

## 서울시 철도터널 건설공사의 공사계측비 분석 및 개선방안 연구

## A Study on Analysis of Construction Monitoring Cost and Improvement Measures of Railway Tunnel Construction in Seoul

우종태\*

Jong-Tae Woo\*

Professor, Department of Civil Engineering using Drone, Kyungbuk University, Namyangju, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jong-Tae Woo, jtwoo@kbu.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** This study is to contribute to the development of monitoring technology through the increase of confidence in construction monitoring by deriving the analysis of construction monitoring cost and improvement measures of railway tunnel construction in Seoul. **Method:** It presents the status on design and contract of construction monitoring cost, status on application construction monitoring cost and its analysis, analysis on safety management cost and quality management cost, expansion of application of the price calculation standard for monitoring management services to improve this, and monitoring for direct order of ordering organization. **Results:** If the monitoring management service that was meanwhile ordered as included in the construction work is performed by the directly selected company of ordering organization through the preliminary screening for bidding qualification, then the improvement of monitoring quality and the accurate monitoring data can be secured. **Conclusion:** For the price calculation standard for monitoring management service, the application of actual cost addition method under the Engineering Promotion Act and the calculation standard of monitoring management cost for standard estimation for ground survey should be extended through the direct order of ordering organization, not the method to be included in the net construction cost where it is performed by a subcontractor via contractor.

**Keywords:** Railway Tunnel, Construction Monitoring Cost, Safety Management Cost, Quality Management Cost, Direct Order of Ordering Organization, Actual Cost Addition Method

## 요약

**연구목적:** 본 연구는 서울시 철도터널 건설공사의 공사계측비 분석 및 개선방안을 도출하여 건설계측의 신뢰향상으로 계측기술 발전에 기여한다. **연구방법:** 공사계측비의 설계 및 계약 현황, 공사계측비의 적용 현황 및 분석, 안전관리비와 품질관리비 분석, 이를 개선하기 위해 계측관리용역에 대한 대가 산정 기준 적용 확대와 발주처에서 직접 발주하는 방안을 제시한다. **연구결과:** 그동안 건설공사에 포함되어 발주하던 계측관리용역을 입찰참가자격 사전심사를 통하여 발주처에서 계측업체를 직접 선정하여 계측을 수행하면 계측 품질을 높이고 정확한 계측데이터 확보가 가능하다. **결론:** 계측관리용역에 대한 대가 산정기준은 시공사에서 하도급으로 수행하게 되는 순공사비 내에 포함하는 방식이 아닌 발주처 직접 발주로 엔지니어링진행법에 따른 실비정액가산방식과 지반조사 표준품셈의 계측관리비 산출기준의 적용을 확대해야 한다.

**핵심용어:** 철도터널, 공사계측비, 안전관리비, 품질관리비, 발주처 직접발주, 실비정액가산방식

Received | 14 November, 2022

Revised | 5 December, 2022

Accepted | 16 December, 2022

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

최근의 건설구조물 계측기술은 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology) 및 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 급격한 발달로 인해 효율적인 안전감시 및 경제적인 유지관리를 위해 교량, 터널, 다목적댐 및 용수댐, 광역상수도, 하천제방, 절토사면, 지하철, 공항시설물, 대형건축물 등 국가 주요 기반시설물에 공사계측 및 유지관리계측 시스템의 도입과 적용이 증가되고 있다(Woo, 2018).

일반적으로 건설공사에서의 계측은 공사계측과 유지관리계측으로 구분하며, 공사계측은 주로 설계의 불확정성 요소 등을 보완하고 설계의 타당성을 규명함으로써 시공의 안전성을 확인하고 경제성을 확보할 목적으로 수행된다(Woo, 2017). 유지관리계측은 완공된 구조물에 대하여 공용 중에 지속적으로 구조물의 안전성 확인과 최적의 유지관리가 되도록 객관적이고 연속적인 공학적 판단자료를 제공하여 효율적이고 경제적인 구조물 유지관리에 기여하는 것을 목적으로 수행되고 있다(Woo, 2019).

건설계측과 관련 있는 안전관리와 품질관리 업무는 업무범위가 비교적 분명하여 안전진단업과 품질관리업으로 규정되어 있으나, 계측관리는 업무의 특성상 안전진단과 품질관리 외에 공사 중의 시공관리 및 완공 후의 유지관리까지 광범위하게 연계되어 있으나, 과학적이고 합리적인 건설구조물 공사계측 및 유지관리계측 설계기준 및 대가 기준이 거의 없는 실정이며, 건설계측기술의 육성 및 관리에 관한 법률 규정도 없고, 건설 전문업체 분류에도 건설계측분야는 포함되어 있지 않아 계측업체의 저가 하도급으로 인해 저급의 기술자가 투입되어 건설계측 기술력 향상을 위한 규정 마련과 제도 개선이 시급한 실정이다(Woo, 2010).

본 논문은 서울시에서 발주한 지하철, 도시철도, 경전철 등 철도터널 건설공사현장 총 15개 공구를 대상으로 공사계측비의 설계 및 계약 현황, 공사계측비의 적용 현황 및 분석, 안전관리비와 품질관리비 분석, 이를 개선하기 위해 계측관리 용역에 대한 대가 산정기준 적용 확대, 계측관리용역을 발주처에서 직접 발주 방안을 제시하여 건설계측의 신뢰향상으로 계측기술 발전에 기여하고자 한다.

## 서울시 철도터널 건설공사의 공사계측비 현황 및 분석

### 서울시 공사계측비의 설계 및 계약 현황

건설공사에서의 계측은 계획 및 설계 단계에서부터 시공 및 완공 후의 유지관리 단계에 이르기까지의 지반 움직임과 사용 부재의 변형, 지하수 분포상태 등을 예측하고 평가하는 것으로 안전한 시공과 품질관리, 유지관리를 위해서도 매우 중요한 부분이다. 하지만 그동안 서울시 및 산하기관 발주 건설공사의 계측관리는 토목 및 건축공사에 포함하여 발주하였기 때문에 시공사인 건설회사가 직접 계측업체를 선정해서 시공사와 계측업체 간에 상호 견제가 곤란하고, 저가의 하도급 계약으로 인해 계측 품질이 떨어지는 등 관리적 문제가 빈번히 제기되어 왔다(Woo, 2020).

국가 주요 기반시설물인 교량, 터널, 다목적댐, 광역상수도, 하천제방, 절토사면, 지하철, 공항시설물, 대형건축물 등의 분야에 건설계측의 활용이 일반화되고 있고, 2008년 기준 건설계측 시장규모가 연간 최소 2,000억원 이상의 규모(Woo, 2008)이나, Table 1의 발주자별 및 공종별 국내 건설공사 계약액을 보면 2014년에서 2018년까지 5개년 평균 건설공사 합계 계약액은 200.9조원으로 공사계측비는 계약액의 약 1%정도인 2조원으로 추정되며, 발주주체별로 공공기관 47.0조원, 민간기관

153.9조원이며, 건설공종별로 토목공사 52.0조원, 건축공사 148.9조원으로 나타났다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction Policy Division, 2019).

Table 2의 현장 소재지별 국내 건설공사 계약액을 보면 2014년에서 2018년까지 5개년 평균 건설공사 합계 계약액은 수도권 92.9조원, 서울시 23.4조원으로 수도권 건설현장의 공사계측비는 약 9,290억원, 서울시는 약 2,340억원으로 추정된다.

Table 3의 본사 소재지별 국내 건설공사 계약액을 보면 2014년에서 2018년까지 5개년 평균 건설공사 합계 계약액은 수도권 118.7조원, 서울시 76.4조원으로 수도권 본사의 공사계측비는 1조 187억원, 서울시 본사는 약 7,640억원으로 추정된다 (Construction Industry Knowledge Information System, 2019).

**Table 1.** Domestic construction contract amount by orderer and type (Unit : Trillion won)

구분		2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	평균 (계측비)
합계	금액(조원)	154.2	207.2	214.3	209.9	219.0	200.9
	공사계측비 추정액 (공사비의 1%)	1.5	2.1	2.1	2.1	2.2	2.0
발주주체	공공기관	42.9	47.0	46.1	49.7	49.3	47.0 (0.5)
	민간기관	111.3	160.2	168.2	160.3	169.7	153.9 (1.5)
건설 공종별	토목공사	44.3	56.5	51.9	48.8	58.5	52.0 (0.5)
	건축공사	110.0	150.7	162.4	161.1	160.5	148.9 (1.5)

**Table 2.** Domestic construction contract amount by site location (Unit : Trillion won)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	평균 (계측비)	
전국(조원)	154.2	207.2	214.3	209.9	219.0	200.9 (2.0)	
수도권	계	67.3	93.8	99.4	100.5	103.5	92.9 (0.9)
	서울	21.4	24.1	25.6	22.4	23.3	23.4 (0.2)
	경기	37.4	58.5	62.5	66.3	67.6	58.5 (0.6)
	인천	8.6	11.2	11.3	11.8	12.6	11.0 (0.1)
비수도권	86.9	113.5	114.9	109.5	115.5	108.0 (1.1)	

**Table 3.** Domestic construction contract amount by head office location (Unit : Trillion won)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	평균 (계측비)	
전국(조원)	154.2	207.2	214.3	209.9	219.0	200.9 (2.0)	
수도권	계	87.8	125.4	129.0	123.9	126.4	118.7 (1.2)
	서울	57.5	84.8	81.9	75.3	81.3	76.4 (0.8)
	경기	22.7	32.0	37.2	39.2	36.5	33.5 (0.3)
	인천	7.6	8.7	9.9	9.4	8.6	8.8 (0.1)
비수도권	66.2	81.8	85.0	85.8	92.3	82.2 (0.8)	

### 서울시 철도터널 건설공사의 공사계측비 현황 및 분석

연구대상 서울시 철도터널 건설공사는 총 15개 공구로 서울지하철 9호선 3단계인 918공구에서 923공구까지 6개 공구는 공사기간이 2009년 12월에서 2018년 12월, 지하철 5호선 연장 하남선 1-1공구에서 1-2공구까지 2개 공구는 2015년 6월에서 2020년 6월, 지하철 8호선 연장인 별내선 1공구에서 2공구까지 2개 공구는 2015년 12월에서 2023년 9월, 지하철 4호선 연장인 진접선차량기지 및 인입선까지 2개 공구는 2018년 12월에서 2024년 12월, 신림봉천경전철인 1공구에서 3공구까지 3개 공구는 2017년 2월에서 2022년 2월까지가 공사기간이다.

Table 4와 같이 연구대상 건설공사 15개 공구의 1개 공구당 토목공사 도급계약액의 평균금액은 1,068.2억원으로 최소 462.3억원에서 최대 1,641.6억원이며, 공사계측비 평균비용은 11.86억원으로 최소 6.76억원에서 최대 25.29억원으로 나타났다, 토목공사 도급계약액 대비 평균비율은 1.17%로 최소 0.48%에서 최대 2.05%로 나타났다.

공사계측비의 토목공사 도급계약액 대비 평균비용을 공사구간별로 보면 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키 계약구간 6개 공구 0.81%, 하남선 최저가 계약구간 2개 공구 1.56%, 별내선 기타 계약구간 2개 공구 1.59%, 진접선 차량기지 및

**Table 4.** Seoul metropolitan railway tunnel construction and subcontracting costs

공사명	공구명	공사 기간	토목공사 공정율 (%)	토목총공사비		공사계측비		공사계측 하도급비	
				계약액(A) (억원)	발주방식 (낙찰율%)	공사계측비 (B) (억원)	계측비 비율 B/A×100 (%)	계측하도급비 (C) (억원)	계측하도급 비율 C/B×100(%)
지하철 9호선 3단계	918		100.0	1,191.8	턴키(94.5)	6.82	0.57	9.93	145.6
	919		100.0	1,641.6	턴키(94.1)	7.83	0.48	6.10	77.9
	920	2009.12	100.0	1,374.5	턴키(94.5)	10.75	0.78	16.08	149.6
	921	~	100.0	1,263.5	턴키(81.8)	8.42	0.67	10.18	120.9
	922	2018.12	100.0	1,429.5	턴키(95.0)	19.36	1.35	16.59	85.7
	923		100.0	684.5	턴키(63.8)	6.76	0.99	3.89	57.5
	소계 평균		100.0	1,264.2	턴키(87.3)	9.99	0.81	10.46	106.2
5호선연장 하남선	1-1공구	2015.6	72.7	830.5	최저가(76.4)	8.78	1.06	7.25	82.6
	1-2공구	~	94.4	462.3	최저가(77.8)	9.46	2.05	7.10	75.1
	소계 평균	2020.6	83.6	646.4	최저가(77.1)	9.12	1.56	7.18	78.9
8호선연장 별내선	1공구	2015.12	19.8	802.0	기타(85.4)	10.72	1.34	7.70	71.8
	2공구	~	18.1	1,379.6	기타(81.2)	25.29	1.83	18.26	72.2
	소계 평균	2023.9	19.0	1,090.8	기타(83.3)	18.01	1.59	12.98	72.0
4호선연장 진접선 차량기지	1공구	2018.12	0.1	909.5	내역입찰(75.4)	13.87	1.52	(계약 준비)	(계약 준비)
	2공구	~	0.1	1,089.5	총평제(78.6)	17.00	1.56	(계약 준비)	(계약 준비)
	소계 평균	2024.12	0.1	999.5	77.0	15.44	1.54	-	-
신림봉천 경전철	1공구		30.6	938.4	민간투자(82.9)	11.09	1.18	8.11	73.1
	2공구	2017.2	44.5	1,265.8	민간투자(83.0)	12.98	1.03	21.42	165.0
	3공구	~	37.3	759.7	민간투자(83.0)	8.72	1.15	12.30	141.1
	소계 평균	2022.2	37.5	988.0	민간투자(83.0)	10.93	1.12	13.94	126.4
합계평균	15개 공구	-	61.2%	1,068.2억원	83.2%	11.86억원	1.17%	11.15억원	101.4%

인입선 내역입찰과 종합평가제 계약구간 2개 공구 1.54%, 신림봉천경전철 민간투자사업 계약구간 3개 공구 1.12%를 보였다.

공사계약형태별 공사계측비 비율이 높은 순서는 기타계약 1.59%, 최저가계약 1.56%, 내역입찰과 종합평가제 계약 1.54%, 민간투자사업계약 1.12%, 설계시공일괄계약인 턴키계약 0.81%로 나타났으며, 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간인 919공구는 토목공사 도급계약액이 1,641.6억원으로 조사대상 15개 공구 중 최대이나 공사계측비는 7.83억원으로 비율이 0.48%로 지하철9호선3단계 평균 0.81%의 59.2%로 낮으며, 15개 공구 평균 1.17%의 41%수준으로 아주 낮은 것으로 조사되었다. 919공구는 2014년 8월 석촌지하차도 하부에 쉐드TBM 굴착중 시공품질관리 부실로 대형 싱크홀이 발생되어 사회적으로 큰 문제를 발생시켰고, 이로 인해 2018년 1월부터 지하안전관리에 관한 특별법이 시행되는 계기가 되었다.

시공사로부터 공사계측비의 계측전문업체 하도급 평균비용은 11.15억원으로 최소 6.10억원에서 최대 21.42억원으로 나타났으며, 하도급의 평균비용은 101.4%로 최소57.5%에서 최대 165.0%로 나타났다.

공사계측비 하도급의 평균비용을 공사구간별로 보면 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간 6개 공구 106.2%, 하남선 최저가 계약구간 2개 공구 78.9%, 별내선 기타 계약구간 2개 공구 72.0%, 신림봉천경전철 민간투자사업 계

**Table 5.** Detailed status of construction monitoring cost of railway tunnel construction in Seoul

공사명	공구명	공사기간	토목공사 공정율 (%)	공사계측비 세부 현황							
				공사계측비		계측설치비		계측측정비		계측분석비	
				억원	비율(%)	억원	비율(%)	억원	비율(%)	억원	비율(%)
지하철 9호선 3단계	918		100.0	6.82	100.0	3.06	44.8	2.73	40.0	1.03	15.2
	919		100.0	7.83	100.0	4.00	51.1	2.63	33.6	1.20	15.3
	920	2009.12	100.0	10.75	100.0	5.21	48.5	2.75	25.6	2.79	25.9
	921	~	100.0	8.42	100.0	3.89	46.2	3.62	43.0	0.91	10.8
	922	2018.12	100.0	19.36	100.0	4.32	22.3	9.91	51.2	5.13	26.5
	923		100.0	6.76	100.0	1.96	29.0	3.52	52.1	1.28	18.9
	소계 평균		100.0	9.99	100.0	3.74	37.4	4.19	41.9	2.06	20.7
5호선연장 하남선	1-1공구	2015.6	72.7	8.78	100.0	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분
	1-2공구	~	94.4	9.46	100.0	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분
	소계 평균	2020.6	83.6	9.12	100.0	-	-	-	-	-	-
8호선연장 별내선	1공구	2015.12	19.8	10.72	100.0	2.31	21.6	2.53	23.6	5.88	54.8
	2공구	~	18.1	25.29	100.0	11.28	44.6	4.15	16.4	9.86	39.0
	소계 평균	2023.9	19.0	18.01	100.0	6.79	37.7	3.34	18.5	7.88	43.8
4호선연장 진접선 차량기지	1공구	2018.12	0.1	13.87	100.0	계약	준비	계약	준비	계약	준비
	2공구	~	0.1	17.00	100.0	계약	준비	계약	준비	계약	준비
	소계 평균	2024.12	0.1	15.44	100.0	-	-	-	-	-	-
신림봉천 경전철	1공구		30.6	11.09	100.0	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분
	2공구	2017.2	44.5	12.98	100.0	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분
	3공구	~	37.3	8.72	100.0	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분	미구분
	소계 평균	2022.2	37.5	10.93	100.0	-	-	-	-	-	-
합계평균	15개 공구	-	61.2%	11.86억원	100.0	-	-	-	-	-	-

약구간 3개 공구 126.4%를 보였다.

Table 5와 같이 서울시 철도터널 건설공사의 공사계측비 세부 현황을 공사구간별로 보면 2009년 착공하여 2018년 공사 준공된 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 툰키계약구간 6개 공구의 계측설치비 비율 37.4%, 계측측정비 비율 41.9%, 계측분석비 비율 20.7%를 보였으며, 2015년 착공하여 2023년 공사 준공예정인 8호선연장 별내선 기타 계약구간 2개 공구의 계측설치비 비율 37.7%, 계측측정비 비율 18.5%, 계측분석비 비율 43.87%를 보여 2009년 착공하여 2018년 공사 준공된 지하철9호선3단계에 비해 계측분석비 비율이 크게 증가하는 추세를 보이고 있다.

5호선연장 하남선과 신림봉천 경전철은 공사계측비가 1식 단가로 구성되어 계측설치비, 계측측정비, 계측분석비의 비율 구분이 불가능하며, 향후 공사계측비 설계시 세부적인 산출이 필요하다.

건설단계의 공사계측비는 일반적으로 계측기기 설치비, 계측기기 측정비, 계측결과 분석비로 구분하며, 현재 건설 계측에 대한 설계기준 및 대가 산출기준이 거의 없는 실정이며, 1999년 10월 부산교통공단 발주공사인 부산지하철 3호선 308공구 시설공사(시공자: 대우건설, 계측시행사: 흥인E&I)에 대한 건설교통부의 감사결과 설계예산서상에 계측업무는 품질관리업무와 동일한 업무로서 비용이 중복하여 계상되었다고 지적하여 직접공사비인 계측비 및 이에 대한 간접공사비 상당의 공사대금의 지급을 거절하여 시공사인 대우건설이 공사계약 일반조건 51조 분쟁의 해결 규정에 따라 중재법에 의한 중재기관인 사단법인 대한상사중재원에 2002년 4월 중재판정 결과 계측비는 직접노무비로 보아야 하고, 간접노무비로 볼 수 없는 것이며, 직접노무비와 간접노무비로 중복된 것이 아니라고 인정된다는 중재판정이 있었으나, 일부 발주처에서는 아직까지도 계측관리 및 분석비를 설계에 반영하지 않고 있는 실정이다(Woo, 2008).

## 서울시 철도터널 건설공사의 안전관리비와 품질관리비 분석

### 건설공사 종류와 건설업종 구분

건설공사는 건설산업기본법 제2조제4호에 따른 건설공사를 말하며, 건설공이란 토목공사, 건축공사, 산업설비공사, 조정공사, 환경시설공사, 그 밖에 명칭에 관계없이 시설물을 설치·유지·보수하는 공사(시설물을 설치하기 위한 부지조성공사를 포함한다) 및 기계설비나 그 밖의 구조물의 설치 및 해체공사 등을 말한다.

건설공사의 종류는 고용노동부 고시 제2018-94호의 별표5 건설공사의 5가지 종류를 참조하여 적용하며, 건설공사의 종류는 다음과 같이 구분한다.

- (1) 일반건설공사(갑)는 도로신설, 철도 및 궤도의 보수복구공사, 기설로면에 레일만 부설하는 공사
- (2) 일반건설공사(을)은 기계장치공사, 삭도(Cable way)건설공사
- (3) 중건설공사는 댐, 수력발전시설, 터널신설공사
- (4) 철도 또는 궤도신설공사
- (5) 특수 및 기타 건설공사는 준설공사, 조정공사, 택지조성공사, 포장공사, 전기공사, 정보통신공사로 구분한다.

본 논문의 건설공사는 서울시의 지하철 및 도시철도와 경전철을 건설하는 공사로 철도 또는 궤도신설공사이며, 서울시 도심지 지하 터널신설공사로 중건설공사에 속한다.

건설업종의 구분은 건설산업기본법시행령에 의한 건설업의 업종과 업종별 업무내용으로 다음과 같이 구분한다.

- (1) 종합공사업은 종합적인 관리 및 조정하에 시공하는 건설업을 말하며, 건설산업기본법시행령 제7조 별표1에서는 토목공사업, 건축공사업, 토목·건축공사업, 산업·환경설비공사업, 조경공사업의 5종으로 분류하고 있다.
- (2) 전문공사업은 시설물의 일부 또는 전 분야에 관한 공사를 시공하는 건설업을 말하며, 건설산업기본법 시행령 제7조의 부록 4에서는 29종으로 분류하고 있다.

## 건설공사 안전관리비와 품질관리비

### 건설공사 안전관리비와 산업안전보건관리비

건설공사에서 안전관리비는 건설공사의 안전관리를 위하여 관련 법령에 의하여 요구되는 비용을 말하며, 건설기술진흥법시행규칙 제60조제1항에 따른 안전관리에 필요한 비용으로 건설공사 안전관리 업무수행지침(국토교통부 고시 제2019-1528호)을 준용하여 안전관리비를 설계에 계상한다.

건설업의 산업안전보건관리비는 작업현장에서 산업재해 및 건강장애예방을 위하여 법령에 의거 요구되는 비용을 말하며, 건설업의 산업안전보건관리비 계상 및 사용 기준(고용노동부 고시 제2019-307호)을 따른다.

건설공사 안전관리비와 산업안전보건관리비의 구분은 Table 6과 같다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction Safety Division, 2019).

**Table 6.** Classification of safety cost of construction work and occupational safety and health management cost

구분	안전관리비	산업안전보건관리비
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안전관리계획 작성 및 검토비용</li> <li>· 안전점검(정기점검, 초기점검) 비용</li> <li>· 발파· 굴착 등의 건설공사로 인한 주변 건축물 등의 피해 방지대책 비용</li> <li>- 지하매달기 보호조치 비용</li> <li>- 발파· 진동· 소음으로 인한 주변지역 피해방지 대책 비용</li> <li>- 지하수 차단 등으로 인한 주변지역 피해방지 대책 비용</li> <li>· 공사시행 중 구조적 안전성 확보 비용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안전관리자 인건비 및 업무수당</li> <li>· 안전시설비</li> <li>· 개인보호구 및 안전장구 구입비</li> <li>· 사업장 안전진단비(각종 진단, 검사, 심사, 시험, 자문, 작업환경측정 등)</li> <li>· 안전보건교육비 및 행사비</li> <li>· 근로자 건강관리비, 기술지도비</li> <li>· 본사 안전전담조직 사용비</li> </ul>
설계 계상방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안전점검비용: 공사비×요율에 의해 산정(정밀점검 등을 위한 추가조사는 별도)</li> <li>· 나머지 비용은 실비정액가산방식 활용 또는 별도 물량 산출 하여 산정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상액(공사비)×요율(1.27~3.43%)</li> <li>- 건설공사 규모, 종류별로 요율을 다르게 적용</li> </ul>

건설업의 산업안전보건관리비 계상방법은 Table 7과 같이 공사종류 및 규모별 안전관리비 계상 기준표에 따라 해당 공사 종류에 비율을 곱하여 계상한다.

본 논문의 연구대상 건설공사는 서울시의 지하철 및 도시철도와 경전철을 건설하는 도심지 지하 터널신설 공사 15개 공구로 중건설공사에 속하며, Table 4와 같이 1개 공구당 토목공사 도급계약액의 평균금액은 1,068.2억원으로 최소 462.3억원에서 최대 1,641.6억원이며, 설계예산서에 공사내역이 구분되어 있어 산업안전보건관리비 산출방법은 대상액(재료비+직접노

**Table 7.** Standard list of safety management expenses by construction type and scale

구분	대상액 5억원 미만(%)	대상액 5억원 이상 50억원 미만		대상액 50억원 이상(%)	보건관리자 선임대상 건설공사(%)
		비율(%)	기초액(원)		
일반건설공사(갑)	2.93	1.86	5,349,000	1.97	2.15
일반건설공사(을)	3.09	1.99	5,499,000	2.10	2.29
중건설공사	3.43	2.35	5,400,000	2.44	2.66
철도 및 궤도 신설공사	2.45	1.57	4,411,000	1.66	1.81
특수 및 기타 건설공사	1.85	1.20	3,250,000	1.27	1.38

무비)에 요율을 곱한 금액이다.

- (1) [재료비(관급자재비 및 사급자재비 포함)+직접노무비]×요율
- (2) [재료비(사급자재비 포함, 관급자재비 제외)+직접노무비]×요율×1.2

연구대상 서울시 철도터널 건설공사 총 15개 공구의 산업안전보건관리비는 Table 8과 같이 평균비용은 17.11억 원으로 최소 7.41억 원, 최대 27.85억 원으로 나타났으며, 토목공사 도급계약액 대비 평균비율은 1.63%로 최소 1.17%에서 최대 2.15%로 나타났다.

산업안전보건관리비의 평균비율을 공사구간별로 보면 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간 6개 공구 1.69%, 하남선 최저가 계약구간 2개 공구 1.59%, 별내선 기타 계약구간 2개 공구 1.58%, 4호선연장 진접선차량기지 및 인입선 내역입찰제 및 종합평가제 계약구간 2개 공구 1.61%, 신림봉천경전철 민간투자사업 계약구간 3개 공구 1.60%를 보였다.

공사계약형태별 산업안전보건관리비의 평균비율이 높은 순서는 설계시공일괄계약인 턴키계약 1.69%, 내역입찰제 및 종합평가제 계약 1.61%, 민간투자사업 계약 1.60%, 최저가 계약 1.59%, 기타 계약 1.58%로 설계시공일괄계약인 턴키계약이 가장 높은 것으로 나타났다.

**건설공사 품질관리비**

건설공사에서 품질관리는 품질과 관련된 법령, 설계도서 등의 요구사항을 충족시키기 위한 활동으로서 시공 및 사용자재에 대한 품질시험·검사활동뿐 아니라 설계도서와 불일치된 부적합공사를 사전 예방하기 위한 활동에 소요 되는 비용으로 관련 법령으로는 건설기술진흥법 및 시행규칙에 규정하고 있다.

건설기술진흥법 제56조(품질관리 비용의 계상 및 집행)는 다음과 같다.

- ① 건설공사의 발주자는 건설공사 계약을 체결할 때에는 건설공사의 품질관리에 필요한 비용(이하 품질관리비라 한다)을 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 공사 금액에 계상하여야 한다.
  - ② 건설공사의 규모 및 종류에 따른 품질관리비의 사용 방법 등에 관한 기준은 국토교통부령으로 정한다.
- 건설기술진흥법 시행규칙 제53조(품질관리비의 산출 및 사용 기준)는 다음과 같다.



**Table 8.** Status of occupational safety and health management costs for Seoul railway tunnel construction

공사명	공구명	공사 기간	토목공사 공정율 (%)	토목총공사비		산업안전보건관리비	
				계약액(A) (억원)	발주방식 (낙찰율%)	산업안전보건 관리비(D) (억원)	산업안전보건관리비율 D/A×100 (%)
지하철 9호선 3단계	918	2009.12 ~ 2018.12	100.0	1,191.8	턴키(94.5)	19.48	1.63
	919		100.0	1,641.6	턴키(94.1)	27.85	1.70
	920		100.0	1,374.5	턴키(94.5)	20.39	1.48
	921		100.0	1,263.5	턴키(81.8)	24.03	1.90
	922		100.0	1,429.5	턴키(95.0)	18.38	1.29
	923		100.0	684.5	턴키(63.8)	14.74	2.15
	소계 평균		100.0	1,264.2	턴키(87.3)	20.81	1.69
5호선연장 하남선	1-1공구	2015.6	72.7	830.5	최저가(76.4)	13.09	1.58
	1-2공구	~	94.4	462.3	최저가(77.8)	7.41	1.60
	소계 평균	2020.6	83.6	646.4	최저가(77.1)	10.25	1.59
8호선연장 별내선	1공구	2015.12	19.8	802.0	기타(85.4)	15.85	1.98
	2공구	~	18.1	1,379.6	기타(81.2)	16.11	1.17
	소계 평균	2023.9	19.0	1,090.8	기타(83.3)	15.98	1.58
4호선연장 진접선 차량기지	1공구	2018.12	0.1	909.5	내역입찰(75.4)	15.37	1.69
	2공구	~	0.1	1,089.5	중평제(78.6)	16.69	1.53
	소계 평균	2024.12	0.1	999.5	77.0	16.03	1.61
신림봉천 경전철	1공구	2017.2 ~ 2022.2	30.6	938.4	민간투자(82.9)	13.89	1.48
	2공구		44.5	1,265.8	민간투자(83.0)	20.30	1.60
	3공구		37.3	759.7	민간투자(83.0)	13.09	1.72
	소계 평균		37.5	988.0	민간투자(83.0)	15.76	1.60
합계 평균	15개 공구	-	61.2%	1,068.2억원	83.2%	17.11억원	1.63%

① 법 제56조제1항에 따른 건설공사의 품질관리에 필요한 비용(이하 "품질관리비"라 한다)의 산출 및 사용 기준은 별표 6과 같다. 다만, 품질검사를 실시하는 자가 영 제97조제1항 각 호에 따른 국립·공립 시험기관이고 해당 기관이 검사비용의 기준을 따로 정하고 있는 경우에는 그 기준을 따른다.

② 건설업자 또는 주택건설등록업자는 제1항에 따라 산출된 품질관리비를 해당 목적에만 사용하여야 하며, 발주자 또는 건설사업관리용역업자는 품질관리비 사용에 관하여 지도·감독할 수 있다.

③ 건설업자 또는 주택건설등록업자는 법 제60조제1항에 따라 품질검사 등을 대행하게 하는 경우에는 그 비용을 부담하여야 한다.

건설공사에서 품질관리비 산정은 건설공사 품질관리 업무지침(국토교통부 고시 제 22017-450호, 2017.7.1.)에 따르며, 품질관리비는 품질시험비와 품질관리활동비로 구분된다.

연구대상 서울시 철도터널 건설공사 총 15개 공구의 품질관리비 현황은 Table 9와 같이 평균비용은 2.52억원으로 최소 0.50억원, 최대 6.08억원으로 나타났으며, 토목공사 도급계약액 대비 평균비율은 0.28%로 최소 0.06%에서 최대 0.74%로 나타났다.

**Table 9.** Quality control costs of Seoul railway tunnel construction

공사명	공구명	공사 기간	토목공사 공정율 (%)	토목총공사비		품질관리비	
				계약액(A) (억원)	발주방식 (낙찰율%)	품질관리비(E) (억원)	품질관리비 비율 E/A×100 (%)
지하철 9호선 3단계	918		100.0	1,191.8	턴키(94.5)	0.72	0.06
	919		100.0	1,641.6	턴키(94.1)	1.80	0.11
	920	2009.12	100.0	1,374.5	턴키(94.5)	0.50	0.04
	921	~	100.0	1,263.5	턴키(81.8)	1.19	0.09
	922	2018.12	100.0	1,429.5	턴키(95.0)	1.15	0.08
	923		100.0	684.5	턴키(63.8)	1.33	0.19
	소계 평균		100.0	1,264.2	턴키(87.3)	1.12	0.10
5호선연장 하남선	1-1	2015.6	72.7	830.5	최저가(76.4)	2.89	0.35
	1-2	~	94.4	462.3	최저가(77.8)	3.44	0.74
	소계 평균	2020.6	83.6	646.4	최저가(77.1)	3.17	0.55
8호선연장 별내선	1공구	2015.12	19.8	802.0	기타(85.4)	5.55	0.69
	2공구	~	18.1	1,379.6	기타(81.2)	6.08	0.44
	소계 평균	2023.9	19.0	1,090.8	기타(83.3)	5.82	0.57
4호선연장 진접선 차량기지	1공구	2018.12	0.1	909.5	내역입찰(75.4)	5.71	0.63
	2공구	~	0.1	1,089.5	종합평가(78.6)	4.80	0.44
	소계 평균	2024.12	0.1	999.5	77.0	5.26	0.54
신림봉천 경전철	1공구		30.6	938.4	민간투자(82.9)	0.90	0.10
	2공구	2017.2	44.5	1,265.8	민간투자(83.0)	0.90	0.07
	3공구	~	37.3	759.7	민간투자(83.0)	0.90	0.12
	소계 평균	2022.2	37.5	988.0	민간투자(83.0)	0.90	0.10
합계 평균	15개 공구	-	61.2%	1,068.2억원	83.2%	2.52억원	0.28%

품질관리비의 평균비율을 공사구간별로 보면 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간 6개 공구 0.10%, 하남선 최저가 계약구간 2개 공구 0.55%, 별내선 기타 계약구간 2개 공구 0.57%, 4호선연장 진접선차량기지 및 인입선 내역입찰제 및 종합평가제 계약구간 2개 공구 0.54%, 신림봉천경전철 민간투자사업 계약구간 3개 공구 0.10%를 보였다.

공사계약형태별로 품질관리비의 평균비율이 높은 순서는 기타 계약 0.57%, 최저가 계약 0.55%, 내역입찰제 및 종합평가제 계약 0.54%, 턴키계약과 민간투자사업 계약이 각각 0.1%를 보여 설계시공일괄계약인 턴키계약과 민간투자사업 계약이 가장 낮은 것으로 나타났다.

## 개선방안

### 건설계측관리용역에 대한 대가 산정기준 적용 확대

건설계측비는 산출방식에 의해 크게 2가지 방법으로 사용되고 있는데 설계·감리와 같은 별도 용역으로서 실비정액가산방식을 적용하는 것과 시공사에서 하도급으로 수행하게 되는 순공사비 내에 포함하는 방식이 사용되고 있다.

그러나 계측업무는 엔지니어링 용역에 해당되므로 엔지니어링진흥법에 따라 실비정액가산방식을 적용해야 하지만 건설공사 시행의 편리성 등으로 발주되는 건설공사의 대부분이 순공사비에 포함시켜 원청인 시공사에서 계측전문업체로 하도급을 주는 방식을 적용하고 있다.

계측업무는 특성상 현장 안전 및 품질과 직결되는 감리감독 기능이 있으므로 시공과는 분리되어 용역으로 발주가 되어야 하며, 순공사비에 포함될 경우 계측비에 많은 비중을 차지하는 측정비 미반영(국도건설공사 설계실무요령 : 계측 측정비는 간접노무비에 포함된 것으로 간주하여 별도로 계상하지 않음)으로 저가 하도급으로 인한 부실화 가능성이 높다.

최근에는 일부 공기업 및 지방자치단체에서 점차적으로 엔지니어링진흥법에 따른 실비정액가산방식을 적용하여 건설공사와는 별도로 엔지니어링 용역으로 발주하고 있는 추세에 있다(Woo, 2015).

엔지니어링진흥법에 따른 실비정액가산방식이란 직접인건비, 직접경비, 제정비, 기술료와 부가가치세를 합산하여 대가를 산출하는 방식을 말하며, 기술을 바탕으로 한 무형의 제품을 판매하고 있는 엔지니어링 사업은 그 품질이 사전에 판명되지 않으므로 기술능력을 기준으로 사업 수행자를 선정하고, 가격에 대한 보호 장치로 대가를 산출할 수 있는 기준을 사전에 확보하기 위해 한국엔지니어링진흥협회가 산업통상자원부장관의 인가를 받아 정한다(Woo et al., 2019)

건설계측비 산정과 관련된 유일한 품셈기준은 2004년 제정되고 2017년 6월 개정된 한국엔지니어링진흥협회 발행의 지반조사 표준품셈 내용 제7장 계측관리이며, Table 10과 같이 계측관리 업무별 및 과정별 적용기준이 있다.

**Table 10.** Application criteria by monitoring management task and process

업무별	과정별	적용기준	일반적인 활용기준
기술업무	계획·수립·답사 자료수집·설계	공중·목적·지역·지반상향 및 단계별 기간방식·기종	대상 공중·규모·급별·건별
조사업무	계측기기 설치	개소당·공당·센서별	기준심도·수량·회/공/개소
	관측·측정	기종별·계측빈도·기간별	단계별·기간별 수시·일주·월간·빈도
기술업무	자료수집·정리	기종별 정리난이도와 방법	관측결과와 단위기간 및 변화비교
	분석·해석	계측결과 요구빈도 및 일정기간	월·분기·반기·년·총기간
	재해석	수시·요청시·필요시·이상발견시	공중별·대상별·기간별·필요시

따라서 계측관리용역에 대한 대가 산정기준은 시공사에서 하도급으로 수행하게 되는 순공사비 내에 포함하는 방식이 아닌 엔지니어링진흥법에 따른 실비정액가산방식과 지반조사 표준품셈 내용 제7장 계측관리의 적용을 확대해야 할 것이다.

급경사지(비탈면) 계측비 산정은 2008년 7월 소방방재청에서 제정한 급경사지 재해예방에 관한 법률에 따라 행정 안전부 고시 제 2019-84호의 급경사지 계측비용과 계측기기의 성능검사 수수료에 대한 산정기준에 따라 적용하고 있다.

**건설계측관리용역을 발주처에서 직접 발주**

그동안 서울시 및 산하기관 발주 건설공사의 계측관리는 토목 및 건축공사에 포함하여 발주하였기 때문에 시공사인 건설회사가 직접 계측업체를 선정하다보니 시공사와 계측업체 간에 상호 견제가 곤란하고, 저가 하도계약으로 인해 계측 품질이 떨어지는 등 관리적 문제가 빈번히 제기돼 왔다.

예를 들면 토공사와 관련된 계측인 경우 원청회사인 시공사의 실행공사비를 낮추기 위해 토공사에 계측공종을 포함하여

일괄 재하도급으로 발주되어 계측공종의 재하도급이 만연되고 있는 실정이며, 이런 상황이 지속되어 기술력 있는 계측회사는 계측기술 및 분석기술의 연구개발은 물론 회사의 유지도 힘든 상황으로 내몰리고 있다.

이에 대한 개선 방안으로 일반적인 계측관리의 운영은 설계자 또는 감리자를 책임자로 하는 계측전담반을 운영하는 방법이나, 설계자나 감리자 대신에 계측전문가와 산학연 공동연구그룹에서 운영하는 방법 등을 검토해 볼 수 있다.

서울시에서는 이러한 문제를 개선하기 위해 발주자, 시공사, 감리사, 계측협회 등 건설공사 관계자들의 다양한 의견을 들어 그동안 건설공사에 포함하여 발주하던 계측관리용역을 2019년 8월부터 분리 발주하기로 발표하였으며, 계측관리용역을 분리 발주하게 되면 계측 품질을 높이고 정확한 계측데이터를 확보할 수 있다. 계측용역비 5,000만원 이상인 사업은 서울시가 직접 발주하며, 그 미만인 사업은 이전처럼 시공사와 하도급 계약으로 진행하게 되며, 시가 발주하는 공사는 의무적으로 적용하되, 시 산하 기관이 발주하는 공사는 직접 발주할 수 있도록 권고할 계획으로 추진하고 있다.

또한 우수한 계측전문업체가 입찰에 참여할 수 있도록 업체와 참여 기술인 등에 대한 일정기준 충족여부를 판단하는 입찰 참가자격 사전심사(PQ, Prequalification) 평가도 시행하기 위해 건설공사 계측관리용역 사업수행능력 세부평가 기준을 마련하여 그동안 시공사에서 관리해오던 계측관리를 발주처에서 직접 발주해 관리하게 되면 계측품질 향상에 큰 효과가 있을 것이다(Seoul Metropolitan Government, Safety General Office, 2019).

## 결론

본 논문은 서울시에서 발주한 철도터널 건설공사현장 총 15개 공구를 대상으로 공사계측비의 설계 및 계약 현황, 공사계측비의 적용 현황 및 분석, 안전관리비와 품질관리비 분석, 이를 개선하기 위해 계측관리용역에 대한 대가 산출기준 적용 확대, 계측관리용역을 발주처에서 직접 발주하는 방안을 분석한 연구결과는 다음과 같다.

첫째 공사계약형태별 공사계측비 비율이 높은 순서는 기타계약 1.59%, 최저가계약 1.56%, 내역입찰과 종합평가제 계약 1.54%, 민간투자사업계약 1.12%, 설계시공일괄계약인 턴키계약 0.81%로 나타났으며, 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간인 919공구는 토목공사 도급계약액이 1,641.6억원으로 조사대상 15개 공구 중 최대이나 공사계측비는 7.83억원으로 비율이 0.48%로 지하철9호선3단계 평균 0.81%의 59.2%로 낮으며, 15개 공구 평균 1.17%의 41%수준으로 아주 낮은 것으로 조사되었다.

둘째 공사계측비 하도급의 평균비율은 지하철9호선3단계 설계시공일괄계약인 턴키계약구간 6개 공구 106.2%, 하남선 최저가 계약구간 2개 공구 78.9%, 별내선 기타 계약구간 2개 공구 72.0%, 신림봉천정전철 민간투자사업 계약구간 3개 공구 126.4%를 보였다.

셋째 공사계약형태별 산업안전보건관리비의 평균비율이 높은 순서는 설계시공일괄계약인 턴키계약 1.69%, 내역입찰제 및 종합평가제 계약 1.61%, 민간투자사업 계약 1.60%, 최저가 계약 1.59%, 기타 계약 1.58%로 설계시공일괄계약인 턴키계약이 가장 높은 것으로 나타났다.

넷째 공사계약형태별로 품질관리비의 평균비율이 높은 순서는 기타 계약 0.57%, 최저가 계약 0.55%, 내역입찰제 및 종합평가제 계약 0.54%, 턴키계약과 민간투자사업 계약이 각각 0.1%를 보여 설계시공일괄계약인 턴키계약과 민간투자사업 계약이 가장 낮은 것으로 나타났다.

다섯째 건설계측관리용역에 대한 대가 산정기준 개선사항으로 시공사에서 하도급으로 수행하게 되는 순공사비 내에 포

함하는 방식이 아닌 엔지니어링진흥법에 따른 실비정액가산방식과 지반조사 표준품셈 내용 제7장 계측관리의 적용을 확대해야 한다.

여섯째 그동안 건설공사에 포함하여 발주하던 계측관리용역 개선사항으로 입찰참가자격 사전심사를 통하여 발주처에서 계측업체를 직접 선정하여 계측을 수행하면 계측 품질을 높이고 정확한 계측데이터 확보가 가능하다.

## Acknowledgement

본 연구는 2017년 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 2020년까지 수행된 이공학 개인기초연구(기본)지원 사업(과제번호 2017R1D1A1B03028842)으로 “건설 및 터널 계측센서의 최적 내구연한 연구”의 일부 내용이며, 이에 감사를 드립니다.

## References

- [1] Construction Industry Knowledge Information System (2019). “Construction contracts from 2014 to 2017.” pp. 10-20.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction Policy Division (2019). 2018 Construction Contracts Announced Press Release. pp.1-10.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction Safety Division (2019). 2020 Construction Safety Policy Direction Press Release. pp. 5-20.
- [4] Seoul Metropolitan Government, Safety General Office (2019). Seoul Metropolitan Construction Monitoring Management Service Press Release. Seoul, Korea, pp. 1-3.
- [5] Woo, J.T. (2008). Current Status and Problems in Construction Monitoring and Research for Sustainable Development, Seoul, Korea, pp. 10-17.
- [6] Woo, J.T. (2010). “A study of the present state analysis and development plans about construction monitoring and monitoring industry.” Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 30, No. 2D, pp. 163-169.
- [7] Woo, J.T. (2015). Basic Practice for Construction Monitoring, CIR Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 279-286.
- [8] Woo, J.T. (2017). “A study on behavior of the earth retaining structure by field measurement and numerical analysis.” Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 13, No. 3, pp. 286-295.
- [9] Woo, J.T. (2018). “A study on the loss and damage ratio of railroad tunnel maintenance monitoring sensor.” Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 14, No. 3, pp. 262-270.
- [10] Woo, J.T. (2019). “A study on the cause and improvement plans of construction monitoring sensors decline in durability.” Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 15, No. 1, pp. 28-38.
- [11] Woo, J.T. (2020). “A study on the improvement plans of maintenance monitoring in tunnel structure.” Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 16, No. 1, pp. 28-38.
- [12] Woo, J.T., Lee, R.C. (2019). Latest Construction Integration, Kimoondang Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 165-168.