

KLA センサーの開発

(株) 熊谷組 正会員 ○大越 靖広
 (株) 熊谷組 正会員 張 海華
 (株) 熊谷組 服部 翼

1. はじめに

開削工事等の土留支保工の変状は、仮設構造物や本設構造物に影響を及ぼす可能性があるだけでなく、作業中の人命に関わる危険性があるため、特に軟弱地盤等により土留めの変状が予測される場合は、精度のよい計測工が重要となる。しかし、そのような計測はひずみゲージやデータロガーを用いて専門的な知識がある者が行うことが多いため、実際に作業中の者にリアルタイムにその情報を伝えるのは容易ではない。一方、著者らは地震後の緊急時に、専門的な知識を必要とせず早急に鋼板巻き立て補強済みの既設部材の損傷状況を確認すること目的とした技術を開発してきたが、その際に使用したアクリルの材質に関する知見も用いて施工中の土留支保工等の変状を作業中の誰もがリアルタイムで確認することができるセンサーを開発した。

2. KLA センサーの概要

(1) センサーの概要

KLA (Kumagai Light Alarm) センサー (仮称) は、磁力を用いて H 形鋼等の鋼材に設置することにより、鋼材に発生するひずみの変化を光のアラームで知らせるものである。施工中の仮設部材等に設置することにより、想定外の力が仮設部材に生じた場合に危険を目視できるものであり、工事現場での安全の見える化に寄与するセンサーである。写真-1 にセンサーの写真を示す。写真の右側はセンサーを横から撮影したものであり、2つの磁石にて鋼材に設置していることが確認できる。

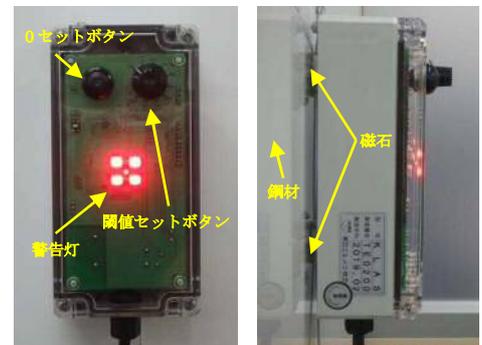


写真-1 KLA センサー

(2) センサーの仕組み

図-1 は本センサーの概要を示したものであり、磁石間に生じた鋼材の変形をひずみゲージを設置したアクリル板を介して計測し、閾値以上のひずみを観測した場合にライトが点灯する仕組みである。本センサーの技術的な要点は、鋼材に生じたひずみを適切にアクリルに伝達することである。

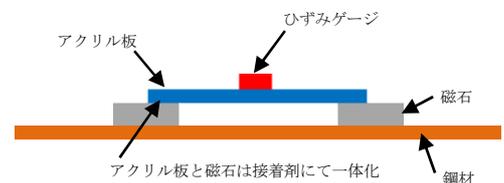


図-1 KLA センサーの仕組み

3. KLA センサーの性能

(1) 磁石とアクリル板の選定

本センサーでは鋼材に生じたひずみを精度よくアクリル板に伝達する必要があるが、アクリル板の強度に対して磁石のせん断接着強度が小さいとアクリル板の圧縮強度が勝り、鋼材との界面で磁石の滑りが生じる。その反対にアクリル板が弱いと面外の変形等が生じてひずみを適切に計測できない。これらのことを鑑み、計測に適した磁石とアクリル板を選定するために行った検討の結果を以下に示す。まずアクリル板の断面を決めるために、H125の H 形鋼に、ひずみゲージを貼付けたアクリル板の両端に磁石 (φ30mm) を瞬間接着剤にて接着したものを設置して載荷試験を行った。その結果を表-1 に示す。この結果より、8×2mm のアクリル板を用いると最も適切に鋼材のひずみをアクリル板に伝達できることが分かる。表-2 に磁石の種類やアクリル板の断面等をパラメータにした試験ケースを、表-3 に各ケースの試験結果を示す。実際のセンサー製作を踏まえ、磁石の径を φ25mm とした場合に適切なアクリル板のサイズと、

表-1 アクリルの断面の選定

	荷重 kN	H鋼中心 ひずみ ①	理論値 ひずみ ②	アクリル ひずみ ③	③/②	③/①
		μ	μ	μ		
8×5	203.8	413	340	344	1.01	0.83
	393.9	758	657	589	0.90	0.78
8×4	202.0	441	337	421	1.25	0.96
	370.0	769	617	697	1.13	0.91
8×2	199.5	386	333	360	1.08	0.93
	407.7	757	680	663	0.98	0.88
5×5	213.1	446	355	251	0.71	0.56
	380.2	763	634	390	0.61	0.51
5×2	210.0	409	350	213	0.61	0.52
	425.4	791	709	368	0.52	0.47

キーワード：センサー、安全の見える化、仮設部材、土留支保工

連絡先：〒300-2651 つくば市鬼ヶ窪 1043 株式会社熊谷組技術研究所防災技術研究室 TEL 029-847-7505 FAX 029-847-7480

表-2 試験ケース

	磁石	アクリル断面	磁石-H鋼界面	磁石とプラスチック
①-1	穴なし	8×2	プラスチック1mm	自由
①-2				片側接着
①-3				両側接着
②	穴あき	6×1.5	直接	/
③-1				
③-2				
③-3				
③-4				

表-3 H形鋼ひずみとアクリルのひずみ

	荷重	H鋼ひずみ①	理論値ひずみ②	アクリルひずみ③	③/①	③/②	備考
	kN	μ	μ	μ			
①-1	201.4	436	336	233	0.54	0.69	すべり
	450.6	928	751	445	0.48	0.59	すべり
①-2	205.4	491	342	281	0.57	0.82	すべり
	401.6	938	669	507	0.54	0.76	すべり
①-3	207.3	406	345	273	0.67	0.79	すべり
	491.4	940	819	587	0.62	0.72	すべり
②	200.0	245	333	255	1.04	0.77	
	640.7	932	1068	802	0.86	0.75	すべり
③-1	203.0	442	338	382	0.86	1.13	
	383.8	760	640	628	0.83	0.98	
	489.8	936	816	633	0.68	0.78	すべり
③-2	204.8	446	341	411	0.92	1.21	
	323.6	686	539	658	0.96	1.22	
	448.6	930	748	693	0.75	0.93	すべり
③-3	201.0	492	335	536	1.09	1.60	
	428.7	965	714	996	1.03	1.39	
③-4	204.9	476	341	484	1.02	1.42	
	446.7	966	745	853	0.88	1.15	

センサーの箱となるプラスチック板を磁石と H 形鋼の間に挟んだケースについて検討を行った。なお、アクリル板の断面は表-1 の結果を踏まえて、8×2mm の相似形とした。①シリーズは商品化の際の防水を考慮して H 形鋼と磁石の間にプラスチック板を挟んで試験を行ったものだが、すべての試験体において磁石に滑りが生じて適切な計測ができなかった。②と③シリーズは H 形鋼に磁石を直接設置したものの、8×2mm の断面 (②、③-1、③-2) ではアクリルの圧縮強度が勝り、H 形鋼のひずみが 900 μ を超えると滑りが生じた。一方、6×1.5mm と 4×1mm の断面のアクリルでは、1000 μ 程度のひずみが生じるまで H 形鋼を圧縮しても、磁石に滑りは生じずに適切にひずみを計測することができた。以上の結果より、①磁石はセンサー本体のプラスチックの外側に配置し、②磁石のサイズは φ25mm、③アクリルの断面は 6×1.5mm を標準とした。

(2) KLA センサーの性能確認試験

これまでの検討結果より決定した φ25mm の磁石と 6×1.5mm のアクリル板を用いて、試作品を製作した。試作品の性能確認の様子を写真-2 に示す。性能確認試験では、H125 の H 形鋼にセンサーを設置し、万能試験機にて H 形鋼を圧縮した。写真は、センサーの閾値を 400 μ に設定したケースである。また、写真内のひずみは、H 形鋼に設置したひずみゲージより計測したひずみであり、閾値 400 μ に対して H 形鋼のひずみが 392 μ で点灯したことが分かる。他の閾値についても同様の性能確認試験を行っており、万能試験機を用いた試験では、概ね 5%以下の精度で計測ができることを確認した。



無点灯の様子 (390 μ)

点灯の様子 (392 μ)

写真-2 性能確認試験の様子 (閾値 400 μ)

(3) 今後の課題

土留支保工のうち切梁は、鋼材が両端固定となることから温度変化の影響を受けやすいこと²⁾が知られている。切梁に本センサーを用いた場合に鋼材とアクリルの温度変化に対する感度が異なることから、温度変化が大きい場合にも適切にひずみを計測することができるか検討を行っている。また、現場の環境によっては直射日光を受ける場合もあることから耐候性についても検討を行っている。

4. まとめ

土留支保工等に変状が生じた場合に、作業中の誰もがリアルタイムで危険を察知できるセンサーを開発した。本センサーは磁力によって鋼材に容易に設置できるものであり、想定外の力が仮設部材に生じた場合に危険を目視できる、工事現場での安全の見える化に寄与するセンサーである。現状、性能確認試験による誤差は数%であるが、現場の状況によりばらつきが無いかな等の確認を当社の施工中の現場にて実証実験を行い、製品化に向けた取り組みを行っている。

参考文献

- 1) 大越・西内・木村・西村：健全度確認センサーの開発，土木学会第 71 回年次学術講演会，2016.9
- 2) 西澤・谷・中出：小判型立坑側壁に固定された切梁の温度応力挙動，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013.9