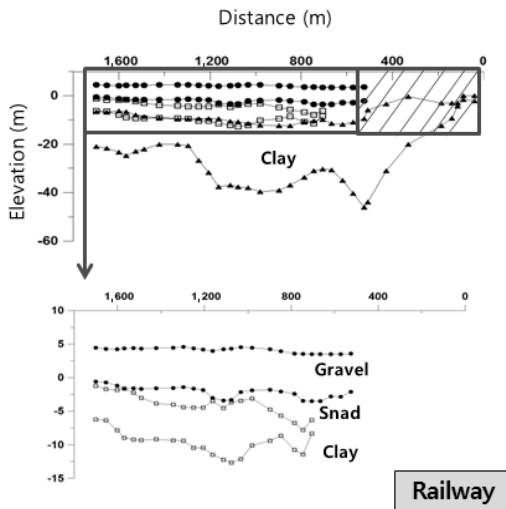


Fig. 3. Section view of strata encountered at the railway construction, Busan

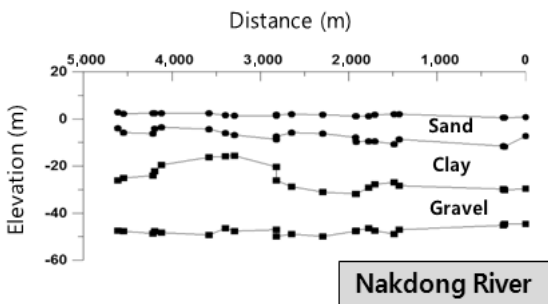


Fig. 4. Section view of strata encountered at Nakdong river project

지질 및 지질학적 특징이 큰 지각 변동으로 인하여 지질구조가 연속적으로 나타나지 않는 부정합과 같은 지층변동으로 인해 다른 지역과 비교하여 일정하지 않은 지층의 구조를 보였다. 이러한 부분을 포함하여 자료를 분석할 경우 지질 및 지형학적 특성이 크게 반영되어 본 연구에서 수행하는 지반조사 정밀도 분석의 결과를 왜곡할 수 있어 빗금 친 부분은 정밀도 분석에서 제외하였다.

부산 신항 진입도로 및 진입철도 공사의 지반조사 결과에 따른 지층 구조를 살펴보면, 전체적인 지층의 층서 및 위치는 유사한 경향을 보이나, 점토층의 종결 심도는 상이한 모습을 보이고 있다. 이는 두 공사의 시추공 사이 거리 95 m 차이에 의한 지형 및 지질학적 특성에 의한 편차로 판단된다.

낙동강 살리기 사업의 지층 구조는 부산 신항과 비교하여 비교적 일정한 층서 구조를 보였다. 이 지역의 지반은 층적층이 해수면의 수위변화 혹은 하상 퇴적 환경에 따라 하부로부터 자갈, 점토층 순으로 광범위하게 분포하는 것으로 판단된다(Han, 2000).

2.2 정밀도 검증 항목

지반정보에는 지반 공학적 지층 분류를 통해 각 지층의 심도를 나타내는 지층 정보와 표준관입시험 및 콘관입시험 등의 현장 시험, 압밀 시험 및 삼축압축 시험 등의 실내시험 정보가 있다. 지반정보의 정밀도 검증을 위해서는 모든 정보들의 정밀도를 모두 검증하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 지반정보 정밀도 검증의 시작단계로 지반을 구성하고 있는 각 지층별 시작 및 종결 심도(elevation)와 지하수위, 표고를 검증 항목으로 선정하였다.

3. 정밀도 분석 방법

데이터는 중간값의 유무에 따라 연속적 데이터와 불연속적 데이터로 나뉜다. 연속적 데이터는 선형 데이터라고도 하며 키, 몸무게와 같은 중간값이 무한히 존재하는 데이터를 말한다. 이와 달리 동전 던지기와 같은 중간값이 존재하지 않는 데이터는 불연속적 데이터 또는 비선형 데이터라 정의한다. 시추 심도와 지하수위, 표고의 경우 최대심도와 최저심도가 존재하며 그 사이에 중간값이 무한대로 존재하므로 연속적인 데이터라 할 수 있다.

연속적인 데이터를 분석하는 가장 대표적인 방법은 정규분포를 이용하는 것이다. 정규분포는 평균에 가장 많은 데이터가 몰려 있고, 그 평균을 중심으로 빈도가 작아지는

가장 전형적이고 이상적인 분포로 종(Bell) 모양을 보이게 된다.

본 연구에서는 선정된 정밀도 검증 시범지역의 지층 관련 정보 및 지하수위, 표고의 정보가 정규분포를 따르는지 확인하고, 정규분포를 이용한 통계학적 방법으로 정밀도를 분석하였다.

3.1 정규분포

연속확률분포에서 가장 중요한 분포가 정규분포이다. 정규분포는 반복적으로 발생하는 무수한 사건, 사고들을 정립하여 설명할 때 중요하게 이용되고 있다. 1733년에 드무아브르(De Moivre)에 의해 정규곡선의 수학적 방정식으로부터 발전한 것으로 연속확률변수의 확률분포에 대한 수학적 방정식은 2개의 모수인 평균과 표준편차에 의해 결정된다(Kim, 2000). 연속확률변수 X 중에서 확률밀도함수가 Eq. (1)과 같을 때 X의 확률분포를 정규분포라 하고, 함수 $f(x)$ 의 그래프를 정규분포곡선이라고 한다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (-\infty < x < \infty) \quad (1)$$

여기서 m 과 $\sigma(\sigma > 0)$ 는 각각 평균과 표준편차를 나타내는 상수이며, e 는 그 값이 2.71828...인 무리수이다. 정규분포는 2개의 매개 변수 m 과 σ 의 값에 따라 그 모양이 정해지는데 표준편차가 커질수록 첨도는 작아져 완만한 형태를 보이며, 표준편차가 작아질수록 첨도는 커져 첨예한 형태를 보인다. 여기서 첨도는 정규분포상에서 평균에 모여 있는 변량들의 빈도를 나타내는 통계 값이며 첨도가 커질수록 자료의 정밀도가 높아짐을 의미한다.

Fig. 5는 정규분포 곡선을 보여주고 있으며 평균값 μ 에서 표준편차 σ 간격마다 해당되는 확률 분포의 값이 표시되

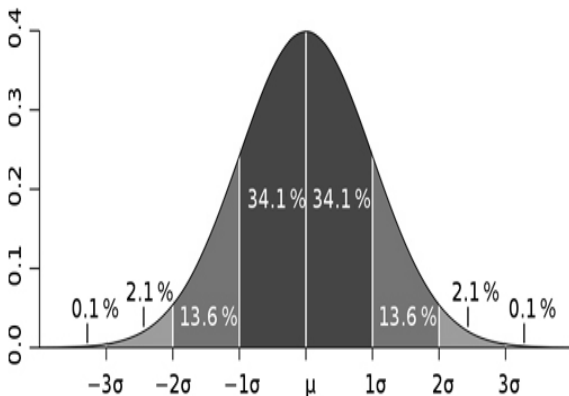


Fig. 5. Normal distribution with confidence level

어있다. 즉 정규분포에 대한 표준편차를 계산해 보면 전 면적의 약 68.26%는 $\pm 1\sigma$ 의 거리 내에 있고, 약 95.45%는 $\pm 2\sigma$ 내에, 99.73%는 $\pm 3\sigma$ 내에 있다. 정규분포의 x축과 분포의 곡선으로 둘러싸인 전체 면적은 1로 확률 100%가 됨을 의미한다.

3.2 정규분포 적용의 타당성 검토

정규분포를 통하여 통계적 분석을 하기 위해서는 수집된 데이터들이 정규분포를 따르고 있는지에 대한 여부를 판단하여야 한다. 수집된 데이터들이 정규분포를 따르는지 확인하는 방법은 다양하나 본 연구에서는 히스토그램(Histogram)의 분포형태를 이용하여 정규분포 적용의 타당성을 검증하는 방법을 택하였다(Choi, 2010).

히스토그램은 데이터 분포의 특징이 한눈에 보이도록 계급구간(class)을 x축으로 하고 도수(frequency)를 y축으로 하여 그린 그래프를 말하는데 주어진 데이터가 정규분포를 따르게 될 경우 히스토그램은 종(bell) 모양의 형태를 나타낸다. Fig. 6은 정밀도 검증 시범지역의 지층별 심도, 표고, 지하수위에 대한 히스토그램을 나타낸다. Fig. 6을 살펴보면 히스토그램이 종모양의 곡선을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 비록 완벽한 종 모양을 나타내고 있지는 않지만, 전체적인 형태는 종 모양으로 분류해도 크게 무리가 없음을 알 수 있다. 이를 통하여 심도, 표고, 지하수위에 대한 데이터가 정규분포를 따른다고 할 수 있으며, 정규분포를 통한 정밀도 검증이 타당함을 알 수 있다.

4. 정밀도 평가 결과

정규분포곡선의 모양은 위에 언급했듯이 평균과 표준편차에 의해 결정된다. 낮은 정밀도를 가진 측정인 경우 정규분포곡선의 모양은 첨도가 작아 평균값을 중심으로 비교적 넓게 분포하여 완만한 모습을 보이며, 이와 반대로 높은 정밀도를 가지는 경우 첨도가 커져 곡선의 모양이 첨예한 형태를 보이게 된다.

4.1 지층 심도 정밀도 검증 결과

주어진 데이터를 이용하여 각 지층별 시작 심도와 종결 심도의 정규분포곡선을 그려보고, 이를 토대로 시작심도와 종결심도를 비교하여 정밀도를 분석하였다. 정규분포곡선을 나타내기 위해 시작심도 및 종결심도에 대한 평균값과 표준편차를 산정하였다.

Table 2~7은 각 사업별 지층의 시작·종결 심도에 대한

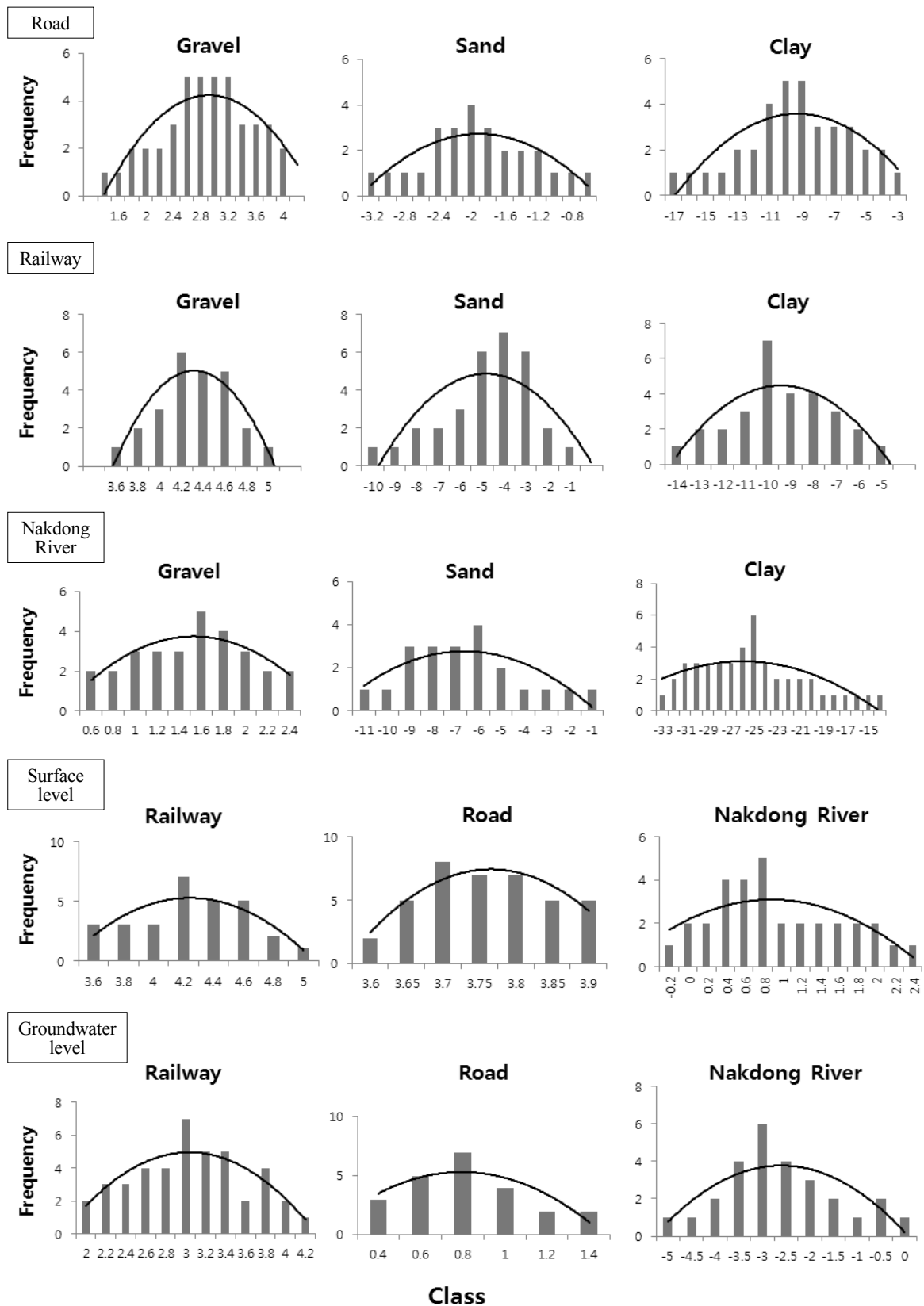


Fig. 6. Histogram of the data for research

평균값과 표준편차 그리고 표준편차를 평균값으로 나눈 변동계수(Coefficient of Variation)를 나타내고 있다. 이를 살펴보면 심도가 깊어짐에 따라 표준편차가 커지는 경향을 나

타내고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 심도가 깊어짐에 따라 굴착에 따른 오차가 점점 누적되어 정밀도가 떨어지는 것으로 판단된다. 따라서 굴착 깊이에 따른 누적 오차에 대한 새

로운 대안이 필요할 것으로 판단된다.

유통프로세스 추진 전 실시된 부산 신항 사업과 유통프로세스 추진 후 실시된 낙동강 사업을 비교해 보았을 때 낙동강 사업의 표준편차가 비교적 작은 것을 볼 수 있다. 또한 낙동강 사업의 경우 변동계수 값이 최소 0.06에서 최대 0.15로 그 차이가 크지 않아 정밀도가 비교적 일정하게 유지되고 있다고 볼 수 있다. 시범지역의 표본이 적지만 본 연구를

Table 2. Starting depth of strata at Railway, Busan

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Gravel	4.21	0.06	0.01
Sand	-3.71	1.83	0.46
Clay	-9.49	1.42	0.15

Table 3. Ending depth of strata at Railway, Busan

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Gravel	-2.09	0.37	0.18
Sand	-9.73	1.37	0.14
Clay	-30.93	5.65	0.18

Table 4. Starting depth of strata at Road, Busan

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Gravel	3.21	0.87	0.27
Sand	-1.74	0.58	0.33
Clay	-8.07	1.42	0.18

Table 5. Ending depth of strata at Road

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Gravel	-2.49	0.78	0.31
Sand	-6.97	1.78	0.25
Clay	-41.19	7.81	0.19

Table 6. Starting depth of strata at Nakdong River

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Sand	1.54	0.29	0.19
Clay	-7.30	1.08	0.15
Gravel	-25.39	2.80	0.11

Table 7. Ending depth of strata at Nakdong River

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Sand	-7.30	1.08	0.15
Clay	-25.39	2.80	0.11
Gravel	-47.46	2.82	0.06

놓고 본다면 유통프로세스가 시추 정밀도에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 7은 진입 철도에 대한 수치를 이용하여 각 지층별 시작심도와 종결심도의 정규분포를 나타낸 것이다.

Fig. 7의 정규분포를 분석한 결과 심도가 낮은 자갈층의 침도가 가장 크게 나타났으며 심도가 깊은 점토층의 침도가 가장 작게 나타났다. 이를 통해 자갈층이 가장 정밀한 측정이며, 점토층이 가장 정밀하지 못한 측정이라 말할 수 있다. 또한 시작심도와 종결심도를 비교하였을 때 자갈층과 점토층의 시작심도와 종결심도에 대한 침도 차이가 크게 나타났다. 모래층은 종결심도의 침도가 시작심도보다 컸지만 그 차이는 같다고 봐도 무방할 정도로 차이가 작았다. 이를 종합해 보면 심도가 깊어질수록 정밀도가 떨어지는 경향을 보이는 것으로 분석된다.

지층에 대한 정밀도가 어느 정도의 신뢰도를 갖는지 살펴보기 위해 각 토층별 신뢰구간을 분석하였다. 자료의 산포도를 나타내는 수치인 표준편차를 이용하여 전체 자료의 각각 68.2 %($\pm 1\sigma$), 95.4 %($\pm 2\sigma$), 99.7 %($\pm 3\sigma$)가 포함된 구간을 신뢰구간으로 산정하였다. 부산 신항 진입철도의 경우 자갈층의 시작심도의 표준편차는 0.06, 종결심도의 표준편차는 0.37이다. 이에 대해 신뢰구간 68.2 %에서는 시작심도 ± 0.06 m, 종결심도 ± 0.37 m로 나타났다. 또한 신뢰구간 95.4 %에서는 시작심도 ± 0.12 m, 종결심도 ± 0.74 m로 나타

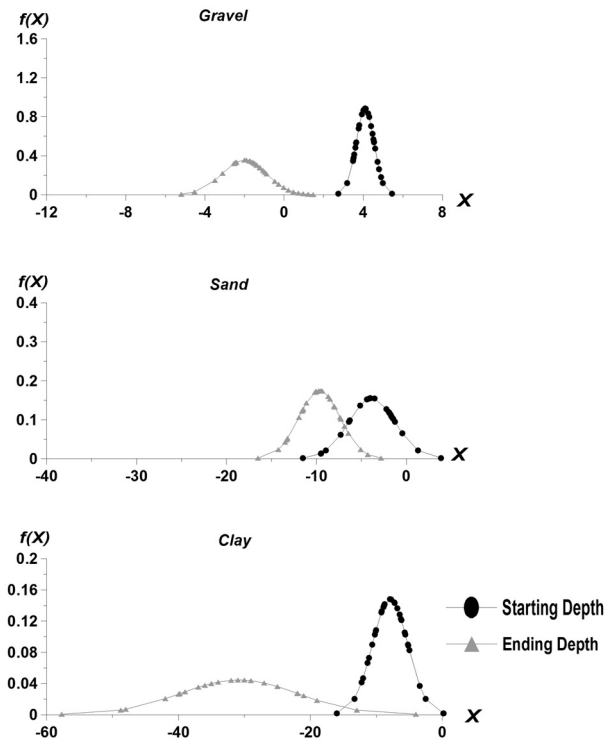


Fig. 7. Normal distribution of starting depth and ending depth of strata

났으며 신뢰구간 99.7 %에서는 시작심도 ± 0.18 m, 종결심도 ± 1.11 m로 나타났다. Table 9~11은 각 토층에 대한 신뢰구간을 나타낸다.

4.2 표고 정밀도 검증 결과

동일 항목에 대한 정밀도 분석을 위하여 부산 신항에서 실시된 두 개의 사업을 비교해 보았다. 지역 표고의 평균과 분산을 Table 8에 나타낸 결과 표고에 대한 표준편차가 지층 심도의 표준편차와 비교하여 크기가 상대적으로 작았다. 이것은 각 지층별 심도보다 표고에 대한 측정이 더 정밀하

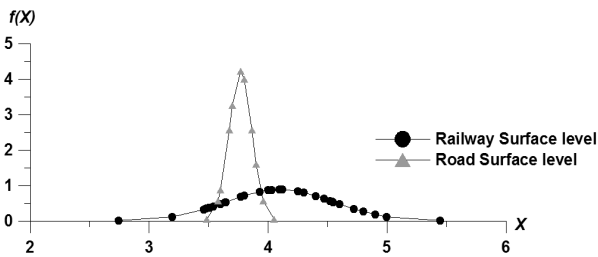


Fig. 8. Normal distribution of surface level

Table 8. Surface level of railway and road construction at Busan project

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Railway	4.11	0.51	0.12
Road	3.77	0.40	0.11

게 측정되었다는 것을 의미한다.

Fig. 8은 표고에 대한 평균과 표준편차를 이용하여 정규분포곡선을 도시한 것이다. 그 결과 진입도로와 진입철도의 표고에 대한 정규분포곡선은 진입도로가 진입철도에 비해 첨도가 크게 나타났다. 이를 통해 표고의 측정이 심도의 측정정보다 정밀하지만 동일 항목에 대하여 공사별 시추 정보에 대한 정밀도는 차이가 있는 것으로 판단된다.

4.3 지하수위 계측 정보 정밀도 검증 결과

위에서 언급한 표고의 정밀도 검증과 같은 방법으로 진입 도로와 진입 철도의 지하수위를 비교하여 Table 12에 나타내었다. 지하수위에 대한 표준편차 역시 심도에 대한 표준편차보다 작은 것을 알 수 있다. 즉 지하수위의 정밀도 역시 지층 심도에 대한 측정정보다 정밀하게 측정되고 있음을 알 수 있다.

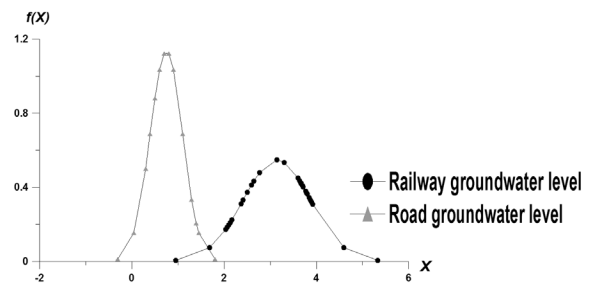


Fig. 9. Normal distribution of groundwater level

Table 9. Confidence interval of the Railway construction at Busan new port project

(Unit : m)

Confidence interval	Gravel		Sand		Clay	
	Starting	Ending	Starting	Ending	Starting	Ending
68.2 %	± 0.06	± 0.37	± 1.83	± 1.37	± 1.42	± 5.65
95.4 %	± 0.12	± 0.74	± 3.66	± 2.74	± 2.84	± 11.3
99.6 %	± 0.18	± 1.11	± 5.49	± 4.11	± 4.26	± 16.95

Table 10. Confidence interval of the Road construction at Busan new port project

(Unit : m)

Confidence interval	Gravel		Sand		Clay	
	Starting	Ending	Starting	Ending	Starting	Ending
68.2 %	± 0.87	± 0.78	± 1.37	± 1.78	± 1.42	± 7.81
95.4 %	± 1.74	± 1.56	± 2.74	± 3.56	± 2.84	± 15.62
99.6 %	± 2.61	± 2.34	± 4.11	± 5.34	± 4.26	± 23.43

Table 11. Confidence interval of the Nakdong River project

(Unit : m)

Confidence interval	Sand		Clay		Gravel	
	Starting	Ending	Starting	Ending	Starting	Ending
68.2 %	± 0.29	± 1.08	± 1.08	± 2.80	± 2.80	± 2.82
95.4 %	± 0.58	± 2.16	± 2.16	± 5.60	± 5.60	± 5.64
99.6 %	± 0.87	± 3.24	± 3.24	± 8.40	± 8.40	± 8.46

Table 12. Groundwater level of Busan project

	Average (m)	Standard deviation	Coefficient of variation
Railway	3.20	0.72	0.23
Road	-0.93	0.28	0.30

Fig. 9는 진입도로와 진입철도의 지하수위 정규분포곡선을 도시한 것으로 진입도로가 진입철도에 비해 첨도가 크게 나타났다. 이는 표고에서와 마찬가지로 동일 측정 항목에 대하여 공사별 정밀도가 다르다는 것을 의미한다.

5. 결론 및 향후 연구방안

본 연구에서는 시추정보의 정밀도 검증을 통해 지하공간정보의 신뢰성을 확보하고 활용성을 높이기 위하여 현재 수립되어 유통되고 있는 시추정보에 대한 정밀도를 평가하였다.

지층 심도에 대한 정밀도 검증 결과 심도가 깊어짐에 따라 정밀도가 떨어지는 것으로 판단되었다. 이는 굴착에 따른 누적 오차에 따른 것으로 판단된다. 따라서 굴착 깊이에 누적 오차에 대한 새로운 대안이 필요하다.

표고의 경우 심도 측정과 달리 굴착에 의하여 축적된 오차가 없어 상대적으로 정밀한 결과를 보이는 것으로 판단된다. 이는 수준측량의 정밀도로 판단되며 사업에 따라 어느 정도의 편차는 존재하는 것으로 나타났다.

지하수위에 대한 정밀도 검증 결과는 지층 심도에 대한 정밀도에 비해 높은 것으로 나타났으며, 부산 신항 진입도로와 진입철도 간 정밀도에는 차이가 있었다. 이는 동일 측정항목에 대하여 공사별 정밀도가 다른 것으로 판단된다. 이를 위해 유형별로 적절하게 통용될 수 있는 시추조사 방법에 대한 기준이 우선적으로 제시되어야 할 것으로 생각된다.

본 논문에서의 부산 신항과 낙동강 살리기 사업의 지반조사 정밀도 분석 결과, 지반조사 성과 전산화 및 활용에 관한 지침 발현 이후 시작된 유통프로세스 도입 후 정밀도가 비교적 향상된 것으로 판단되나 추후 보다 많은 자료를 이

용한 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 지진 및 지진 해일 피해저감기술 개발사업의 연구비 지원(NEMA-지진-2012-1)에 의해 수행되었습니다.

Reference

1. 국토지반정보 통합DB센터, <http://www.geoinfo.or.kr> (2013).
2. 한국감정원 부동산연구원 정책연구부 (2008), 미국 S&P/CASE-SHILLER 주택가격지수, 글로벌리포트, pp. 79~88.
3. Choi, M. H. (2000), A study on the design and application of histogram in the CAQC, Journal of the Ulsan College, Vol. 27, No. 2, pp. 211~221 (in Korean).
4. Han, Y. C. (2000), A study of stratigraphical characteristic of soft clay deposit in the estuary of the nakdong river, Report, Daewoo Engineering & Construction technology, pp. 1~6 (in Korean).
5. Jang, Y. G., Jeon, H. S., Chae, D. H. and Cho, W. J. (2013), A state of the practice review on the management of the domestic geotechnical and geological information data, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 14, No. 4, pp. 39~46 (in Korean).
6. Kim, K. H. (2000), An analysis of the difference of ρ chart using binomial and normal distribution, Master's thesis, Taejeon National University of Technology. pp. 17~20 (in Korean).
7. Ministry of land, Infrastructure and Transport (2013), <http://www.molit.go.kr/>.
8. Park, Y. S., Kim, K. H. and Kim, S. Y. (2010), Unreliability of official population in Korea, Journal of the Korean Association for Survey Research, Vol. 11, No. 2, pp. 71~95 (in Korean).
9. Seok, C. H., Kang, Y. R., Jang, Y. G. and Kang, I. J. (2012), A study of standardization for establishing integrated infrastructure of underground space information and its availability, Journal of The Korean Society for Geo-Spatial Information System, Vol. 21, No. 4, pp. 105~115 (in Korean).
10. Song, S. J., Jang, Y. G. and Kang, I. J. (2011), The establishment plan of knowledge-based community through the 3-D national underground information DB design and utilization review, Journal of The Korean Society for Geo-Spatial Information System, Vol. 19, No. 1, pp. 63~70 (in Korean).