

# 스마트 건설계측 표준품셈

2021. 01.

산업통상자원부

# 목 차

## 제 1 장 총 칙

1-1 목적 .....	1
1-2 적용범위 .....	1
1-3 용어의 정의 .....	1
1-4 투입인원수의 산정 .....	2
1-5 투입인원수의 조정 등 .....	2
1-6 세부시행기준 .....	2

## 제 2 장 계측 설계

2-1 계측 설계 .....	4
-----------------	---

## 제 3 장 계측관리

3-1 계측기기 설치 .....	9
(1) 지표면변위 계측기기 .....	9
(2) 지중변위 계측기기 .....	10
(3) 압력(토압) 계측기기 .....	11
(4) 구조물 계측기기 .....	12
(5) 터널 계측기기 .....	13
(6) 동적특성 계측 및 기타 계측기기 .....	14
(7) 자동계측 .....	15
(8) 계측기 설치용 시추 .....	16
3-2 연약지반, 항만 계측 .....	20
3-3 비탈면 계측 .....	25
3-4 지하굴착(기초·가물막이 공사) 계측 .....	29
3-5 터널 계측 .....	34
3-6 댐 계측 .....	39
3-7 교량 계측 .....	46

[부록 1] 건설계측의 정의, 목적 및 업무 절차 .....	52
-----------------------------------	----

[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의 .....	55
--------------------------------	----



# ▶ 제1장 총 칙

---

1-1 목적

1-2 적용범위

1-3 용어의 정의

1-4 투입인원수의 산정

1-5 투입인원수의 조정 등

1-6 세부시행기준

# 제 1 장 총 칙

## 1-1 목적

「엔지니어링산업 진흥법」 제31조에 따라 발주청은 엔지니어링사업자와 엔지니어링사업의 계약을 체결한 때에는 적절한 엔지니어링사업의 대가를 지급하여야 하며 산업통상자원부장관은 엔지니어링사업의 대가를 산정하기 위하여 필요한 기준을 정하여 고시하여야 한다. 따라서 본 표준품셈은 엔지니어링사업의 대가를 합리적으로 산정하기 위해 필요한 기준을 제시하는데 그 목적이 있다.

## 1-2 적용범위

「엔지니어링산업 진흥법」 제2조제7항의 각목에 해당하는 발주청이 아래의 엔지니어링사업을 발주하는 경우 관계법령에 따른 대가의 고시, 기타 특별한 상황 등에 따른 예외사항을 제외하고는 본 표준품셈을 적용하여 실비정액가산방식에 따라 대가를 산정한다.

본 품셈은 시공 중 계측 시 적용하며, 일부 유지관리 계측에서도 사용 할 수 있다.

- ① 계측 설계
- ② 계측관리
  - 1) 연약지반, 항만계측
  - 2) 비탈면 계측
  - 3) 지하굴착(기초·가물막이 공사) 계측
  - 4) 터널 계측
  - 5) 댐 계측
  - 6) 교량 계측

## 1-3 용어의 정의

- 1) “실비정액가산방식”이란 직접인건비, 직접경비, 제경비, 기술료와 부가가치세를 합산하여 대가를 산출하는 방식을 말한다.
- 2) “직접인건비”란 당해 해당 엔지니어링사업의 업무에 직접 종사하는 엔지니어링기술자의 인건비로서 투입 인원수에 엔지니어링기술자의 기술등급별 노임단가를 곱하여 계산한다.
- 3) “투입인원수”란 직접인건비를 산정하기 위해 당해 엔지니어링사업 업무에 직접 종사하는 기술자의 투입된 인원수를 말한다.
- 4) “기본업무”란 계약목적의 달성을 위해 계약상대자가 수행하여야 하는 업무로서 과업지시서에 기재된 업무를 말하며, 본 표준품셈의 투입인원수 산정에 기초가 되는 업무이다.
- 5) “추가업무”란 기본업무 외에 계약목적의 달성을 위해 필요하여 과업지시서에 추가하여 지시 또는 승인한 업무를 말한다.

- 6) “기준인원수”란 기본업무별로 설정된 표준단위당 적용되는 투입인원수로 전체 투입 인원수를 산정하는 기준을 말하며, 기준인원수 1(인·일)은 1인이 8시간동안 투입되어 수행한 하루 노동량을 기준한 것이다.
- 7) “환산계수”란 수행하고자 하는 사업규모와 표준단위 규모의 차이에 따라 업무의 유사성, 반복성을 적용수량에 반영하여 적정한 업무량을 산출하기 위한 계수이다.
- 8) “보정계수”란 적용수량과 함께 투입인원수를 산정하는데 있어서 사업의 특성에 따른 업무량의 변화를 반영하는 계수이다.

## 1-4 투입인원수의 산정

- 1) 전체 투입인원수는 각 업무별, 기술자등급별, 투입인원수를 산정하여 합산한다.
- 2) 각 업무별, 기술자등급별 기준인원수는 각 장에 정하는 분야별 투입인원수 산정기준을 활용하여 산정한다.
- 3) 산정방법은 각 업무별 적용수량(단위)에 업무별 기준인원수와 보정율을 반영하여 산정한다. 각 업무별, 등급별 기준인원수는 소수점 셋째자리에서 반올림한다.
- 4) 제시된 업무 이외에 사업의 특성에 따라 필요한 경우에는 소요되는 인력을 계상하여 합산할 수 있다.

## 1-5 투입인원수의 조정 등

과업의 특성에 따라 제시된 기본업무는 생략, 변경할 수 있으며, 기본업무별 업무정의의 변경이 있는 경우에는 투입인원수를 조정할 수 있다.

## 1-6 세부시행기준

- 1) 이 표준품셈을 운영함에 있어 필요한 세부사항이나 변경사항에 관하여는 산업통상자원부장관과 사전에 협의하여 발주청이 그 기준을 정할 수 있다.
- 2) 기본업무에 포함되지 않은 과업에 필요한 모든 관련 자료는 원칙적으로 발주자가 제공하여야 하며, 제공되지 못하는 자료의 수집 및 조사 일정은 발주처와 협의하여 결정하여야 한다. 발주자가 제공하지 못하는 자료의 조사·수집을 수행할 경우 별도의 대가를 산정하여 반영하여야 한다.

## 부 칙

(시행일) 이 표준품셈은 2022년 신규사업부터 적용한다.



▶ **제2장 계측 설계**

---

2-1 계측 설계

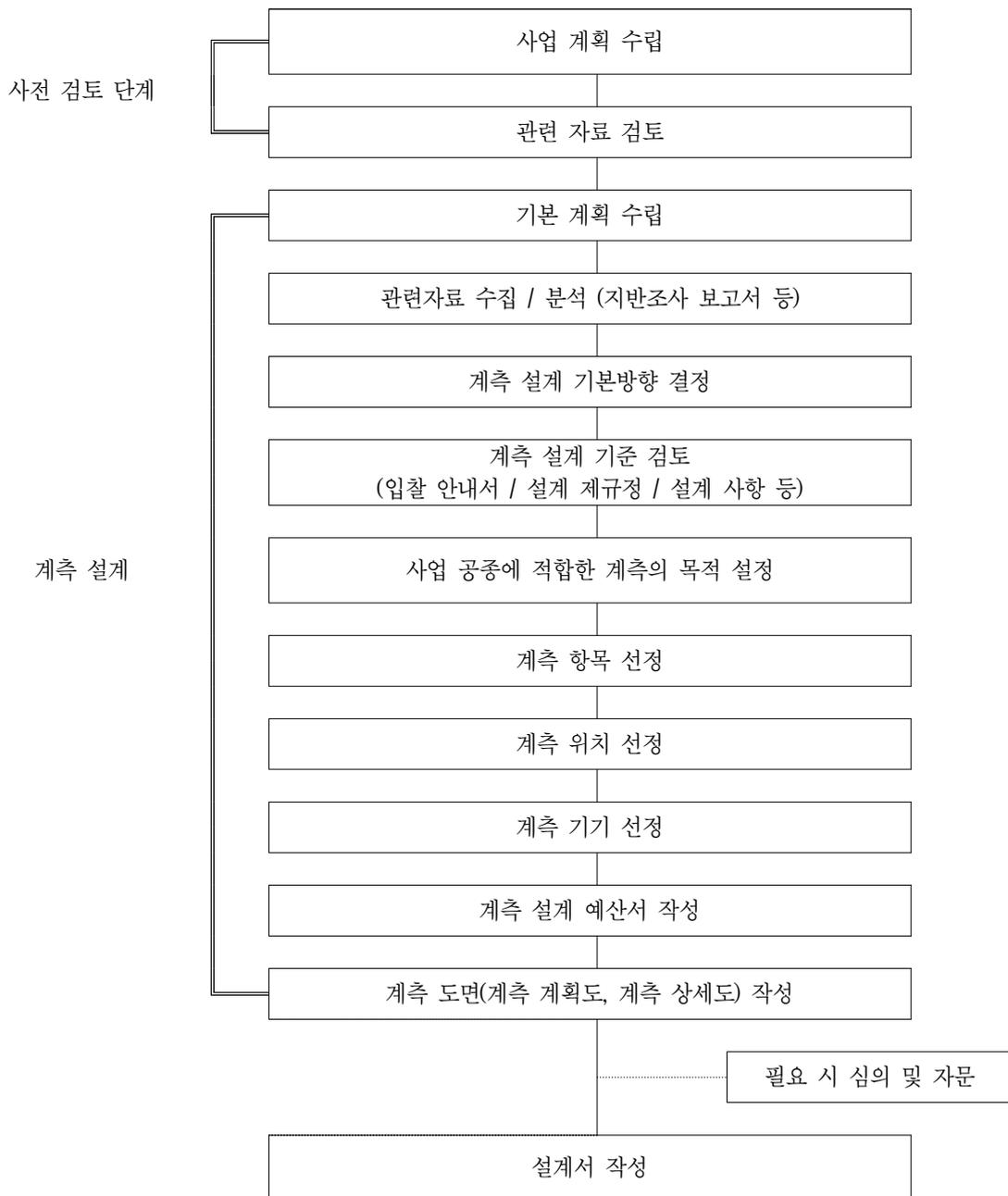
# 제 2 장 계측 설계

## 2-1 계측 설계

### 가. 정의

계측 설계는 발주처로부터 제공받은 물성치 자료(현장답사 및 지반자료, 구조계산서, 설계도면 등)를 검토하여 계측 대상별·환경조건·경제성 등 대상체의 거동 및 변위를 예측할 수 있는 적절한 시스템을 설계하는데 그 목적이 있다.

### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

기본 업무		업무 정의
조사	가. 입찰안내서 및 기존자료 검토	(1) 과업지시서 등 발주처 요구사항 검토 (2) 제출서류 및 입찰에 관련된 내용 검토 (3) 기술제안이나 기본설계자료 검토
	나. 현장조사	(1) 현장조사, 중요 구조물 조사 등에 관한 업무 ※연도변 조사는 포함되지 않음
계획	다. 계측 설계 기준 검토	(1) 발주기관별 설계기준 검토 및 분석
	라. 계측계획 수립	(1) 현장별 계측기 설치 위치, 심도, 물량 등의 계획 수립 (2) 설계 시방서 등 작성
성과품작성	마. 계측도면 작성	(1) 계측기 평면도, 단면도, 상세도 등 도면작성 (2) 유지관리 계측시 케이블 배선도, 통신 배선도 등 포함
	바. 계측기 수량 및 내역서 작성	(1) 설계내역서(설계예산서, 일위대가) 작성
	사. 준공보고서 제출	(1) 계측설계보고서 작성 및 제출 - 설계보고서, 도면, 시방서, 설계내역서 포함
심의 및 자문	아. 심의자료 검토 및 요청사항 작성	(1) 심의를 요하는 과업의 경우 심의 검토자료 반영하여 수정 및 보완에 관한 업무

라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)

(1) 비탈면 및 지하굴착

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)									환산 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	특급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자		
조사	가. 입찰안내서 및 기존자료 검토	1식		0.50	0.50	1.00	1.00				
	나. 현장조사	기준단위		0.50	0.50	1.00	1.00				①, ②
계획	다. 계측 설계 기준 검토	1식		0.50	0.50	1.00	1.00				
	라. 계측계획 수립	기준단위		0.50	0.50	1.00	1.00				①, ②
성과 품 작성	마. 계측도면 작성	기준단위		0.50	2.00	2.00	3.00				①, ②
	바. 계측기 수량 및 내역서 작성	기준단위		0.50	2.00	2.50	3.00				①, ②
	사. 준공보고서 제출	기준단위		1.00	2.00	2.50	3.00				①, ②
심의 및 자문	아. 심의자료 검토 및 요청사항 작성	1회		0.50	0.50	0.50	1.00				

주 1) 기준단위의 경우 “마. 환산계수” 참조

(2) 연약지반, 항만, 댐

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)									환산 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	특급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자		
조사	가. 입찰안내서 및 기존자료 검토	1식		0.50	0.50	1.00	1.00				
	나. 현장조사	기준단위		0.50	1.00	1.50	1.50				③, ④
계획	다. 계측 설계 기준 검토	1식		1.00	1.00	2.00	2.00				
	라. 계측계획 수립	기준단위		1.00	1.00	2.00	2.00				③, ④
성과 품 작성	마. 계측도면 작성	기준단위		1.00	3.00	3.00	4.00				③, ④
	바. 계측기 수량 및 내역서 작성	기준단위		1.00	3.00	3.00	4.00				③, ④
	사. 준공보고서 제출	기준단위		1.50	3.00	3.00	4.00				③, ④
심의 및 자문	아. 심의자료 검토 및 요청사항 작성	회		0.50	1.00	1.00	1.00				

주 1) 기준단위의 경우 “마. 환산계수” 참조

(3) 터널 및 교량(특수교)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)									환산 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	특급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자		
조사	가. 입찰안내서 및 기존자료 검토	1식		1.00	1.00	2.00	2.00				
	나. 현장조사	기준단위		1.00	1.50	2.00	2.00				⑤, ⑥
계획	다. 계측 설계 기준 검토	1식		1.50	2.00	2.50	2.50				
	라. 계측계획 수립	기준단위		1.50	2.00	3.00	3.00				⑤, ⑥
성과 품 작성	마. 계측도면 작성	기준단위		1.00	3.00	4.00	5.00				⑤, ⑥
	바. 계측기 수량 및 내역서 작성	기준단위		1.00	3.00	4.00	5.00				⑤, ⑥
	사. 준공보고서 제출	기준단위		1.50	3.00	4.00	6.00				⑤, ⑥
심의 및 자문	아. 심의자료 검토 및 요청사항 작성	회		0.50	1.00	1.50	1.50				

주 1) 기준단위의 경우 “마. 환산계수” 참조

마. 환산계수

기본 업무	환산계수		비고
	기준단위	기준단위 이상	
① 비탈면 계측	A=10,000m <sup>2</sup>	(A/10,000) <sup>0.65</sup>	30,000m <sup>2</sup> 초과는 30,000m <sup>2</sup> 적용
② 지하굴착(기초·가물막이공사) 계측	굴착깊이(h)=20m	(h/20) <sup>0.65</sup>	60m 초과는 60m 적용
③ 연약지반, 항만 계측	단지부	A=500,000m <sup>2</sup>	(A/500,000) <sup>0.65</sup>
	도로부	L=1km	L <sup>0.65</sup>
④ 댐 계측	댐높이(H)=15m (기초~댐마루)	(H/15m) <sup>0.65</sup>	-
⑤ 터널 계측	L=1km	L <sup>0.65</sup>	3km 초과는 3km 적용
⑥ 교량 계측(특수교 기준)	주경간(L)=100m	(L/100) <sup>0.65</sup>	300m 초과는 300m 적용

주 1) 복합공정인 경우 주(主)공정에 대해서는 100% 적용하며 추가 부(扶)공정은 각 공종 설계비의 20% 적용

ex) 주공정이 터널이며, 비탈면, 지하굴착이 부공정인 경우, 터널(100%) + 비탈면(20%) + 지하굴착(20%)로 적용하여 산출

## ▶ 제3장 계측관리

---

3-1 계측기기 설치

3-2 연약지반, 항만 계측

3-3 비탈면 계측

3-4 지하굴착(기초·가물막이 공사) 계측

3-5 터널 계측

3-6 댐 계측

3-7 교량 계측

## 제 3 장 계측관리

### 3-1 계측기기 설치

**가. 정의**

계측기기에 대한 정의는 [부록 2]를 참고한다.

**나. 추진절차**

3-2 ~ 3-7의 각 장의 추진절차를 참고한다.

**다. 업무별 주요내용**

계측기기에 대한 주요내용은 [부록 2]를 참고한다.

**라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)**

**(1) 지표면변위 계측기기**

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
			기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
지표침하판	900×900×10	개소당				0.40	0.80				④ ⑤ ⑥
	1,200×1,200×10	개소당				0.40	0.50	0.50			
	2,400×2,400×12	개소당				0.80	1.00	1.00			
침하판(부동점)		개소당				0.20	0.30				
변위말뚝		개소당				0.20	0.30				
지표면 신축계 (연약지반)	연약지반	기(개소)당				0.50	1.00	1.00			
	활동지반	기(개소)당				1.00	2.00	2.00			
단면 측정 기	삽입식 수동	가도관				0.10	0.10				
	센서고정식 자동	IPI(L=1.0m)				0.10	0.10	0.15			
		IPI(L=0.5m)				0.10	0.15	0.20			
	MEMS(L=0.5m)				0.10	0.10	0.15				
액체침하계	연약지반침하	개소당				0.50	1.00	1.50			
Cross Arm식 변위계	수직형	개소당				1.50	4.00		5.00	5.00	
	수평형	개소당				1.50	4.00		6.00	6.00	
무인자동 3차원 광파시스템	자동개폐식	기(개소)당				2.00	3.00	3.00	5.00	5.00	
	고정식	기(개소)당				2.00	3.00	3.00	4.00	4.00	
GNSS 3차원 변위계	정적 거동	개당				1.00	3.00	3.00	3.00		
	동적 거동	개당				1.50	3.00	3.00	3.00		

(2) 지중변위 계측기기

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
Rod 지중침하(층별) 및 고정점	Screw Point	개소당				0.30	0.50				④ ⑤ ⑥
	Groutable Anchor	개소당				0.30	1.20				
	Reference Point	개소당				0.30	1.20				
	지표침하계	개소당				0.20	0.40				
다층지중변위계	패커식	공(개소)당				0.70	1.00	1.50			
	Grout식	공(개소)당				1.00	1.50	2.00			
연속식 지표(층별)침하계	지표침하	개소당				0.50	1.00	1.00			
	층별침하	개당				0.50	1.00	1.00	1.50		
자석식 층별침하계(수동)	32mm Standard	공(개소)당				0.50	1.00	1.00			
	경사계에 추가 70mm	공(개소)당				0.10	0.30	0.40			
삽입식(수동식) 경사계	60mm	공(개소)당				0.50	1.00	1.00			
	70mm	공(개소)당				0.50	1.00	1.30			
	85mm	공(개소)당				0.50	1.50	2.20			
고정식(sensor) 경사계	IPI(70mm)	개당				0.10	0.20	0.20	0.30		
	IPI(85mm)	개당				0.20	0.30	0.40	0.60		
	MEMS(70mm)	개당				0.10	0.10	0.10	0.10		
간극수압계 (Sensor식)	연약지반 (매설형/압입형)	개당				0.50	1.30				
	터널(매설형)	개당				0.50	1.30				
지하수위계	수동측침식	공당				0.20	0.80				
	센서식(자동)	공당				0.40	1.20				

(3) 압력(토압) 계측기기

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
토압계	성토지반 (성토하중)	개당			0.30	0.50	0.60				④ ⑤ ⑥
	GL-20m (연속벽체배면)	개당			0.50	1.00	1.50				
	GL-5m (철강제말뚝벽면)	개당			0.50	0.50	0.50				
하중계 (센터홀형)	스트리트	개당				1.00	1.50				
	어스앵커	개당				0.40	1.00				

(4) 구조물 계측기기

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
변형률계	점용접	개소당				0.10	0.50				④ ⑤
	아크용접	개소당				0.20	0.70				
	매설형	개소당				0.40	1.00				
	무응력	개소당				0.50	1.70				
철근응력계		개당				0.30	1.00				
온도계		개당				0.20	0.40				
구조물경사계	매설형(철근망,구조물)	기(개소)당				0.40	0.70				
	Portable	기(개소)당				0.10	0.20				
	EL-monopod	기(개소)당				0.40	1.00				
	수동삼입식	기(개소)당				0.10	0.50				
균열측정계기	균열측정계기(균열팁)	기(개소)당				0.30	0.50				
	균열측정계기(센서식)	기(개소)당				0.30	0.90				
	상대변위계	기(개소)당				0.40	1.00	1.00			
연통(수)관식 침하계	수관식 수동	개당				0.40	0.80		0.80	1.60	
	수성식	개당				0.60	1.20		1.20	2.40	
	수압식	개당				1.00	2.00		2.00	4.00	
풍향풍속계	프로펠러식	개소당				1.00	2.50		2.50	2.50	
	초음파식	개소당				1.50	3.00		3.00	3.00	
처짐계	광학식	개소당				2.00	3.00		3.00	3.00	
장력계	센서식(가속도)	개당				1.00	2.00		2.00	2.00	
가속도계	1축	개당				1.00	2.00		2.00	2.00	
	2축	개당				1.00	2.00		2.00	2.00	
	3축	개당				1.00	2.00		2.00	2.00	
	매립형	개당				2.00	3.00		3.00	3.00	

(5) 터널 계측기기

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
천단침하, 내공변위계		개당				0.30	0.45				④ ⑤
지중변위계		개당				0.40	0.50				
락블트축력계		개당				0.40	0.50				
숏크리트응력계		개당				0.40	0.50				
라이닝응력계		개당				0.20	0.50		0.80		
전단면내공변위계		ea당				0.30	1.00		1.00	1.00	
내공형상변위계		ea당				0.30	1.00		1.00	1.00	
도상침하계	콘크리트/레일	개당				0.10	0.30		1.00	1.00	
	자갈	개당				0.20	0.40		1.00	2.40	
침하형상변위계	콘크리트/레일	개당				0.10	0.30		1.00	1.00	
	자갈	개당				0.20	0.40		1.00	2.40	
락블트 인발시험		회당			0.10	0.20	0.20				
막장면 관찰조사				0.15	0.30		0.30				

(6) 동적특성 계측 및 기타 계측기기

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)									보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자		
파향파고계	부의식	개당				4.00	5.50		8.50	15.50	⑥	
	매립식	개당				3.00	4.00		4.00	11.00		
	육상거치식	개당				3.00	5.00		5.00	5.00		

(7) 자동계측

기본 업무		단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
계측기기	규격		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
현장조사 및 분석		team당		1.00		2.00	2.00				④ ⑤ ⑥
반자동화 및 자동화 시스템 설치		set당				1.50	2.00		2.00	4.00	
계측관리 프로그램 제작	분석	정적계측프로그램	현장당	0.50	1.50	1.50	1.50	1.50			
		동적계측프로그램	현장당	0.70	2.00	2.00	4.00	4.00			
		정·동적 복합프로그램	현장당	0.70	2.25	2.25	4.50	4.50			
	설계	정적계측프로그램	현장당	0.50	2.00	2.00	4.00	4.00			
		동적계측프로그램	현장당	0.70	2.50	2.50	5.50	5.50			
		정·동적 복합프로그램	현장당	0.70	3.00	3.00	6.00	6.00			
	구현	정적계측프로그램	현장당	1.00	3.00	3.00	6.00	6.00			
		동적계측프로그램	현장당	1.30	4.00	4.00	8.00	8.00			
		정·동적 복합프로그램	현장당	1.50	4.50	4.50	9.00	9.00			
	시험	정적계측프로그램	현장당	0.50	2.00	2.00	4.00	4.00			
		동적계측프로그램	현장당	0.70	2.50	2.50	5.00	5.00			
		정·동적 복합프로그램	현장당	1.70	3.00	3.00	6.00	6.00			
통신시스템 설치	광통신	m당				0.005	0.01		0.02	0.02	④ ⑤ ⑥
	무선	개소당				0.50	1.50		1.50	1.50	
	TCP/IP	m당				0.005	0.01		0.02	0.02	
전원공급장치	상시전원	m당				0.005	0.01		0.02	0.02	
	태양전지	개소당				0.50	1.00		1.00	1.00	

(8) 계측기 설치용 시추

① 육상 시추

기본 업무	단위	기준 인원수(인·일/단위)								보정 계수	
		기술사	특급 기술자	고급 기술자	중급 기술자	초급 기술자	고급숙련 기술자	중급숙련 기술자	초급숙련 기술자		
1. 계측공 시추 (φ 66mm)											
(1) 점성토	m		0.02		0.10		0.05	0.05	0.13	① ② ③	
(2) 사질토, 풍화토	m		0.02		0.10		0.07	0.06	0.17		
(3) 사력	m		0.02		0.20		0.16	0.16	0.30		
(4) 호박돌, 전석	m		0.02		0.30		0.25	0.25	0.60		
(5) 풍화암	m		0.02		0.13		0.07	0.07	0.11		
(6) 연암	m		0.02		0.14		0.07	0.07	0.13		
2. 계측공 시추 (φ 86mm)											
(1) 점성토	m		0.03		0.11		0.06	0.06	0.14		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.03		0.11		0.08	0.08	0.18		
(3) 사력	m		0.03		0.23		0.14	0.14	0.40		
(4) 호박돌, 전석	m		0.03		0.34		0.28	0.28	0.60		
(5) 풍화암	m		0.03		0.13		0.08	0.08	0.14		
(6) 연암	m		0.03		0.15		0.09	0.09	0.15		
3. 계측공 시추 (φ 116mm)											
(1) 점성토	m		0.04		0.12		0.07	0.07	0.16		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.04		0.12		0.09	0.09	0.20		
(3) 사력	m		0.04		0.25		0.19	0.19	0.42		
(4) 호박돌, 전석	m		0.04		0.40		0.34	0.34	0.65		
(5) 풍화암	m		0.04		0.15		0.09	0.09	0.18		
(6) 연암	m		0.04		0.18		0.10	0.10	0.18		
4. 계측공 시추 (φ 131mm)											
(1) 점성토	m		0.05		0.13		0.08	0.08	0.16		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.05		0.13		0.10	0.10	0.20		
(3) 사력	m		0.05		0.26		0.21	0.21	0.45		
(4) 호박돌, 전석	m		0.05		0.44		0.38	0.38	0.70		
(5) 풍화암	m		0.05		0.16		0.11	0.11	0.20		
(6) 연암	m		0.05		0.20		0.12	0.12	0.22		

② 해상 시추

기본 업무	단위	기준 인원수(인·일/단위)								보정 계수	
		기술사	특급 기술자	고급 기술자	중급 기술자	초급 기술자	고급숙련 기술자	중급숙련 기술자	초급숙련 기술자		
1. 계측공 시추 (φ 66mm)											
(1) 점성토	m		0.03		0.14		0.07	0.07	0.18	① ② ③	
(2) 사질토, 풍화토	m		0.03		0.14		0.09	0.09	0.23		
(3) 사력	m		0.03		0.28		0.22	0.22	0.42		
(4) 호박돌, 전석	m		0.03		0.42		0.35	0.35	0.84		
(5) 풍화암	m		0.03		0.18		0.10	0.10	0.15		
(6) 연암	m		0.03		0.20		0.09	0.09	0.18		
2. 계측공 시추 (φ 86mm)											
(1) 점성토	m		0.04		0.15		0.08	0.08	0.20		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.04		0.15		0.11	0.11	0.25		
(3) 사력	m		0.04		0.32		0.19	0.19	0.56		
(4) 호박돌, 전석	m		0.04		0.48		0.39	0.39	0.84		
(5) 풍화암	m		0.04		0.18		0.11	0.11	0.20		
(6) 연암	m		0.04		0.21		0.12	0.12	0.21		
3. 계측공 시추 (φ 116mm)											
(1) 점성토	m		0.06		0.17		0.09	0.09	0.22		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.06		0.17		0.12	0.12	0.28		
(3) 사력	m		0.06		0.35		0.26	0.26	0.59		
(4) 호박돌, 전석	m		0.06		0.56		0.48	0.48	0.91		
(5) 풍화암	m		0.06		0.21		0.12	0.12	0.25		
(6) 연암	m		0.06		0.25		0.14	0.14	0.25		
4. 계측공 시추 (φ 131mm)											
(1) 점성토	m		0.07		0.18		0.11	0.11	0.22		
(2) 사질토, 풍화토	m		0.07		0.18		0.14	0.14	0.28		
(3) 사력	m		0.07		0.36		0.29	0.29	0.63		
(4) 호박돌, 전석	m		0.07		0.62		0.53	0.53	0.98		
(5) 풍화암	m		0.07		0.22		0.15	0.15	0.28		
(6) 연암	m		0.07		0.28		0.16	0.16	0.31		

마. 보정계수

① 시추심도

50m이상 시추의 경우에는 다음의 보정계수를 곱하여 계상한다.

구 분	시추심도(m)	보정계수
계측기 시추	50m 초과	1.0+(심도-50)×0.005

② 시추조건

아래의 조건에 따라 보정계수를 곱하여 계상한다.

구 분	시추조건	보정계수
계측기 시추	무수보링	1.50
	도서(섬), 활주로, 도로개설 불가 산악	1.50
	포장도로, 인도, 터널 내, 비계상	1.20

③ 시추각도

수평기준(-90 ~ -80° ) 외 경사시추 상황에 따라 다음의 보정계수를 곱하여 계상한다.

구 분	시추각도(수평기준)	보정계수	시추각도(수평기준)	보정계수
시추조사	-80 ~ -60°	1.15	-10 ~ +10°	1.60
	-60 ~ -40°	1.30	+10 ~ +40°	1.80
	-40 ~ -10°	1.50	+40 ~ +90°	2.00

주 1) 보정 조건이 여러개 중복될 경우의 보정계수 : 1 + (각각의 보정계수-1의 합산) 적용

④ 설치환경에 따른 보정계수

작업장별	급경사지	폐기물매립장	지하 작업장	해상작업
보정계수	1.20	1.30	1.40	1.50

주 1) 지하 작업장: 전력구, 수로박스, 비축기지 등

⑤ 설치 위험성에 따른 보정계수

작업장별	공용중인 교량 작업		고소작업				공용중인 터널내 작업	
			비계틀 미설치(지상)		비계틀 설치(지상)			
보정계수	도로	1.15	5m미만	1.0	10m미만	1.0	도로	1.15
	철도	1.20	5m이상~10m미만	1.2	10m이상~20m미만	1.1	철로	1.20
	공중작업	1.70	10m이상~15m미만	1.3	20m이상~30m미만	1.2	지하차도	1.20
	준공 후 유지관리 계측기 설치 시 적용			15m이상~20m미만	1.4	30m이상~50m미만	1.3	준공 후 유지관리 계측기 설치 시 적용. 터널입구에서 25m 이상 터널 속에 들어가서 작업 시 적용함.
				20m이상~30m미만	1.5	60m이상, 매10m 증가 시 마다	1.4	
				30m이상~40m미만	1.6		0.1가산	
				40m이상~50m미만	1.7			
				50m이상~60m미만	1.8			
				60m이상, 매10m 증가시 마다	0.1가산			

⑥ 기타 보정계수

- 1) 보안지역 또는 특수보안지역(경비원의 입회하에서 작업이 가능한 지역)으로서 작업시간 및 통행로 제한으로 작업능률 저하가 현저할 경우 15%까지 가산한다. (예, 군영내의 보안지역, 비축시설, 발전소 등)
- 2) 재해 및 돌발 사고를 복구하기 위한 긴급공사 수행에 따른 계측 시 30%까지 가산한다.
- 3) 선상 및 해상작업 할증률

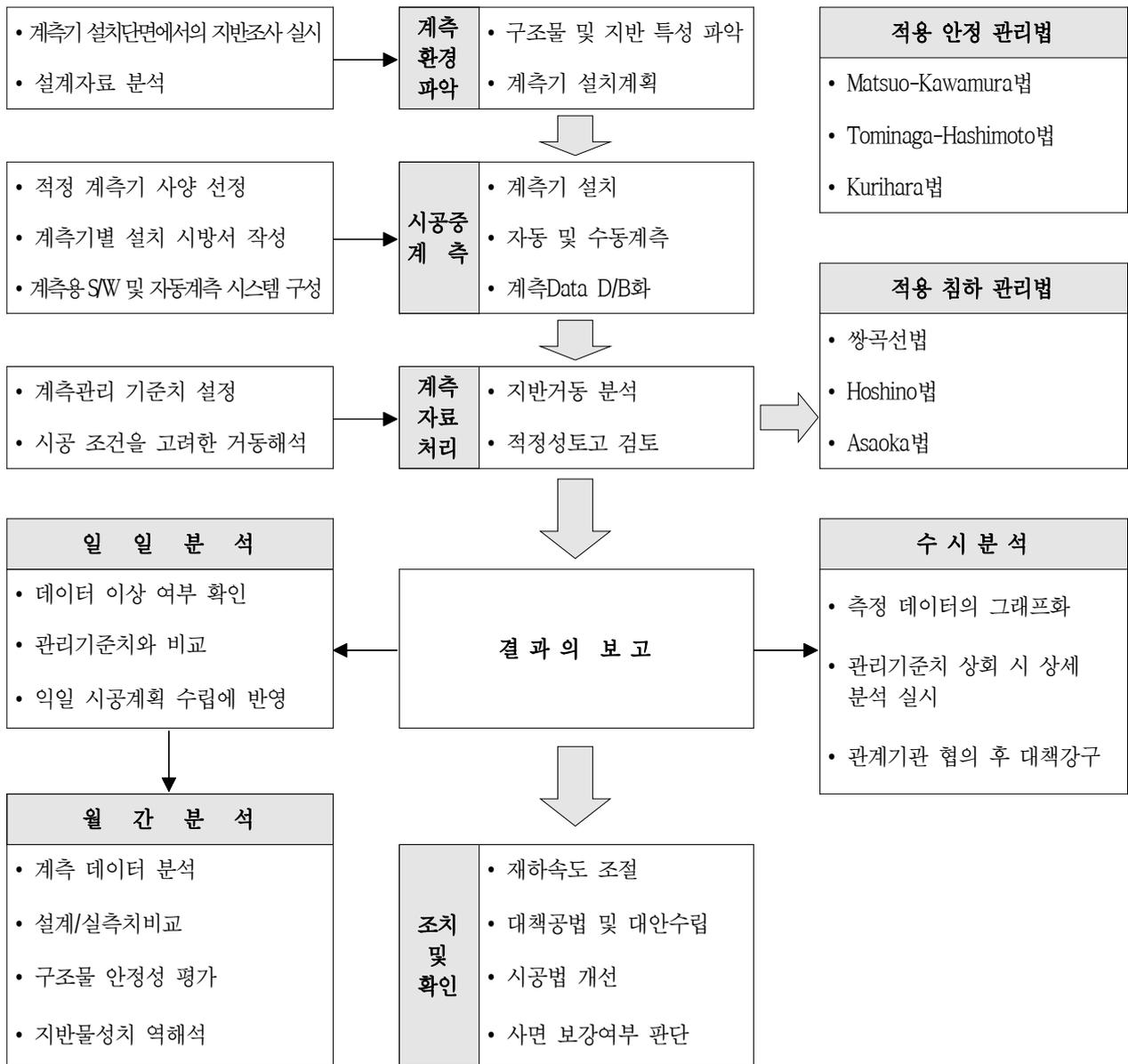
선상(해상) 작업	천우, 조류, 파랑, 지형		
	보통 (향내선상작업)	약간 나쁘다 (향외선상작업)	나쁘다 (파고 0.5m 이상)
보정계수	1.25	1.33	1.42

### 3-2 연약지반, 항만 계측

#### 가. 정의

연약지반, 항만 계측은 설계 시 예상한 지반거동 특성과 실제 지반거동과의 차이를 보완하고, 시공에 의해 발생하는 토성변화와 그것이 구조물에 주는 영향을 분석한다. 또한, 그 시점의 안정성과 차후의 안정성을 검토하고, 계측된 정보를 피드백(Feed Back) 하여 다음 단계에서 발생할 수 있는 지반거동을 사전에 파악하여 이에 대한 대책을 수립하는 것이다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획의 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집도 포함
2. 계측기기의 설치	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 측정시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 계측 결과는 일상의 시공관리에 이용 및 장래 계획에 반영할 수 있도록 정리 (2) 항만계측의 경우 구조물의 응력 측정결과를 통해 케이슨의 응력분포를 검토 (3) 설계시의 적정성 및 구조체의 안정성을 확인 (4) 계측결과는 경시변화, 변형속도, 부등침하 발생 여부 등을 통해 기본적인 안정화를 판단 (5) 침하량, 수평 변위량(기울기)을 동시에 측정하여 시공에 따른 대상물의 상태를 확인 (6) 항만구조물 및 주변지반 침하, 수평변위의 측정결과는 시공속도 및 성토 속도 등을 조절하여 시공 조건으로 이용 (7) 각 계측항목별 결과는 상호 비교분석이 필요
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공종 전체에 대한 결과를 기종별, 구간별 정리
5. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

계측항목		계측기기			목적 및 결과(Data)의 활용	비고			
		계기명	급별	종 류					
변 형	침 하	지표면 침하	지표면침하계	1급	광파, 레벨측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상지점의 지표면 침하량(총 침하량) 측정</li> <li>· 침하의 진행 상황 파악, 하중 재하시기 및 제거시기 결정</li> <li>· 재하속도 조절</li> <li>· 지반의 단계적 침하, 재하성토의 적정성</li> </ul>			
			지표면침하판						
			지표 침하핀						
			수압식침하계					4급	Liquid Level Gauge
			전단면침하계					7급	Full - Profile
	층 별 침 하	층별침하계	수평경사계	7급	Horizontal Inclinator				
			GNSS	1급	이동식, 고정식				
			2급	스크류식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 연약층의 압밀량 측정</li> <li>· 각 층의 침하 상황 체크</li> </ul>				
	3급	Rod식, 연속식							
	5급	자석식							
위 변	지 표 면 수평변위	변위말뚝	2급	광파, 레벨측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지표면의 수평 변위량 측정</li> <li>· 측방 유동 토량의 추정, 성토 속도의 조절, 안정관리</li> <li>· 지표면의 연직 변위량 측정</li> <li>· 측방 유동 토량의 추정, 성토 속도의 조절, 안정관리</li> </ul>				
		신축계	3급	와이어식					
	지 표 면 연직변위	변위말뚝	2급	광파, 레벨측량					
	지 중 수평 변 위	지 중 경사계	5급	매설형			<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주로 성토 기슭에 설치하여 지반 내 수평 변위의 연직방향 분포 측정, 안정관리</li> <li>· 성토 속도의 조절 등</li> </ul>		
6급			삽입형						
압 력	간극수압	간극수압계	3급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 성토하중에 의한 지반 내 간극 수압의 소산정도 측정</li> <li>· 침하의 진행 상황 검토</li> <li>· 안정의 검토</li> </ul>				
				뉴매틱식					
				가스관식					
	수 압 계	3급	가스관식						
토 압	토 압 계	토 압 계	2급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 성토하중에 의한 깊이 방향 토압의 증가관정 (특히 다짐모래 말뚝이 타설된 곳에서 이동말뚝과 주변지반의 하중 분담비율을 체크하고 그 효과를 검토한다.)</li> </ul>				
				Casagrande식					
응 력	구조물 응력	철근응력계 콘크리트응력계	2급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조물 내의 철근응력 콘크리트 응력 확인</li> <li>· 설계치와 비교검토(안정관리)</li> </ul>				
거 동	구조물 거동	구조물경사계	GNSS	1급	이동식, 고정식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조물의 거동관측</li> <li>· 지진시 구조물의 거동파악</li> <li>· 추가변위에 따른 구조물의 안정검토</li> </ul>			
			지진계	5급	고정식				
			2급	센서식					
			3급	Portable 방식					
			4급	삽입식					

**라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)**

일반적으로, 계측 업무의 대가 산정 시 건설공사의 전(全) 공정을 파악한 후, 수동계측 업무 빈도(횟수)를 산출하여야 한다. 하지만, 공사기간이 길거나 계측기 종류가 다양한(복잡한 공정) 공사의 경우에는 기초금액 산정시 계측 빈도(횟수)를 산출하는 일이 쉽지 않기에, “(2) 복잡한 작업공정”의 기준인원수 산출 기준을 적용한다.

**(1) 간단한 작업공정(수동계측 횟수 산출 가능)**

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				②
2. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치” 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	0.600				②
(2) 월간보고서	월(기간)	0.500		1.000		1.500				②
(3) 최종보고서	1식	2.000		2.000		2.500				②
5. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.000	3.000	5.000	6.000	9.000				

(2) 복잡한 작업공정(수동계측 횟수 산출이 어려움)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								환산계수 및 보정계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.0	5.0	3.0	1.0				②
2. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동계측, 정리 및 분석 및 보고서 작성	12개월			260.0		260.0				①, ②
4. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.0	3.0	5.0	6.0	9.0				

주 1) “3. 수동계측, 정리 및 분석 및 보고서 작성” 은 주5일 × 52주/년으로 산정된 결과

마. 환산계수 및 보정계수

① 계측기간에 따른 환산계수

수동계측 기간(월)은 다음과 같이 적용한다.

$$\text{적용 기간} = \left( \frac{\text{수동 계측기간(월)}}{12(\text{월})} \right)^{0.75}, \text{ (12개월 미만인 경우에는 12개월로 적용)}$$

기간(월)	12개월	18개월	24개월	36개월	48개월
환산계수	1.00	1.36	1.68	2.28	2.83

② 계측규모에 따른 보정계수

계측기기(개소수)	50개소 이하	100개소	200개소	300개소
보정계수	1.00	1.80	3.25	4.59

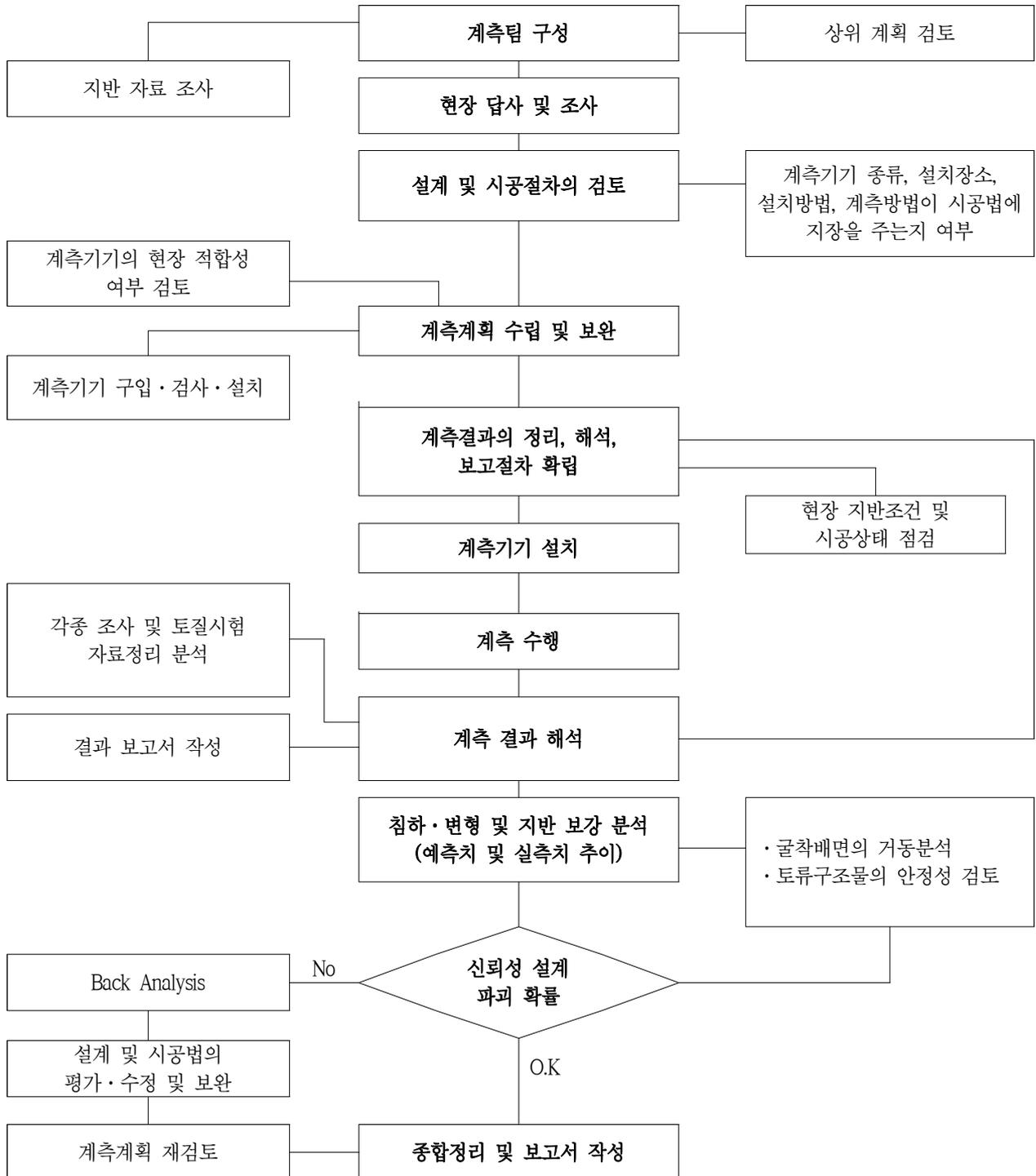
$$\text{보정계수} = \left( \frac{\text{계측기수(개)}}{50(\text{개})} \right)^{0.85}$$

### 3-3 비탈면 계측

#### 가. 정의

비탈면 계측은 비탈면 안정관리에 필요한 계측기를 설치하고, 비탈면 공사 시 발생할 수 있는 변위를 감지하여 안전한 시공관리를 하는 것이다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집 포함
2. 계측기기의 설치	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 측정시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리 (3) 비탈면 상태에 변동현상이 발생하여 시공 중 작업원의 안전 확보가 우선 (4) 비탈면 붕괴나 활동 등에 직접 영향을 주는 호우, 융설, 지진 등의 외적 요인시, 순회 점검을 실시, 계측 빈도 증가로 비탈면 거동을 감시
4. 계측기 및 시스템 정기 점검 (월 1회 기준)	(1) 자동계측 시스템의 경우, 월 1회 기준 정기 점검 (2) 시스템의 이상 유·무 및 유지관리 시행
5. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 계측 결과는 일상의 시공관리에 이용 및 장래 계획에 반영할 수 있도록 정리 (2) 설계시의 적정성 및 구조체의 안정성을 확인 (3) 계측결과는 경시변화, 변형속도, 부등침하 발생 여부 등을 통해 기본적인 안정화를 판단 (4) 침하량, 수평 변위량(기울기)을 동시에 측정하여 시공에 따른 대상물의 상태를 확인 (5) 각 계측 항목별 결과는 상호 비교분석이 필요 (6) 지반조건, 경사도, 식생여부 등을 고려하여 비탈면의 파괴유형, 지하수 유동, 호우 등을 종합적으로 평가
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공종 전체에 대한 결과를 기종별, 구간별 정리
6. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측 기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

계측 대상	계측기기			목적 및 결과(Data)의 활용	비 고
	계기명	급별	종류		
지표면변동 (변형, 변위)	지표면 신축계	3급	와이어식	· 지표면 지표면 신축변위량 파악	
	지반 경사계	2급	센서식	· 지반 지표면 경사변위량 파악	
	검지선식 낙석검지기	자동감지		· 낙석, 붕락 발생의 감지	
	이동말뚝	1급	광파, 레벨측량	· 지표면 변위량 파악	
	지표침하판	1급	광파, 레벨측량		
	GNSS	1급	이동식, 고정식	· 지표면 변위량의 인공위성에 따라 측량 및 해석	
지중 변동 (변형, 변위)	지중 경사계	6급	삽입형	· 지중의 활동면의 활동 압과 이동량 파악	
	고정식 지중경사계	5급	매설형		
	지중 변위계	3급	Rod식, 연속식	· 지중의 응기, 침하량, 변위량을 파악	
작용외력	토압계	2급	센서식	· 옹벽, 말뚝 등에 적용하는 토압측정	
	하중계	2급	센서식	· 앵커에 작용하는 장력 등을 측정	
내부응력	변형게이지	2급	센서식	· 축력 및 휨모멘트로 변형률 파악	
	락볼트·네일링 축력계	2급	센서식	· 락볼트·네일링(Nailing)의 변형률 파악	
구조물의 변형, 변위	구조물 표면경사계	2급	센서식	· 구조물 구체의 변위량 파악	
		3급	Portable 방식		
		4급	삽입식		
	광파기	1급	광파측량		
	지중 경사계	6급	삽입형	· 강관 말뚝 등의 처짐량 파악	
		5급	매설형		
	크랙 게이지	2급	센서식	· 균열 폭 및 진행속도량 파악	
3급		Tip type			
지하수위 등	지하 수위계	4급	촉침식	· 지하수위의 변화량 파악	
	간극 수압계	3급	센서식	· 활동면의 간극수압 변위량 파악	
기상자료	우량계	3급		· 누적강우량, 우량강도, 실효우량, 응설량을 파악	
	적설량계	3급		· 응설량의 추정	
지하수 배수효과	유량계	자동측정		· 배수량의 변화	

라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				①
2. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	
4. 계측기 및 시스템 정기 점검 (월 1회 기준)	개월			2.000	2.000					
5. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	0.500				①
(2) 월간보고서	월(기간)	0.200		0.500		1.000				①
(3) 최종보고서	1식	1.000		1.500		2.000				①
6. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.000	2.000	3.000	4.000	6.000				

마. 보정계수

① 계측규모에 따른 보정계수

계측기기(개소수)	30개소 이하	60개소	120개소	180개소
보정계수	1.00	1.80	3.25	4.59

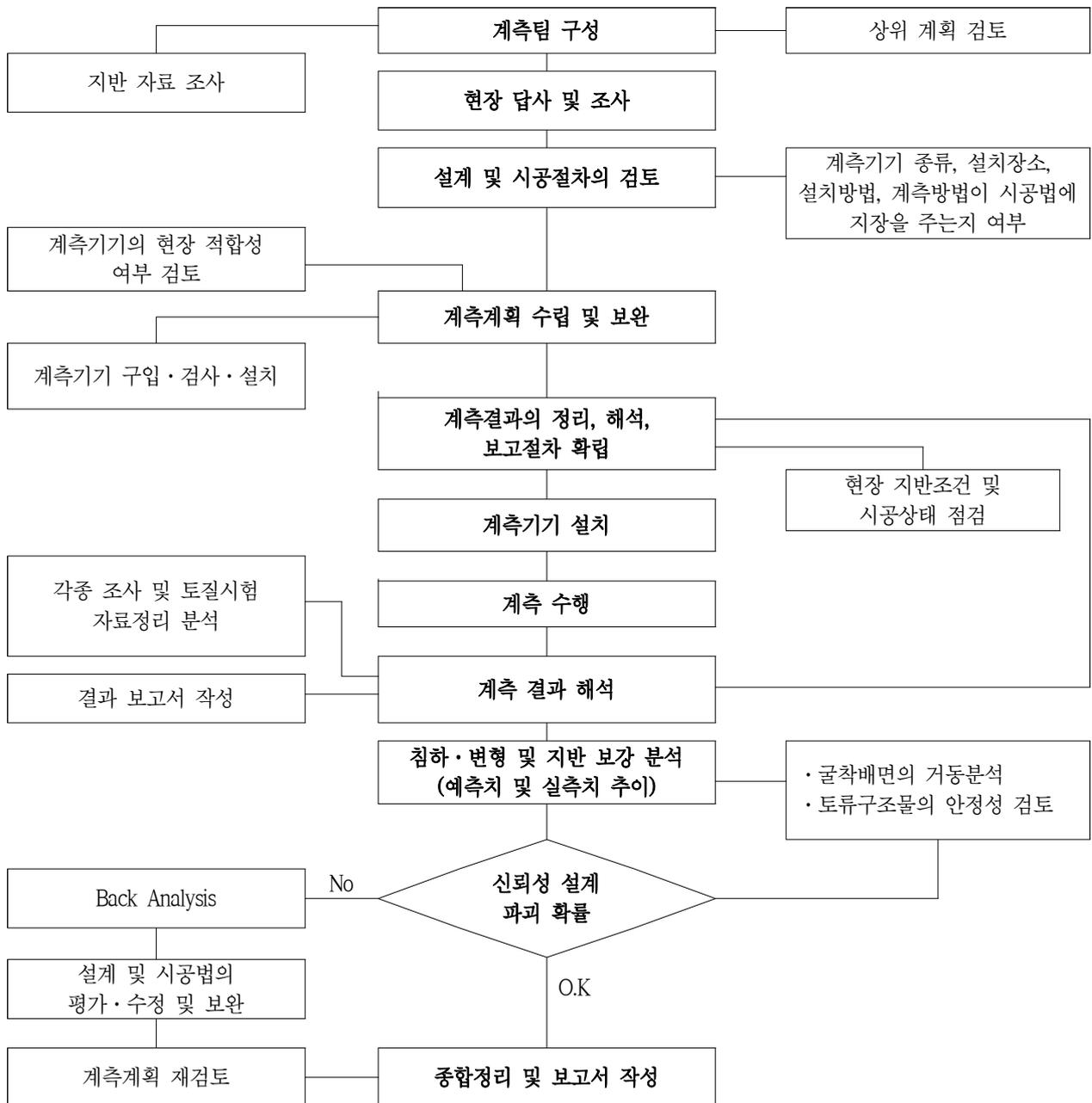
$$\text{보정계수} = \left( \frac{\text{계측기수(개)}}{30(\text{개})} \right)^{0.85}$$

### 3-4 지하굴착(기초·가물막이 공사) 계측

#### 가. 정의

계측기를 필요지점에 매설하여 굴착에 따른 토류벽체의 변위, 인접지반의 거동 등을 지속적으로 파악하여 설계치와 비교, 검토한다. 해당 결과를 통해 설계상의 불확실성을 제거하고, 토류구조물, 지반의 전반적인 거동 및 구조물의 응력변화 양상을 파악함으로써 지반 및 인접구조물의 안전도를 사전에 확인하고, 위험요소 발견 시 이에 대한 최적의 보완시기와 방법을 강구하는데 있다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집도 포함
2. 계측기기의 설치	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 측정시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리 (3) 공사시설(가시설 등)의 상태에 변동현상이 발생하여 시공 중 작업원의 안전 확보가 우선 (4) 주변지반 활동 등에 직접 영향을 주는 굴착, 지하수 유동, 호우, 지진 등의 외적 요인 시 순회 점검 및 계측 빈도 증가, 현장 및 인접 구조물 거동을 감시
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 계측 결과는 일상의 시공관리에 이용 및 장래 계획에 반영할 수 있도록 정리 (2) 설계 시의 적정성 및 구조체의 안정성을 확인 (3) 계측결과는 경시변화, 변형속도, 부등침하 발생 여부 등을 통해 기본적인 안정화를 판단 (4) 침하량, 수평 변위량(기울기)을 동시에 측정하여 시공에 따른 대상물의 상태를 확인 (5) 각 계측항목별 결과는 상호 비교분석이 필요 (6) 지반조건, 지보재 상태, 굴착속도, 지하수 유동 등을 종합적으로 평가
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공종 전체에 대한 결과를 기종별, 구간별 정리
5. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측 기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

측정위치	측정항목		계측기기			육안관찰	목적 및 결과(Data)의 활용
			계기명	급별	종류		
토류벽	측압	토압	토압계	2급	센서식		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 측압의 실측치와 설계치의 비교</li> <li>· 주변수위, 간극수압, 벽면에 작용하는 수압의 관련성 파악</li> </ul>
		수압	수압계	2급	센서식		
	변위	두부변위 수평변위	침하계	1급	광과, 레벨측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벽체의 휨</li> <li>· 연속성 확인</li> <li>· 누수</li> <li>· 주위지반의 균열</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 변위 측정 및 안정성 체크</li> <li>· 측압과 벽체변형의 단계적 파악</li> </ul>
			전자식변위계	2급	센서식		
			경사계	6급	삽입형		
	5급	매설형					
	벽체내 응력	변형률계 철근응력계 콘크리트응력계	2급	센서식		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계치와 실측치의 벽체내 응력 분포 비교</li> <li>· 벽체의 안정성 파악</li> </ul>	
STRUT E/A	축력 · 온도 변위량	하중계 E/A 축력계 변형률계	2급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· STRUT 연결의 평탄성</li> <li>· 볼트가 조여진 상태</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지보공의 토압분담을 파악</li> <li>· 허용축력과 비교 및 안정성 체크</li> </ul>	
굴착지반 주변지반	기준면과 깊이에 따른 침하, 지하수위, 지중수평변위	층별침하계	3급	로트식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 용수, 분사</li> <li>· 도로 연석의 벌어짐</li> <li>· 주위지반 균열</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 굴착에 의한 주변지반의 거동 파악</li> <li>· 배면지반, 토류벽, 굴착 저면의 변위관계 파악</li> <li>· 허용변위량과 실측변위량의 비교에 의한 안정성 체크</li> <li>· 굴착 및 배수에 의한 주변지반의 침하 계산</li> </ul>	
		지하수위계	4급	촉침식			
지중경사계	6급	삽입식					
인접 구조물	연직변위 구조물 경사, 구조물 균열	침하계	5급	연통관식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조물의 균열</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 굴착 및 배수에 의한 인접 구조물의 거동파악</li> </ul>	
		고정식경사계	2급	센서식			
			3급	Portable			
		균열측정기	2급	센서식			
3급	Tip type						

라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				①
2. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	②
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	②
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	②
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	②
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	②
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	②
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	②
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	0.500				①
(2) 월간보고서	월(기간)	0.300		0.500		1.500				①
(3) 최종보고서	1식	1.000		1.500		2.000				①
5. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.000	2.000	4.000	6.000	8.000				

마. 보정계수

① 계측규모에 따른 보정계수

계측기기(개소수)	100개소 이하	200개소	400개소	600개소
보정계수	1.00	1.80	3.25	4.59

$$\text{보정계수} = \left( \frac{\text{계측기수(개)}}{100(\text{개})} \right)^{0.85}$$

② 업무 난이도 보정계수

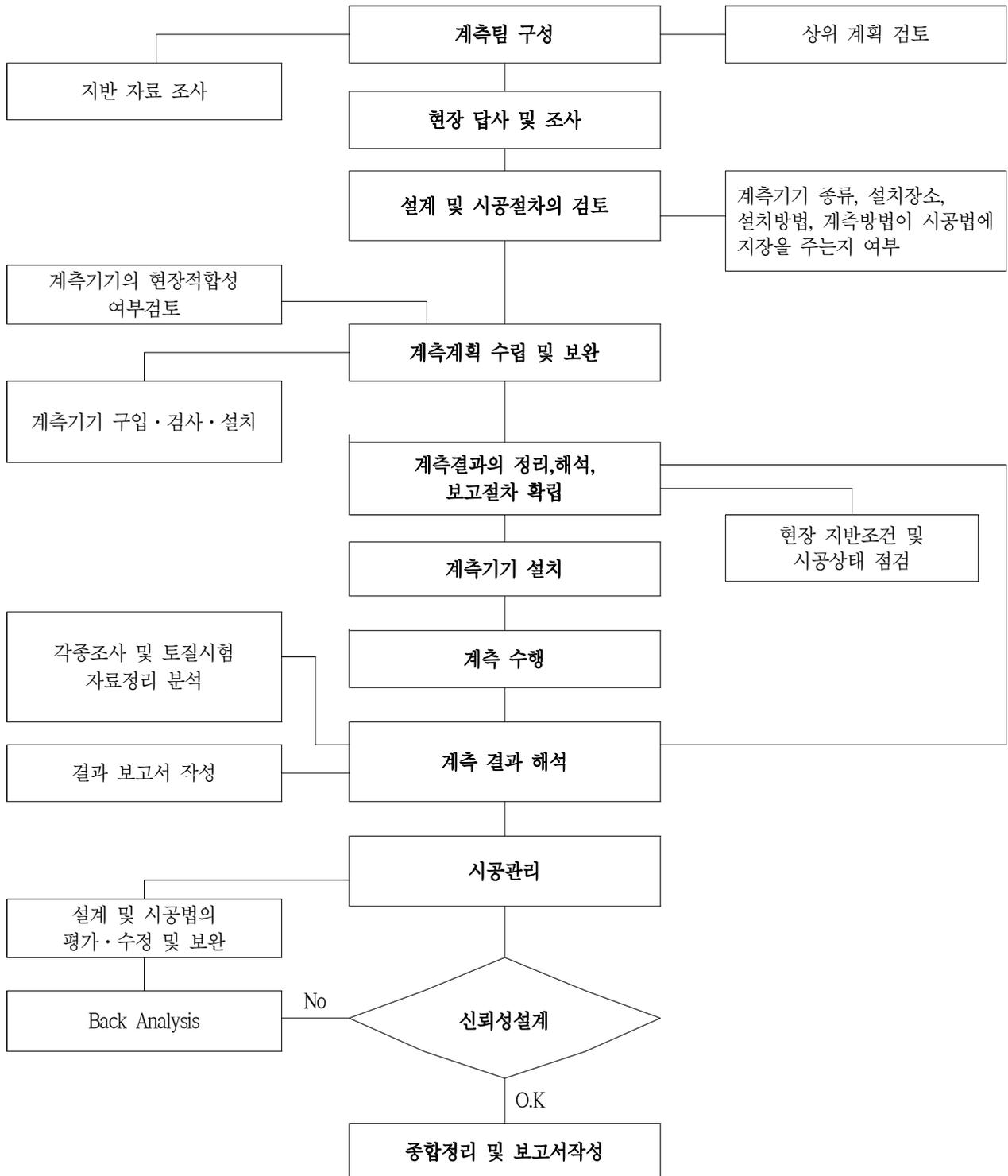
고소작업 보정계수			
비계틀 미설치(지상)		비계틀 설치(지상)	
5m미만	1.0		
5m이상~10m미만	1.2		1.0
10m이상~15m미만	1.3	10m미만	1.1
15m이상~20m미만	1.4	10m이상~20m미만	1.2
20m이상~30m미만	1.5	20m이상~30m미만	1.3
30m이상~40m미만	1.6	30m이상~50m미만	1.4
40m이상~50m미만	1.7	60m이상, 매10m 증가 시 마다	0.1가산
50m이상~60m미만	1.8		
60m이상, 매10m 증가시 마다	0.1가산		

### 3-5 터널 계측

#### 가. 정의

터널계측은 터널 굴착 시 지반의 거동분석과 각 지보재의 지보효과를 측정 및 분석하여 터널 주변에 미치는 영향과 터널 구조물의 안정성을 확인한다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집 포함
2. 계측기기의 설치	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 측정 시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리 (3) 계측빈도는 변위 속도 또는 막장거리, 변위양상에 따라 조정
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 모든 계측결과 기록지에는 사업명, 위치, 터널명, 측정, 계측항목, 계측위치, 측정일시, 측정자 등을 기재 (2) 계측결과는 측정일자, 경과일수, 막장거리(상반, 하반구분), 초기치, 금회 변위, 누계 변위를 정해진 양식에 계측 항목별로 별도로 정리 (3) ‘시간(경과일수)-계측치’와 ‘막장거리-계측치’를 그래프로 표시 (4) 계측치의 변화경향을 신속히 파악, 후속작업 활용 (5) 계측치의 절대변화량 및 변화속도 등을 참고하여 계측관리기준치를 설정 및 안정성 평가 (6) 안정성 평가 및 대책공의 실시(지보패턴 변경 등)는 설계예상 변위에 근거한 관리기준의 적용시 단일항목의 결과만으로 평가하기보다는 관련된 계측항목(지보재 응력, 축력 등)을 종합적으로 고려
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공종 전체에 대한 결과를 기종별, 구간별 정리
5. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측 기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

구분	계측항목	계측기기			계 측 내 용	목적 및 결과(Data)의 활용
		계기명	급별	종류		
A 계 측	갱내관찰조사 (Face mapping)				<ul style="list-style-type: none"> <li>· 막장면 및 노출면의 상태, 절리, 파쇄대, 지하수 유출상태 확인</li> <li>· 지보재의 변형상태 및 품질관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 막장의 자립성 및 안정성 판단</li> <li>· 암질, 단층파쇄대, 습곡구조 변질대등의 성상 파악</li> <li>· 숏크리트 등 지보공의 형태변화 평가</li> <li>· 지반구조의 재평가</li> </ul>
	내공변위측정	내공 변위계	1급	광파측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내공단면의 변위량, 변위속도 및 수렴여부 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 터널내공의 변위량, 변위속도, 변위수렴상황, 단면의 변형상태에 따라 주변지반 및 터널의 안정성 평가</li> <li>· 1차 지보설계시공의 타당성 판단</li> <li>· 2차 라이닝 타설 시기 판단</li> </ul>
			4급	Tape Extensometer		
	천단침하측정	천단 침하계	1급	광파측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 터널천단의 수직 침하량</li> <li>· 침하속도 및 수렴 여부 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 터널 천단의 절대침하량 및 단면의 변형상태를 파악하고, 터널천단의 안정성 판단</li> </ul>
			3급	Tape Extensometer		
	라볼트 인발시험				<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설치된 라볼트의 정착력 측정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 라볼트의 설계 정착력에 대한 안전율 검토 및 시공관리</li> <li>· 적절한 라볼트 길이 및 수량의 적정성 검토</li> </ul>
B 계 측	지중변위	지중 변위계	4급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 터널주변 암반의 반경 방향 변위량, 변위속도 및 수렴 여부파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 터널주변의 이완 영역과 변위량을 파악, 라볼트 길이의 적정성 검토</li> </ul>
	라볼트축력	라볼트 축력계	4급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시공된 라볼트의 심도별 축응력 분포 및 이의 변화속도와 수렴여부 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 라볼트에 생긴 변형으로 라볼트 축력효과 확인</li> <li>· 라볼트 수량의 적정성 검토</li> </ul>
	숏크리트 응력	숏크리트 응력계	4급	센서식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시공된 숏크리트 응력의 변화 속도와 수렴여부 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 숏크리트의 배면압(Radial stress)과 내부응력 (Tangential stress) 분포 측정으로 터널 안정성 평가</li> </ul>
	지표 및 지중침하	지표 침하계	1급	광파, 레벨측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인접구조물이 있거나 터널 상부의 토피가 얇은 경우 지표에서의 영향 범위를 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지표 및 지중의 변위영역을 추정하여 지보방법을 개선하고 지반의 안정성을 평가</li> </ul>
지중 침하계		2급	Rod Extensometer			

라. 투입인원수 산정기준(기준인원수)

일반적으로, 계측 업무의 대가 산정 시 건설공사의 전(全) 공정을 파악한 후, 수동계측 업무 빈도(횟수)를 산출하여야 한다. 하지만, 공사기간이 길거나 계측기 종류가 다양한(복잡한 공정) 공사의 경우에는 기초금액 산정시 계측 빈도(횟수)를 산출하는 일이 쉽지 않기에, “(2) 복잡한 작업공정”의 기준인원수 산출 기준을 적용한다.

(1) 간단한 작업공정(수동계측 횟수 산출 가능)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				①
2. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치” 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	
4. 락볼트 인발시험	회			0.100	0.200	0.200				
5. 막장면 관찰조사	상반	막장면	0.100	0.200		0.200				
	하반	막장면	0.050	0.100		0.100				
	전면	막장면	0.100	0.300		0.300				
6. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	1.000				①
(2) 월간보고서	월(기간)	0.500		1.000		1.500				①
(3) 최종보고서	1식	2.000		2.000		2.500				①
7. 재해석 보고서(필요시)	단면	3.000	4.000	7.000	10.000	12.000				

(2) 복잡한 작업공정 적용시(수동계측 횟수 산출이 어려움)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		1.00	2.00	1.00	1.00				①
3. 계측기기의 설치	개소	(“3-1 계측기기 설치“ 참조)								
4. 락블트 인발시험	회			0.10	0.20	0.20				
5. 막장면 관찰조사	상반	막장면		0.10	0.20		0.20			
	하반	막장면		0.05	0.10		0.10			
	전면	막장면		0.10	0.30		0.30			
6. 수동계측, 정리 및 분석 및 보고서 작성	1km 미만	기간(일)				1.00			1.00	②, ③
	1km 이상	기간(일)			1.00	1.00			1.00	
7. 재해석 보고서(필요시)	단면		3.00	4.00	7.00	10.00	12.00			

마. 보정계수

① 계측규모에 따른 보정계수

계측기기(개소수)	300개소 이하	600개소	1,200개소	1,800개소
보정계수( $\alpha_1$ )	1.00	1.80	3.25	4.59

$$\text{보정계수} = \left( \frac{\text{계측기수(개)}}{300(\text{개})} \right)^{0.85}$$

② 막장 수 증가에 따라 추가되어야 할 기준인원수

보정계수 = 2개 막장 기준에서 1개 막장 추가될 때마다, 중급 기술자(22인 · 일/월) 추가

③ 24시간 터널 계측의 경우

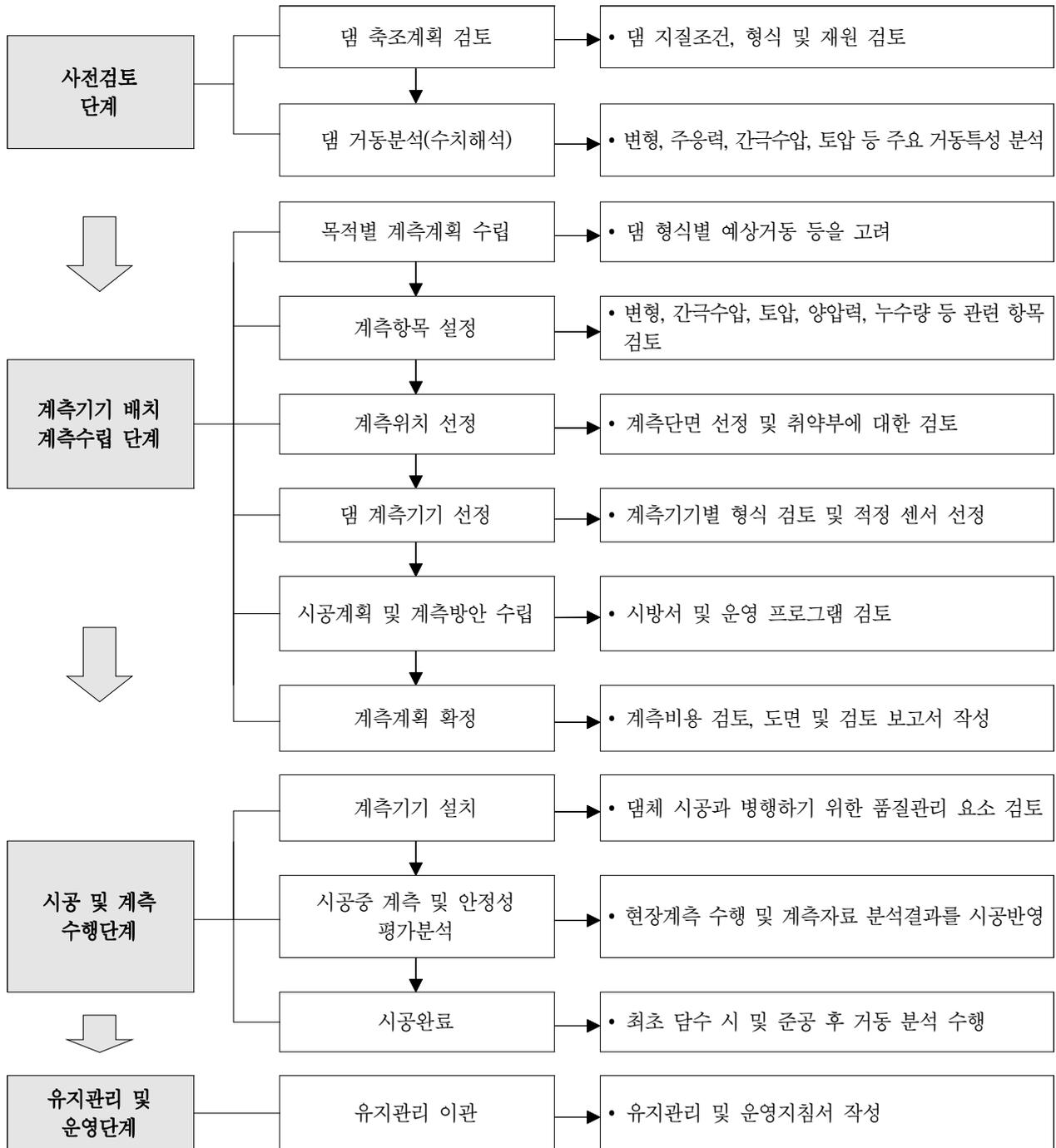
보정계수 = 2.0

### 3-6 댐 계측

#### 가. 정의

댐 건설 시, 여러 종류의 계측설비를 설치하여 시공과정에서의 안전 및 품질관리와 완공 후 댐 내부에서의 응력변화와 이에 따른 댐체의 거동을 관측하여 안전관리에 활용할 수 있도록 자료를 제공한다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집도 포함
2. 계측기기의 설치	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 공사 중 계측기간은 4단계로 구분 - 1단계: 계측기기 설치 후 1개월간 - 2단계: 계측기기 설치 1개월 후부터 댐 완공 시까지 - 3단계: 측정치가 이상거동을 보이고 있는 경우로서 안전이 확인될 때까지 - 4단계: 홍수조절 또는 지진 발생 후 1주일간 (3) 측정시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 댐체의 응력 및 변형 측정 결과분석 (2) 토압 측정결과를 통해 댐체 응력분포와 주응력 등을 검토 (3) 댐체 및 주변지반의 간극수압 측정 결과분석 (4) 응력전이에 따른 수압파쇄(Hydraulic Fracturing) 가능성 등을 검토 (5) 댐체의 변형은 경시변화 및 변형속도, 부등침하 발생 여부 등을 통해 기본적인 안정화를 판단 (6) 침하량, 수평 변위량을 동시에 측정하여 상호 영향 및 전체 축조 높이별 각각의 변위발생량을 분석, 댐체 안정성 판단 (7) 콘크리트 차수벽의 변형 및 균열발생 가능성 등에 대해 검토
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공종 전체에 대한 결과를 기종별, 구간별 정리
5. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측 기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

① 필댐

구분	계측 항목	계측기기			계측 내용	목적 및 결과(Data)의 활용
		계기명	급별	종류		
댐체	변형	측량점	1급	광파, 레벨측량	· 댐마루 및 상·하류 사면의 변위량	· 댐체의 외부변형 상태 파악
		경사계	5급	고정식	· 설치지점의 표고별 수평변위량	· 댐체의 내부변형 상태 파악
			6급	삽입식		
		층별침하계	3급	롯드식	· 설치지점의 표고별 변위량(침하량)	· 댐체의 내부변형 상태 파악
			5급	자석식		
	수평변위계	5급	센서식	· 동일표고상에서 상대적인 수평변위량	· 댐체의 내부변형 상태 파악	
	응력	토압계	2급	센서식	· 댐체 내의 응력	· 각 존별 응력분포 파악에 의한 댐체의 안정성 검토
	간극수압	간극수압계	3급	센서식	· 코아존의 간극수압	· 수위변동에 따른 간극수압 분포 및 침윤선의 위치 파악에 의한 댐체의 안정성 검토
	침투량	침투량계	자동계측		· 댐체 및 기초를 통과한 침투수량	· 댐체의 침투류 대한 안정성의 파악
	지진	지진계	6급	센서식	· 지진 시 기초 및 댐체의 응답가속도	· 지진 시 댐체의 거동특성 파악
기초	간극수압	간극수압계	3급	센서식	· 기초압반의 간극수압 · 댐체내 간극수압과 비교에 의한 댐체의 안정성 파악	
댐체 주변	지하수위	지하수위계	4급	촉침식	· 댐 하류 양안부의 지하수위	· 댐 하류 양안부를 통한 침투 가능성 판단
			3급	센서식		

② 콘크리트댐

구분	계측항목	계측기기			계측내용	목적 및 결과(Data)의 활용
		계기명	급별	종류		
댐체	온도	온도계	2급	센서식	· 콘크리트의 내부 수화열	· 콘크리트의 품질관리
	변형	개도계	3급	센서식	· 이음부의 수축 변위량	· 저수위 변동 등에 시공이음부의 상태파악
			경사계 휨변위계	5급		
		6급		삽입식		
		응력	응력계	2급	센서식	· 콘크리트의 내부응력
	무응력계		2급	센서식	· 수화열에 의한 콘크리트 응력	· 응력계 측정결과의 보정
	침투량	침투량계	자동계측		· 댐체 및 기초를 통과한 침투수량	· 침투수에 대한 댐체의 안정성 파악
	지진	지진계	6급	센서식	· 댐 높이별 응답가속도	· 지진 시 댐의 거동파악
기초	간극수압	간극수압계	3급	센서식	· 댐 기초암반내의 간극수압	· 차수그라우팅의 차수효과 파악
	양압력	양압력계	2급	센서식	· 댐체에 작용하는 양압력	· 댐체의 안정성 검토
댐체주변	지하수위	지하수위계	4급	촉침식	· 댐 하류 양안부의 지하수위	· 댐 하류 양안부를 통한 침투 가능성 판단
			3급	센서식		

③ CFRD

구분	계측항목	계측기기			계측내용	목적 및 결과(Data)의 활용
		계기명	급별	종류		
댐체	변형	측량점	1급	광과, 레벨측량	· 댐마루 및 상하류 사면의 변위량	· 댐체의 외부변형 상태 파악
		경사계	5급	고정식	· 설치지점의 표고별 수평변위량	· 댐체의 내부변형(수평) 상태 파악
			6급	삽입식		
		층별침하계	3급	롯데식	· 설치지점의 표고별 변위량(침하량)	· 댐체의 내부변형(수직) 상태 파악
			5급	자석식		
	수평변위계	5급	센서식	· 동일표고상에서 상대적인 수평변위량	· 댐체의 내부변형(수평) 상태 파악	
	응력	토압계	2급	센서식	· 댐체 자중 및 담수에 의한 응력	· 각 존별 응력분포 파악에 의한 댐체의 안정성 검토
	침투량	침투량계	자동계측		· 댐체 및 기초를 통과한 침투수량	· 침투수에 대한 댐체의 안정성 파악
지진	지진계	6급	센서식	· 댐체 및 댐 주변의 지진 가속도	· 지진 시 댐체의 거동특성 파악	
기초	간극수압	간극수압계	3급	센서식	· 기초암반의 간극수압	· 차수그라우팅의 차수효과 파악
차수벽	변형	차수벽 경사계	5급	고정식	· 콘크리트 차수벽의 수평변위량	· 담수에 따른 차수벽의 변형거동 파악
			6급	삽입식		
		개도계	3급	센서식	· 차수벽 이음부의 수평변위량	· 하중변동에 따른 차수벽의 변형거동 파악
	주변이음부 변위계	3급	센서식	· 차수벽과 프린스 이음부의 연직 및 수평 변위량	· 하중변동에 따른 차수벽의 변형거동 파악	
	응력	응력계	2급	센서식	· 차수벽내의 응력	· 저수위 변동 등에 따른 댐체의 응력분포 및 거동상태 파악
무응력계		2급	센서식	· 수화열에 의한 콘크리트 응력	· 응력계 측정결과의 보정	
댐체 주변	지하수위	지하수위계	3급	센서식	· 댐 하류 양안부의 지하수위	· 댐 하류 양안부를 통한 침투 가능성 판단
			4급	촉침식		

라. 투입인원수 산정기준

댐 높이 15m 이하의 소형 댐, 제방의 경우 계측기 수량이 적고 비상주 계측이 가능하기 때문에 아래의 간단한 작업공정에 준하여 투입인원을 산정하며, 댐 높이 15m 이상의 댐일 경우 계측기 수량이 많고 유지관리 계측을 위한 자동화시스템 구축 시 케이블 배선 및 관리가 중요업무이기 때문에 “(2) 복잡한 작업공정” 에서의 댐 계측 기준인원수 산출 기준을 마련하였다.

(1) 간단한 작업공정(높이 15m 미만의 댐, 제방)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				①
2. 계측기기의 설치	개소	( “3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	
4. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	1.000				①
(2) 월간보고서	월(기간)	0.500		1.000		1.500				①
(3) 최종보고서	1식	2.000		3.500		5.000				①
5. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.000	3.000	4.000	6.000	9.000				

(2) 복잡한 작업공정(높이 15m 이상의 댐)

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		1.00	2.00	1.00	1.00				①
2. 계측기기의 설치	개소	( “3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동계측, 정리 및 분석 및 보고서 작성	기간(월)			22.00		22.00				①
4. 재해석 보고서(필요시)	단면	2.00	3.00	4.00	6.00	9.00				

주 1) “3. 수동계측, 정리 및 분석 및 보고서 작성” 은 22일/월 기준으로 산정

마. 보정계수

① 댐 규모에 따른 보정계수

댐 높이	15m 이하	30m	45m	60m	75m	90m
보정계수	1.00	1.63	2.16	2.64	3.09	3.51

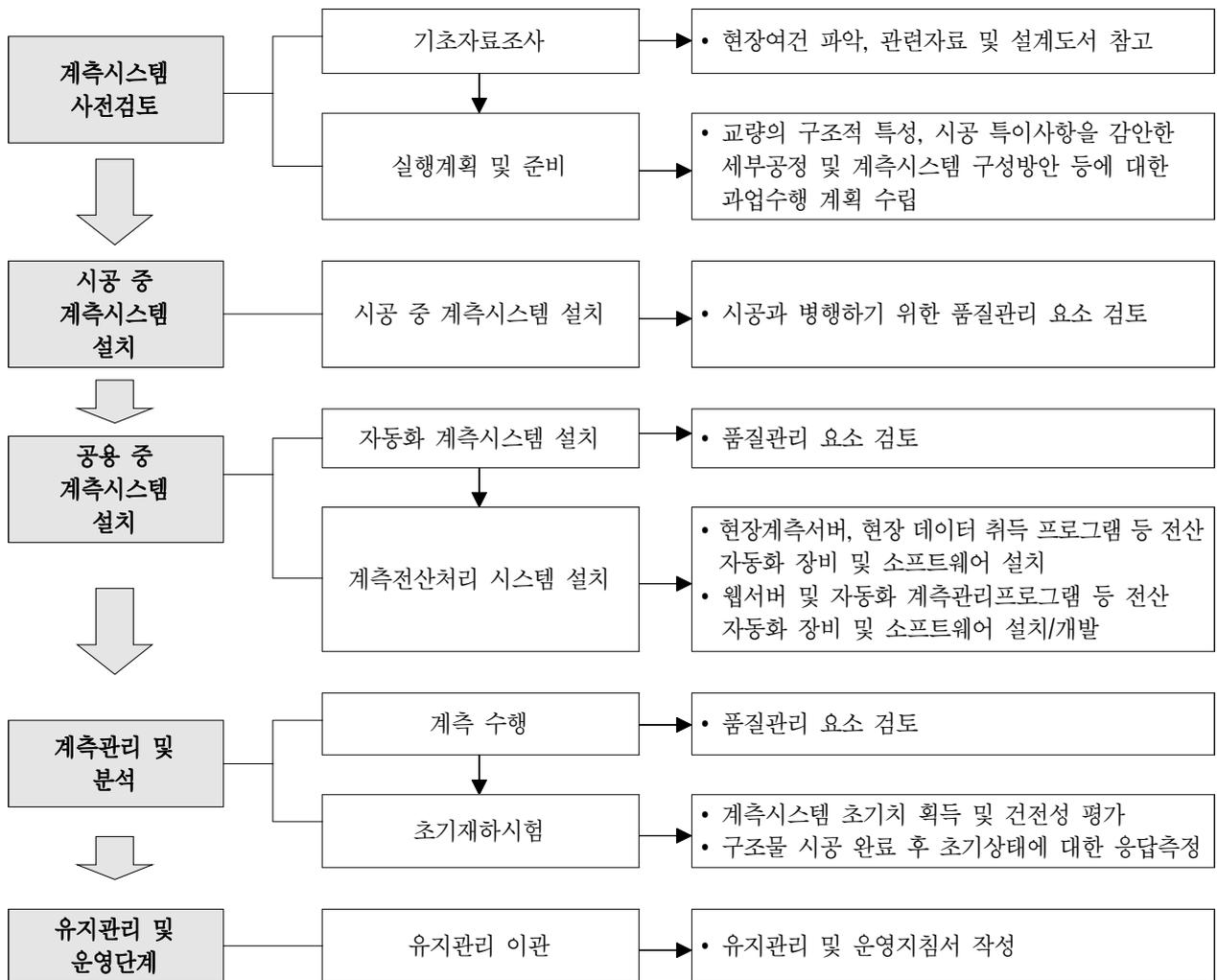
$$\text{보정계수} = \left( \frac{\text{댐높이}(M)}{15(M)} \right)^{0.70}$$

### 3-7 교량 계측

#### 가. 정의

교량계측은 시공의 정밀도를 검증하고 긴급한 상황 발생 시 신속한 대처와 설계/시공 중 오류의 원인을 분석하고 대처방안을 강구하여, 구조물의 정밀시공 및 안정성을 확보 할 수 있다.  
 또한, 시공 후 공용연수에 따라 재료적인 내적요인과 하중, 온도, 풍하중 등의 외적 요인에 의해 노후화가 계속 진행됨에 따라 구조물의 열화손상이 발생하여 사회적/경제적 비용까지도 유발할 수 있기 때문에 구조물의 안정성(내구성, 내진성)을 확보하고 사용성의 증대효과를 기대할 수 있다.

#### 나. 추진절차



다. 업무별 주요내용

(1) 계측 업무

기본 업무	업무 정의
1. 작업계획 수립 (현지답사 및 자료수집 포함)	(1) 착수준비, 과업수행계획서에 관한 업무 (2) 작업계획의 수립은 예정공정표, 사업책임기술자 선임신고서가 포함된 착수보고서 작성 및 제출(설계내역서조정, 과업지시서 숙지)업무를 포함 (3) 과업수행계획서는 세부공정계획서, 경력사항확인서, 성과품 제출계획서, 참여내용제출계획서, 조직 및 인력투입계획서, 보안각서 등 과업수행계획서 작성 및 제출 업무를 포함 (4) 현지답사 및 자료수집 포함
2. 계측기기의 설치(자동계측 포함)	“[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의” 참조
3. 수동 계측	(1) 계측의 빈도는 설계도면 및 시방서를 표준으로 일반적인 계측빈도를 적용 (현장여건과 상황에 따라 증감 가능) (2) 측정 시 야장, 측정장비 등에 데이터를 기록, 저장 후 PC 등에 정리 (3) 계측빈도는 동적/정적으로 구분하여 측정 (4) 구조물의 특성상 계측방식은 자동, 반자동 등으로 데이터를 수집
4. 계측기 및 시스템 정기 점검 (월 1회 기준)	(1) 자동계측 시스템의 경우, 월 1회 기준 정기 점검 (2) 시스템의 이상유무 및 유지관리 시행
5. 계측결과 정리, 분석 및 보고서 작성	(1) 계측 결과는 일상의 시공관리에 이용 및 장래 계획에 반영할 수 있도록 정리 (2) 설계 시의 적정성 및 구조체의 안정성을 확인 (3) 계측결과는 경시변화, 변형속도, 부등침하 발생 여부 등을 통해 기본적인 안정화를 판단 (4) 각 계측항목별 결과는 상호 비교분석이 필요 (5) 계측책임자는 당해 현장 또는 유사 현장에서 수행한 수치해석결과, 경험치, 타 계측결과 및 교량특성 등을 참조하여 분석 (6) 계측관리기준치는 구조해석, 시방서, 특수교 유지관리메뉴얼-국토교통부 자료를 기준으로 가장 보수적으로 관리 (7) 향후 구조물 유지관리 계측으로의 이관 항목은 데이터의 이력을 정리 보존
가. 주간/월간보고서	(1) 주간보고서는 주간 단위, 월간보고서는 월간 단위로 작성한다. (2) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (3) 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석 (4) 각 계측항목별 상호 비교분석이 가능하도록 면밀하게 정리, 분석
나. 최종보고서	(1) 현장계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 상태 변화여부의 상황 표시 (2) 시공 및 계측 공중 전체에 대한 결과를 기중별, 구간별 정리
6. 재해석 보고서(필요시)	(1) 계측 결과의 피드백(Feed back)에 의해서 단계별 또는 수시 요청에 의해 각 공중별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석

(2) 계측 기기

아래 표에서 제시되지 않은 기타 계측기기는 발주처와 협의하여 적용할 수 있다.

측정 항목	계측기기			설치위치	목적 및 결과(Data)의 활용
	계기명	급별	종류		
환경 영향	온도계	2급	센서식	주탑 및 보강거더 내외부 · 주탑 및 보강거더 내·외부 온도 및 대기온도 파악 · 형상관리 보조자료 활용	
	지진계	6급	센서식	구조물의 원지반 · 원지반의 3축 가속도 측정	
	풍향풍속계	5급	센서식	주탑 탑정부, 보강거더 상판 · 시공 시 풍향풍속 파악 · 시공 안정성 확인 자료 활용	
	시정계, 우량계	자동화		구조물의 시점부 · 도로이용자에게 도로 시정상태 정보 전달 · 도로통행 속도 조절	
구조물 응답	지진계	6급	센서식	주탑	하부 기초 · 지진응답 계측 · 주탑 진동 파악
	경사계	2급	센서식		탑정 및 중단 가로보 · 교축 및 교직방향 경사변위 파악
	GNSS	1급	센서식		탑정부 · 주탑의 3차원 이동변위 파악
	가속도계	6급	센서식		상단 가로보 · 동적응답(진동크기 및 특성) 파악
	케이블가속도계	6급	센서식	행어로프 · 행어로프 장력 측정 및 동특성 파악	
	신축이음계	3급	센서식	보강 거더	신축이음부 · 신축변위량 측정 및 온도거동 파악
	변형률계	2급	센서식		대표단면 내부 · 이상응력 및 변형률 파악
	처짐계	자동화			중앙경간 1/2 · 레이저 반사에 의한 좌표측정 · 보강거더의 처짐관리
	GNSS	1급	센서식		중앙경간 1/2 · 보강거더의 3차원 이동변위(교축, 교직, 연직) 파악
	가속도계	6급	센서식	대표단면 내부 · 보강거더 동적특성(진동크기, 고유진동수) 파악	
	GNSS	1급	센서식	기타	교량 외 무변위 고정점 · GNSS 기선해석을 위한 기준위치
	변형률계	2급	센서식		앵커리지 스트랜드 슈 로드 · 로드의 응력검토 및 주케이블의 장력파악 보조자료

라. 투입인원수 산정기준

교량계측은 비용 산정 시 상주 계측관리 보다 자동화로 구축이 효율적이다. 단 자동화로 운영할 수 없는 계측기들은 그 빈도수를 고려하여 인건비로 산정하도록 한다. 수동계측의 관리인원 비용과 자동화 구축비용을 고려하여 효율성이 높은 것으로 운영할 수 있다.

기본 업무	단위	기준인원수(인·일/단위)								보정 계수
		기술사	특 급 기술자	고 급 기술자	중 급 기술자	초 급 기술자	고급 숙련 기술자	중급 숙련 기술자	초급 숙련 기술자	
1. 작업계획의 수립	식		2.000	5.000	3.000	1.000				①
2. 계측기기의 설치(자동계측 포함)	개소	(“3-1 계측기기 설치“ 참조)								
3. 수동 계측(비상주)										
(1) 1급 계측기기	회				0.025	0.050			0.025	①
(2) 2급 계측기기	회				0.031	0.063			0.031	①
(3) 3급 계측기기	회				0.036	0.071			0.036	①
(4) 4급 계측기기	회				0.042	0.083			0.042	①
(5) 5급 계측기기	회				0.050	0.100			0.050	①
(6) 6급 계측기기	회				0.100	0.200			0.100	①
(7) 7급 계측기기	회				0.250	0.500			0.250	①
4. 계측기 및 시스템 정기 점검 (월 1회 기준)	개월			2.000	2.000					
5. 보고서 작성										
(1) 주간보고서	주(기간)				0.500	1.000				
(2) 월간보고서	월(기간)	0.500		1.000		1.500				
(3) 최종보고서	1식	3.000		4.500		6.000				
6. 재해석 보고서(필요시)	단면	10.000		25.000	40.000					

## 마. 보정계수

### (1) 보정계수

#### ① 교량 종류별 보정계수

구분	육상교량	하상 및 해상교량
보정계수	1.0	1.5

주 1) 하상 및 해상교량은 배(선박, 바지선)을 이용해서 이동 및 진입하는 교량을 의미함.



## ▶ 부 록

---

[부록 1] 건설계측의 정의, 목적 및 업무 절차

[부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의

## [부록 1] 건설계측의 정의, 목적 및 업무 절차

### 가. 정의 및 목적

- 1) 계측설계 : 기본 및 실시 설계 시 계측 대상별·환경조건·경제성 등을 검토하고, 현장답사 및 지반자료, 구조계산서, 설계도면 등을 수집하여, 대상체의 거동 및 변위를 예측할 수 있는 적절한 시스템을 설계하는데 그 목적이 있다.

#### 1.1) 계측기기의 배치

- (1) 계측 대상 시설물의 규모나 위험도를 기준으로 계측기기 배치밀도를 설정하는 것이 바람직하며, 일반적으로 붕괴나 활동 등의 위험인자별로 여러 종류의 계측기기를 수 개소에 배치하여 상호의 계측 자료를 검토하여야 한다.
- (2) 계측기기는 경제성, 시공성을 고려하고 시설물의 거동을 대표할 수 있는 최소한의 점을 선정하여 최대효과를 얻도록 배치하여야 한다.
- (3) 구체적인 계측기기의 배치에 대해서는 상세한 현장조사, 기존자료 및 구조계산서를 참고한 다음, 각각의 원인별로 계측항목과 계측기기의 관련성을 검토한 다음에 배치 계획(설치위치, 배치밀도, 설치심도 등)을 수립하여야 한다.
- (4) 구조적으로 가장 위험한 단면에서 계측 대상 시설물의 최대변위와 최대 응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측기기를 배치하여야 한다.
- (5) 계측목적에 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며, 가능한 동일 단면에 배치하여야 한다.
- (6) 계측 수량의 선정은 계측목적, 결과분석, 공사상황, 계측기기의 고장 등을 고려하여 수행되어야 한다.

#### 1.2) 계측기기의 선정

- (1) 계측기기는 계측목적, 계측기간, 계측항목, 계측대상, 계측방법, 계측환경 등을 고려하여 선정되어야 한다.
- (2) 계측기기는 필요로 하는 자료의 정밀도, 기기특성, 현장조건 등을 고려하여 계측항목에 따라 적절한 것을 선정하여야 한다.
- (3) 유지관리용 계측기기는 매설형이나 외부 노출형을 사용하여야 하며, 매설형의 계측기기인 경우 수리가 불가능한 경우가 있으므로 기기 작동불량이나 고장에 대비하여 계측기기 선정 계획을 수립하여야 한다.
- (4) 각종 계측기기의 작동방식을 가능한 한 같은 형식으로 선정하고, 설치 전에 반드시 성능 및 내구성, 교정검사를 하여야 한다.
- (5) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고, 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다.
- (6) 계측기기는 현장에서 수리 및 복구가 용이하며 고장 발생 시 원인규명이 신속하고 명확한 기기를 사용하여야 한다.
- (7) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하고 최대 예상변화량 이상의 측정범위를

가져야 한다.

- (8) 계측시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.
- (9) 계측 자료의 정확성, 이용성, 경제성 등을 고려하여 다음과 같은 점들을 고려하여 계측기기를 선정한다.
- ① 계측기기의 정밀도, 반복 정밀도, 강도, 계측 범위 및 신뢰도가 계측목적에 적합할 것
  - ② 구조가 간단하고 설치가 용이할 것
  - ③ 온도, 습도에 대해 영향을 적게 받고 보정이 간단할 것
  - ④ 예상 변위나 응력보다 계측기의 측정기능 범위가 클 것
  - ⑤ 계기 오차 등을 유발 할 수 있는 계측기의 고장 발견이 용이할 것

## 2) 계측관리

2.1) 정의 : 기술자의 경험과 계측기기의 성능을 조합하여 공학적인 정보를 정확하게 수집, 분석하여 안전하고 경제적인 공사를 수행하는 행위이다. 즉, 이론과 기법, 통찰과 경험, 측정기술과 기기를 이용하여 공학적 문제해결에 필요한 정량적, 정성적인 정보를 얻는 것이다. 이러한 계측은 현장에서 재료의 물성치를 얻기 위한 계측, 실험실에서 재료의 물성치나 모형의 거동특성을 규명하기 위한 계측, 구조물의 시공·유지관리 시 현장지반과 구조물의 거동 특성을 수동 혹은 실시간 측정하는 자동계측 등으로 구분할 수 있다.

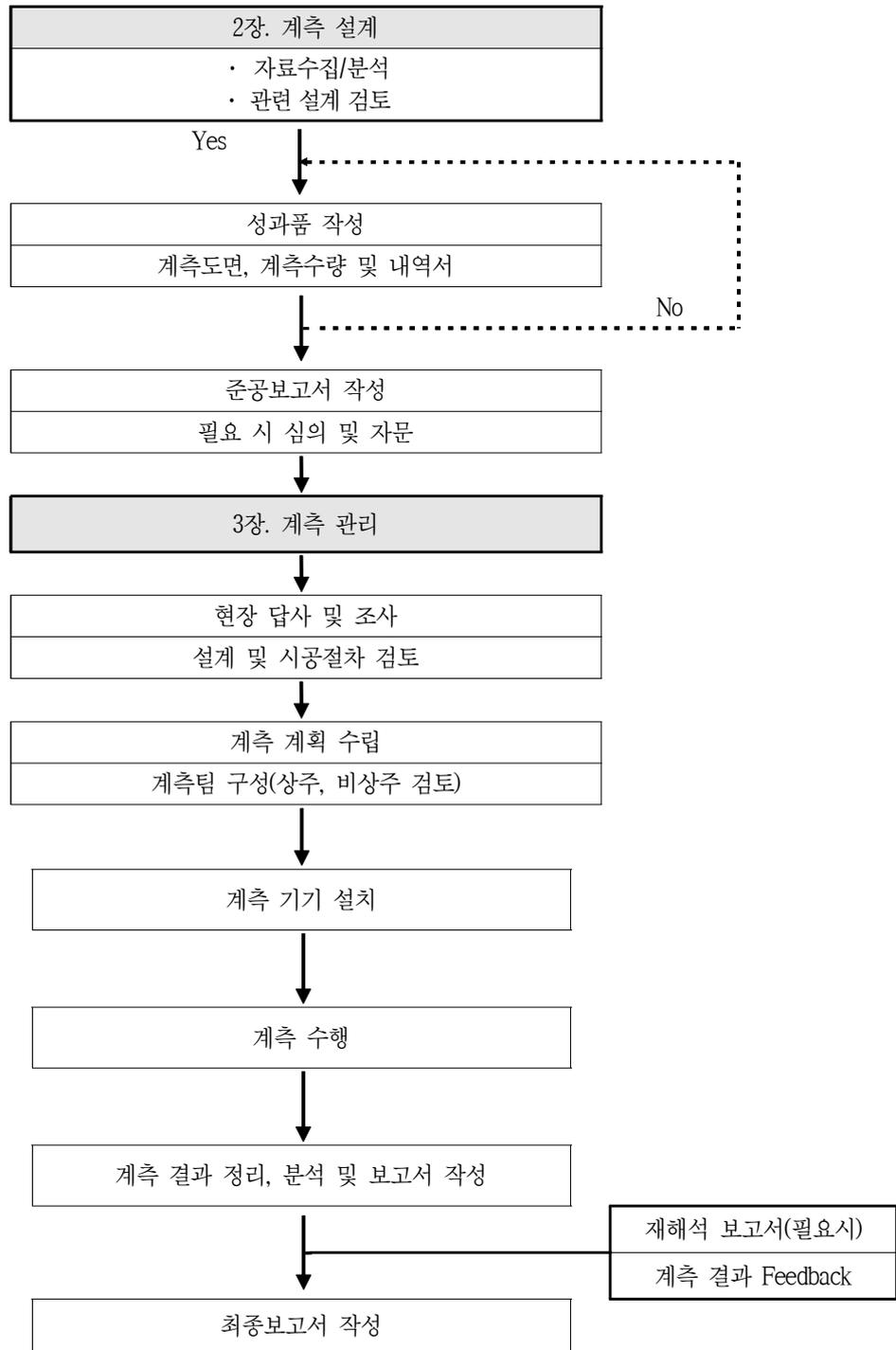
2.2) 목적 : 계측의 목적은 조사, 설계, 시공 시에 발생하는 오차나 오류를 보완한다. 또한 시공의 품질 및 안전을 확보하기 위하여 계측을 실시하며 그 목적은 다음과 같다.

- (1) 설계조건에서 부족한 정보로 인한 설계상의 결함을 시공기간 중에 제거한다.
- (2) 구조물 축조작업이 지반 및 선행 구조물에 미치는 영향에 대해서 시공 중 및 시공완료 후에 정보를 준다.

계측은 상기의 두 가지 큰 목적을 갖고 수행되며, 다양한 세부 목적으로 분류될 수 있다.

- ① 구조물 운영 중 유지관리를 위한 계측
- ② 시공 중 위험에 대한 정보를 획득하기 위한 계측
- ③ 시공방법을 개선하기 위한 계측
- ④ 공사안전 및 민원해결을 위한 계측
- ⑤ 지역의 특이한 경향을 파악하기 위한 계측
- ⑥ 이론을 검증하기 위한 계측
- ⑦ 굴착공사 등에 수반하여 주변에 미치는 영향파악을 위한 계측

나. 건설계측 업무의 절차



## [부록 2] 계측기기 설치에 대한 업무 정의

### (1) 지표면변위 계측기기

성토나 매립에 의한 침하토량과 장기침하량의 추정, pre-load(P/L) 제거시기 결정여부에 관계 되는 침하량·압밀진행 상황과, 침하예측·성토량의 산출·구조물 등의 침하대책에 대한 침하관리, 성토하중에 의한 압밀진행 과정에서의 전단강도 증가에 의한 단계적 성토, 지반과괴 위험성의 유무 판단에 의한 성토속도·시공순서 등의 안정관리에는, 수직변위를 주로 한 계측 자료와 수평변위가 활용되고, 지하굴착이나 사면, 절토 인접지반에서의 균열이나 단차·조성지반의 변위는 경사변동량 까지도 파악하여 활용하게 된다.

기기종류	규격	업무 정의
지표침하판	900×900×10(mm)	침하판은 가장 보편적이고 단순하며 효과적인 지반침하 측정기구로, 침하측정의 기본항목으로서 가격이 저렴하며, 설치가 간단하고 신뢰성도 높다.
	1,200×1,200×10(mm)	침하판은 자체중량이 고려되지 않는(무게=0) 전제로, 판의 크기(넓이·면적)가 넓을수록 오차가 최소화되나, 실재는 성토재의 최대구성입자와 성토높이에 비례하고, 대상지반의 상태와 조건(굳기·지지력·취급 방식등)에 따라, 판의 크기, 측정봉, 보호관등의 규격이 알맞게 설계·제작·적용되어야 성토하중에 대한 계측 신뢰도가 높아진다.
	2,400×2,400×12(mm)	설치는 [900×900×10] 사이즈 기준으로 설치위치 표면 오염물 제거 → 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다. 제원에 따른 품의 할증 적용.
침하판 (부동점)	-	침하판은 굴착 주변지반의 거동에 의한 수직변위 측정용으로 활용된다. 침하판의 설치는 가급적 굴착에 의한 예상변위 발생구간에 터파기, 혹은 코어링 한 후에 침하판을 설치 후 상부를 시멘트로 고정시키고 보호커버를 설치한다. 그리고 인근의 부동지반 상에도 동일방법으로 부동점을 설치하여, 침하량 측정의 기준점(Reference Point)으로 이용한다. 설치는 설치위치 터파기 혹은 코어링 → 표면 오염물 제거 → 침하판 설치 및 상부 시멘트 타설 → 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
변위말뚝	-	연약지반이나 부지조성 성토시 하중에 의한 전단응력 증가로 지반변형이 증대되어, 측방유동이나 히빙(Heaving)현상 등으로 지반이 파괴되거나, 자연지반이나 산사태 위험성이 있는 활동지반에서 전단강도가 저하되면 지표면에 균열이 발생하게 된다. 변위말뚝은 이러한 지표면의 수평변위와 Slip·Slope 이동량을 간단하고 쉽게 측정하여 전단과괴를 예방하고, 균열 발생개소의 지반운동 상황을 조기에 파악하여, 성토·절토사면의 안정관리나 연약지반 성토의 단계적 시공관리, 산사태의 예측과 대책공 수립 등에 활용하게 된다. 연약지반 성토에서는 성토사면 끝에서 일직선상에 2~3m 등간격으로 10분 이내를 수평되게 설치하며, 산사태 위험지역에서는 운동(이동)방향에 직교되는 축선에 5~10m 간격으로 말뚝을 배치하고, 양측 연장선상에 부동말뚝을 설치하여 국소적인 변동에 대처하는 방식이고, 복수측선을 설치 하기도 하며 측량기구, 센서형태로 수동/자동측정 한다. 설치는 설치위치 터파기 혹은 코어링 → 표면 오염물 제거 → 말뚝 설치 및 상부 시멘트 타설 → 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.

기기종류	규격		업무 정의
지표면신축계	연약지반		<p>신축계는 변위말뚝의 수동측정 방식을 기계식 측정기록 장치로 대체한 것으로, 20m이내의 상대말뚝간 거리변화를, 와이어(Invar강선)를 이용하여 연속적으로 자동기록 하는 것이다. 이는 도르래(Pully)가 설치된 와이어 지지대·보호관(Pipe)·파이프 지지말뚝 그리고 신축계 보호박스로 구성된다.</p>
	활동지반		<p>설치는 설치위치 터파기 혹은 코어링 → 표층유실 방지 및 표면 오염물 제거 → 말뚝 설치 및 시멘트 타설 → 센서 설치 및 와이어 보호관 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
단면측정기	삽입식 (수동)	가도관	<p>단면측정기는 연약지반에서의 도로 성토나 단계별 성토, 방조제·방파제·부두·비축기지 및 비개착공법이 적용되는 현장 등에서 침하·하중침하 변형을 측정하기 위한 것이다.</p> <p>설치방법은 예정지 기저면의 횡단방향으로 연성(Flexible) 튜브나 가도관(Access Pipe)을 신축이음관(Telescopic Coupling)으로 연결하여 포설하고, 수압계(Torpedo)나 삽입식 경사계(Horizontal Inclinator Probe)등의 측정계기(Readout Unit)를 와이어로 연결하여 튜브 안으로 이동시키면서 측정을 수행하는 삽입식 수동측정 방식이 있다. 이는 수압이나 경사변동 상태를 추적하여 침하현상을 파악하는 것이며, 파이프 외부에 Plate Magnet Sensor를 추가 부착하여 설치하면 평면이동의 수평변위 상태까지도 Magnet Sensor Probe로 파악하게 되어 경사계 추적과 대비할 수도 있게 된다.</p> <p>또한, 센서 고정식 자동계측 방식은 경사계 센서를 보호관(Access Pipe, ABS Telescopic Coupling &amp; Casing)내에 일정간격으로 센서(Horizontal IPI 또는 Tilt Sensor를 내장한 Horizontal Beam)를 고정 설치하는 방식이다. 특히 필댐과 같은 고성토 제체 내부에서 동일수준(EL)상의 상·하류방향 각각의 구역(Zone, Core, Filter, Rock) 간에서 발생하는 부등침하(상대변위), 또는 고정식 경사계 센서내장식 (“Zone간 침하계”)이 활용 되기도 하나, 액체침하계를 이용하는 구역(Zone)간 침하측정 방식이 가장 보편화된 방법이다.</p> <p>설치는 성토단면상 설치위치 확인 시 수평, 수직을 유지하며 가도관 조립 및 거치 → 가도관 주변 오물제거 및 하부 뒷채움 → Pully등 기자재 설치 → 센서 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	센서 고정식 (자동)	IPI (L=1.0m)	
		IPI (L=0.5m)	
MEMS (L=0.5m)			
액체침하계	연약지반침하		<p>액체침하계는 직접계측이 어려운 환경조건인 해저매립 대상지반이나, 초연약 지반의 표면침하 또는 천부 층별침하 측정에 활용된다. 침하계는 정방형 침하판(Steel Plate)에 압력관(Cell)이 부착 조립되어 있으며, 제체 구역(Zone)간의 침하 측정 계기 설치시 부속물(Twin Tube와 Cable Code)이 손상되지 않고 신축에 적용할 수 있도록, 10cm 깊이 정도로 굴착 절개한 도랑을 따라 모래를 채우고, 예상치 못한 침하에 대비한 여유분을 고려하여 지그재그로 Terminal 저수조(Reservoir) 방향으로 여유있게 포설한 후, 예비시험 과정과 Terminal 설치 후에 다시 모래로 도랑을 뒷채움하여 설치 완료한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 저수조(Reservoir) 설치 → 수평, 수직을 유지하며 줄파기 → Steel Plate, Twin Tube와 케이블 설치 및 뒷채움 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
<p><b>Cross Arm식 변위계</b></p>	<p>수직형</p>	<p>Cross Arm식은 성토층 내에서의 성토 단계별 심도상의 침하변위와 수평변위 측정을 목적으로 하며, 주로 필댐(Fill Dam)·성토 높이 15m 이상의 댐체·공항도로 성토·택지조성 고성토에 적용된다. 변위계는 Cross Arm·Extensometer(Strain meter)·Extension Pipe로 구성되고, 침하변위 측정용은 기초 고정관이 소요된다. CrossArm은 길이1.5~2m x 높이8~10cm x 폭4cm정도의 부식방지 처리된 ㄷ형강으로 성토변위에 견딜 수 있는 강도의 재질(두께)이 이용된다.</p> <p>Extensometer는 길이0.5~2m의 Telescopic Pipe에 센서가 내장되어 있으며, Extension Pipe는 1.5~3m의 경질염화비닐관(PVC Pipe)이나 강관으로 되어 있어, Extensometer에 연결하여 측정 간격을 조정한다.</p> <p>침하변위 측정용은 보호 Tube와 같은 규격의 기초 고정관을 연결한 후, 기초지반상의 <math>\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}</math>정도 기초공에 그라우팅하여 기준점으로 고정하고, 단계별 성토에 따라 성토 선단까지 3~5m간격으로 Cross Arm을 포설된 모래 위에 설치한다. 설치개소는 측정 목적에 따라 결정되나, 필댐에서는 상·하류방향 최대단면의 코어존(Core Zone)과 상·하류측 락존(Rock Zone)에 각 1개소씩이며, 필요에 따라 댐측 단면의 좌·우안측에 각 1개소씩 추가하기도 하며, 도로 성토에서는 종단 중심부에 설치하는 방식이 가장 보편적이다.</p>
	<p>수평형</p>	<p>수평변위계(Horizontal Extensometer)는 침하시스템을 제체 상의 단면 방향 평면으로 배열하여, 제체 내부의 수평방향 변위를 측정하기 위한 것이므로, 성토 단계별 평면상에 적절한 거리를 두고 필요에 따라 여러개(Set)를 설치하게 된다.</p> <p>침하측정용은 성토 시공에 따라 계속적으로 연결·설치하는 과정의 어려움이 수반되나, 수평변위용은 어느 일정 단계에서 개소당 설치가 완료된다. 검출부는 침하측정에서는 각 Rod Sensor의 위치 측정이 가능한 Steel Tape와 Probe의 기계식이나, 전자유도를 이용한 센서식 변환기를 사용하는 방식 등이며, 수평변위용은 다음단계 성토로 모두 매설되므로 센서식만 활용 가능하다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 측방향별 센서 조립 및 설치 → 수평, 수직을 유지하며 뒷채움 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p><b>무인자동 3차원 광파시스템</b></p>	<p>자동개폐식</p>	<p>무인자동 3차원 광파시스템은 구조물 및 활동지반을 3차원 좌표를 이용하여 변위계측을 하는 시스템으로 실시간 상시계측을 통해 이상변위 및 위험변위시 자동경보발생, SMS전송으로 신속한 대처를 할 수 있다.</p> <p>주로 유지관리 계측으로 활용되나 시공중에도 과다변위가 예상되는 구간, 위험구간, 수동계측이 불가능한 경우등에 적용된다.</p>
	<p>고정식</p>	<p>설치는 구성되어 단면상 설치위치 확인 시 기초 설치 → 합체조립 및 설치 → 센서 및 기자재 설치 → 개폐장치, 광파시스템 반복 시험 → 정상작동 확인 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p><b>GNSS 3차원 변위계</b></p>	<p>정적 거동</p>	<p>전 지구 위성항법시스템 GNSS(Global Navigation Satellite System)는 우주 궤도상에 수십개의 위성군을 일정한 형상으로 배치하여, 항상 전 지구를 커버 할 수 있도록 하여 위성에서 발신한 전파를 이용하여 지구상의 사용자에게 언제 어디서나 누구에게나 위치, 고도, 속도, 시간정보를 제공할 수 있도록 하는 시스템이다.</p> <p>최근 기술의 발전으로 기계적 위상 값들을 일정시간 동안 후 처리하여 변위의 정밀도를 향상 시키고 있으며, 3방향(X, Y, Z)좌표를 이용하여 정밀한 변위데이터로 활용하고 있다.</p>
	<p>동적 거동</p>	<p>위성 좌표의 획득경로는 인공위성, 위성수신 안테나, 안테나에 수신 된 좌표계의 전송, 수집된 위성좌표를 정밀계측에 이용하는 후 처리프로그램 등으로 구성되며, 고정밀, 고가의 동적거동 계측용과 지반 및 지반상 구조물 등에 활용할 수 있는 정적거동 계측용으로 구분된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 기초설치 → 리시버 및 안테나 설치 → 합체 및 기자재 설치 → 위성수신 개방 각 확인 및 초기치 측정 → 정상 작동 확인 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

(2) 지중변위 계측기기

지하굴착이나 사면, 절토 인접지반, 연약지반의 개량이나 성토공사에서 성토나 구조물 등에 의한 토층별 침하와 수평변위를 공 내에 설치된 계측기를 통하여 파악코자 하는 계측이다.

설계와 시공단계에서의 지반조사와 확인조사로, 전반적이고 개략적인 분포는 파악된 상태라 하더라도, 구체적인 기종별 설치 개소에 대한 위치 파악을 위해서는, 특히 연약지반 성토 시공에서의 침하·안정관리 과정에서는, 침하판과 층별침하계·간극수압계·지하수위계 간의 상호연관성이 지대하여, 보통 1개소에 그룹(Group)으로 설치되므로 지층분포 확인이 필수적이다.

기기종류	규격	업무 정의
Rod 지중침하(층별) 및 고정점 설치	Screw Point	연약지반의 개량이나 성토공사에서 성토나 구조물에 등에 의한 토층별 침하와 수평변위를 공 내에 설치된 계측기를 통하여 파악코자 하는 계측이다.  설계와 시공단계에서의 지반조사와 확인조사로, 전반적이고 개략적인 분포는 파악된 상태라 하더라도, 구체적인 기종별 설치 개소에 대한 위치파악을 위해서는, 특히 연약지반 성토시공에서의 침하·안정관리 과정에서는 침하판과 층별침하계·간극수압계·지하수위계간의 상호연관성이 지대하여, 보통 1개소에 그룹(Group)으로 설치되므로 지층분포 확인이 필수적이다.
	Groutable Anchor	단일 Rod Extensometer는 연약지반에서의 층별침하 측정용이며, 다른 방식의 층별침하나 간극수압 측정결과와 동일층에 대하여 비교하는 한 방법이다.
	Reference Point	지표침하계도 터널 상부지표에서 동결심도 이하까지(1.5m이내) 코어링하고, 공 내에 침하봉 Rod(φ19~22mm철근) 끝을 공저에 단단하게 고정시켜서, 1m이내 심도까지는 Rod보호관 파이프로 마찰을 예방하고, 지표는 보호박스나 커버로 보호하여, 굴착에 의한 지표부 침하 여부를 측정하는 침하핀과 같은 역할을 활용하는 방식이다.  기준점(Reference Point)은 연약지반 상에서 인근에 부동지반이 없을 경우 지지층까지 시추하여, Rod(φ34mm강관)를 고정설치 한다.
	지표 침하계	이는 소규모 부동점·부동말뚝·고정점 등을 상황에 알맞게 이용하고, 각종의 측량기기를 사용하여 수동식 계측으로 변위량을 측정하기 위한 침하기준점(Base Point)으로 활용하게 된다.  설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서 조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.

기기종류	규격	업무 정의
<p style="text-align: center;"><b>다층 지중변위계</b></p>	<p style="text-align: center;">패커식</p>	<p>상대적인 지중, 지층별 변위를 측정용 Anchor Rod의 침하나 용기로 인한 각 지층의 안정성 여부를 지표면의 기준점에서 계측할 수 있도록 센서로 일체화 시킨 Sensor Head · Protective Cover · Signal Cable System의 전기식 변위 계측기로서 수직변위계를 응용한 것이다.</p> <p>암반대상인 Groutable Anchor식은 터널 굴착 상부의 지표부에서 침하핀 · 지표침하계와 함께 이용되며, 터널 내 암반에서의 내공변위 측정용 지중변위계(Rod Extensometer)도 락볼트 축력계(Rock Bolt 축력계)와 함께 필수적으로 이용된다.</p> <p>터널 굴착에 의한 지하 암반내의 상대변위를 측정하기 위하여, 지표로부터 영향을 받지 않는 심도까지 시추하고, Grout Anchor를 암반에 고정된 고정점과의 상대적인 변위를 측정하는 단일형 수직변위계(Borehole Rod Extensometer)도 있으나, 이는 주로 다단식이 이용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	<p style="text-align: center;">Grout식</p>	<p>성토나 지상구조물(비축 탱크 등)의 하중 침하를 연속적인 기계식(센서식) 방식으로 측정코자 하는 것으로 지표(구조물)침하와 층별 침하를 측정한다. 연속식 지표침하계는 원지반 지지층까지 시추한 공저에 Rod Anchor를 고정하고 지표부 침하판에 작용하는 하중에 의하여, 침하 하는 판의 상대변위를 전기식으로 연속하여 변환 계측하는 방식이고, Rod가 돌출되지 않아 성토 제거 시 Rod의 파손예방과 Rebound량을 측정할 수 있도록, 예상 침하량을 고려하여 공내 Rod 보호판과 침하판상의 침하계 보호판(Cover)을 알맞게 설치하여야 한다. 연속식 층별침하계는 지표침하계와 설치방법은 동일하며, 지반지층이 변하는 구간에 센서를 추가 설치하여 층별 침하량을 센서방식으로 측정한다. 현장여건에 따라 Rod는 상부로 노출하는 방식을 사용하거나 예상침하량의 1.5~2.0배 정도 여유 천공을 하여 하부로 Rod가 빠질 수 있도록 설치하는 방식이 있다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p style="text-align: center;"><b>연속식 지표(층별)침하계</b></p>	<p style="text-align: center;">지표침하 (개소당)</p>	<p>가장 보편화된 수동계측의 층별침하계로서 End Cap으로 막은 보호판(Guide파이프)를 비자성 이음쇠(황동제 또는 PVC)로 연결하여, 시추공(φ86~φ146mm) 공저 부동지지층에 파이프 말단의 기준점(Datum, Ring Magnet) 소자 부분을 고정시켜 그라우팅하고, 침하대상 지층별로 측정점(Spider Magnet)으로 공벽에 고정(Anchoring)하여, 측정기로 측정하는 것이 일반적인 방식이며, 필요에 따라서는 상부 매립 성토층에도 단계별로 Telescopic Coupling으로 연장하면서 측정점(Plate Magnet)을 추가로 설치하기도 한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	<p style="text-align: center;">층별침하 (개당)</p>	<p>가장 보편화된 수동계측의 층별침하계로서 End Cap으로 막은 보호판(Guide파이프)를 비자성 이음쇠(황동제 또는 PVC)로 연결하여, 시추공(φ86~φ146mm) 공저 부동지지층에 파이프 말단의 기준점(Datum, Ring Magnet) 소자 부분을 고정시켜 그라우팅하고, 침하대상 지층별로 측정점(Spider Magnet)으로 공벽에 고정(Anchoring)하여, 측정기로 측정하는 것이 일반적인 방식이며, 필요에 따라서는 상부 매립 성토층에도 단계별로 Telescopic Coupling으로 연장하면서 측정점(Plate Magnet)을 추가로 설치하기도 한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p style="text-align: center;"><b>자석식 층별침하계(수동)</b></p>	<p style="text-align: center;">32mm Standard</p>	<p>가장 보편화된 수동계측의 층별침하계로서 End Cap으로 막은 보호판(Guide파이프)를 비자성 이음쇠(황동제 또는 PVC)로 연결하여, 시추공(φ86~φ146mm) 공저 부동지지층에 파이프 말단의 기준점(Datum, Ring Magnet) 소자 부분을 고정시켜 그라우팅하고, 침하대상 지층별로 측정점(Spider Magnet)으로 공벽에 고정(Anchoring)하여, 측정기로 측정하는 것이 일반적인 방식이며, 필요에 따라서는 상부 매립 성토층에도 단계별로 Telescopic Coupling으로 연장하면서 측정점(Plate Magnet)을 추가로 설치하기도 한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	<p style="text-align: center;">경사계에 추가 70mm</p>	<p>가장 보편화된 수동계측의 층별침하계로서 End Cap으로 막은 보호판(Guide파이프)를 비자성 이음쇠(황동제 또는 PVC)로 연결하여, 시추공(φ86~φ146mm) 공저 부동지지층에 파이프 말단의 기준점(Datum, Ring Magnet) 소자 부분을 고정시켜 그라우팅하고, 침하대상 지층별로 측정점(Spider Magnet)으로 공벽에 고정(Anchoring)하여, 측정기로 측정하는 것이 일반적인 방식이며, 필요에 따라서는 상부 매립 성토층에도 단계별로 Telescopic Coupling으로 연장하면서 측정점(Plate Magnet)을 추가로 설치하기도 한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
삽입식(수동식) 경사계	60mm	<p>지반지중의 수평변위를 파악하기 위한 계기설치는 86mm(Φ60mm-용)·Φ86mm(Φ70mm-용) 설치 공 내에, 상호 직교하는 내벽 4방향 가도관(Guide Rail, 경사계용 파이프)을 이음쇠(Coupling)로 연결하여 End Cap으로 막아 부동지반의 공저에 고정매설하고, 지상에서 바퀴(Roller)가 부착된 길이 50cm이상의 경사계 Probe를 삽입하여, 0.5~1.0m마다의 각 심도에서 공 내의 경사량과 방향을 연속적으로 측정하고, X·Y 방향에 대한 경사량을 지중수평변위로 환상하여 구하여, 연약지반의 성토안정·흩막이 벽의 시공관리와 미약한 활동지반의 Sliding 측정 자료로 활용하게 된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 가도관 조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	70mm	
	85mm	
고정식(sensor) 경사계	IPI(70mm)	<p>초연약지반 등에서는 변위가 과도할 경우, 수동 삽입식 Probe를 공 내에 삽입하는 데에는 한계가 있으므로, 보다 높은 정밀도의 수평변위를 상시 감지하기 위해서는 자동계측시스템인 고정식이 선택된다.</p> <p>고정식은 여러개의 경사센서를 가도관 내에 0.5~2m 간격으로 배치하고 지상의 측정기록장치와 연결하게 된다. 이때 케이블·파이프·연결기구·와이어등을 공 내로 삽입설치 하여야 하므로 적절한 구경과 센서수량을 고려하여야 하며, 배치길이의 한계·설치난이도·회수불능 등에 수반되는 자동계측시스템에 주로 선택되며, 큰 침하에도 대처할 수 있는 Telescoping방식(Φ85mm구경, Φ70mm도 활용)이 주로 이용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 각 포인트별 센서조립 및 설치 → 그라우팅 배합확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	IPI(85mm)	
	MEMS(70mm)	
간극수압계 (Sensor식)	연약지반 (매설형/압입형)	<p>간극수압계는 압력계의 일종이며, 수압만을 측정하도록 필터와 일체화되어 있어서, 수침·진공펌프 등을 이용해서 기포를 철저히 제거하는 것이 필수적이며, 압(삽)입형과 매설형으로도 구분된다.</p> <p>측정은 투수성에 따라 그 측정방법이 다르다. 투수성이 높은 모래나 자갈층에서는 상층과의 차수가 불가능하므로 지하수위계로 수두를 측정하지만, 투수성이 낮은 점성토층은 지하수의 흐름이 둔하고 수압이 낮으므로 간극수압계로 측정한다.</p> <p>압(삽)입형(Push-in Type)은 콘(Cone)형으로 Rod와의 연결을 위한 나사형이며, 매설형은 봉형으로 제작되어 있다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 센서설치 → 불투수층 형성 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	터널(매설형)	
지하수위계	수동측침식	<p>지하수위계는 연약지반 등의 경우 성토 전 점성토층에 천공 매설하여 상재하중 작용 시 원지반의 자연 지하수위(정수압)를 측정하여 과잉간극수압과 비교, 압밀침하 예측 및 안전도를 판단하는데 그 목적이 있으며, 그 외의 경우 대상 지반의 지하수위의 상승, 하강을 측정하기 위하여 설치한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 시추 → 보호관 조립 및 설치 → 뒷채움 확인 및 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
	센서식(자동)	

**(3) 압력(토압) 계측기기**

지반에서의 토압측정은 토사 붕괴나 구조체 벽면에 작용하는 것과, 필댐(Fill Dam)·흙 구조물·조성지반 및 기초지반의 흙 속에 작용하는 3차원적인 응력상태를 파악하는 것이다. 토압은 수압·간극수압과 함께 지중토압으로 작용하므로, 구조체 및 인접구조물의 기초하중·지표 적재물 등에 의한 지중응력 등 전체적인 하중토압이 결합된 전응력으로 나타나게 된다.

토압측정은 구조물 설계 타당성과 적용한계 검증 및 시공과정과 완공 후의 안정관리 및 경제성을 고려하여 다음단계에서의 최적설계·시공관리 및 새로운 공사설계에 유용하게 활용된다.

기기종류	규격	업무 정의
토압계	성토지반 (성토하중)	지반에서의 토압측정은 토사 붕괴나 구조체 벽면에 작용하는 것과, 필댐(Fill Dam)·흙 구조물·조성지반 및 기초지반의 흙 속에 작용하는 3차원적인 응력상태를 파악하는 것이다. 토압은 수압·간극수압과 함께 지중토압으로 작용하므로, 구조체 및 인접구조물의 기초하중·지표 적재물 등에 의한 지중응력 등 전체적인 하중토압이 결합된 전응력으로 나타나게 된다.
	GL-20m (연속벽체배면)	토압측정은 구조물 설계 타당성과 적용한계 검증 및 시공과정과 완공 후의 안정관리 및 경제성을 고려하여 다음 단계에서의 최적설계·시공관리 및 새로운 공사설계에 유용하게 활용된다.
	GL-5m (철강재말뚝벽면)	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 센서조립 및 설치 → 수평, 수직을 유지하며 뒷채움 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
하중계 (센터홀형)	스트러트 (Strut)	가시설 흙막이 벽에 작용하는 측압하중(토압+수압) 측정은 터파기 진행에 수반되는 지하수위나 지반상황의 변화와 흙막이 벽의 변형에 의한 토압의 재분포에 의한 분담벽면 하중을 파악하고, 안정성을 확인해야 하는 안전관리의 한 수단이며, 버팀대(Strut)용 원주형과 어스앵커(Earth Anchor)용 및 암반사면의 락볼트(Rock Bolt) 축력 측정에도 적용할 수 있는 센터홀(Center Hole)형이 일반적이다.
	어스앵커 (Earth Anchor)	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.

(4) 구조물 계측기기

지하굴착시 등의 지보재, 터널, 교량, 빌딩 등의 구조물 시공에 수반하여 대상 재료 및 구조물의 응력, 축력, 변형률, 온도, 경사, 처짐, 침하, 가속도등에 여러 가지 형태로 다양하게 활용한다

기기종류	규격	업무 정의
변형률계 설치	점용접	변형률계(Strain Gauge)는 토목계측에서 지하 굴착시의 지보재·빌딩·교량·터널·파이프라인 등의 구조물 시공 및 주열식 연속벽(SCW : Soil Cement Mixing Wall)·제자리 말뚝공·횡널말뚝의 H-pile과 버팀보(Strut)용 H형강·Sheet Pile 등의 응력·축력 측정에 여러 가지 형태로 다양한 개소에서 활용되고 있다.
	아크용접	설치방식은 지중변위에서의 파이프 변위계와 같이 게이지 단자를 강력접착제로 PVC파이프나 판에 고정시키는 접착형을 비롯하여, 주로 철재 빔(Beam)이나 파이프에 나란히 포개어 표면에 부착하고 방수·방습용 커버를 부착하는 점용접형(Spot-Weldable), 고정Jig(Surface Mounting Block)등을 용접한 후 여기에 변형률계를 Bolting·Bending으로 고정하는 Arc-Weldable Dummy 설치형, 콘크리트 수화열에 의한 응력측정용의 Flange형과 무응력용(No-Stress Strain)등의 일체화된 Dummy를 콘크리트 구조체내에 내장시키는 매설형(Embedment)등이 있으며, 이외에도 온도센서(Thermister)의 내장여부 및 열전대방식 등과 함께 설치대상 구조체의 인장(Tensile)·압축(Compressive)응력을 측정하게 되는 것 등도 이들 분류에 포함 시키기도 한다.
	매설형	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
	무응력	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
철근응력계	-	<p>철근응력계는 변형률계의 일종으로 철근응력 측정용이며, 철근의 규격별로 그 종류가 다양하게 제작되어 있다.</p> <p>철근응력계는 벽체의 응력측정용이며, RC연속지중벽(Slurry Wall : S/W)의 철근망에서는 콘크리트의 선폽창율이 달라 수화열에 의한 응력이 발생하고, 벽체 시공 후에 지반개량이나 파일(Pile)공사가 시공되면 변위가 생기고 응력이 발생되어 콘크리트에 균열이 생길 수 있으므로, 이에 대한 품질관리를 위해 계측이 필요하게 된다. 철근응력계는 대부분 온도측정 기능이 내장되어 있어서 열응력 측정이 가능하며, 설치도 가스압점·Sleeve·Wiring(결선)방식 등으로 다양하다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
온도계	-	<p>구조물의 구조체나 재료 및 부재의 변형은 온도변화에 민감하게 반응하므로 온도계가 수반되며, 이는 금속의 선팽창계수 차이를 이용하여 온도를 측정할 수 있는 고감도의 센서이다.</p> <p>온도응력은 토질·흙막이 등바리의 종류·시공상황과 부재의 구속여부에 따라 서로 다르게 나타나고, 부재온도는 옥외 일사의 영향을 받기 때문에 부재의 길이·방향·단면위치, 일별·월별·계절별로도 차이가 많아 기온의 변동과 밀접한 상관관계를 가진다.</p> <p>대규모 지하공사인 가스 비축기지 저장탱크 공사에서는, 변형계의 자동화 계측시 종합적인 안정관리상의 수행과정에서 온도계가 필수 계측기종이며, 열전대식 온도계도 선택되어 함께 활용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 수평, 수직을 유지하며 센서조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
구조물경사계	매설형 (철근망, 구조물)	<p>벽체의 상대적인 수평변위량을 파악하기 위한 경사계는 지중수평변위 측정의 삽입식·고정식 경사계와 같이 가도관을 이용하는 방식이다.</p> <p>단일센서의 거치형 구조물경사계(Tiltmeter)는 철근망에 설치하는 고정식(형) 경사계로 철근계와 함께 콘크리트내에 매설되어 매 벽체마다의 변위를 파악하게 되는 방식이다.</p>
	Portable	<p>이동식 구조물경사계(Portable Tiltmeter)는 구조물 표면에 Tilt Plate만을 접촉체나 나사못(또는 Anchor)으로 고정해 놓고 수동 계측하는 방식이다.</p>
	EL-monopod	<p>구조물 Tiltmeter는 벽체·교각·Pile등의 수직변위를 계측하기 위해 센서와 Signal Cable Terminal을 상하로 내장시킨 수직형 센서(Vertical Beam Sensor)와 교량상판 처짐 등의 수평변위를 계측하기 위해 수평으로 내장시킨 수평형 센서(Horizontal Beam Sensor)의 변환방식이 있고, 교각기울기 등을 Signal Point로 세워 설치한 수동의 삽입식과 센서를 내장한 벽체고정용의 Monopod Tiltmeter 등 다양한 형태와 방식이 이용 된다.</p>
	수동삽입식	<p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
균열측정계기	균열측정계기 (균열팁)	<p>사용중 구조물이나 시공중 노후화 및 지진 등 자연재해로 건축구조물·콘크리트 구조체·도로 등 지반(암반) 표면부에 발생하는 균열과, 구조체 이음부·접속부 틈새의 상대적인 변위·변형 크기와 진행 상태를 측정하는 계측방식이다.</p> <p>각종 균열계(1·2·3축형)와 상대변위계(Jointmeter 또는 Extensometer : 수직·수평)로 다양한 변환방식으로, 이동량의 측정한계·설치개소와 방법별(지표설치·매설)로 3축 변위계를 1개조로 한 조합형 변위계까지 다양한 형태와 종류의 측정기기가 목적에 따라 선정할 수 있도록 제작되어 응용되고 있다.</p>
	균열측정계기 (센서식)	<p>가장 간단한 방식으로는 버튼타입(ButtonType)을 표면에 부착하고 버튼간격을 버어니어 캘리퍼스(Vernier Calipers) 또는 마이크로미터(Micrometer)로 측정하는 수동식이 흔히 이용된다.</p>
	상대변위계	<p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
연통(수)관식 침하계	수관식수동	건축물이나 지하구조물·터널·철도·도로·교량교각 등의 기존 구조체에 대한 근접시공시의 침하영향을 측정하기 위한 방식으로, 연통(수)관(Tube)을 통한 동일 수위(수준) 형성의 원리를 응용하여, 구조체의 침하나 융기(Heaving)에 따른 수위 변동을 측정하는 것으로, 부동지반의 (자동)기준 (물)탱크로부터 각 측정점의 수준 변위를 상대적으로 측정하게 되는 수성(관)식 상대변위 측정시스템이다.
	수성식	침하계에 수위나 수압측정 센서를 내장하여, 더욱 정밀하고 용이하게 합리적인 계측이 되도록 제작된 수성(관)식과 수(액)압식의 센서식의 상대 변위계가 주로 활용 되고있다.
	수압식	수압식은 기준점과 각 측정점간의 수위차가 큰 경우와 인접된 근거리 시설물이라도 전망이 불가능한 기설교각이나 지하구조체에 근접하여 시공할 경우와, 해저 쉴드터널(Shield Tunneling Line)상의 해저면 변위측정을 위하여 액체침하계(Liquid Settlement Cell)의 연약지반 설치방식을 천해저 지반에 적용하여 다수의 침하계를 해저면에 설치하고, 측정 작업대에 설치된 기준 침하계와의 상대적인 침하변위를 측정하도록 응용한 방식이 주로 활용된다. 설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 수평, 수직을 유지하며 센서조립 및 수관 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
풍향풍속계	프로펠러식	대상 시설물의 시공 중 작업 안전과 향후 대상 시설물의 운영관리 시 작용하는 바람(태풍, 재해 등)의 속도와 방향을 측정하여 시설물 안전 및 보행자, 차량통행 등의 자료로 활용된다.
	초음파식	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치, 고소차등 작업지시 및 작업안전, 통제 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
치짐계	광학식	대상 시설물의 장주, 장경간등 비지지 거리상의 처짐, 변형 등의 측정 목적으로 직접적인 변위의 확인이 필요한 경우 활용되며 안정된 기준점(Reservoir)의 확보를 필요로 하는 고정식 계측이다. 설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치, 고소차등 작업지시 및 작업안전, 통제 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
장력계	센서식(가속도)	케이블 지지방식 대상 시설물의 여러 케이블 장력을 측정하여 긴장상태, 풀림 등 안전관리를 위하여 활용된다. 설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치, 고소차등 작업지시 및 작업안전, 통제→ 점검, 검사의 순서로 설치한다.
가속도계	1축	지반진동, 지진, 지진해일 등의 외부 영향에 따른 지반 및 대상 시설물의 진동을 측정하여 인적, 물적 피해를 최소화 하며, 향후 토목 시설물의 내진설계 등의 기술 자료로 활용된다.
	2축	
	3축	설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별, 축방향별 수평, 수직을 유지하며 센서 조립 및 설치(시추매립형의 경우 방향, 그라우팅 배합확인) → 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.
	매립형	

### (5) 터널 계측기기

종방향 지하선형의 특수구조물인 터널에서, 굴착으로 인한 지반이완이 일어나기 이전에, 그 지반과의 유연성·부착성이 좋은 지보공을 설치하여, 굴착에 의한 응력·강도의 저하를 최대한 방지하고, 지반 자체의 지지력을 최대한 활용한 아치(Arch)를 형성시켜서, 터널 시공의 안정성을 확보하기 위하여, 주변지반과 지보공의 응력·변위·거동을 파악하고 굴착 시공을 제어·조정하기 위한 수단으로, 터널의 내공변위·지중변위·락볼트(Rock Bolt)축력·샷크리트(Shotcrete)응력 등의 지보공 변형과 주변지반의 변위에 대한 계측의 시행이 필요하게 되는 것이다.

터널의 설계·시공은 지반에 대한 사전 정보 획득에 한계가 있고, 굴착방법·시공순서·공정관리·품질에 따라 응력강도 발생에 한계가 있으므로, 지반거동·지보공 효과·구조물 안정상태·인접구조물의 안정성을 확인하고 대처하기 위하여서는, 변위의 영역·속도·가속도와 허용지지력을 파악하고, 이완영역 범위 내의 지표부 침하·지중변화·터널 내공의 변위 등을 계측하여, 지보 효과를 극대화하기 위한 지보의 수량 보완·공법의 개선변경·붕괴 불량 등의 변형 파괴를 사전에 방지하여 안정성·경제성을 확보하고자 하는 것으로, 터널 시공관리 단계의 한 수단이다.

계측데이터는 터널 단면의 평형상태·변위속도·상대적인 변형과, 집중현상·단면 폐합시기 결정 등 최종적인 변위량을 예측하고, 락볼트, 샷크리트의 추가시공 여부와 2차 콘크리트 라이닝(Lining) 타설시기 판단 등, 시공의 안정성·지보효과·시공시기와 방법·붕괴 예측 등의 안정상태 파악에 최우선적으로 이용되며, 특히 터널 상부 지표부, 지반 토피가 얇은 경우, 고결도가 낮은 지반 또는 층리·절리·단층·파쇄대등 붕괴 우려지역 및 이완영역 예상구간 주변 등은 터널굴착 3주정도 이전에 다층지중변위계(Borehole Rod Extensometer)와 침하핀 또는 지표침하계를 설치하여 지표면의 침하변화와 지표에 미치는 이완영역을 감시하고, 터널에 작용하는 하중 영향에 의한 천단침하계 및 내공변위계, 락볼트의 적정길이·지보효과와 주변지반의 안전을 확인해야 한다.

상부 및 주변 지반 상황에 따라서는, 지반표면 경사계나 지중경사계, 지하수위계 등을 설치하며, 지중변위계를 자석식 층별침하계로 터널굴착에 의한 지반 이완상태 파악의 수단으로 대체하는 경우도 있다.

기기종류	규격	업무 정의
천단침하 및 내공변위계		<p>천단 및 내공변위를 측정하기 위해서는 주로 반사경(Bireflex Target)을 설치하고 광파 측량하여 변위를 3차원으로 측정하고, 내공변위계(Tape Extensometer : Steel Tape)의 Hook를 걸어 변위 상태를 측정하는 방식도 있다. 터널 단면의 대각방향에 2·4·6·8의 복수 Point와 터널천단에 내공변위핀(φ19~22mm x 20cm정도)을 천공하여 삽입하고 Grouting으로 고정하여 설치한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 수평, 수직을 유지하며 천공 및 그라우팅 배합 등 확인 → 계측기 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
막장면관찰조사 (Face mapping)		<p>터널 굴착 중에는 설계 시 조사된 지반조건과 일치 하는지를 확인하고, 전방의 지질변화를 예측하여 지보패턴의 적합성을 파악하기 위하여 매 굴착 단면에 대해서 막장면 관찰조사(Face mapping)를 실시한다.</p> <p>막장면 관찰조사 시에는 막장 관찰도와 측면전개도를 작성하여야 하고 막장면 사진을 첨부하여야 하고 막장면 관찰자는 관찰결과를 바탕으로 암반분류를 실시하고, 터널지질도를 작성하여 터널공사에 필요한 제반 지반공학적 정보를 제공. 단면상 조사위치 확인 시 치핑(chipping)등을 실시하고 필요시 부석등을 제거 → 점검, 검사 → 조사, 사진촬영, 스케치(shopdrawing)의 순서로 관찰 조사한다.</p>
락볼트인발시험		<p>락볼트 인발시험은 락볼트의 시공 후의 정착 효과를 판정하기 위하여 실시하는 시험으로, 하중 단계별로 변위를 측정하여 하중 변위곡선을 작성하고 하중 변위곡선을 분석하여 락볼트 품질관리를 위한 인발내력을 결정한다.</p> <p>단면상 시험위치 확인 시 락볼트의 축방향을 유지하며 시험기 설치 → 점검, 검사 → 단계별시험의 순서로 시험한다.</p>
지중변위계		<p>터널 내의 반경(Radial)방향 이완영역을 파악하고, 내공변위·지표부 다층지중변위계·락볼트(Rock Bolt) 축력측정 결과와 연관하여 락볼트의 적정깊이 설정 판단에 활용하게 되므로 락볼트 축력계와 연관하여 활용된다.</p> <p>이는 다층지중변위계(Borehole Rod Extensometer)의 하향 앵커방식을 터널내 암반에의 락볼트 시공방향과 동일하게 상향 착암공에 장착하는 방식의 차이가 있을 뿐이다.</p> <p>변위측정 방식에 따라 다이얼 게이지(Dial Gauge)로 측정하는 수동식과 센서(Potentiometer, V/W Readout Unit)타입으로 측정할 수 있는 종류로 구별되며 개소당 4point가 주로 이용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 수평, 수직을 유지하며 천공 및 그라우팅 배합 등 확인 → 계측기 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
락볼트축력계		<p>샷크리트(Shotcrete)와 함께 터널굴착시의 대표적인 지보공인 락볼트(Rock Bolt)의 축력을 계측하여 락볼트의 유효성(유효깊이·수량·응력 등)을 검증하기 위한 계측이다.</p> <p>암반의 거동이나 이완·절리등에서 하중에 의한 축력으로 발생하는 미세한 변형을 각 지점에서 측정하여 인발 항복점과 강도와의 관계와 이완영역 파악에 의한 장력·정착효과의 판단으로 적정깊이·증설여부를 결정한다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 수평, 수직을 유지하며 천공 및 그라우팅 배합 등 확인 → 계측기 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
<p><b>-shotcrete-응력계</b></p>		<p>굴착중인 터널의 배면 토압 크기와 분포, 암반팽창 등 터널 지보재인 shotcrete (Shotcrete)의 파괴, 응력 집중 등을 감시하기 위하여, 원지반과의 경계면과 shotcrete 내에 설치하여, 축방향 응력·축압계수·내응력 측정으로 Shotcrete의 안정성과 추가 지보공의 필요성, 1·2차 타설 두께 등을 설정하게 하는 계측수단이다. 터널 반경방향(Radial) 센서와 직각방향(Tangential) 센서로 조합된 2축 Sensor로 응력을 측정하며, 락볼트 축력계·지중변위계·전단/내공변위계와 조합되어, 터널에 작용하는 힘의 크기와 방향을 계측하게 되고, shotcrete의 두께와 2차 타설시 기 등의 결정에 이용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 축방향을 유지하며 계측기 설치 → shotcrete 타설시 파손에 대비한 보호조치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p><b>라이닝-응력계</b></p>		<p>터널 라이닝(Tunnel Lining)의 배면 토압 크기와 분포, 암반팽창, shotcrete 및 라이닝(Lining)의 파괴 감시를 위하여 shotcrete 경계면과 라이닝 내에 설치하여, 라이닝의 내부 응력상태 측정을 통한 터널의 안정성 평가를 하는 계측수단이다. 터널반경 방향(Radial Sensor)과 직각방향(Tangential Sensor)으로 조합된 2축 Sensor로 응력을 측정하며, 터널 라이닝 응력변화에 따른 구조물의 안정성을 판단하는데 이용된다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 축방향을 유지하며 계측기 설치 → 라이닝 타설시 파손에 대비한 보호조치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
<p><b>전단면 내공변위계 (내공형상변위계)</b></p>		<p>전단면 내공변위계(내공형상변위계)는 터널이나 지하굴착 구조물 시공에 따른 터널의 변형 크기나 경향, 비율을 파악하는데 사용된다. 터널내공에 터널단면의 크기에 따라 센서 길이를 0.5~1.0m 정도로 하여 단선터널의 경우 8~10개, 복선터널의 경우 14~16개의 센서를 터널내공의 벽면에 따라 벽체에 밀착되게 설치한다.</p> <p>터널내공에 발생된 변위값을 현재 계측값과 초기값 + 좌표 이동으로 환산 할 수 있으며, 전단면내공변위계는 설치부근치의 터미널박스에 센서의 신호케이블을 접속한 후 반자동으로 계측하거나 유·무선 자동계측시스템(Data Logger)을 이용하여 원거리 계측이나 무인 운용을 할 수 있다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 개소별 터널내공의 축방향을 유지하며 돌출되어 파손 및 피해가 발생하지 않도록 최대한 벽면에 밀착하여 견고히 부착(매설형은 라이닝 타설시 파손에 대비한 보호조치) → 계측기 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

기기종류	규격	업무 정의
<p>도상침하계 (침하형상변위계)</p>	<p>콘크리트/레일</p>	<p>철도 노반을 인접하여 도심지 공사가 진행되거나 철도 노반 하부를 관통하는 지하차도 또는 터널공사가 진행될 경우 인접 지역의 토목 공사는 철도 노반에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제가 예상될 때 도상침하계(침하형상변위계)는 레일의 침하 크기나 경향을 쉽게 측정할 수 있다.</p> <p>노반위에 발생된 변위값을 현재 계측값과 초기값이 좌표이동으로 환산하고 변위형태를 그래프 형태 또는 절대형상(Profile)로 재현할 수 있다.</p>
	<p>자갈</p>	<p>도상침하계는 설치지점 끝단에 터미널 박스를 설치한 후 센서의 케이블을 접속하여 반자동으로 계측하거나 유·무선 자동계측시스템(Data Logger)을 이용하여 원거리 계측이나 무인 운용을 할 수 있다.</p> <p>설치는 단면상 설치위치 확인 시 레일 혹은 도상에 견고히 고정하여 돌출이나 탈착되어 피해가 발생하지 않도록 최대한 밀착하여 견고히 부착 → 계측기 설치 → 보호커버 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

**(6) 동적특성 계측 및 기타 계측기기**

동적특성의 계측은 지구 환경적인 영향에 의하여 발생하는 제반요인 중, 특히 구조물과 기초지반 변형에 지대한 영향을 미치는 지진·진동을 비롯하여 파향파고와 소음진동 등에 대한 계측이며, 지진가속도계(지진계)·파향파고계·소음진동측정계 등의 대표적인 기기가 활용되며, 필요에 따라 적정개소에 설치된다.

또한, 계측의 정밀도 향상과 편의도 및 특수조건에 따라 목적에 알맞게 개발된 특정 기기나 시스템의 설치가 요구되기도 하며, 기존의 성능을 복합한 기종들이 개발되어, 연속침하 측정기나 다층 정밀 층별침하계·자동삼입식 경사계·고감도 간극수압계·누수량 측정장치 등이 개발되어 실용화 되었다.

기기종류	규격	업무 정의
파향파고계	부의식	파향파고계는 해상 공사현장 인근의 파고, 파향, 조류방향, 수온 등 해양 기초자료를 주기적으로 수집하고 태풍, 해일과 같은 재해 발생에 대비하여 데이터를 취득하여 원활한 시공관리를 하는데 주로 이용된다. 현장 여건에 따라 부의식(수압식/초음파식), 매립식(수압식/초음파식), 육상/구조물거치식(레이더식)으로 나눌 수 있으며, 매립식은 데이터 저장 후 일정기간마다 컴퓨터에 전송받는 반자동 방식에 사용된다.
	매립식	
	육상거치식	설치는 설치위치 확인 시 해상부표 설치 → 해저면의 상태확인 → 센서 및 지그설치 → 모래주머니 등으로 보호조치 → 2차 고정점을 설치하고 케이블에 일정간격으로 부위설치 → 점검, 검사 순서로 설치한다

(7) 자동계측

자동계측은 계획·설계에서부터, 기계식이 제외된 센서식 검지(출)로부터 전기식 변환을 전제로, 유·무선식 전송방식(On·Off Line)의 선택에 의한 케이블의 유무 및 그 한계와 범위(현장 또는 운영본부 및 중앙집중식·영구관리)에 따라 실시간(Real-time Control System)으로 운영되어야 하므로, 설치과정에서부터 선정 기준에 의한 설치방식과, 전원공급 확보(배터리, 태양전지, 전력 등), 안전상태 감지에 수반되는 기상조건(온도, 습도, 기압, 풍속, 강우, 적설, 조위, 낙뢰, 압력) 및 수행 기간과 목적(시공관리, 영구운영관리)에 부합되는 제반 부대시설 설치가 데이터의 정밀도·정확성·편의성과 함께 관리비용(경제성)이 비교 검토되어, 사전·사후 연속성과 기대효과(결과 해석)가 극대화되어, 자동계측(정보화 시공)의 결과를 획득할 수 있어야 한다.

따라서 자동계측이 시공현장 중심 또는 중앙집중식과 전용선 On·Off Line이나 무선(RF·LTE·LoRa등) 방식의 선택과 복합정도·한계를 활용한 데이터의 수록·저장장치와 변환장치의 자동 측정장치(Data Logger)와 컴퓨터, 프린터 등의 기능이 복합된 시스템에 소프트웨어(분석·해석 프로그램)의 확보와 개발로 피드백(Feed back) 할 수 있는 운영시스템이 구축되어야 하므로 다양한 설계에 따른 설치비용을 고려해야 한다.

기기종류	규격	업무 정의
<p>현장조사 및 분석</p>		<p>계획·설계·조사단계에 수립된 계측대상과 목적·설치조건 및 경제성을 고려한 측정기기의 종류와 성능·정밀도·편의성 등이 고려되어, 측정 방식과 빈도·기간이 설정되어야 하며, 반자동계측이나 자동계측 방식으로 선정하여야 한다.</p>
<p>반자동화 및 자동화 시스템 설치</p>		<p>반자동화 및 자동화 계측시스템의 구축은 계획·설계에서부터, 기계식이 제외된 센서식 검지(출)로부터 전기식 변환을 전제로, 유·무선식 전송방식(On·Off Line)의 선택에 의한 케이블의 유무 및 그 한계와 범위(현장 또는 운영본부 및 중앙집중식·영구관리)에 따라 실시간(Real-time Control System)으로 운영되어야 하므로, 설치 과정에서부터 선정 기준에 의한 설치방식과, 전원공급 확보(배터리, 태양전지, 전력 등), 안전상태 감지에 수반되는 기상조건(온도, 습도, 기압, 풍속, 강우, 적설, 조위, 낙뢰, 압력) 및 수행기간과 목적(시공관리, 영구운영관리)에 부합되는 제반 부대시설 설치가 데이터의 정밀도·정확성·편의성과 함께 관리비용(경제성)이 비교 검토되어, 사전·사후 연속성과 기대효과(결과 해석)가 극대화되어, IoT 자동계측시스템(정보화 시공)의 결과를 획득할 수 있어야 한다.</p> <p>따라서 IoT 자동계측시스템이 시공현장 중심 또는 중앙집중식과 전용선 On·Off Line이나 무선(RF·LTE·LoRa등) 방식의 선택과 복합정도·한계를 활용한 데이터의 수록·저장장치와 변환장치의 자동 측정장치(Data Logger)와 컴퓨터, 프린터 등의 기능이 복합된 시스템에 소프트웨어(분석·해석 프로그램)의 확보와 개발로 피드백(Feed back) 할 수 있는 운영시스템이 구축되어야 하므로 다양한 설계에 따른 설치비용을 고려해야 한다.</p>

기기종류	규격		업무 정의
<p style="text-align: center;"><b>계측관리 프로그램 제작</b></p>	<p style="text-align: center;">분석</p>	<p>정적계측 프로그램</p>	<p>반자동화 및 자동화 계측시스템의 구축은 계획·설계에서부터, 기계식이 제외된 센서식 검지(출)로부터 전기식 변환을 전제로, 유·무선식 전송방식(On·Off Line)의 선택에 의한 케이블의 유무 및 그 한계와 범위(현장 또는 운영본부 및 중앙집중식·영구관리)에 따라 실시간(Real-time Control System)으로 운영되어야 하므로, 설치과정에서부터 선정 기종에 의한 설치방식과, 전원공급 확보(배터리, 태양전지, 전력 등), 안전상태 감지에 수반되는 기상조건(온도, 습도, 기압, 풍속, 강우, 적설, 조위, 낙뢰, 압력) 및 수행기간과 목적(시공관리, 영구운영관리)에 부합되는 제반 부대시설 설치가 데이터의 정밀도·정확성·편의성과 함께 관리비용(경제성)이 비교 검토되어, 사전·사후 연속성과 기대효과(결과 해석)가 극대화되어, IoT 자동 계측시스템(정보화 시공)의 결과를 획득할 수 있어야 한다.</p>
		<p>동적계측 프로그램</p>	
		<p>정·동적 복합 프로그램</p>	
	<p style="text-align: center;">설계</p>	<p>정적계측 프로그램</p>	<p>따라서 IoT 자동계측시스템이 시공현장 중심 또는 중앙집중식과 전용선 On·Off Line이나 무선(RF·LTE·LoRa등) 방식의 선택과 복합정도·한계를 활용한 데이터의 수록·저장장치와 변환장치의 자동 측정장치(Data Logger)와 컴퓨터, 프린터 등의 기능이 복합된 시스템에 소프트웨어(분석·해석 프로그램)의 확보와 개발로 피드백(Feed back) 할 수 있는 운영시스템이 구축되어야 하므로 다양한 설계에 따른 설치비용을 고려해야 한다.</p>
		<p>동적계측 프로그램</p>	
		<p>정·동적 복합 프로그램</p>	
	<p style="text-align: center;">구현</p>	<p>정적계측 프로그램</p>	<p>설치비는 별도로 실비정액가산방식을 적용하여 정산하며, 이에 소요되는 기술인력 Team이 함께 구성되어야 한다.</p> <p>계측 Team은 지반분야 전문기술인력과 토목 및 제어계측, 전기전자등 정보통신 기술분야의 기술자로 구성되어, 시스템 운영을 전담하는 기술업무 수행조직이 되어야한다.</p> <p>자동계측 운영시스템의 Team 구성은 현장조사 및 분석, 기술검토, 설계등의 업무를 수행한다.</p>
		<p>동적계측 프로그램</p>	
		<p>정·동적 복합 프로그램</p>	
	<p style="text-align: center;">시험</p>	<p>정적계측 프로그램</p>	<p>반자동화 및 자동화시스템 설치의 경우 단면상 설치위치 확인 시 대상 계측항목 및 시스템 구성검토 → 현장조사 및 시스템 설치 → 호환성 및 확정성 확인 및 신호수집, 데이터 연계 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p> <p>계측관리프로그램 제작은 분석 → 설계 → 구현 → 시험의 순서로 제작하여 각 단계별 필요 기술자 및 등급을 인원별로 산출한다.</p>
		<p>동적계측 프로그램</p>	
		<p>정·동적 복합 프로그램</p>	

기기종류	규격	업무 정의
통신시스템 설치	광통신	<p>광섬유 통신은 빛을 이용한 통신방식으로 전기적인 신호를 빛으로 바꾸어주는 발광 소자가 있는 송신측이 있으며 광섬유를 통하여 빛 신호를 전송하는 광섬유 전송로와 전송된 빛 신호를 다시 전기신호로 변환하는 수광소자가 있는 수신측을 결합함으로써 광통신 시스템이 구성된다.</p> <p>무선통신이란 전자기파를 이용한 통신방법과 사람의 가청주파수를 넘는(들을 수 없는) 초음파 영역을 이용한 통신방법으로 일반신호(사람목소리등)를 고주파와 합성하여 전파를 통해 전송하고 수신측에서 이렇게 받은 고주파 신호를 처리하여 다시 원래의 신호로 바꾸는 방법을 말한다.</p>
	무선	<p>넓은 의미의 무선통신은 적외선을 이용하는 텔레비전 리모콘과 같이 수미터 이내에서 작동하는 것에서부터 위성통신과 같이 수천킬로미터 떨어진 곳에서 이루어지는 것까지 다양하다. 전파(공간파)를 이용하는 “Radio Communication” 은 일반적으로 “무선통신” 이라 불리지만 그 외에 적외선, 가시광선등(레이저, LED등)을 이용한 광무선통신, 음파 또는 초음파를 이용한 음향통신도 광범위의 무선통신(와이어리스)에 속한다.</p>
	TCP/IP	<p>TCP/IP는 패킷 통신방식의 인터넷 프로토콜인 IP(인터넷프로토콜)와 전송조절 프로토콜인 TCP(전송제어프로토콜)로 이루어져 있다. IP는 패킷전달 여부를 보증하지 않고, 패킷을 보낸 순서와 받는 순서가 다를수 있다. TCP는 IP위에서 동작하는 프로토콜로, 데이터의 전달을 보증하고 보낸 순서대로 받게해 준다. HTTP, FTP, SMTP등 TCP를 기반으로 한 많은 수의 애플리케이션 프로토콜들이 IP위에서 동작하기 때문에 묶어서 TCP/IP로 부르기도 한다.</p> <p>설치는 자동화시스템 설치 시 현장여건에 적합한 통신방식을 선정 → 통신설비 및 지그등 부속 기자재 설치 → 보호함체등 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>
전원공급장치	상시전원	<p>계측시스템은 현장의 안전관리와 시공성 확보를 목적으로 하는 설비로 24시간 전원을 공급하여야 하며, 필요시 태양전지, 무정전전원장치와 배터리 같은 보조수단을 강구하여야한다.</p> <p>태양전지는 빛에너지가 전기로 바뀌는 현상을 광기전효과(photovoltaic- effect)라고 부르며, 이런 전기 기구를 태양전지, 광기전력전지(photo-voltaiccell) 혹은 간단히 광전지라고 부른다.</p>
	태양전지	<p>태양전지 또는 광전지는 태양에너지를 전기에너지로 변환할 수 있는 장치를 말한다. PN접합면을 가지는 반도체 접합영역에 금지대 폭보다 큰에너지의 빛이 조사되면 전자와 양공이 발생하여 접합영역에 형성된 내부전기장이 전자는 N형 반도체로 양공은 P형 반도체로 이동시켜 전력이 발생한다.</p>
		<p>N형 반도체, P형 반도체 각각 부착된 전극이 부극과 정극이 되어 직류전류를 취하는 것이 가능해진다.</p> <p>설치는 자동화시스템 설치시 현장여건에 적합한 전원공급장치 선정 → 전원설비 및 지그등 부속 기자재 설치 → 보호함체등 설치 → 점검, 검사의 순서로 설치한다.</p>

(8) 계측기 설치용 시추

지하굴착이나 사면, 절토 인접지반, 연약지반의 개량이나 성토공사에서 성토나 구조물 등에 의한 토층별 침하와 수평변위를 공 내에 설치된 계측기를 통하여 파악 코자 하는 계측이다.

① 육상시추

업무 구분	업무 정의																																		
<p><b>토질시추</b></p>	<p>토질시추는 싱글코아 바렐을 이용하여 굴진함을 원칙으로 한다.                      각 지층의 구분은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 점성토 : 주로 직경 1/16mm 이하의 입도를 가진 세립질 흙</li> <li>- 사질토 : 직경 1/16mm 이상 2mm 이하의 모래질로 구성된 지층</li> <li>- 사력 : 직경 2mm 이상 256mm 이하의 모래와 자갈로 구성된 지층</li> <li>- 호박돌(진석) : 직경 256mm 이상의 큰 자갈을 포함하는 모래와 자갈로 구성된 지층 굴진비에는 채취되는 시료의 해석비를 포함한다.</li> </ul>																																		
<p><b>암반시추</b></p>	<p>본 암반분류 기준은 시추 난이도에 중점을 둔 것으로, 공학적 연·경암 분류 기준과는 다소 다를 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 암중에 따른 분류 : 풍화되지 않은 신선한 암반 기준</li> <li>- 풍화변질도에 따른 분류 : 암중에 따른 분류 우선</li> <li>- 일축압축강도 : 관정구간 전체를 대표할 수 있는 시험편의 일축압축강도 기준.</li> <li>- 탄성파속도 : 현장암반 P파속도와 시험편의 실내시험 P파속도로 구분</li> </ul> <table border="1" data-bbox="368 1093 1431 1581"> <thead> <tr> <th data-bbox="368 1093 451 1240">암반 분류</th> <th data-bbox="451 1093 700 1240">시추상황 (비트기준)</th> <th data-bbox="700 1093 874 1240">대표암종 (신선암 기준)</th> <th data-bbox="874 1093 1062 1240">풍화도 (광물 변질도)</th> <th data-bbox="1062 1093 1187 1240">암석일축 압축강도 (MPa)</th> <th data-bbox="1187 1093 1310 1240">시험편 P파속도 (km/sec)</th> <th data-bbox="1310 1093 1431 1240">현장암반 P파속도 (km/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="368 1240 451 1344">풍화암</td> <td data-bbox="451 1240 700 1344">Metal crown bit로 굴삭, 무수보링 가능</td> <td data-bbox="700 1240 874 1344">-</td> <td data-bbox="874 1240 1062 1344">암 내부까지 풍화 광물 대부분 변질</td> <td data-bbox="1062 1240 1187 1344">5이하</td> <td data-bbox="1187 1240 1310 1344">1.8이하</td> <td data-bbox="1310 1240 1431 1344">1.2이하</td> </tr> <tr> <td data-bbox="368 1344 451 1447">연 암</td> <td data-bbox="451 1344 700 1447">Metal crown bit로 굴삭 가능, 코어 회수율 낮음</td> <td data-bbox="700 1344 874 1447">미고결 퇴적암</td> <td data-bbox="874 1344 1062 1447">암 내부까지 풍화, 광물 부분 변질</td> <td data-bbox="1062 1344 1187 1447">30이하</td> <td data-bbox="1187 1344 1310 1447">3.3이하</td> <td data-bbox="1310 1344 1431 1447">2.5이하</td> </tr> <tr> <td data-bbox="368 1447 451 1581">보통암</td> <td data-bbox="451 1447 700 1581">Diamond bit로 굴삭, Metal crown bit로 굴삭시 비효율</td> <td data-bbox="700 1447 874 1581">사암, 사질세일 편암류 화산 쇄설암</td> <td data-bbox="874 1447 1062 1581">불연속면을 따라 다소 풍화 진행, 광물 일부 변색</td> <td data-bbox="1062 1447 1187 1581">30~80</td> <td data-bbox="1187 1447 1310 1581">3.0~4.8</td> <td data-bbox="1310 1447 1431 1581">2.0~3.5</td> </tr> </tbody> </table>							암반 분류	시추상황 (비트기준)	대표암종 (신선암 기준)	풍화도 (광물 변질도)	암석일축 압축강도 (MPa)	시험편 P파속도 (km/sec)	현장암반 P파속도 (km/sec)	풍화암	Metal crown bit로 굴삭, 무수보링 가능	-	암 내부까지 풍화 광물 대부분 변질	5이하	1.8이하	1.2이하	연 암	Metal crown bit로 굴삭 가능, 코어 회수율 낮음	미고결 퇴적암	암 내부까지 풍화, 광물 부분 변질	30이하	3.3이하	2.5이하	보통암	Diamond bit로 굴삭, Metal crown bit로 굴삭시 비효율	사암, 사질세일 편암류 화산 쇄설암	불연속면을 따라 다소 풍화 진행, 광물 일부 변색	30~80	3.0~4.8	2.0~3.5
암반 분류	시추상황 (비트기준)	대표암종 (신선암 기준)	풍화도 (광물 변질도)	암석일축 압축강도 (MPa)	시험편 P파속도 (km/sec)	현장암반 P파속도 (km/sec)																													
풍화암	Metal crown bit로 굴삭, 무수보링 가능	-	암 내부까지 풍화 광물 대부분 변질	5이하	1.8이하	1.2이하																													
연 암	Metal crown bit로 굴삭 가능, 코어 회수율 낮음	미고결 퇴적암	암 내부까지 풍화, 광물 부분 변질	30이하	3.3이하	2.5이하																													
보통암	Diamond bit로 굴삭, Metal crown bit로 굴삭시 비효율	사암, 사질세일 편암류 화산 쇄설암	불연속면을 따라 다소 풍화 진행, 광물 일부 변색	30~80	3.0~4.8	2.0~3.5																													

② 해상시추

업무 구분	업무 정의
해상시추	<p>시추장비의 총중량(total capacity)을 유지시킬 수 있는 작업대(좌대, 바지선)의 규모에 따른 가시설 방법 및 선택이 가장 중요하며, 시추목적별 요구자료의 한계, 내항·외항·협수로·호소 등의 입지에 의한 장애(출입통제·진출입조건 등), 조차·최대수심·파랑의 상태·조류의 유속·해저지면의 상태 및 예상 토질분포 또는 지반지질·지형과 계절적인 특성에 따라, 시추심도·자료수집을 위한 구경 종류와 방법 등을 검토하고, 개소당 예상되는 소요일수와 이동거리 및 방법, 지역별 예상 가동일수 등을 고려한 수행 시추장비의 총 상재하중과, 부대장비 및 가시설(창고·사무실 등)을 포함한 설치면적 등을 종합 검토하여, 안전하게 수행 가능한 작업대를 선택하여 투입함이 가장 중요하다.</p> <p>해상 조사는 언급한 바와 같이 특수한 환경여건과, 이에 수반되는 방법상의 특수성으로 인해 표준화나 기준설정은 곤란하나, 가장 중요한 것은 작업장의 준비이다. 해상 작업대의 종류는 비계 파이프를 이용하거나, 타워형 강재로 제작하여 이동 설치하는 고정식 작업대 종류와, float형 바지와 반 잠수식의 pontoon barge 및 jack-up형 반고정식 바지 등이 활용되며, 작업대의 이동·운반에 이용되는 작업선·예인선·기중기선 등은 대부분이 임차로 수행되므로 규모나 능력에 알맞게 선택해야 한다.</p>