

재난안전 光 계측시스템

Fiber Optic Disaster Safety Monitoring System

FODSMOS-2021

특허 제10-1698835호

KOR Patent#10-1924423

특허 제10-1698836호



- 적용대상 : 출렁다리, 교량, 댐, 터널, 초고층빌딩, 복합건물 등
- 변위, 인장, 처짐, 기울기, 가속도, 수심/수위, 홍수/해일 등을 동일 시스템에서 종합 상시계측
- 수M범위 거대처짐 계측가능
- 광케이블에 의한 10KM 원격 계측 (수중, 지중, 계곡, 격오지 등에도 적용가능)
- 현장에 전기, 기록계, Data Logger, 통신설비 등이 불필요
- 오작동하거나 고장이 없고 유지보수가 단순
- 반영구적 수명



화이버트론(주)

www.fibertron.co.kr

경기도 용인시 기흥구 동백중앙로 16번길 16-4

에이스동백타워1동1405호 (우) 17015

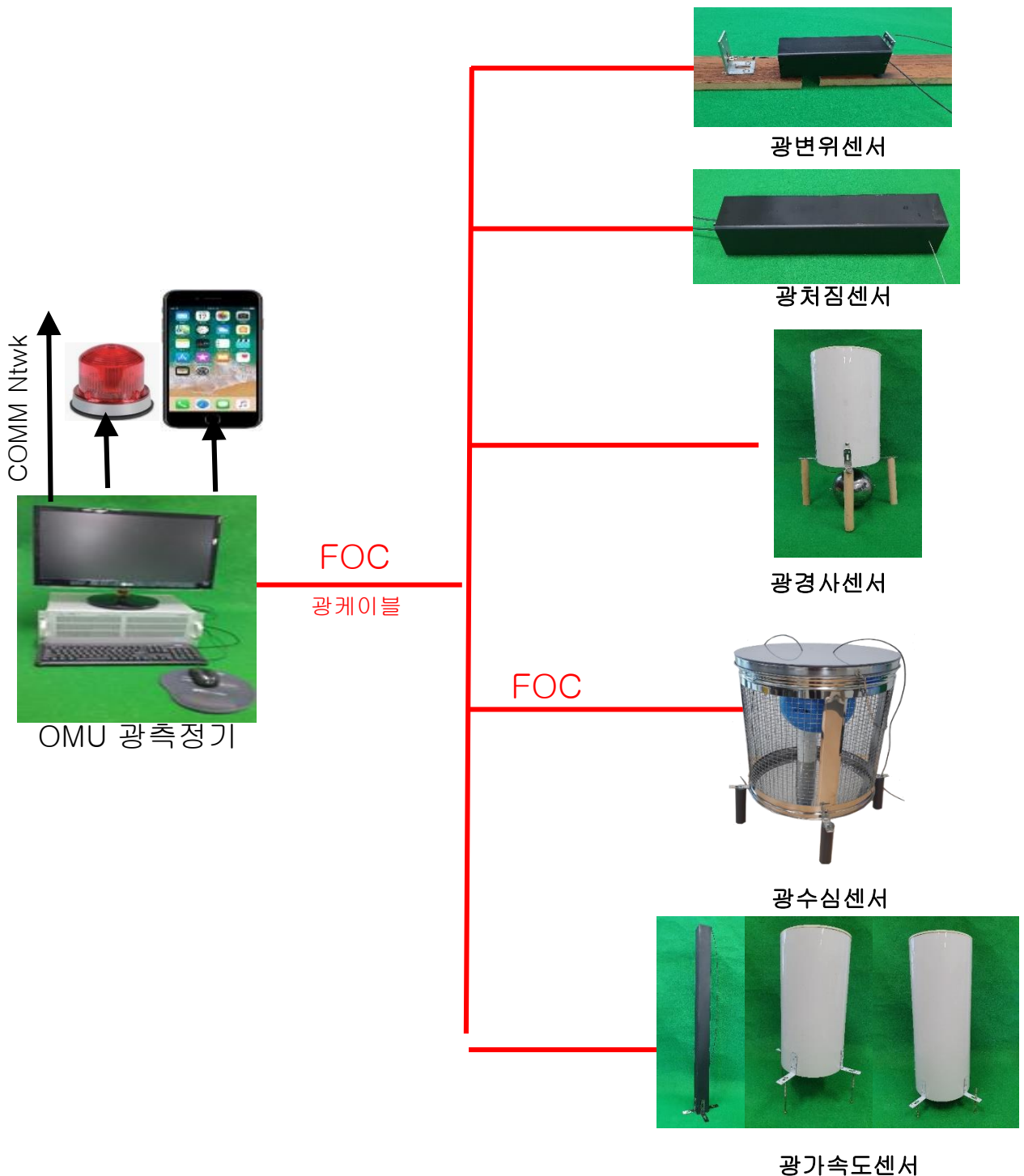
이메일: sensor@fibertron.co.kr

doctorbaekorea@gmail.com

전화 : 031 - 893 - 5612 / 휴대폰 : 010 -3783 - 4681

FAX : 070 - 7452 - 5613

10km 현재 / 260 km 장차



시설물안전종합광계측 시스템은 시설물의 각 중요부위 특성에 맞는 변위●처짐●경사●가속도 ●수심 광센서를 부착하고 광케이블을 통하여 충분히 멀리 (단기10KM, 장기260KM) 떨어진 관측소 광측정기와 연결하고 적외선 레이저 펄스를 주기적으로 입사시켜 가며 광센서에 맞아 되돌아오는 반송광으로부터 각 항목을 계량하여 표시·저장하고 위험시 경보발령 및 재난안전망에 상황을 전파하도록 작동한다.



d

광변위센서

 δ

광치짐센서



W

광수심센서



t

광경사센서



a1

광가속도센서-1 축



a2

광가속도센서 - 2 축



a:

광가속도센서 - 3 축

성능 사양 및 제원

계측항목	변위, d	경간 L: 처짐 δ	수심 h (수위/수압/홍수/ 해일 포함)	경사 (Θ, Φ)	가속도 (강도, 동적범위)			기타
최대 측정범위, R	1,000mm	L < 400M : 0 to L/400	100M	(±30°, 360°)	(±2 g , 120dB) or 현장요구조건에 맞춤			인장/장력/기온 : 처짐과 부수적으로 각각 측정가능
		1축			2축	3축		
치수, mm	75x75x3R	100x100x3R	500Φ x 800	400Φ x 600	75x75x900	300Φx450	300Φx600	현장조건에 따라 다소 가변
중량, kg	5kg @ R=200mm	20kg @ R=500mm	40	40	10	15	20	현장조건에 따라 다소 가변
정확도	±1% FS 이하							
최대측정거리	단기10KM / 장기260KM							
센서재질	광케이블, PVC, 방염금속소자 등 수동소자							
센서소모전원	0 Watt							
센서동작온도	-40℃ ~ +60℃							
센서환경성	기상과 주변환경에 무관(기온, 습기, 바람, 차량진동, 낙뢰, 정전기, 전자파, 햇볕 등에 무관), 지상/수중/지중 사용가능							
사용수명	15년 이상							

- NOTE -

TW : Tension Wire
 d : FO Displacement Sensor
 ● : Balancing Weight
 ○ : Roller
 FOC : FO Cable
 OMU : Optical Measuring Unit
 δ : Deflection

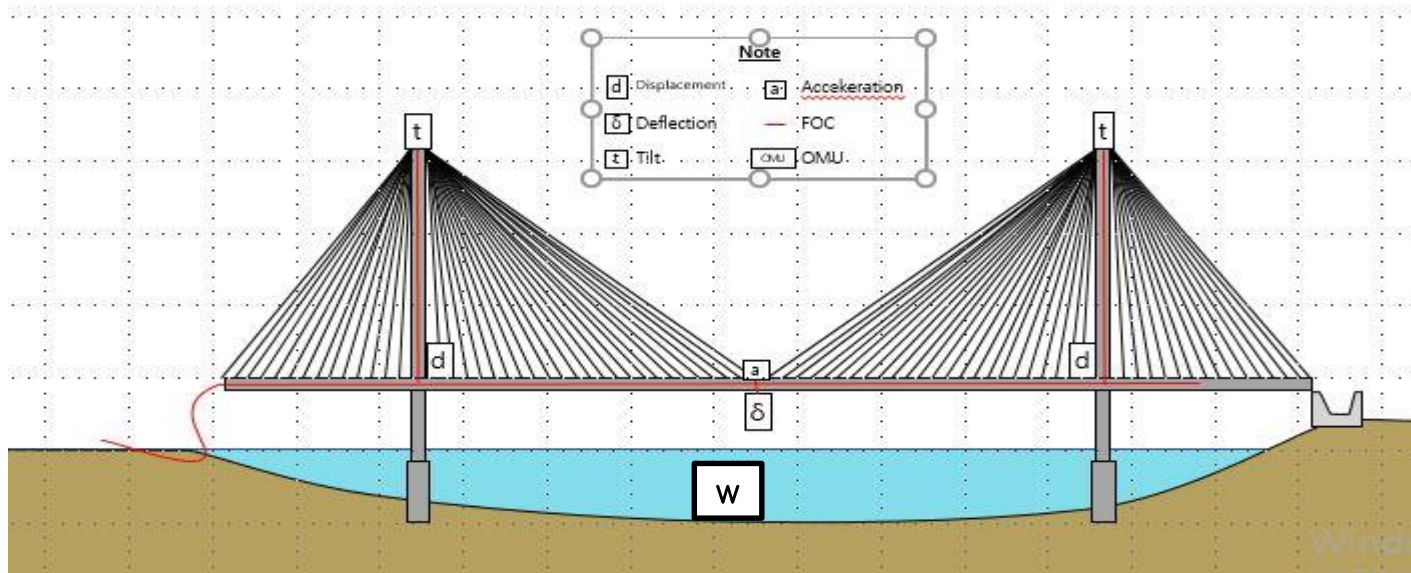
출렁다리 처짐 상시 계측 시스템 설치도



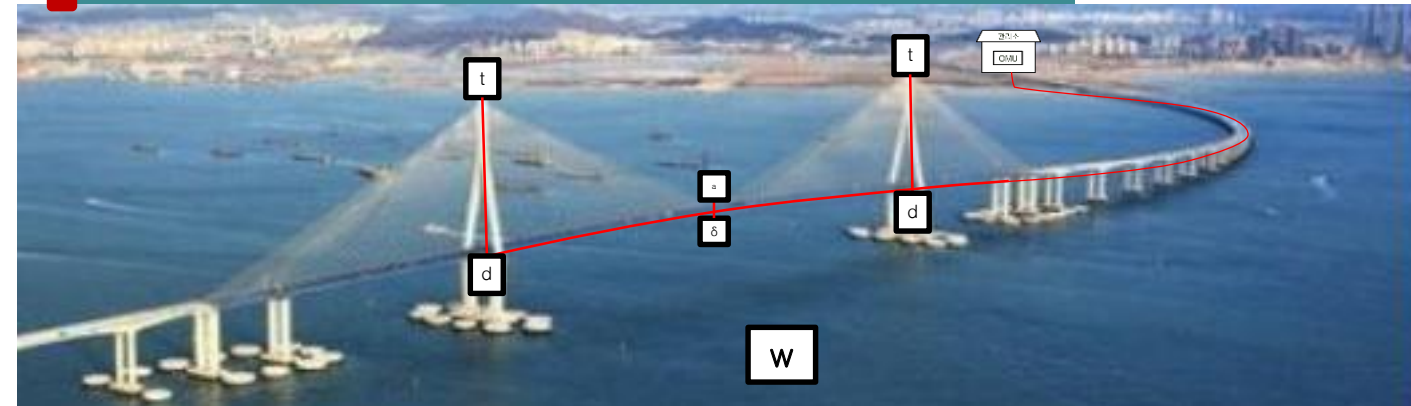
출렁다리 상판 중앙점에 광처짐센서를 부착하고

부근 혹은 최대 10KM이내 관리소에 위치한 광측정기와 직접 광케이블을 연결하여 연직처짐을 실시간 원격으로 계량하여 표시·저장하고 위험 시 경보발령 및 재난 안전망에 상황전파가 가능하도록 작동함.

주케이블의 인장/장력/온도 : 처짐계측과 부수적으로 인장/장력/온도 측정 가능



인천대교 (예상)

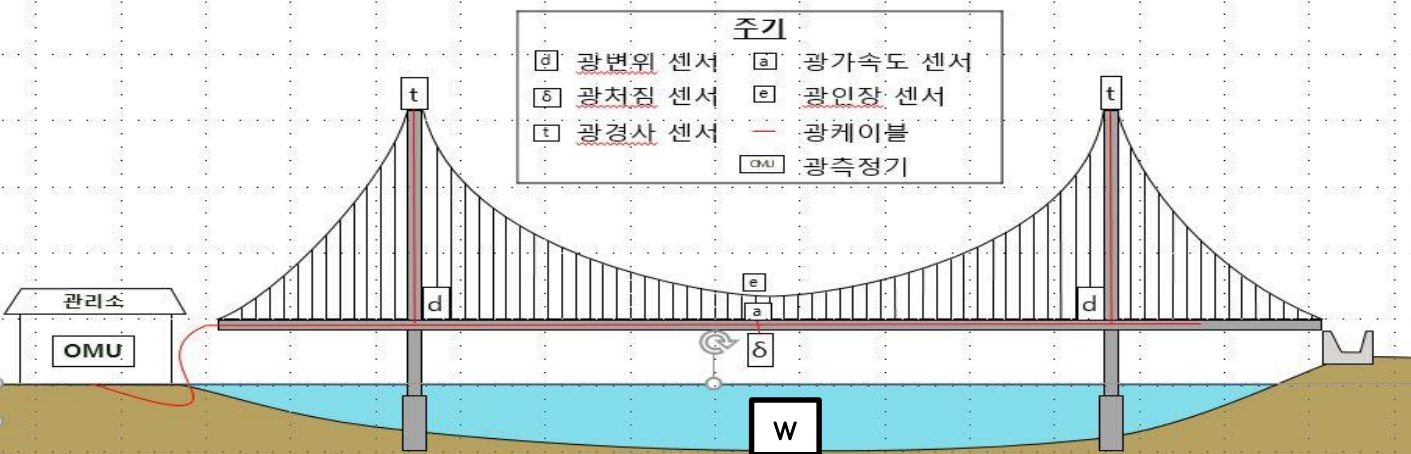


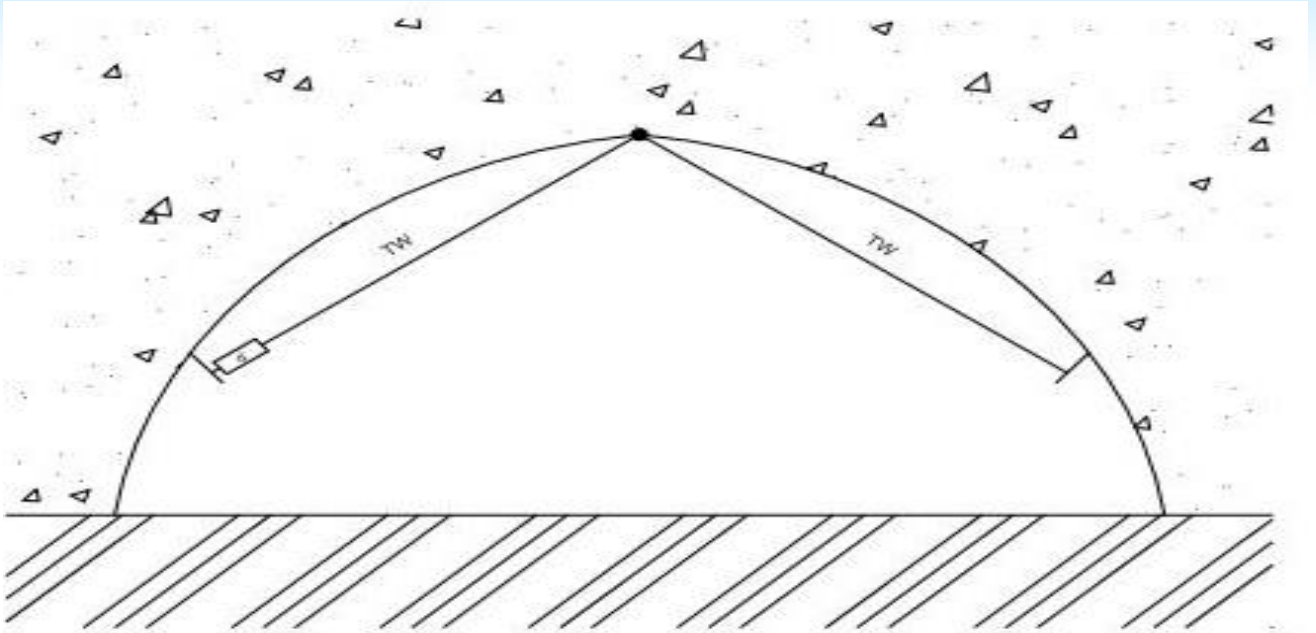
특수교 주형 중앙점에 광저짐센서와 광가속도센서를, 양주탑상단에 광경사센서를, 상판이음새나 균열부위에 광변위센서를 각각 부착하고 부근 혹은 최대 10KM 이내 관리소에 위치한 광측정기와 직접 광케이블을 연결하여 각 계측항목을 실시간 원격으로 계량하여 표시·저장하고 위험 시 경보발령 및 재난안전망에 상황전파가 가능하도록 작동함.

주케이블의 인장/장력/온도 : 처짐계측과 부수적으로 인장/장력/온도 측정가능
하천바닥에 광수심센서를 놓고 원격으로 수심/수위를 상시 계측하고 홍수/해일시 즉각 경보발령함.

현수교 종합안전 광계측

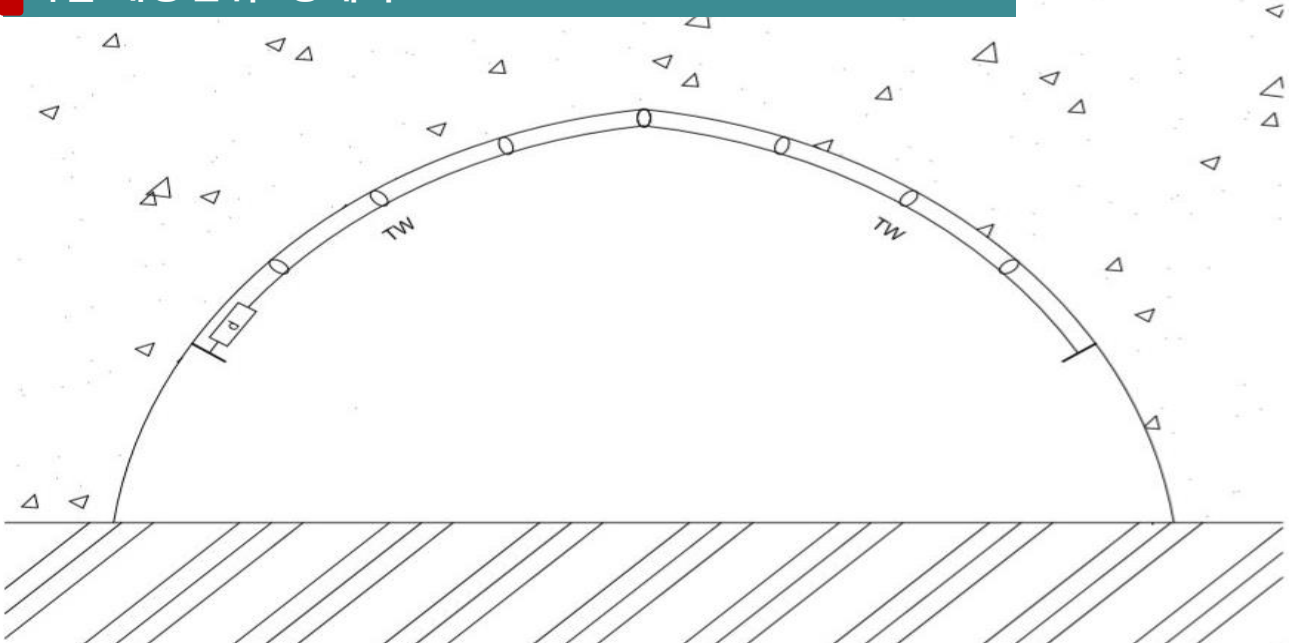
현수교 종합 광계측 시스템 설치도



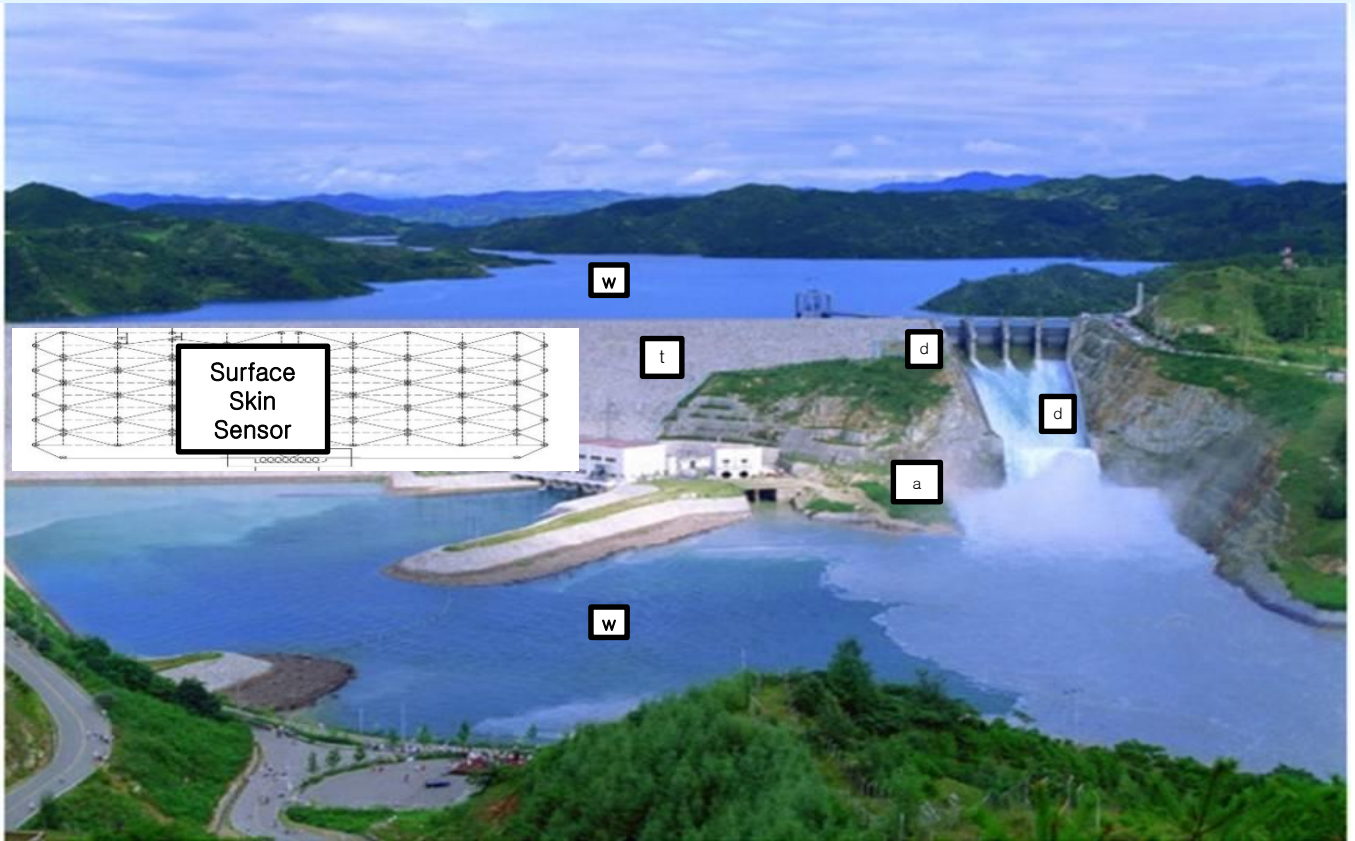


터널 천단과 측면 부동점간 연결된 텐션와이어TW의 일단을 광변위센서에 고정하고 광케이블을 통하여 인근 관리소에 위치한 광 측정기와 직접 연결하여 천단처짐을 원격으로 계량하여 표시·저장하고 위험 시 경보발령 및 재난안전망에 상황전파가 가능하도록 작동함.

터널 내공변위 광계측

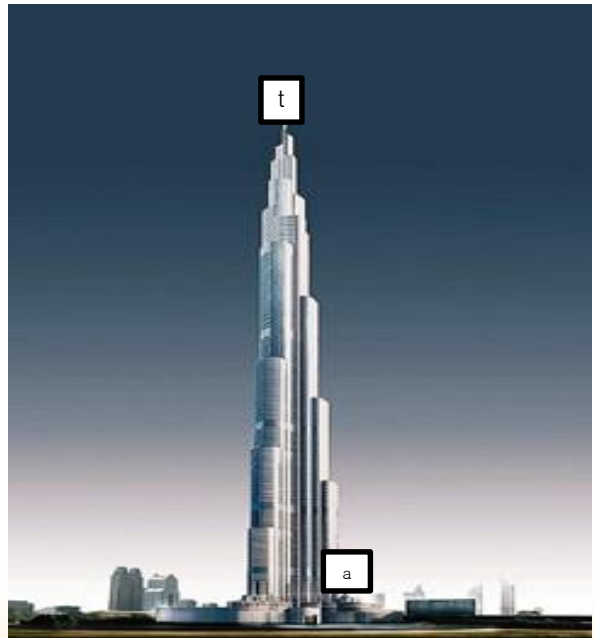
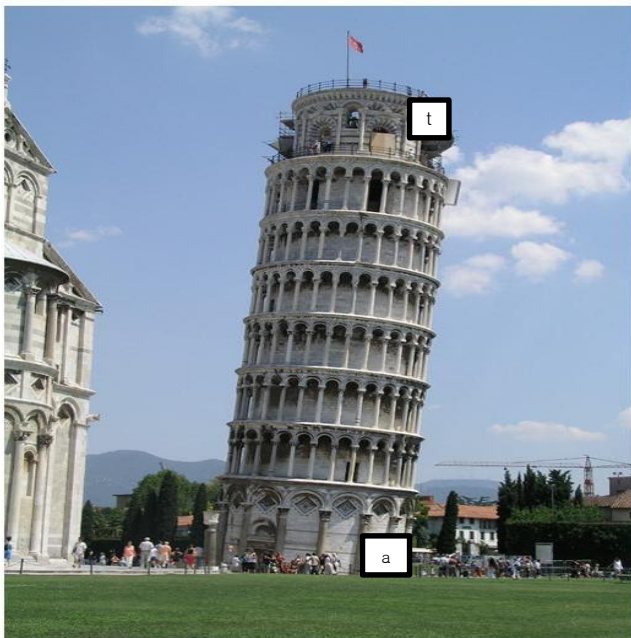


고리를 이용하여 터널내공 곡면을 따라 텐션와이어TW를 부착하고 일단을 광변위센서와 광케이블을 통하여 인근 혹은 최대 10KM 거리 광 측정기와 직접 연결하여 내공변위에 따른 신축을 실시간 원격으로 계량하여 표시·저장하고 위험 시 경보발령 및 재난안전망에 상황전파가 가능하도록 작동함.



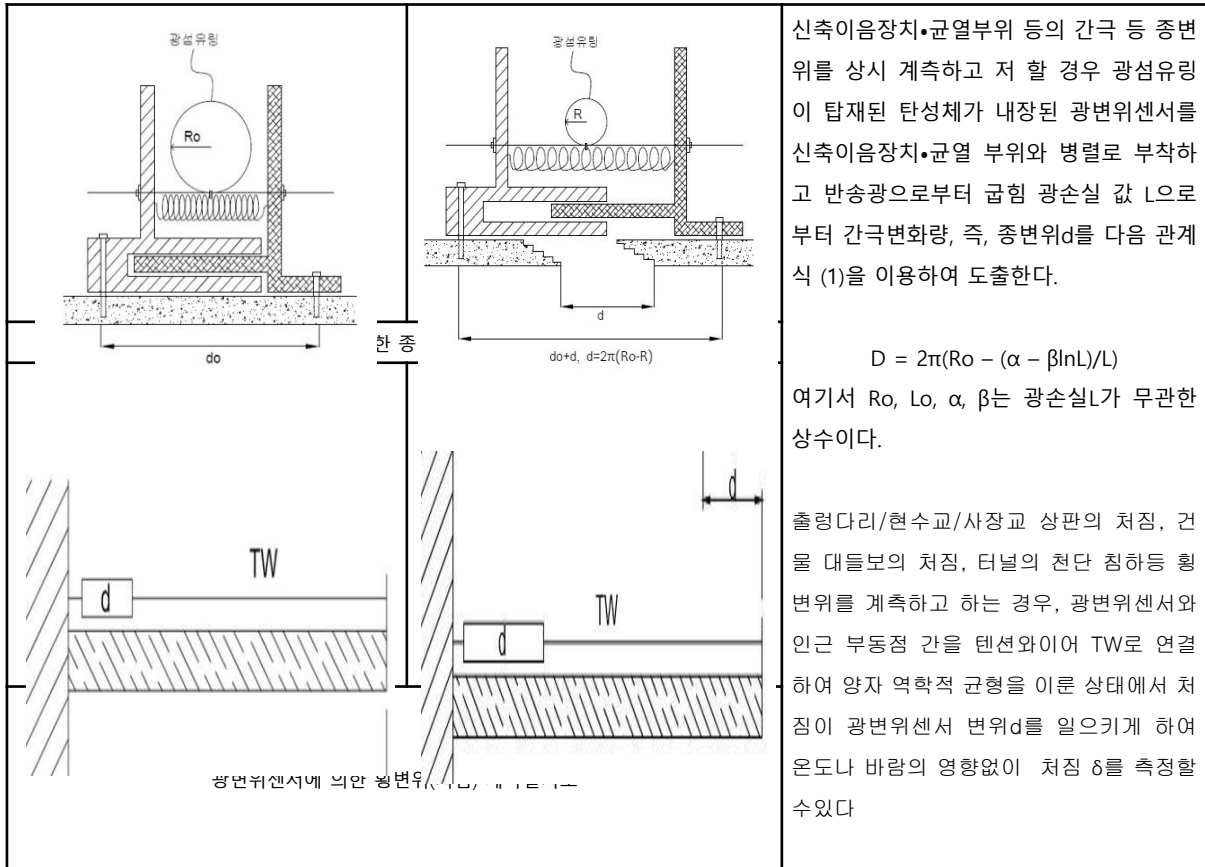
댐·제방 등 사면에 광경사센서를 덧식워 입히고 광경사계를 추가 부착하고, 균열/이음부에 광변위센서를, 댐기초 암반에 광가속도센서를, 호수 바닥에 광수심센서를 놓고 부근 혹은 최대 10KM이내 관리소에 위치한 광측정기와 직접 광케이블을 연결하여 기울기, 변위, 흔들림, 수심/수위/수압을 상시 모니터링하고 해일/ 해일발생시 즉각 경보를 발령함.

타워 /초고층빌딩

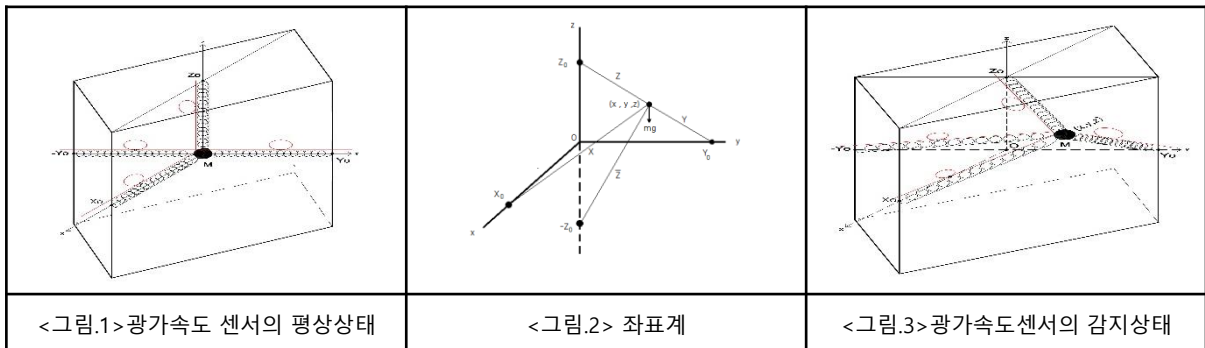


타워/초고층빌딩의 첨단 혹은 사면에 광경사센서를 부착하고 기초에 광가속도센서를 놓고 부근 혹은 최대 10KM이내 관리소에 위치한 광측정기와 직접 광케이블을 연결하여 기울기와 지진징후를 각각 실시간 원격으로 계량하여 표시·저장하고 위험 시 경보발령 및 재난안전망에 상황전파가 가능하도록 작동함.

광 변위/처짐 계측의 원리, 특허 제10-1698835호



광가속도 계측의 원리, 특허 제10-1698835호 및 제10-1698836호



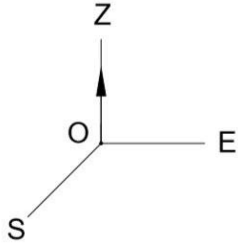
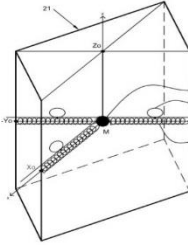
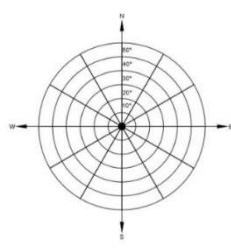
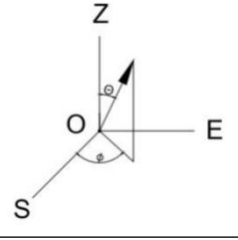
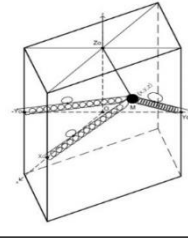
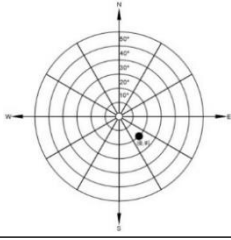
위 그림에서 보인 바와 같이, 광가속도센서의 질량체는 4개의 탄성부재를 통하여 감지부 케이스에 고정된다. 1개는 x축, 2개는 y축에 그리고 1개는 천정에 고정되며 각 탄성부재에는 광섬유링이 탑재되어 있다. 각 광섬유링은 전송부를 통하여 측정부 광입출구에 연결된다. 측정부는 전송부를 통하여 4개 광섬유링에 적외선 레이저 펄스를 주기적으로 입사 시켜가며 후방산란광량의 변화를 모니터링한다. 광섬유링의 광손실은 그 곡률반경과 역 지수 함수관계가 있다. 이 관계로부터 측정부의 연산부는 각 탄성부재의 길이를 계산해 내고 4개 탄성부재의 길이 값으로부터 특허 받은 다음 3관계식을 적용하여 3축 가속도(a_x , a_y , a_z)를 산출할 수 있다.

$$a_x = \frac{k}{4mX_0} (2X^2 - 2X_0^2 + 2Y_0^2 - Y^2 - \bar{Y}^2) \quad - \text{식 (1)}$$

$$a_y = \frac{k}{4mY_0} (Y^2 - \bar{Y}^2) \quad - \text{식 (2)}$$

$$a_z = \frac{k}{4mZ_0} (2Z^2 - 2Z_0^2 + 2Y_0^2 - Y^2 - \bar{Y}^2) - g \quad - \text{식 (3)}$$

여기서, k는 탄성계수, g는 중력가속도, m은 질량체의 질량, \bar{Y} , \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} 는 제1 내지 제4 탄성부재 각각의 길이를 나타내고 $X_0, Y_0, -Y_0, Z_0$ 는 3축상의 기준점을 나타낸다. 광측정기는 광케이블을 통하여 광가속도센서 내부 질량체와 4개 탄성부재에 탑재된 광섬유링과 연결되어 각각 광손실값 L을 측정된 후 각 탄성부재의 길이 값을 얻고 이로부터 질량체의 3축좌표(x, y, z)와 3축 가속도 (a_x , a_y , a_z)를 산출하여 저장하고 운영자에게 가속도를 표시하고 위험시 가시경보정보를 발하고 타 서버나 재난안전망에 접속하여 그 데이터를 전파하도록 작동한다.

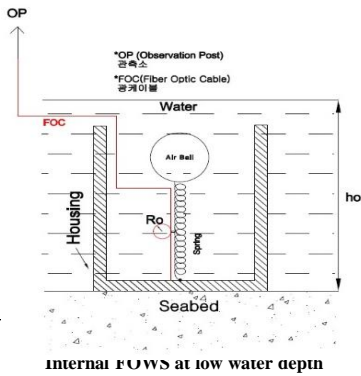
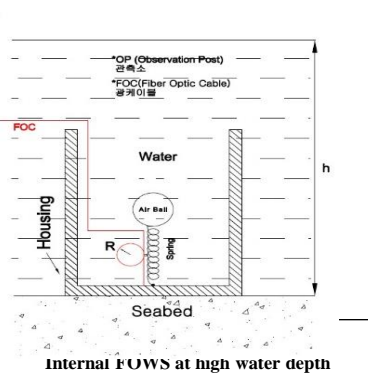
		
Mass position vector at no tilt	FOTS internal shape at no tilt	OMU display at no tilt
		
Mass position vector at tilt	FOTS internal shape at tilt	OMU display at tilt

광경사센서는 광속도센서의 연직방향 탄성체가 길이가 변하지 아니하는 와이어로 대체되는 것 이외 동일한 구조를 갖는다. 광측정기는 광케이블을 통하여 광경사센서 내부 질량체와 3개 탄성부재에 탑재된 광섬유링과 연결되어 각각 광손실값 L을 측정한 후 각 탄성부재의 길이 값과 질량체의 3축좌표(x, y, z)를 산출하고 최종적으로 아래 두 수식으로부터 기울기 값 θ 와 방위 값 ϕ 를 각각 얻을 수 있다.

$$\theta = \arccos \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} = \arccos \frac{z}{\sqrt{2zZ_0}} = \arccos \sqrt{\frac{z}{2Z_0}} \text{ ----- Eq(4)}$$

$$\phi = \arctan \frac{x}{y} \text{ ----- Eq(5)}$$

수심 광 측측의 원리, 특허 제 10-1924423호

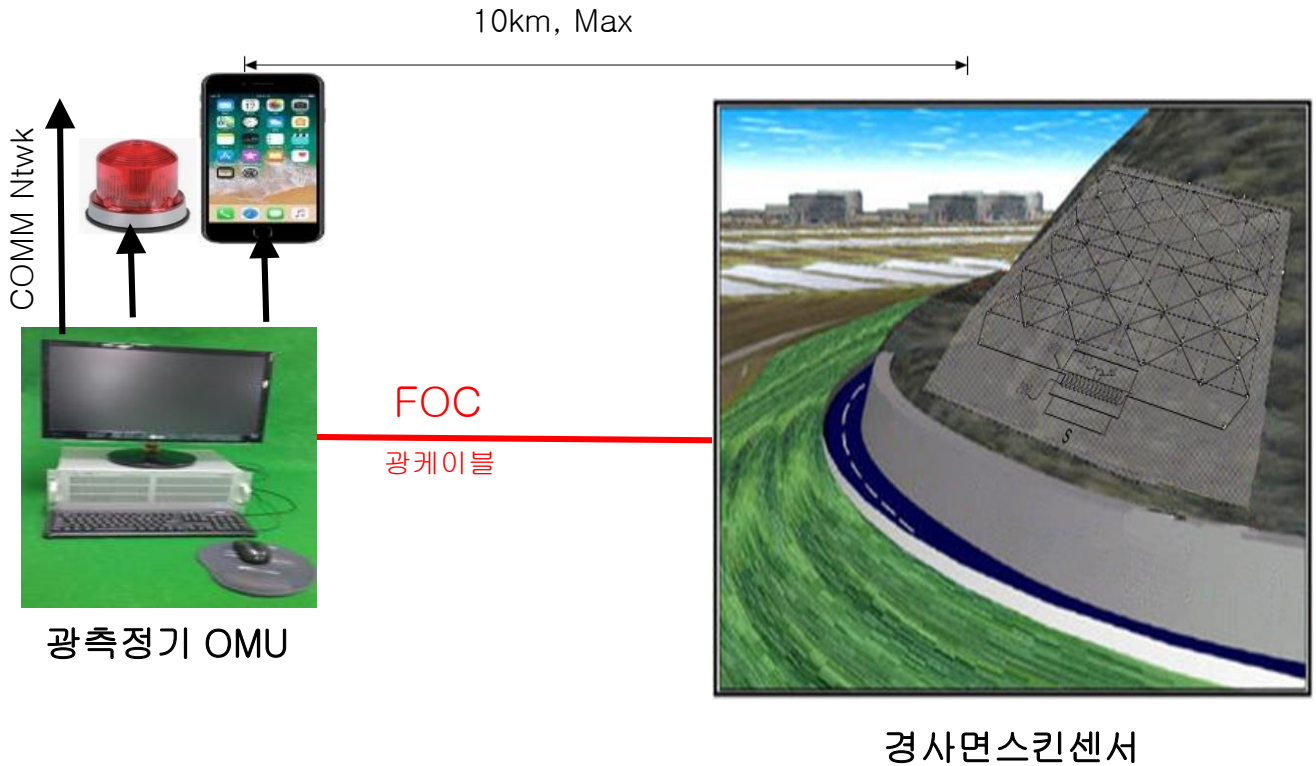
 <p>Internal FOWS at low water depth</p>	<p>광수심 센서는 하우징속의 고무공(Air Ball), 스프링, 광케이블(FOC)등 단순 수동소자(Passive Element)로 구성된다. 고무공은 광케이블링이 탑재된 스프링을 통하여 밑바닥에 연결된다. 물속에서 고무공은 부력으로 떠오르면 스프링/광센서링을 당겨 올린다. 고무공의 부피와 부력은 수심에 반비례하고 그에 따라 광센서링의 곡률반경θ도 변한다. 그 곡률반경과 후반사광량 간의 관계로부터 관측기에서 다음식을 이용하여 광손실L로부터 수심h를 측정할 수 있다.</p> <p>또한, 측정한 수심이 허용 수심을 초과할 때 홍수경보를, 기준치보다 급격히 변화할 때 해일경보를 할 수 있다.</p>	 <p>Internal FOWS at high water depth</p>
--	---	---

광측정기, OMU-nP



- 동작모드 : 정상, 시험, 비상, 입력, 중지
- 감지 근원 : 광 손실 변화
- 채널 수효 : n (최대 8ch)
- 위치표시 오차 : $\pm 15m$, $\pm 25m$, Optional
- 최대탐지거리 : 10KM
- 자동 저장내용 : 경보발생각, 센서위치, 측정치, 경보기준등
- 모니터 : 17" LCD 외장
- O/S : Windows 10
- Interface with CCTV or RTU or SNS : Dry Contacts or Serial Data (RS232, RS422, RS485 etc) Optional
- 경광등 : 12V1A, Siren : 12V0.3A
- 크기 : 19" 4U (177×483×300 mm)
- 소모전원 : 220 VAC / 150Watt 내외
- 동작조건 : 실내/함체

경사면스킨센서



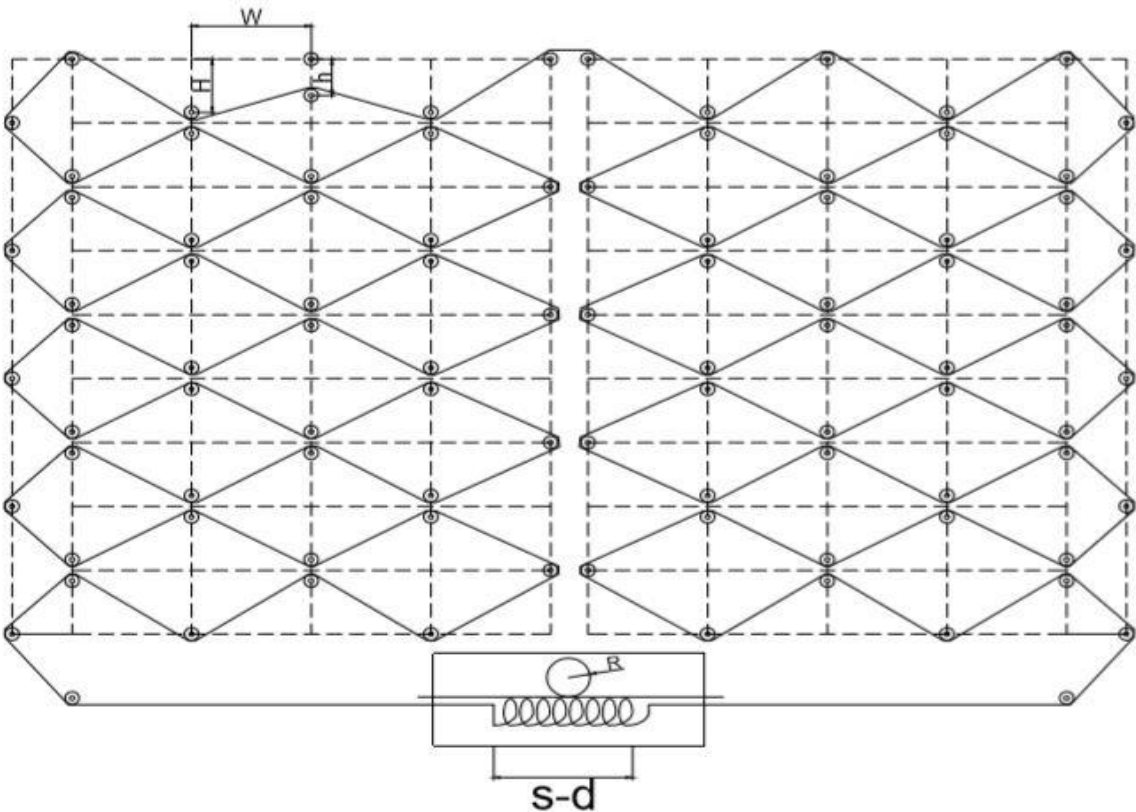
○ 본 제품은 산사태위험 급경사지, 절개사면, 옹벽, 댐, 제방 등 관심지역 전면에 덧 씌워져 미세 슬라이딩을 상시 민감하게 감지하다가 위험징후 시 알람을 발생하여 인명을 대피케 함.

○ 종래기술은 수시간전 넓은 지역에 산사태 위험을 경보하지만 어느지역에 실제 사태 징후가 있는 지 파악하지 못하여 해당 주민으로 하여금 이를 믿고 긴급대피하게할 정도의 신뢰도에 이르지 못하는 한계가 있으나 신청제품을 함께 운용시 그 한계를 극복가능함.

○ 종래에는 나무가 흔들리거나 새가 나르는 등 거대한 산사태발생을 인지하여 대피하여야 했으나 혁신제품 적용시 육안으로 식별되지 아니하는 미세한 징후를 24시간 전천후 감지할 수있음.

○ 경사면스킨센서는 광측정기와 경사면거동광장력센서로 구성됨.

○ 광측정기는 관리소에 위치하고 경사면스킨센서는 감시대상 경사면에 덧 씌워 설치되고 TWS(Tension Wire Screen)과 광변위센서로 구성됨.



경사면스킨센서는 경사면에 덧 씌워지는 TWS(Tension Wire Screen)과 그 일단에 위치한 광변위센서로 구성됨.

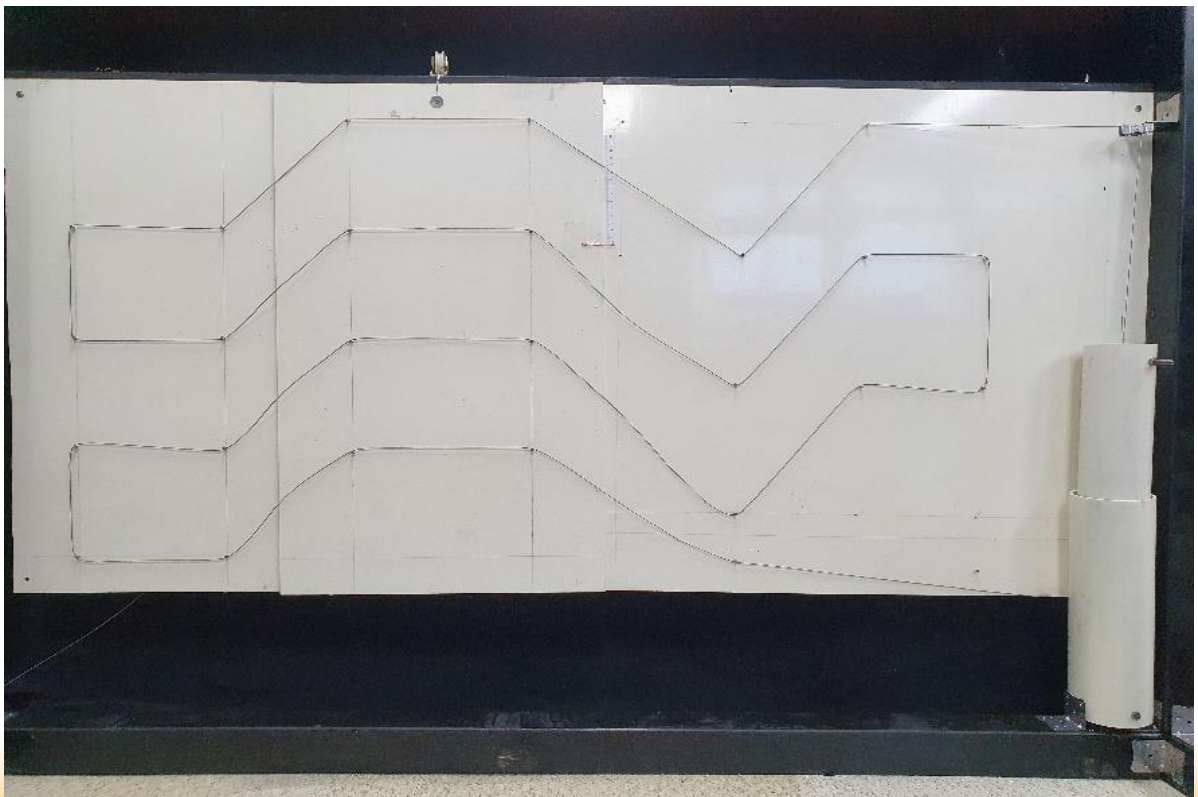
경사면스킨센서의 작동원리

경사면스킨센서는 감시 대상 경사면 전체에 바둑판처럼 적당한 간격으로 핀을 밖로 Tension Wire를 지그 자그로 연결하여 TWS(Tension Wire Screen)를 형성한 채 양단을 광변위센서에 팽팽히 연결한다. 광변위센서는 광케이블을 통하여 광측정기에 연결된 상태에서 미세 슬라이딩 발생여부를 체크하고 기준치(통상 2cm)이상에서 알람을 발생하고 상황을 전파한다. 등록특허 제10-1927807호에 의하면 격자크기가 $H \times W$ 일 때 사면 슬라이딩 h 와 변위 d 는 다음관계가 있다.

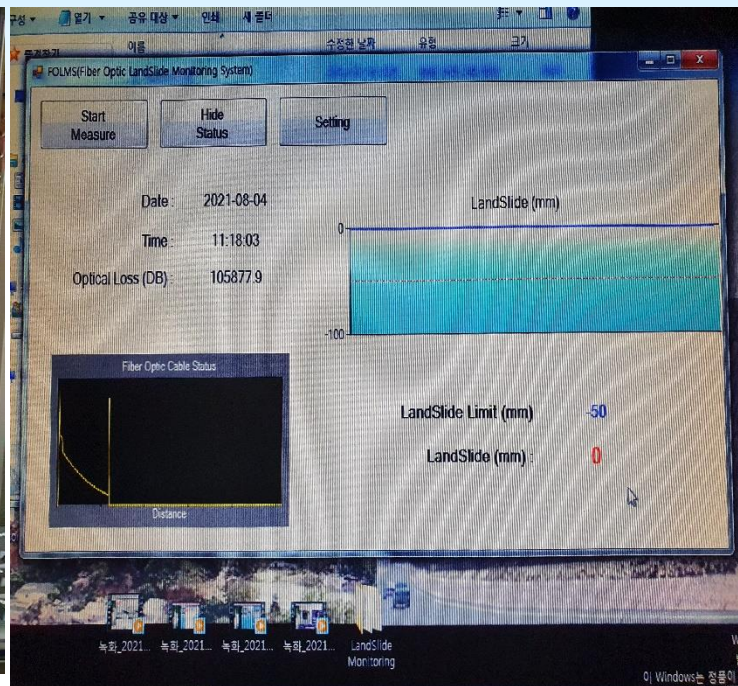
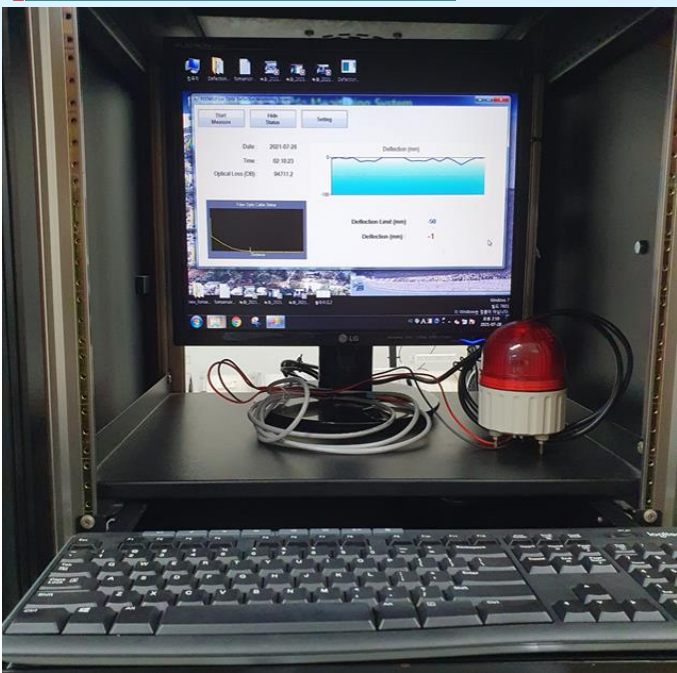
$$h = H - \sqrt{(\sqrt{H^2 + W^2} - \frac{d}{2})^2 - W^2}$$

항목	성능 및 제원
1. 감지근원	사면스라이딩
2. 민감도 범위	2cm ~ 50cm
3. 정밀도	$\pm 2.5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0.1\%$ FS (현장조건에 가변)
4. 단위감지면적,표준	50M x 50M
5. Cell (격자) 크기, 표준	10M x 10M
6. 최대측정거리	10KM
7. 최대ch수호	8ch
8. ch 감지능력	20개소
9. 현장소모전력	0 Watt
10. 현장센서 환경성	전천후
11. 현장센서 사용수명	반영구적

경사면 스킨 센서의 시연장치



광측정기의 작동



광저집계측 시연장치



•장치는 출렁다리의 주경간 상판 중앙점과 인근 관리소에 위치한 광측정기와 직접 광케이블을 연결하여 연직처짐을 실시간 원격으로 계량하여 표시•저장하고 위험 시 경보발령 및 재난안전망에 상황 전파가 가능하도록 작동하여야 한다.

• 장치는 주경간장L 상판 중앙점의 연직 처짐을 최대 L/400까지 측정하여 CM단위로 표시하고 그 이하 범위에서 기준치를 설정가능 할 수 있어야 한다.

• 처짐센서는 전기와 무관한 수동소자들만으로 구성되어 전원공급을 필요로 하고 낙뢰, 강풍, 흑한, 흑서, 햇볕, 우천 등 기상 요인에 의한 고장이나 오작동이 없고 유지관리가 단순하며 100% 가까운 신뢰도를 발휘하여 믿고 편리하게 사용할 수 있어야 한다.

광처짐계 도입효과

출렁다리는 주로 경관이 빼어난 호수•계곡을 가로질러 관광객이 스릴을 즐길 정도 출렁이도록 설치된다. 출렁다리는 대부분 금속을 사용하여 수많은 볼트와 연결부위가 결합된 구조물이므로 출렁거림이 장기간 지속되면 녹슬거나 이완되어 처짐량의 증가로 나타나다가 그대로 방치하면 결국 붕괴에 이르게 되므로 평소 안전점검과 처짐을 무인 상시 계측하는 것이 필수적이다.

종래에는 출렁다리 처짐을 이를 상시계측할 수 있는 기술적장치가 미비하여 사람에 의한 점검을 실시하고 있으나 야간, 강풍, 폭우, 흑한, 폭서, 지진 등 악기상 시나 관광객 과밀 시등 실제 위험상황에는 점검하지 못하는 한계가 있다.

화재로부터 인명을 지키기 위하여 사람에 의한 소방점검을 실시할 뿐만아니라 반듯이 화재경보기를 설치하듯이 출렁다리도 사람에 의한 점검을 실시하더라도 광처짐계를 설치하여 예상치 못한 사고로부터 인명을 지키는 것이 최우선 과제이다.

또한 출렁다리 안전점검을 광처짐계측 위주로 하고 위험상황 전파 시에 사람이 점검하는 등 사람에 의한 점검을 줄여 하는 방식으로 전환하면 절대안전을 지키면서 비용을 대폭 절감하고 사용수명을 크게 연장할 수있다.

타 계측과 비교

항목	전기식 계측기	타 광섬유센서 (FBG Sensor)	광처짐계 (FBL Sensor)
다 항목계측 능력	단일 항목만 측정가능	다수 항목 종합계측 가능	단일 측정기에서 다수 항목 종합계측 가능
변위계측 범위	100mm	100mm	수 m
측정기-센서간 이격거리	수10m이내	미입증	10km현재, 260km장차
상황실과 통신설비	필요	필요	불필요(측정기를 상황실에 놓고 운영가능)
유지보수	현장에 전원공급 및 수시 점검필요	현장 인근 전원공급 및 수시 점검필요	계측현장/인근에 전원공급 및 수시 점검 불필요
환경성	습기,낙뢰,정전기, 고온, 저온, 주변수목등에 성능저하/오작동	저온에 성능저하/손상 주변 진동에 오작동	환경에 기인한 성능저하나 오작동 없음
수명	단기(10년 이하)	장기 반복사용 시 성능저하/손상	반영구적

