

레벨 측량기류의 측정가이드

- 자동레벨, 정밀레벨 및 틸팅 레벨, 디지털레벨, 레이저레벨의 측정 방법-

Guide for measurement of level instruments.

- Measurement of auto levels, tilting levels, digital levels and laser levels -

2018. 7.

한국표준과학연구원

이 측정가이드는 측정·시험 절차가 없는 신제품(기술)에 대한 신뢰성 제고를 위해 개발되었습니다. 현재까지의 축적된 경험과 과학적 사실에 근거해 해당분야 전문가에 의해 작성되었고 새로운 과학적 타당성이 확인될 경우 언제든지 개정될 수 있습니다.

또한, 이 측정가이드에 기술된 내용은 권고사항으로 법적인 구속력을 갖지 않습니다. 제시된 방법은 최신의 규정과 과학적 근거를 바탕으로 기술한 것으로 추후 관련 규정 개정 및 과학의 발전으로 수정 될 수 있습니다.

이 측정가이드에 대한 의견이나 문의사항이 있을 경우 한국표준과학연구원 중소기업협력센터로 연락 주시기 바랍니다.

전화번호: (042) 868-5781

측정가이드 제·개정 이력

개정 번호	일 시	개정사유	작 성 자	
			소 속	성 명
0	2018.07.01	최초 제정	한 국 표 준 과 학 연 구 원	서호성
최종 제·개정 심의위원			한 국 산 업 기 술 시 험 원 충 남 대 학 교 토 탈 술 루 셴 현 대 삼 호 중 공 업 대 우 조 선 해 양	노현수 윤희천 정원복 조석현 주승채

※ 심의위원 명단은 '가나다' 순서임.

목 차

서 문	1
개 요	1
1. 적용범위	2
2. 인용표준	3
3. 용어의 정의	3
3.1 기포관 및 그 감도	3
3.2 시준선과 그 진직도	4
3.3 스타디아 선(Stadia line)	5
3.4 절대수평 기준선	5
3.5 자동보상기구	5
4. 레벨의 각종 측정 항목	5
4.1 자동레벨에서의 측정	6
4.2 틸레벨(정밀레벨)에서의 측정	14
4.3 디지털레벨에서의 측정	16
4.4 레이저레벨에서의 측정	20
5. 측정의 정확도와 안정성	22
5.1 온도.....	22
5.1 레벨의 정도	22
6. 측정 보고서	22
7. 측정보고서에 표시 내용.....	23
7.1 레벨의 표시	23
7.2 측정 조건.....	23
부속서 A (규정) 한국산업규격, KS B 5547-1993, 레벨 Levels,	24
해설서	31
참고문헌	32

레벨 측량기류의 측정가이드

- 자동레벨, 틸팅 레벨, 디지털레벨, 레이저레벨의 측정 방법 -

Guide for measurement of level instruments.

- Measurement of auto levels, tilting levels, digital levels and laser levels -

서 문

이 가이드는 레벨 측량기류의 측정가이드로서, 자동레벨, 틸팅 레벨, 디지털레벨 및 레이저레벨의 측정 방법을 포함한다.

개 요

기존의 KS표준 KS B 6647-1993 의 레벨의 규격에서는 레벨의 종류에 따라 각각 다를 수가 있지만, 대체적으로 망원경배율, 대물렌즈의 유효지름, 망원경의 분해능, 시준선의 진직도, 스타디아선의 정확도, 기포관의 감도, 기포관의 균일도, 기구부의 반복 정밀도, 자동보상기구의 정밀도, 눈금판의 정확도, 눈금판의 편심 등의 측정법을 제시하고 있어서 1개의 장비를 측정하거나 교정하는데 이 모든 양을 교정하거나 검사할 수가 없다. 2001년에 개정된 ISO 17123-2 Levels 은 시험현장에서 레벨의 반복도를 시험하는 규격으로 장비의 교정이나 눈금값의 신뢰성 및 불확도에 대한 개념이 없어 교정이나 장비의 성능 검사에는 적합하지 않다.

최근에 레이저레벨, 디지털레벨 등 최신의 장비들이 도입되고 있으나 그 특성에 따른 교정 또는 측정법이 마련되어 있지 않아 사용자들이 많은 어려움을 겪는 경우가 있다.

그러므로 레벨의 사용 특성이나 활용도를 고려하여 대표적으로 중요한 파라미터의 측정법에 대하여 본 측정가이드에서 다루기로 한다.

- 1) 자동레벨일 경우에는 시준선의 수평정도, 시준선의 진직도, 스타디아선의 정확도, 자동보상기구의 작동범위측정
- 2) 틸팅레벨 또는 정밀레벨일 경우에는 기포관의 감도, 광학쇄기의 정확도, 광학마이크로미터의 정확도
- 3) 디지털레벨일 경우에는 디지털 표적의 정확도, 고저 및 거리 측정의 정확도, 자동보상기구의 작동범위,
- 4) 레이저레벨일 경우, 수평레이저 빔의 수평각의 정도, 수직레이저빔의 수직각 정도를 측정한다.

1. 적용범위

이 가이드는 레벨 망원경의 시준축(시준선)으로 하거나 레이저 수평 빔 광선을 기준 시준선으로 하여 두 점 간의 고저를 측정하는 레벨에 관하여 적용한다.

레벨의 종류는 표 1과 같으며 본 측정가이드에서 다루는 주요한 교정 품목을 나타내었고, 이들 교정품목의 교정 방식과 측정 절차를 기술하였다.

<표 1> 레벨의 종류

종류	레벨의 기능적 특성	본 측정 가이드에서 다루는 주요한 교정항목	비고
자동레벨	범용의 자동수평 보정장치를 내장한 광학식 레벨	<ul style="list-style-type: none"> - 시준선의 수평각 - 시준선의 진직도 - 자동보상기구의 작동 범위 - 스타디아선의 배율 	
틸팅레벨 (정밀레벨)	망원경 시준선의 기울기를 정밀조정할수 있는 기구를 내포하고, 광학쇄기 및 광학마이크로미터를 장착하여 정밀 레벨측정이 가능한 광학식 레벨	<ul style="list-style-type: none"> - 기포관의 감도 - 광학쇄기의 각도눈금 정확도 - 광학마이크로미터의 정확도 	
디지털레벨	디지털표척의 높이와 거리측정을 자동 측정하는 정밀 디지털식 전자-광학식 레벨	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털 표척 눈금 - 높이 및 거리 측정 	
레이저레벨	수평으로 스캔된 레이저광과 수직기준레이저 광선이나 수직 스캔된 레이저빔을 동시에 제공하는 레이저 빔 발생식의 레벨	<ul style="list-style-type: none"> - 수평으로 설치된 CCD카메라를 장착한 시준기를 이용한 수평레이저 빔의 수평각 - 수평으로 설치된 CCD카메라를 장착한 시준기와 펜타프리즘을 이용한 레이저 수직빔의 수직각 	

2. 인용표준

다음에 나타내는 표준은 이 가이드에 인용됨으로써 이 가이드의 규정 일부를 구성한다.
이러한 인용 표준은 그 최신판을 적용한다

KS B 5547-1993 레벨, Levels

ISO 17123-2 : 2001, Optics and optical instruments – Field Procedures for testing geodetic and surveying instruments Part 2: Levels

3. 용어의 정의

이 가이드에서 사용하는 용어의 정의는 KS B 5547-1993 레벨, Levels

ISO 17123-2 :2001, Optics and optical instruments – Field Procedures for testing geodetic and surveying instruments Part 2: Levels 등에 의거하여 아래의 정의를 따른다.

3.1 기포관과 그 감도

기포관은 봉(베럴, 포도주 저장통)형의 기포관과 원형의 기포관이 있는데, 기포관 안에는 알코올과 에테르의 혼합액과 약간의 기포가 들어있는 유리기포관으로서 지구의 중력방향에 대하여 직각 방향인 수평을 검출할 수 있다. 원형의 기포관은 단면이 구(球)형의 일부분으로 이루어진다. 기포관의 감도는 기포관의 단면의 곡률반경과 관련하여 다음과 같은 이론이 성립한다. 즉, 기포관의 이동량은 $\Delta L[m] = R[m] \cdot \alpha[\text{radian}]$ 으로 주어진다. 여기서 R은 기포관의 곡률반경, α (단위: 초("))는 기포가 기포관 한 눈금(2mm) 이동량에 대한 중심각이다.

그림 1에서 각도와 원주의 관계를 비례식으로 표현하면,

$$\Delta L : 2\pi R = \alpha : 360^\circ \text{ 이므로}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{\Delta L}{R} \approx 206,265'' \frac{\Delta L}{R}$$

(1)

ΔL 이 2mm이므로 만약에 곡률반경이 10m이면,

$$\alpha = 206,265'' \frac{\Delta L}{R} = 206,265 \frac{2\text{mm}}{10\text{m}} \approx 41'' \approx 40'' \text{ 이다.}$$

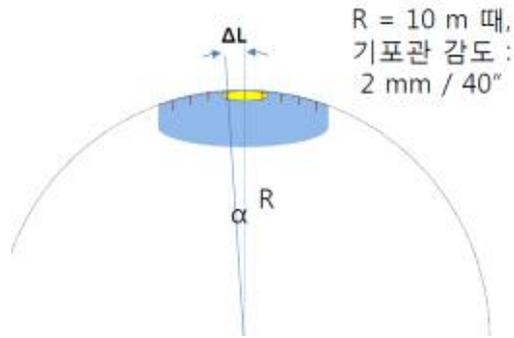


그림 1 기포관의 원리도와 감도

<표 2>는 기포관의 곡률반경과 감도와 관계를 표현한 것이다.

<표 2> 기포관의 곡률반경과 감도와 관계

기포관 곡률반경(R)	기포관 감도(sensitivity)
5 m	2 mm / 80"
10 m	2 mm / 40"
20 m	2 mm / 20"
40 m	2 mm / 10"
50 m	2 mm / 8"

3.2. 시준선과 그 진직도

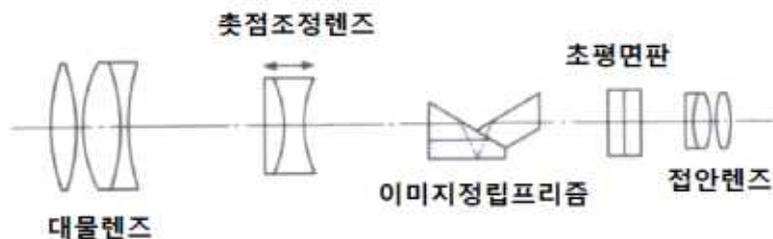


그림 2. 레벨의 광학계

레벨의 광학구조도는 그림 2 에서 보는 바와 같은 구조를 하고 있으며 대물렌즈를 통과하는 실체의 상은 초점조정렌즈를 통하여 초점이 초평면판에 결상된다. 이 중간에 상을 곧바로 세우는 이미지 정립프리즘이 있다. 초평면판에 결상된 정립상은 접안렌즈에 의해 확대된

실상으로 관측된다. 여기서 광학계의 가운데 수평선은 광축을 나타내며 측정에서는 시준선을 나타낸다

이상적인 광학계에서 이 시준선은 직선이다. 실제 광학계에서는 초점조정렌즈의 위치에 따라 이 시준선은 직선이 아닌 선이 된다.

3.3 스타디아 선(stadia lines)

삼각형의 닦은 꼴의 원리를 이용하여 측량기에서 물체 사이의 거리를 근사 측량 할 수 있게 하기 위해 초평면판에 있는 십자선의 상하에 나란히 그어진 2개 평행선을 가르킨다. 이 두선에 끼워진 표척의 간격(d)을 읽음으로서 거리를 측정할 수가 있다.

거리 $L = 100 * d + \text{가수}$ 가 된다.

아날랙틱 광학계를 채용한 레벨 광학계에서는 상수인 가수가 0 이 되도록 설계 제작되어져 있어서 거리 L 은 $L = 100 * d$ 가 된다.

3.4 절대수평 기준선

레벨을 이용하여 지상에서 공간상 두 점의 높이 차이를 측정하기 위해서는, 기포관에 연직선인 기준선이 존재하고 이 연직선은 지구중력에 나란하면 그 수직각인 수평각을 측정할 수가 있다. 즉, 수평선은 지오이드 면에 나란한 평면의 일부임을 알 수가 있다. 절대수평 기준선은 지오이드 면이다.

3.5 자동보상기구

일반적으로 측량측정에 있어서 수평기준선(시준선)을 이용하여, 두 점의 고저를 측정하기 위해서는 레벨이 작동범위 안에서는 어느 정도 기울어져도 시준선은 수평을 유지하는 기구를 말하며, 레벨 측량기인 자동레벨, 디지털레벨, 레이저레벨에는 이 기구를 채용하였다.

특히, 자동레벨에서 이를 위해 개발된 모듈이 자동보상기구이다.

4. 레벨의 각종 측정 항목

공간적인 두 점의 고저 차이를 측정하는 측량기인 레벨 중에서, 토목이나 건축 현장에서 가장 흔하게 사용되는 것이 자동레벨인데 이는 자동수평 보정장치를 내장한 광학식 레벨을 뜻한다. 또 정밀 기준점 측량에 주로 사용되는 정밀레벨 또는 틸팅레벨은 망원경의 시준선의 기울기를 정밀조정할 수 있는 기구를 내포하고 있는 광학마이크로미터 및 광학쇄기를 장착한 광학식 레벨을 말하며, 최근에는 이를 대체하는 자동화된 측정기가 상용화되어 많이 이용되고 있다. 기존의 눈금식 표척(staff)을 디지털표척으로 대체하고, 표척의 높이나 거리

를 디지털 읽음 방식으로 동작 메카니즘을 바꾸어 자동측정이 가능하도록 제작된 정밀레벨이 디지털레벨이다. 또 망원경을 통하여 눈으로 한 방향 만 시준하여 레벨을 측량에 사용하던 방식을 대신하여, 망원경 없이 두 점 또는 다점의 고저차이를 측정하는 방식은 모든 방향으로 다목적의 레벨 측정이 가능한 것이 레이저레벨이다. 최근에는 레이저 레벨센서를 활용한 그 편리성때문에 많이 보급되는 레벨 측량기이다. 이와 같이 다양한 레벨 측량기에서 주 관심사가 되는 측정량의 측정은 다음과 같이 측량기에 따라 나누어 기술하도록 한다.

4.1. 자동레벨에서의 측정

4.1.1. 시준선의 (절대)수평각 측정

레벨의 시준선의 수평각은 무한타켓 기준점에서 절대수평으로 설치된 콜리메이터를 기준으로 하여 수평각을 측정할 수가 있다. 콜리메이터나 이에 상응하는 시준기(autocollimator) 및 조정망원경(alignment telescope)등을 이용하여 수평을 설치 할 때에는 절대 연직면을 만드는 pendulum mirror를 이용하여 설치할 수가 있다. 이와 같은 절대수평기준기가 없을 때에는 보다 고정도의 정밀레벨이나 디지털레벨을 이용하여 기준수평을 만들 수가 있고 이를 이용하여 수평각 측정이 가능하다.

수평측정은 절대수평으로 설치된 콜리메이터의 시준선을 기준으로 시준선의 수평각을 측정하여 그 평균으로 레벨의 측정값으로 한다.

4.1.2 시준선의 진직도 측정

레벨의 광학계의 시준선이 단거리 초점에서부터 초점거리를 점점 늘려서 무한대까지 바꿀 때 각 시준점이 일직선상으로 이동하여야 하는데 그렇지 않는 경우가 대부분이다. 광학이론을 보면, 이는 레벨 광학계에서 사용된 모든 렌즈들이 동축으로 가공 제작되지 않았고 또 렌즈들이 동축 상으로 정렬되지도 않았으며 초점조정렌즈가 동축 상으로 이동되지 않기 때문이다.

초점거리에 따라 시준점들이 연결되어 이루는 시준선은 직선이어야 하나 그렇지 못하다. 이와 같이 정확한 제작에 한계가 있기 때문에 어느 정도의 높낮이에 대한 오르내림이 있는 진직도가 존재한다. 이러한 이유로 시준선의 진직도는 레벨의 고저측정 성능에 직접적인 영향을 미치므로 교정하여 사용하여야 한다.

이를 위하여 그림 3과 같은 멀티타켓-콜리메이터를 이용하여 시준선의 진직도를 측정한다.

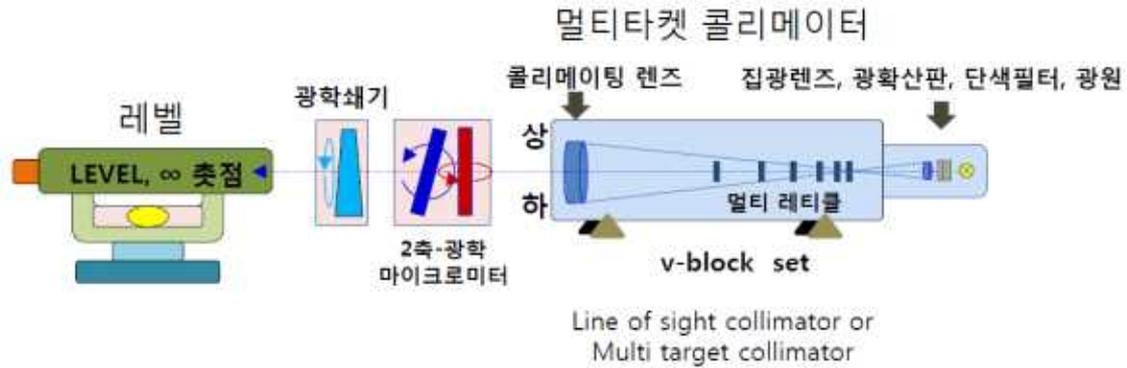


그림 3. 시준선의 진직도 측정

광학쇄기와 2축-광학마이크로미터를 이용하여 피측정 레벨과 멀티타겟-콜리메이터를 동축으로 맞춘다. 그 방법은 아래와 같다.

우선 레벨을 무한 초점에 맞추고 콜리메이터 무한타겟의 십자선을 관측하여 레벨의 십자선과 일치 시킨다. 콜리메이터 받침용으로 조정 가능한 V-block을 이용하여 콜리메이터의 기울기를 거친조정한다. 정밀한 미세 조정을 위해서는 광학쇄기를 이용하여 정렬한다. 콜리메이터 최단거리 타겟을 레벨로 관측하여 두 십자선이 일치하도록 한다. 일치 하지 않을 경우엔 레벨의 평행이동 장치나 콜리메이터 지지대의 평행이동장치를 이용하여 거친 조정을 하고, 최종적으로 2축-마이크로미터를 이용하여 정밀하게 맞춘다. 다시 멀티타겟-콜리메이터의 무한 타겟을 관측하여 두 십자선이 일치하는 것을 확인하고 다시 콜리메이터의 최단거리 타겟을 관측하여 두 망원 광학계(레벨 및 콜리메이터)의 두 십자선이 일치하면 광축이 동축으로 완전한 정렬이 이루어졌다고 볼 수 있다.

1) 레벨의 상·하측 시준선의 진직도

앞에서 기술한바와 같이 레벨과 콜리메이터의 광축을 동축으로 맞춘 후에, 그림 3과 같이 상하방향으로 정렬된 멀티타겟-콜리메이터를 각 타겟에 대한 상하 편이(shift)량을 Y-축 광학 마이크로미터를 이용하여 측정한다 이때, 최단거리 타겟과 무한타겟의 편이량은 0 이다. 측정이 완료되면, 콜리메이터를 V-block 위에서 광학계를 180도 회전하여 앞에서와 같은 방법으로 레벨과 콜리메이터의 광축을 동축으로 맞추고 각 타겟에 대한 진직도를 측정한다.

측정된 두 세트의 진직도 값을 빼면 레벨의 진직도의 2 배가 된다.

측정결과의 예시를 <표 3> 에 나타내었다.

<표 3> Y-축(상하축) 진직도 측정의 측정값의 실예

타켓의 거리(m)		3	5	10	30	50	∞
콜리메이 터 방향	(正)상 하	0	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm	2.0 mm	0
	(反)하 상	0	-1.4 mm	-2.2 mm	-3.4 mm	-3.0 mm	0
차이		0	2.4 mm	4.2 mm	6.4 mm	5.0 mm	0
차이/2		0	1.2 mm	2.1 mm	3.2 mm	2.5 mm	0
레벨의 진직도		-	-	-	3.2 mm	-	-
합		0	-0.4 mm	-0.2 mm	-0.4 mm	-1.0 mm	0
합/2		0	-0.2 mm	-0.1 mm	-0.2 mm	-0.5 mm	0
콜리메이터의 진직도		-	-	-	-	-0.5 mm	-

2) 레벨의 좌·우 축 시준선의 진직도

상·하축의 진직도 측정과 같은 방법으로 콜리메이터의 좌·우축을 X-축 광학마이크로미터를 이용하여 측정하며, 콜리메이터를 좌우방향으로 180 도 회전하여 좌우가 바뀌도록 하여 두 세트에 대하여 측정을 한 후 <표 3>과 같은 방법으로 진직도를 계산 할 수가 있다.

4.1.3. 자동보상기구의 작동 범위 측정

그림 2 레벨의 광학 구조도에서 광학계의 가운데 수평선은 광축을 나타내며, 측정에서는 시준선을 나타낸다.(마침표 추가) 그림 4에서 보는 바와 같이 레벨 광학계가 약간 기울여지면 보정거울이 상대적으로 반대 방향으로 기울어져 보정거울에 반사한 후, 시준선은 광축과 일치하게 되어 여전히 수평 인 것처럼 초평면에 결상된다. 이것을 설명하는 그림을 그림 5에 나타내었다.

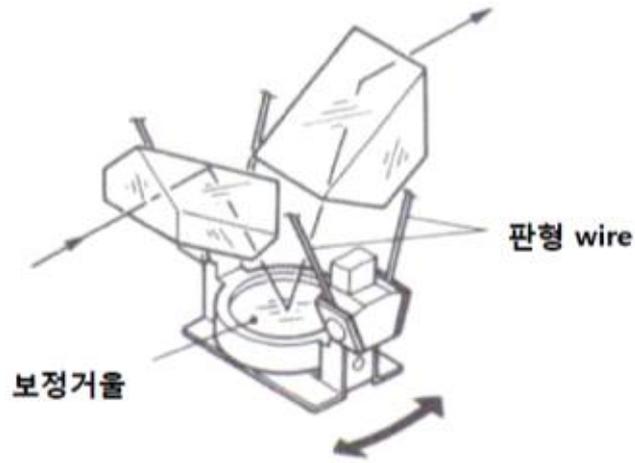


그림 4. 자동레벨의 자동보상기구의 구조도

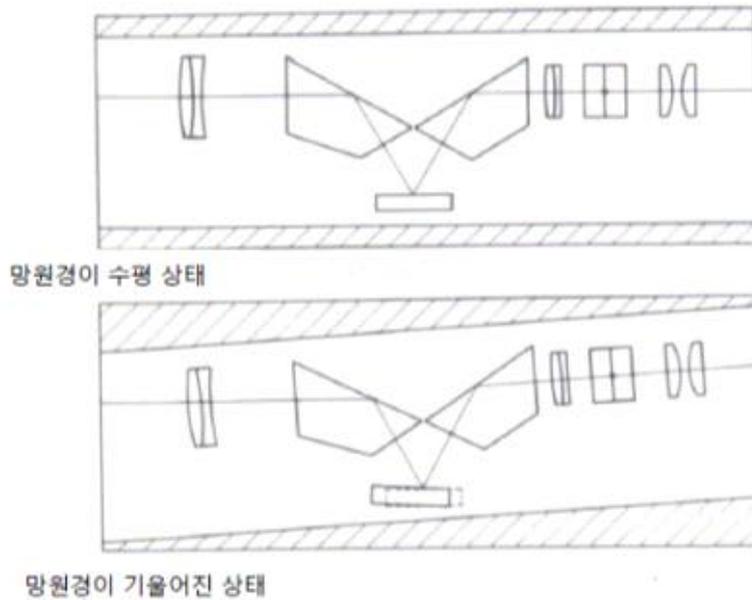


그림 5. 자동 레벨의 자동보상기구의 작동원리도



그림 6. 자동 레벨의 자동보상기구의 작동 시험장치

자동보상기구의 작동을 시험하는 시험기는 그림 6 과 같다. 시험기는 중심점에서 회전하면서 기울기가 변하도록 만들어져 있고 시험기로 기운 각도를 측정할 수 있다. 레벨을 시험기의 중심에 설치하며 측량기 밖에 설치한 고정된 십자기준선의 중심점을 관측하고 시험기의 기울기를 바꾸어 가면, 십자선의 중심이 변하지 않는 한계각을 측정하여 자동보상기구의 동작여부와 그 보정 범위각을 측정 할 수가 있다.

4.1.4. 스타디아선의 배율

스타디아선의 아날리틱광학계를 채용한 현대측량기에서는 가수가 0 이면 단순히 각도 측정으로서 이 스타디아 배수(100+α)를 교정할 수가 있다.

스타디아 프리즘(광학쇄기)을 이용하면 쉽게 이 스타디아 배수의 오차(α)를 측정 할 수가 있다.

$$\text{Tan}(\theta) = 0.5 / (100 + \alpha) = 1 / (200 + 2\alpha)$$

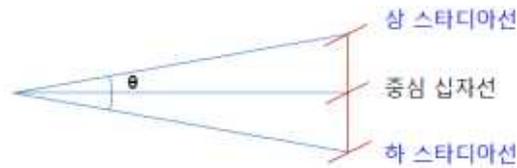


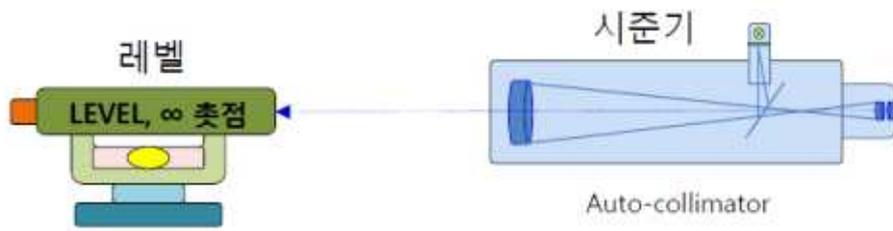
그림 7. 스타디아와 각도 관련 그림

<표 3> 상 스타디아선과 각도 관련 데이터

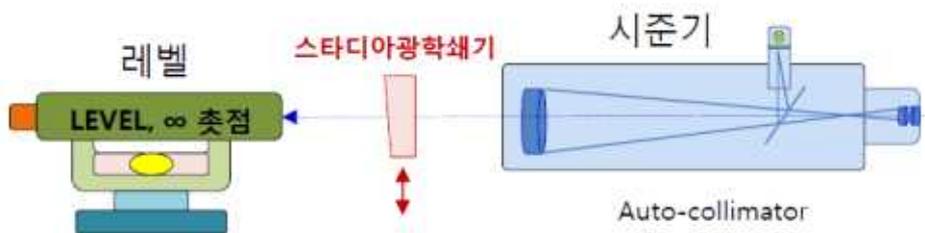
α [%]	atan (1/(200+2α))	θ[deg]	θ[min.]	60진법(각도)		배율 에러 백분율 (α %)
				분	초	α
2	0.004902	57.2957	min.	16	51.1	2
1.95	0.004904	0.2810	16.860	16	51.6	1.95
1.9	0.004907	0.2811	16.868	16	52.1	1.9
1.85	0.004909	0.2813	16.876	16	52.6	1.85
1.8	0.004912	0.2814	16.885	16	53.1	1.8
1.75	0.004914	0.2815	16.893	16	53.6	1.75
1.7	0.004916	0.2817	16.901	16	54.1	1.7
1.65	0.004919	0.2818	16.909	16	54.6	1.65
1.6	0.004921	0.2820	16.918	16	55.1	1.6
1.55	0.004924	0.2821	16.926	16	55.6	1.55

1.55	0.004924	0.2821	16.926	16	55.6	1.55
1.5	0.004926	0.2822	16.934	16	56.1	1.5
1.45	0.004928	0.2824	16.943	16	56.6	1.45
1.4	0.004931	0.2825	16.951	16	57.1	1.4
1.35	0.004933	0.2827	16.960	16	57.6	1.35
1.3	0.004936	0.2828	16.968	16	58.1	1.3
1.25	0.004938	0.2829	16.976	16	58.6	1.25
1.2	0.004941	0.2831	16.985	16	59.1	1.2
1.15	0.004943	0.2832	16.993	16	59.6	1.15
1.1	0.004946	0.2834	17.001	17	0.1	1.1
1.05	0.004948	0.2835	17.010	17	0.6	1.05
1	0.004950	0.2836	17.018	17	1.1	1
0.95	0.004953	0.2838	17.027	17	1.6	0.95
0.9	0.004955	0.2839	17.035	17	2.1	0.9
0.85	0.004958	0.2841	17.044	17	2.6	0.85
0.8	0.004960	0.2842	17.052	17	3.1	0.8
0.75	0.004963	0.2843	17.060	17	3.6	0.75
0.7	0.004965	0.2845	17.069	17	4.1	0.7
0.65	0.004968	0.2846	17.077	17	4.6	0.65
0.6	0.004970	0.2848	17.086	17	5.2	0.6
0.55	0.004973	0.2849	17.094	17	5.7	0.55
0.5	0.004975	0.2850	17.103	17	6.2	0.5
0.45	0.004978	0.2852	17.111	17	6.7	0.45
0.4	0.004980	0.2853	17.120	17	7.2	0.4
0.35	0.004983	0.2855	17.128	17	7.7	0.35
0.3	0.004985	0.2856	17.137	17	8.2	0.3
0.25	0.004987	0.2858	17.146	17	8.7	0.25
0.2	0.004990	0.2859	17.154	17	9.2	0.2
0.15	0.004992	0.2860	17.163	17	9.8	0.15
0.1	0.004995	0.2862	17.171	17	10.3	0.1
0.05	0.004997	0.2863	17.180	17	10.8	0.05
0	0.005000	0.2865	17.188	17	11.3	0
-0.05	0.005002	0.2866	17.197	17	11.8	-0.05
-0.1	0.005005	0.2868	17.206	17	12.3	-0.1
-0.15	0.005007	0.2869	17.214	17	12.9	-0.15
-0.2	0.005010	0.2870	17.223	17	13.4	-0.2

-0.25	0.005012	0.2872	17.232	17	13.9	-0.25
-0.3	0.005015	0.2873	17.240	17	14.4	-0.3
-0.35	0.005018	0.2875	17.249	17	14.9	-0.35
-0.4	0.005020	0.2876	17.257	17	15.4	-0.4
-0.45	0.005023	0.2878	17.266	17	16.0	-0.45
-0.5	0.005025	0.2879	17.275	17	16.5	-0.5
-0.55	0.005028	0.2881	17.284	17	17.0	-0.55
-0.6	0.005030	0.2882	17.292	17	17.5	-0.6
-0.65	0.005033	0.2883	17.301	17	18.1	-0.65
-0.7	0.005035	0.2885	17.310	17	18.6	-0.7
-0.75	0.005038	0.2886	17.318	17	19.1	-0.75
-0.8	0.005040	0.2888	17.327	17	19.6	-0.8
-0.85	0.005043	0.2889	17.336	17	20.1	-0.85
-0.9	0.005045	0.2891	17.345	17	20.7	-0.9
-0.95	0.005048	0.2892	17.353	17	21.2	-0.95
-1	0.005050	0.2894	17.362	17	21.7	-1
-1.05	0.005053	0.2895	17.371	17	22.3	-1.05
-1.1	0.005056	0.2897	17.380	17	22.8	-1.1
-1.15	0.005058	0.2898	17.388	17	23.3	-1.15
-1.2	0.005061	0.2900	17.397	17	23.8	-1.2
-1.25	0.005063	0.2901	17.406	17	24.4	-1.25
-1.3	0.005066	0.2902	17.415	17	24.9	-1.3
-1.35	0.005068	0.2904	17.424	17	25.4	-1.35
-1.4	0.005071	0.2905	17.432	17	25.9	-1.4
-1.45	0.005074	0.2907	17.441	17	26.5	-1.45
-1.5	0.005076	0.2908	17.450	17	27.0	-1.5
-1.55	0.005079	0.2910	17.459	17	27.5	-1.55
-1.6	0.005081	0.2911	17.468	17	28.1	-1.6
-1.65	0.005084	0.2913	17.477	17	28.6	-1.65
-1.7	0.005086	0.2914	17.486	17	29.1	-1.7
-1.75	0.005089	0.2916	17.495	17	29.7	-1.75
-1.8	0.005092	0.2917	17.503	17	30.2	-1.8
-1.85	0.005094	0.2919	17.512	17	30.7	-1.85
-1.9	0.005097	0.2920	17.521	17	31.3	-1.9
-1.95	0.005099	0.2922	17.530	17	31.8	-1.95
-2	0.005102	0.2923	17.539	17	32.4	-2



(a) 무한초점을 맞춘 후 시준기로 스타디아 각을 교정한다.



(b) 시준기 측정범위가 좁을 경우 광학쇄기를 이용하여 스타디아 각을 측정한다.

그림 8. 스타디아선의 배율 측정법

1) 시준기를 이용한 스타디아선의 배율 측정방법

그림 7(a) 스타디아선의 배율 측정법에 나타난 바와 같이, 레벨의 무한 타겟에 망원경의 초점을 맞추고, 시준기의 광학계를 이에 나란하게 동축으로 일치 시킨 후에 시준기로 본 스타디아 상하선의 각도를 측정함으로써 배율오차를 측정할 수가 있다.

예를 들어 중심 십자선에서 상(上) 스타디아선의 각도를 측정하여 $17.206'$ 의 각도를 측정 하였다면 <표 3> 상 스타디아선과 각도 관련 데이터에서, 배율오차 백분율이 0.1 이므로 배율은 $100 \times (100 - 0.1) = 99.9$ 배가 됨을 알 수 있다.

예를 들어보면, 상하 스타디아선의 각도 측정값이 같은 대칭형 일 때, 99.9 m 가 됨을 알 수가 있다.

2) 17분(17') 이하의 측정 범위를 갖는 시준기로 스타디아 배율 측정방법

이러한 경우에는 쇄기각 편이량이 $17.18859'$ 인 광학쇄기를 제작하여,

시준기와의 사이에 그림 7 (b)과 같이 배치하여 스타디아각($17.18859'$) 만큼 편각을 준 후, 시준기로 그 차이각을 측정함으로써 1) 방법에서와 같이 측정하여 <표 3> 데이터에서, 스타디아 배수의 오차(α)를 계산 할 수가 있다.

이때,

상 스타디아 광학쇄기 편이각

$$\Phi_{\text{stadia}} = 17.18859' \quad (1)$$

을 갖는 광학쇄기를 제작하기 위해서는 다음과 같은 관계식을 이용할 수가 있다. 광학쇄기 편이각 Φ 은 광학쇄기 굴절률 n 과 쇄기각 Ψ 로부터 얻을 수가 있다.

$$\text{광학쇄기편이각} \Phi = (n-1) \cdot \Psi \quad (2)$$

$n = 1.52$ 인 광학유리로부터 만든 스타디아광학쇄기의 쇄기각 Ψ 는

$$\Psi = \Phi / (n-1) = 17.18859' / 0.52 = 33.05498' \quad (3)$$

이 됨을 알 수가 있다. 정확한 쇄기각의 광학쇄기를 제작이 어려울 경우, 이의 근사값 $33'$ 정도의 값으로 제작한 후 시준기로 제작된 광학쇄기의 편각을 측정하여 사용하여도 무방하다.

상하 스타디아선의 배율이 각각 다를 경우 광학쇄기를 180도 회전하여 아래(下)스타디아선의 각도를 측정하여 아래(下)스타디아선의 배율도 계산 할 수가 있다. 상하 두 스타디아 배율의 평균이 스타디아 배율이 된다.

4-2. 틸팅레벨(정밀레벨)에서의 측정

틸팅레벨은 그림 9에서 보는 바와 같이 대물렌즈 직경이 큰 고분해 망원경과 망원경의 광축의 기울기를 정밀스크류로 조정할 수 있으며, 망원경의 앞단에 광축 편이각을 정밀 측정할 수 있는 광학쇄기와 광축의 편이량을 측정 할 수 있는 광학마이크로미터가 부착된 광학식 레벨이다.

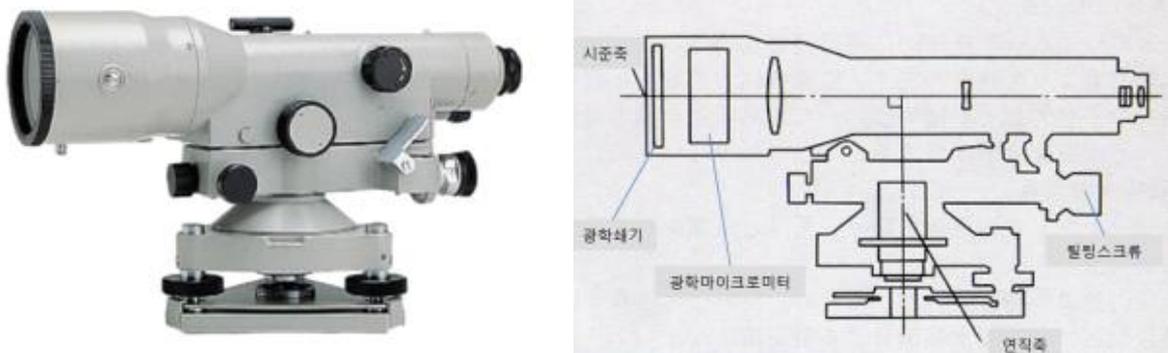


그림 9. 틸팅레벨 (정밀레벨)

4.2.1. 기포관의 감도 측정

틸팅레벨의 기포관은 stride level 식 기포관(그림 10. 참고)과 베렐 기둥형 기포관이 들어 있는 것이 있다.

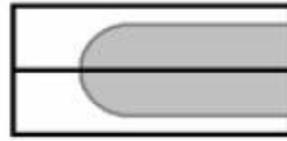
stride형 기포관은 수평이 맞을 때 기포의 양단을 기포가 일치하는 것을 볼 수 있도록 만든 것으로서 그 절대수평 값을 교정하여야 한다. 이는 이후에 기술할 “4-4-1 레이저레벨 수평빔의 수평측정” 같은 방법으로 수평각 측정이 가능하다.



(a) stride 레벨(양 눈금 일치형 레벨)



(b) 수평에서 벗어남



(c) 수평 상태(눈금 일치)

그림 10. stride level과 원리도

틸팅레벨의 베렐기둥형 기포관의 감도 측정은 그림 11과 같이 레벨기포관 시험기와 시준기(또는 콜리메이터는 10 m 이상의 거리에 설치한 고정된 십자선)를 이용하여 측정 할 수가 있다.

기포관의 감도는 기울기의 경사각에 따른 2 mm 눈금의 감도가 몇 도($^{\circ}$)인지 측정하는 장치이다. 레벨의 기포관 시험기에는 경사각을 측정하는 읽음 장치가 부착한 것을 사용하여야 한다.

단순히 기포관의 눈금에 해당하는 경사각의 값은 레벨 기포관 시험기의 경사를 조정하여 그 경사각을 읽음 장치로 측정한다. 이때에는 시준기는 필요가 없다.

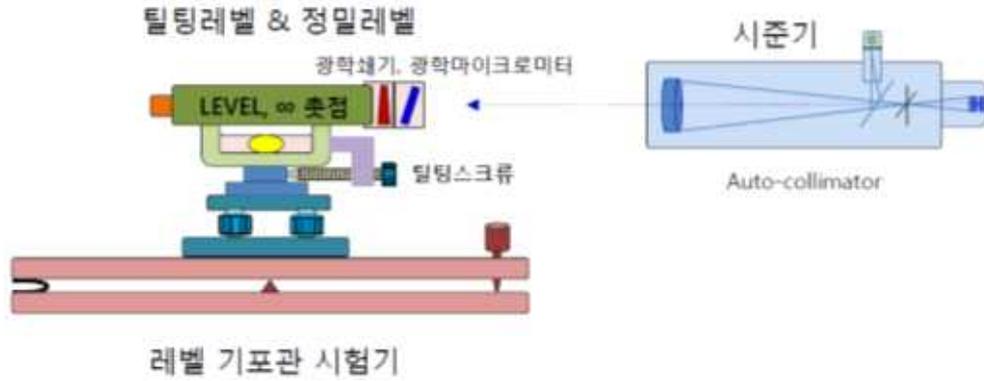


그림 11. 틸팅레벨의 기포관 감도 측정법

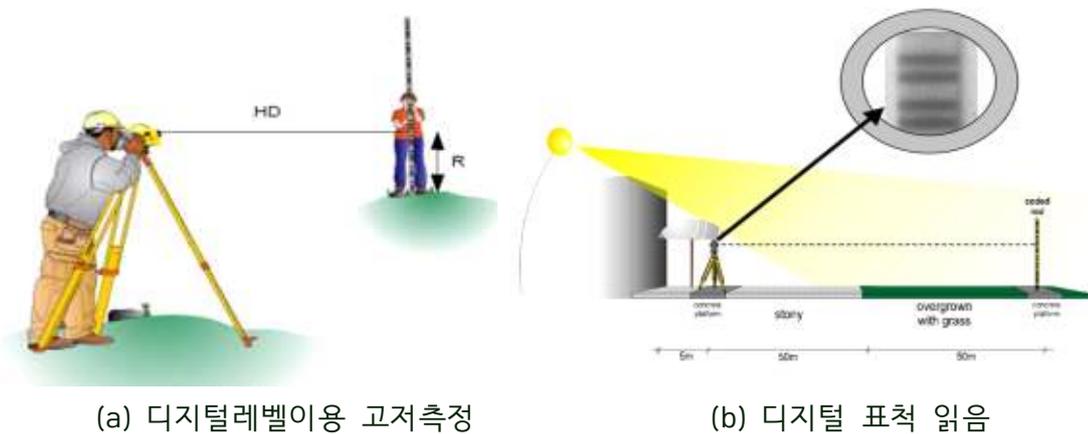
4.2.2. 광학쇄기각 측정

틸팅레벨의 광학쇄기에 대한 편각도 측정은 그림 11과 같이 레벨 기포관 시험기와 시준기를 이용하여 측정 할 수가 있다. 광학쇄기의 회전각에 따른 편각은 X-Y 두 축에 대한 각도측정이 가능한 시준기를 사용하거나 1축-시준기로는 상당하는 축 만을 측정한다.

4.2.3. 광학마이크로미터의 측정

틸팅레벨의 광학마이크로미터에 대한 광축 편이량 측정은 그림 11과 같은 형태로, 레벨 기포관 시험기와 유리제 기준스케일(이때, 시준기 위치에 스케일을 놓는다)을 이용하여 측정한다. 기준스케일의 눈금과 비교측정을 통하여 광학마이크로미터의 눈금을 교정 할 수가 있다. 이때, 레벨 광망원경으로 스케일 눈금을 십자선에 맞추어 놓고 광학마이크로미터를 돌려서 그 눈금의 이동량을 측정하여 눈금을 교정한다.

4-3. 디지털레벨에서의 측정



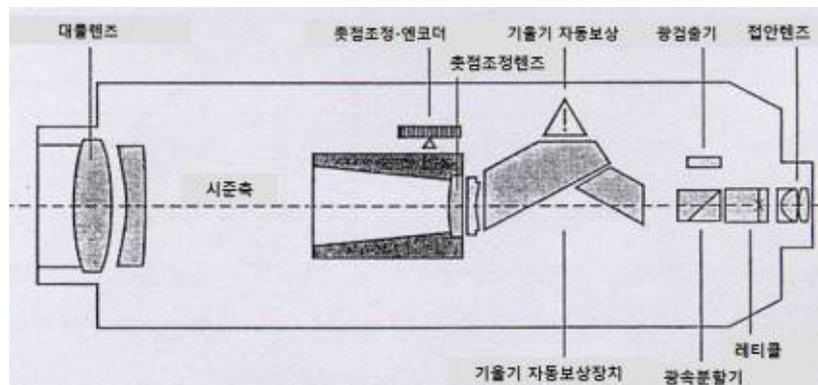
(a) 디지털레벨이용 고저측정

(b) 디지털 표척 읽음

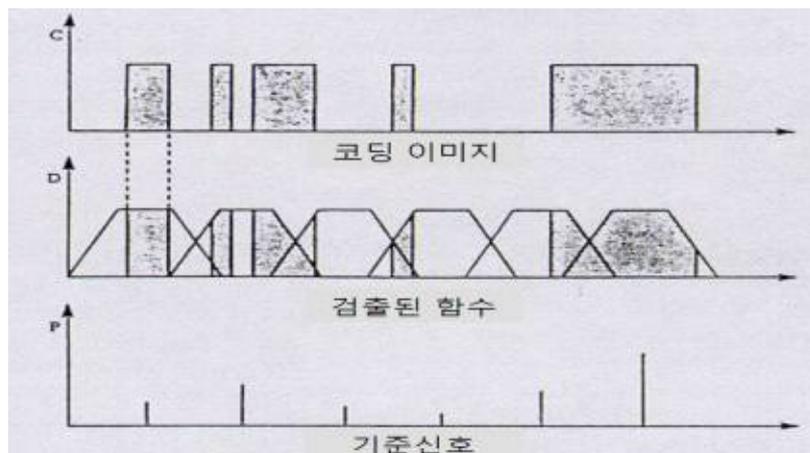
그림 12. 디지털레벨을 이용한 높이 측정

디지털 레벨은 일반적인 등간격의 직선 눈금이 그어져 있는 일반적인 표척과 달리 디지털 눈금이 주기적으로 coding 되어있는 디지털 표척을 이용하여 표척의 수평 높이와 표척까지의 거리를 측정하는 장치이다.

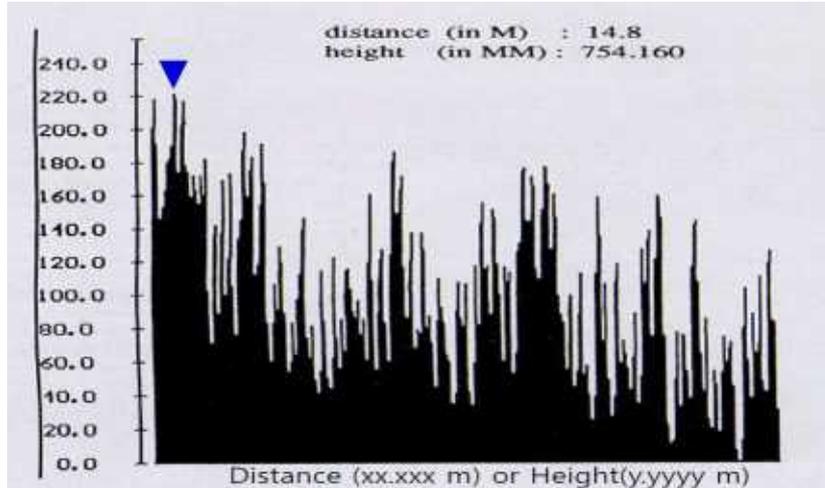
디지털레벨의 몸체에는 대물렌즈, 위치측정이 가능한 엔코더가 부착된 초점조정렌즈, 자동 기울기 보상장치 그리고 광검출기 등으로 구성된다. 임의의 거리에 세워진 디지털 표척의 이미지는 초점 조정 렌즈에 의해 레티클(reticle) 위치에 결상되고, 그 이미지의 일부는 광검출기에 검출되어 사전에 초점거리 값에 따라 사전에 코딩된 디지털표척의 이미지 신호와 코리레이션(correlation)을 측정하여 그 결과 값을 얻는다. 초점거리 값에 따라 측정된 엔코더의 코딩값도 코리레이션을 이용하여 그 결과 값을 얻는다. 두 코리레이션 c), 그 그래프의 예를 그림 d) 에 나타냈다.



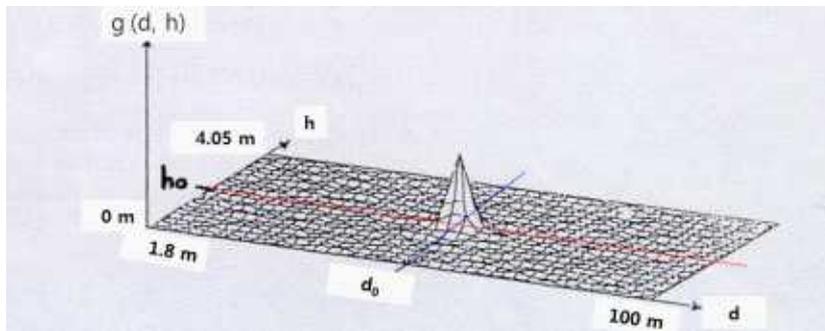
(a)



(b)



(c) 초점거리 및 높이 측정의 correlation 결과



(d) 초점거리 및 높이 측정의 correlation 결과 그래프
 코리레이션의 결과 중 피크치가 각각의 측정 값이 된다.

그림 13. 디지털레벨 구조와 높이 및 거리 측정 원리도

4.3.1. 디지털표척 눈금 측정

디지털표척의 디지털 코드는 제조사 마다 다르지만 그 패턴은 주기성을 갖고 있다. 그러므로 각 디지털표척의 코딩바에 대한 길이를 교정 할 필요가 있는데, 이때에는 현미경에 부착된 이송대와 tape bench 에 설치된 레이저 간섭계나 줄자 교정장치와 같은 측정기로 표척에 그어진 각 코딩 눈금의 길이 및 위치 교정을 한다.

4.3.2. 높이측정 및 거리측정 정확도

디지털표척의 길이 교정과 같이 현미경에 부착된 이송대와 tape bench 에 설치된 레이저 간섭계나 줄자 교정장치와 같은 측정기로 디지털레벨의 높이 및 거리 측정을 할 수가 있다.

tape bench 에 설치된 레이저 간섭계 측정장치를 그림 14와 같이 수정하여 측정이 가능해진다. 일반적으로 제조사에서 제작한 디지털표척의 길이는 3 m 까지 상품화되어 있고

이 높이측정을 하기 위한 측정장치는 6 m 이상의 공간과 수직 이동장치가 필요하다. 일반실험실에서는 천정 높이의 한계로 실내에서의 측정이 거의 불가능하므로, 표척을 수평으로 놓으면 높이에 해당하는 거리측정이 가능하다. 이때에는 펜타 mirror 를 제작하여 사용하면 가능하다. 디지털레벨은 수평으로 놓혀진 디지털표척을 읽기 위하여 펜타미러 광학계가 필요하며 테이프 벤치의 레일 위에 펜타미러 이송장치와 표척 이송장치를 분리하여 제작하여 측정에 활용한다. 이송거리는 두 대의 레이저 간섭계 또는 적당한 레이저빔 광로 조정 광학계를 이용하면 한 대의 레이저 간섭계로도 가능하다.

그림 14 에서 “A. 표척 이동법”으로는 표척 높이읽음 값에 대한 교정이 가능하고 ”B. 펜타미러 이동법” 으로는 표척까지의 거리에 대한 비교측정과 표척 이용한 디지털레벨의 높이의 측정이 가능하다.

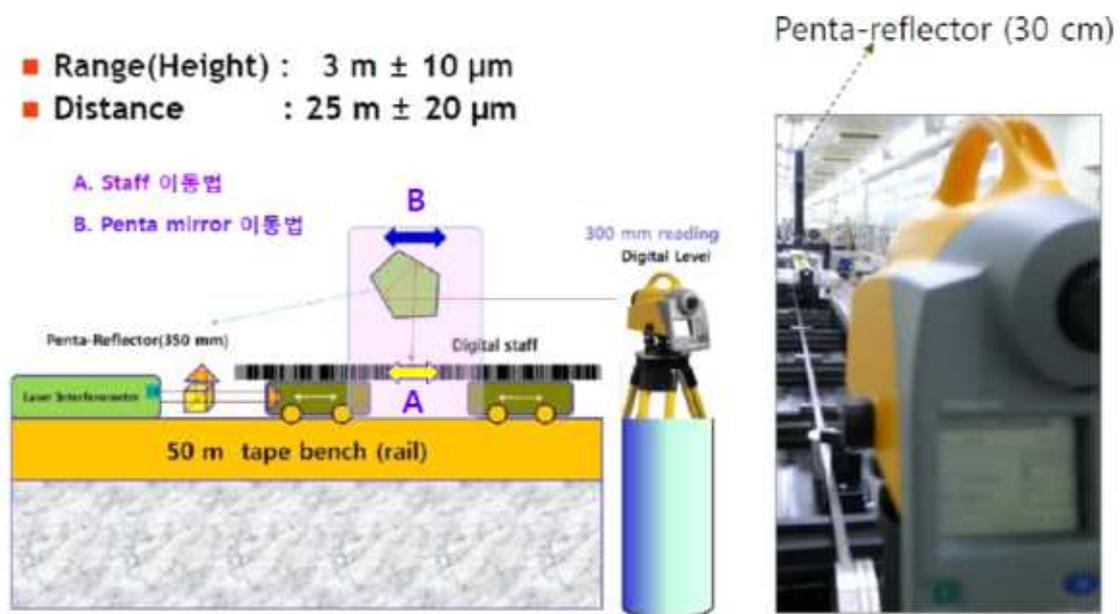


그림 14. 디지털레벨 교정장치도

1) 표척 높이 측정법

그림 14에서 “A”는 “표척 이동법”으로 표척 높이읽음 값을 교정하는 예를 설명하는 것인데, 디지털레벨을 수평으로 놓고 수평선상에 펜타미러의 면 중심을 통하여 표척의 디지털 눈금을 읽는다.

이때 레벨의 망원경 상 십자선과 최하위 디지털코딩 눈금을 일치하도록 표척을 수평 이동하여, 레벨의 읽음 장치 상에서 0 m 높이를 확인하고 표척을 10 cm 간격으로 표척이 올려진 이동대를 이동시키면서 디지털레벨의 눈금을 3 m 까지 레이저 간섭계로 교정한다.

2) 표척거리 상대 측정법

가) 표척의 높이 측정법

그림 14 에서 "B"는 "펜타미러 이동법" 으로 표척 거리측정과 표척을 사용한 디지털레벨의 높이의 측정이 가능하다.

1)에서 측정한 같은 방법으로 디지털레벨을 수평으로 놓고 수평선 상에 펜타미러의 면 중심을 통하여 표척의 디지털 눈금을 읽는다.

이때 펜타미러 이송장치를 움직여 레벨의 망원경상에 있는 십자선과 최하위 디지털코딩 눈금을 일치시켜 레벨의 읽음장치 상에서 0 m 높이를 확인하고 10 cm 간격으로 펜타미러를 이동시키면서 디지털레벨의 눈금 값을 3 m 까지 레이저 간섭계로 교정한다.

나) 표척까지 거리 측정법

이때 레이저 간섭계의 눈금 값과 함께, 디지털레벨의 읽음장치의 높이와 거리 값도 같이 읽는다.

두 값의 비교하면 상대적 거리 값을 읽을 수가 있다.

즉, 표척의 거리 측정값은 펜타미러 이송장치에 연계된 레이저 간섭계 눈금에 반비례하므로 이들로부터 표척에서 레벨까지의 거리 값의 상대측정을 할 수가 있다.

4-4. 레이저레벨에서의 측정

레이저레벨은 펜타프리즘을 회전하는 방식과 펜듈럼에 매달린 실린더 및 cone 형 광학계를 이용하여 만든 선형빔으로 수평, 수직 선형빔을 만드는 방식, 수준식 기포관 레벨에 레이저를 탑재하여 수평 및 수직빔을 제공하는 방식 등이 있다.

4-4-1 레이저레벨 수평빔의 수평측정

레이저레벨에서 방사되는 수평빔의 레벨을 측정하기 위하여는 CCD 카메라를 장착한 절대수평기준기(absolute levelling pendulum mirror, KRISS 에서 제작)로 기울기가 조정된 시준기를 이용하여 측정을 할 수가 있다.

레이저 수평빔은 눈으로 직접 관측하면 눈의 망막에 손상을 입을 수 있으므로, CCD카메라를 시준기에 부착하여 이를 통해 관측한다.

절대수평기준기를 이용하여 절대수평으로 설치된 시준기의 시준축은 수평축이 되어 수평기준선이 된다.

레이저 레벨에서 나온 레이저 수평빔의 수평기울기를 시준기의 CCD 카메라에서 관측하여 수평각을 측정한다.

레이저광의 강도가 세면 CCD카메라의 검출감도를 넘어서게 되어 카메라의 픽셀이 손상될 위험이 있으니 레벨과 시준기 사이에 적당한 감쇄도의 ND-필터를 넣어 광을 감쇠시켜 사용하도록 한다

이때에 필터의 평행도를 교정하여 사용하여야 한다.

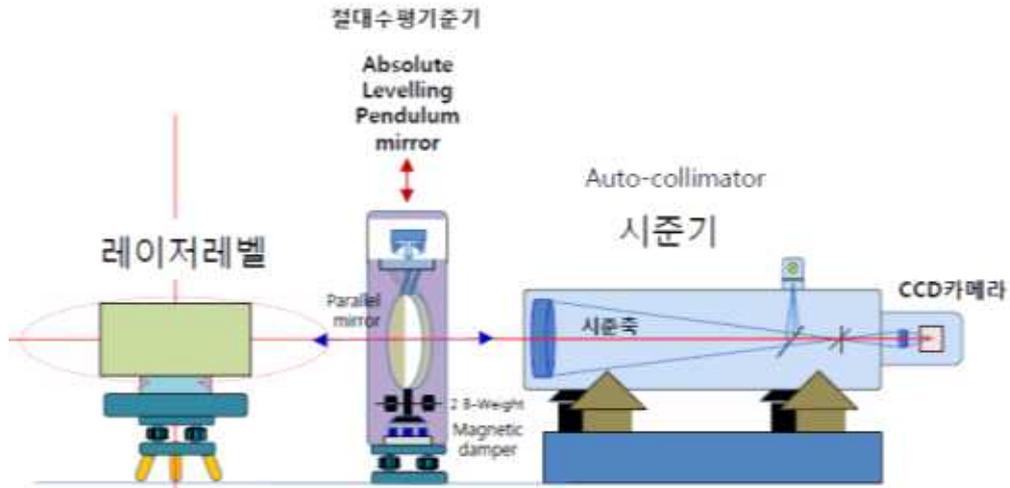


그림 15. 레이저레벨 수평빔의 수평(도) 교정 장치도

4-4-2 레이저레벨 수직빔의 수직각 측정

레이저 수직빔의 수직각은 펜타프리즘(입사광을 정확하게 90도 광로를 꺾어 주는 역할)을 이용하여 측정할 수가 있다. 그림 16에서와 같이 레벨의 수직빔은 수평-수직변환 광학계(펜타프리즘 등)와 절대수평으로 설치된 CCD카메라가 부착된 시준기를 이용하여 측정할 수가 있다. 이때 레이저레벨의 수직 레이저빔은 레벨 축의 중심에서 나오므로 축 회전에 무관하게 수직 레이저 빔이 나오는 것이 이상적인 레이저레벨이다. 그러므로 레이저레벨의 축 회전에 따라서 수직각을 측정하여야 한다. 팽이 축의 극(極)회전 운동처럼 수직각에서 임의의 각도로 틀어져서 나오는 각을 측정하여 수직각 오차를 측정한다.

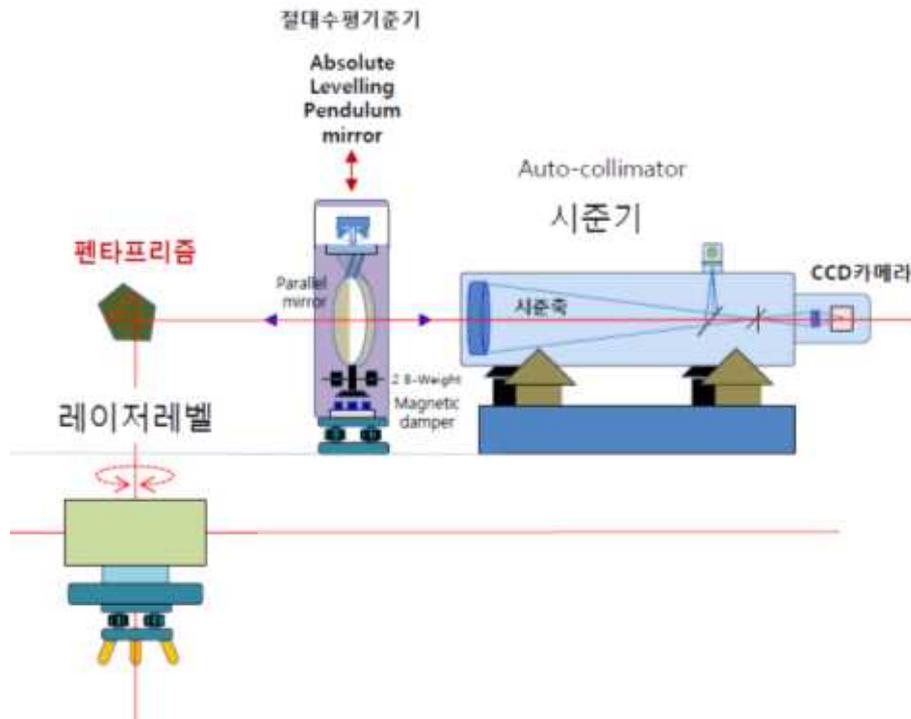


그림 16. 레이저레벨 수직빔의 수직도 교정 장치도

5. 측정의 정확도와 안정성

5.1 온도

실험실에서 측정 또는 교정 온도는 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 이내에서 정확히 결정되어야 한다.

5.2 레벨의 정도와 측정

1급 레벨인 틸팅레벨(정밀레벨) 및 디지털레벨의 정도는 0.2 mm/km (round trip) 정확도가 나오는 정밀한 장비이므로 ISO 표준에 의하면, 50 m 거리에서 측정회수를 20회로 정하여 1 km 에 상당하는 거리를 측정하여 반복성을 측정하는데, 2급 및 3급 레벨의 경우에는 측정 횟수를 줄여 측정하여도 무방하다.

6. 측정 보고서

측정결과에 대한 시험보고서의 측정 항목은 다음과 같은 항목을 포함할수 있다.

1. 시준선의 수평각 및 수직각(레이저 레벨 포함)
2. 시준선의 진직도
3. 자동보상기구의 작동범위
4. 스타디아의 배율
5. 기포관의 감도

6. 광학 새기각 정확도

- 7. 광학마이크로미터 정확도
- 8. 디지털 표적 눈금 정확도
- 9. 레벨의 높이 및 거리 측정오차

7. 측정보고서에 표시 내용

7.1 레벨의 표시

- a) 제조회사명
- b) 레벨의 종류

7.2 측정 조건

- a) 측정시 사용한 환경조건(온도, 습도, 압력)
- b) 교정실은 진동이 없어야 한다.
- c) 교정실은 이들 측정량들을 측정할 수 있는 시설 및 장비를 갖추어야 한다.
- d) 교정 또는 측정 담당자는 교정 원리와 절차를 숙지하여야 한다.

7.3 레벨의 보고(성적서)

- a) 기포관 또는 자동보상기구의 정확도 및 범위
- b) 시준선의 진직도
- c) 높이 읽음, 표적의 정확도 또는 레벨의 종류에 따라 이에 상응하는 값
- d) 측정 환경(특히 온도)
- e) 측정불확도

측정불확도의 성분으로는 대기환경에 조건(온도, 습도, 압력 등)이 있으며, 기타의 요인에 의하여 앞에서 기술한 값들이 오차를 포함 할 수가 있다.

부속서 A
(참고)

한국산업표준, KS B 5547-1993, 레벨 Levels,

1. 적용 범위

이 표준은 망원경의 시축(시준선이라고 한다)을 수평으로 하고 2 점간의 고저차를 측정하는 레벨에 대하여 규정한다.

비고 : 이 규격의 관련 규격은 다음과 같다.

KS B 5317 측량기기용 삼각 연결부

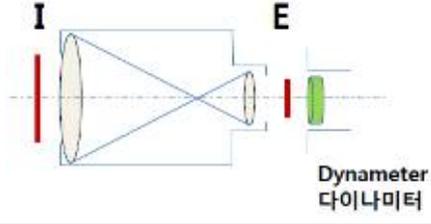
2. 종류 및 적용구분 레벨의 종류 및 적용구분은 표 1 과 같이 한다.

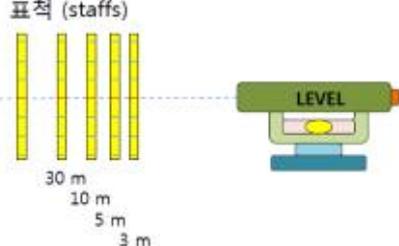
표 1. 종류 및 적용 구분

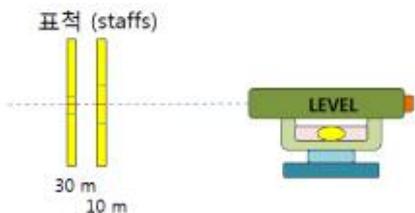
종류	적용 구분				
	구분기준	A	B	C	D
틸팅레벨	기포관의 감도	10" 이하	10" 초과 20" 이하	20" 초과 40" 이하	40" 초과 120" 이하
자동레벨	망원경의 배율	-	30 배 이상	25배 이상 30배 미만	25배 미만

3. 성능 및 측정방법 레벨의 성능 및 측정방법은 표 2 에 따른다.

번호	성능		측정 항목	측정 방법	측정 기구	허용치			
						적용 구분			
						A	B	C	D
1	망원경	배율	입사 눈 지름과 사출 눈 지름의 비	망원경의 초점을 무한원에 맞추고 대물렌즈부근에 목표(길이 I)을 놓고 사출 눈 부근에 생기는 그 상(길이 E)을 다이내미터로 측정하여 배율(I/E)를 구하고 호칭배율과의 차의 호칭배율에 대한 백분율로 정한다.	다이내미터 (dynameter)	± 5 %			
2	망원경	대물렌즈의 유효 지름	사출 눈 지름	망원경의 초점을 무한원에 맞추고 사출 눈 지름을 다이내미터로 측정하여 그 값에 실측배율을 곱한 값과 호칭지름의 차의 호칭지름에 대한 백분율로 정한다. 또한 측미장치가 내장되어 있는 것에서는 측미범위 중점값으로 측정한다.	다이내미터 (dynameter)	± 10 %			



3	망원경	분해력	<p>시야의 중앙부에 서의 서로 이웃한 선을 식별할 수 있는 시각</p>	<p>10 m 이상에서 시각 3". 3.5". 4.5" 에 상당한 너비의 세로, 가로, 빗금의 흑색무늬의 시험표판에 초점을 맞추고, 시야의 중앙부(시야 지름의 1/2 의 길이를 지름으로 한원)의 모든 무늬를 식별할 수 있는최소의 시각에서 정한다. 또한, 표판 대신에 콜리메이터를 사용해도 좋다.</p> 	<p>시험표판, 또는 콜리메이터</p>	3" 이하	3.5" 이하	4" 이하	4.5" 이하				
4		<p>초점 맞춤에 의한 시축의 편차</p>	<p>헤어 중심 위치의 상하 방향의 읽음 값</p>	<p>3 m, 5 m, 10 m, 30 m 이상의 거리에 표척을 (세워)놓고 각 표척의 값을 측정하여 둔다. 다음에 레벨에서의 각 표척의 값을 측정하고 참표척의 값과의 차이를 구하여 30 m 이상의 점인 것과의 차를 측정값으로 한다. 또한, 표척 대신에 수평으로 조정된 (멀티타켓 또는 Line of sight)콜리메이터를 사용해도 좋다.</p> 	<p>표척 또는 멀티타켓 콜리메이터</p>	10 m, 5 m, 3 m 의 거리에서				0.20 mm 이하	0.20 mm 이하	0.20 mm 이하	0.20 mm 이하

5	스타 디아 stadi a	정확 도	스타 디아 에 의한 거리 의 측정 값과 실거 리의 차	<p>레벨 몸체에서 10 m 및 30 m 이상의 거리에 표척을 놓고 각 위치에서의 스타디아선에 끼워진 표척길이(L)을 측정하고, (100L+가수)에 의하여 산출한 계산거리에서 실거리를 뺀 값의 실거리에 대한 백분율을 측정값으로 한다. 또한 표척 대신에 (표척 눈금이 새겨져 있는 타켓이 내장된) 콜리메이터를 사용하여도 좋다.</p> 	표척 또는 멀티타켓 콜리메이 터	$\pm 0.4 \%$			
6	기포 관	감도	거품을 1 눈금(2 mm) 편위시키는데 필요한 각도(기울기)	<p>레벨 몸체 또는 기포관을 기포관 시험기 상에 올려놓고, 각 눈금에 따른 감도를 측정하고 이들의 산술평균값과 표시감도의 차의 표시감도에 대한 백분율로 정한다.</p> 	기포관시 험기	$\pm 20 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 15 \%$
7	기포 관	감도 의 균일 도	감도 의 오차	번호 6 번의 측정에 따른 각 눈금의 감도와 산술평균값의 차의 평균값에 대한 백분율로 정한다.	기포관 시험기	$\pm 15 \%$			

8	기구 부	반복 시준 정밀 도	관측 값의 산포	협각 20° 정도의 각선을 가진 표척을 시준하여, 그 표척 높이를 측정한다. 이 경우 망원경을 세초축 주위에 시계방향 및 반시계 방향으로 돌려서 시준하고, 6회 반복측정하여 읽음차의 최대값을 측정값으로 한다. 또한 표척대신에 콜리메이터를 사용하여도 좋다.	표척 또는 콜리메이 터	3" 이 하	5" 이 하	7" 이 하	12 " 이 하
9		자동 보정 가구 의 보정 정확 도	관측 값의 산포	거의 수평으로 설치된 콜리메이터의 표판을 시준하고 레벨시축의 경사를 측정한다. 이 경우 레벨 수평위칭와 표시보정범위의 80 % 사이에서 기운 위치에서 합계 6회 측정하고 읽음차의 최대값을 측정값으로 한다.	콜리메이 터	-	10 " 이 하	15 " 이 하	20 " 이 하
10		원둘 레 눈금 판 (원)분 화의 정밀 도	원둘 레 눈금 과 버니 어 눈금 의 일치 도	버니어 눈금의 영점을 원둘레 눈금에 맞추고 버니어 눈금의 최대 눈금(버림 눈금을 제외한다)과 원둘레 눈금의 차를 90° 간격으로 측정하고 그 중의 최대값을 측정값으로 한다.	배율 5배 이상의 확대경	최소 읽음값 이하			

11		눈금 (원)판 의 편심 도	수평으로 상대하여 설치대 2 대 의 콜리메이터 중간에 레벨 몸체 를 놓고 버니어 눈금 0점 또는 지표를 원둘레눈금 α° 에 맞추어 망원경으로 한쪽의 콜리메이터를 시준하고 다음에 다른 쪽의 콜리 메이터를 시준하여 원 둘레 눈금 (180+ α°) 의 망원 경 180° 선회 에 대한 편차 또는, 이것에 상당하는 원둘레 눈금에 대한 편차 d1을 구하고 (180+ α°) 또는 이것에 상당하는 원둘레 눈금에 맞추어 원둘레 눈 금 α° 에 대한 편차 d2 를 구하 여 다음식에서 원둘레눈금의 편 심오차 ϵ 를 산출하고 그 최대 값을 측정값으로 한다. 또한 α 는 0° , 90° 의 2 곳으로 한다. $\epsilon = (d1-d2)/2$	콜리메이 터 2 대	ϵ , d1 및 d2 는 어느 것이나 버니어 읽음인 것은 최소 읽음값 이하, 지표(index) 읽음인 것은 최소 눈금이 1/2 이하
----	--	----------------------------	---	---------------	--

표 2. 성능 및 측정방법

- 비고 1. 번호 5의 측정은 스타디아선을 가진 측량기에 적용한다.
2. 번호 6, 7 및 8 의 측정은 틸팅레벨에 적용한다.
3. 번호 9의 측정은 자동레벨에 적용한다.
4. 번호 10 및 11 의 측정은 수평눈금(원)판이 있는 것에 적용하지만, 지표(index) 읽
음식인 것은 측정 번호 10을 생략한다.

4. 구조 및 기능

몸체와 다리는 쉽게 또는 확실하게 결합되고, 부착부의 모양, 치수 는 KS B 5317에 따른
다.

5. 표시

5.1 레벨 레벨에는 몸체의 일부에는다음사항을 쉽게 지원지지않는 방법으로 표시한다. 또,
격납상자에는 제조자 명 또는 그 약호를 기재하고 성능표 및 부속품표를 첨부하여야 한다.

- (1) 제조자 명 및 그 약호
- (2) 제조 번호

5.2 성능표

성능표에는 다음사항을 기재할 수가 있다.

- (1) 망원경의 배율
- (2) 대물렌즈의 유효지름
- (3) 가장 짧은 측정 거리
- (4) 주기포관의 감도(틸팅레벨에 한한다)
- (5) 자동보정범위(자동레벨에 한한다.)
- (6) 월형기포관의 감도(자동레벨에 한한다.)
- (7) 스타디아 상수(승수 , 가수)

끝.

해설서

이 측정표준 가이드북은 본체 및 부속서에 규정·기재한 사항과 이에 관련한 사항을 설명하는 것으로 규격의 일부는 아니다.

1. **제정의 취지** 현재 레벨의 규격서인 ISO 17123-2 :2001, Optics and optical instruments – Field Procedures for testing geodetic and surveying instruments Part 2: Levels - 는 레벨의 시험규격으로서 현장에서 레벨의 시험을 위하여 반복성을 평가하여 사용 여부를 판단하는 기준으로 적용하고 있다. 레벨을 교정하는 입장에서의 규격서나 절차서는 더욱 아니다. 지금까지 표준과학연구원에서 레벨의 교정 절차서를 작성하여 보급한 적이 있으나 그 내용이 적고 또 최근에 와서 새로운 원리에 기반한 디지털레벨, 레이저레벨 등에 출시되어 있고, 이들 레벨에 대한 교정법에 잘 알려져 있지 않으므로 실제 측정 담당자들이 필요한 이론적인 문제에 봉착하고 교정 실무를 실행하는데 있어서 많은 어려움이 있다. 그러므로 이를 위하여 본 레벨측량기 측정가이드 북을 제정하게 되었다.

2. **제정의 경위** 본 가이드북은 표준과학연구원 중소기업지원사업의 일부로서 산업계, 학계 및 국립기연구소의 전문가로 구성된 “레벨측정을 위한 자문회의”의 기술검토를 거쳐 측정가이드로 제정하게 되었다.

3. **중요 측정기술** 본 가이드북에서는 레벨을 이용한 고저, 수평, 수직 측량에 있어서, 중요한 변수인 시준선의 수평각 및 수직각 측정(레이저 레벨 포함), 시준선의 진직도 측정, 자동보상기구의 정확도 및 동작 범위, 스타디아 선의 배율 측정, 기포관의 감도측정, 광학쇄기의 광축 편이각 측정, 광학마이크로미터의 광축 편이량 측정, 디지털 표척 눈금값 측정, 레벨의 높이 측정 및 거리 측정 등의 항목을 포함한다.

참고문헌

- [1] KS B 5547-1993 레벨, Levels
- [2] ISO 17123-2 :2001, Optics and optical instruments – Field Procedures for testing geodetic and surveying instruments Part 2: Levels
- [3] Modern theodolite and Levels, 2nd edition, M.A.R.Cooper BSc, Friics BSP Professional Books, The City university London, 1987
- [4] 측량과 측량기 레포트, Sokkia 한글판(1999년 KRISS 번역)
- [5] Electronic Surveying Instruments, Review of Principles, Problems and Procedures, J. M. Rüeger, Monogrph 18, School of Surveying and Spatial Information systems, University of New South Whales UNSW, Sydney, Austarlia, 2010
- [6] Atmospheric Effects on Geodetic Space Measurements, J. M. Rüeger, Monogrph 12, School of Surveying, University of New South Whales UNSW, Sydney, Austarlia, 1988
- [7] Surveying fundamentals 2nd edition, JackC. McCormac, Prentice-Hall. inc. 1983
- [8] Surveying, Principles and Applications 4th edition Barry F. Kavanagh, S.J.Glenn Bird, Prentice-Hall. inc. 1989
- [9] 測量學概論, 加藤清志 産業圖書, 1995
- [10] 測量技術者必攜, 基礎와 그 實際, 小川幸夫 著, 理工圖書, 1980
- [11] JIS 정밀측정기의 선정하는 방법과 사용법, 편집위원장 櫻井好正, 日本規格協會, 1985

1. 이 보고서는 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.