

光る傾斜計によるデリーメトロ橋脚工事安全管理システム

曙ブレーキ工業(株)	正会員	○増子	実
同上	非会員	芳賀	博文
同上	非会員	国見	敬
オリエンタルコンサルタンツ	非会員	阿部	玲子
オリエンタルコンサルタンツ	非会員	泉	千年
神戸大学	正会員	芥川	真一

1. 目的

社会基盤施設の自然、人口構造物を合理的に監視、管理し、人間環境の安全、安心を図ることは国家的に大きな関心事である。計測の情報が「光の色情報（赤色 黄色 緑色など）」としていつでも誰でも見えている」状態を創り上げ可視化した安全、危険情報により人間環境の安全、安心な空間を創造する。この機能を曙の車載用加速度センサによる傾斜計測機に搭載、2010 年度 JICA プロジェクトにてデリー地下鉄橋梁工事に光る傾斜計による橋梁工事安全管理システムを提供した。適応事例について報告する。

2. 橋梁工事

今回の橋梁工事はインド鉄道上部を 100m 横切る構造で、工法は橋脚 P220 からやマジロベエ方式で両側に交互にコンクリートブロック(S1～S15)を打設し、橋脚中心から約 50m 橋桁を伸ばし P220、P219 の中央で連結する。又 P219～P220 ～P221 に向かい R=300m の弧を描いて建設される。コンクリートブロックを各ステージ別に左右交互に打設した時の橋桁の傾斜角度（橋軸方向）をシュミレーションした結果、最大 0.04deg 傾斜する事が予測された。橋梁工事時のインド鉄道及び 作業員への安全確保のため安全システムを図 2 に示すように橋桁の傾斜管理用に 2 台、基礎の橋脚側に 1 台取り付け適用実験を行った。

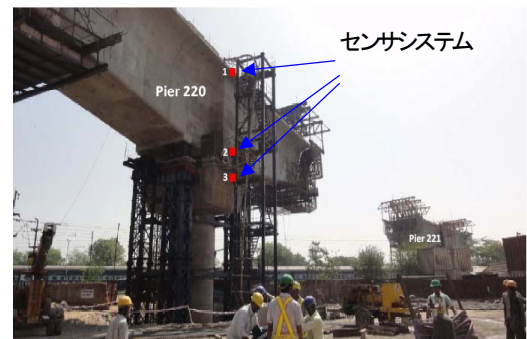


写真 1 橋梁工事

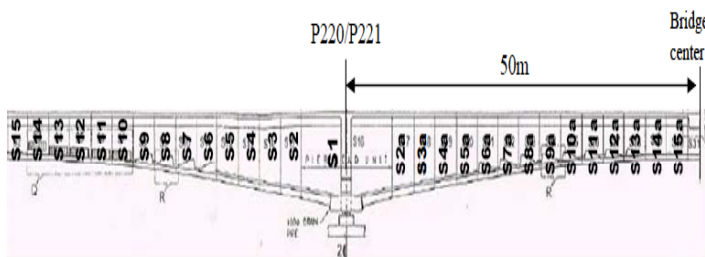


図 1 工事工法

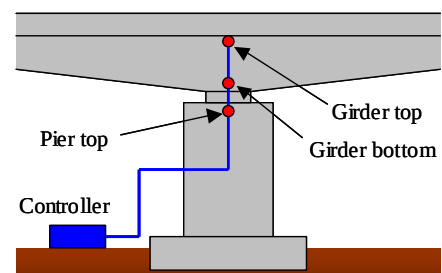


図 2 安全管理システム取付図

3. 安全管理システム

シミュレーションの結果から橋桁の延長工事により 0.9mm/1000mm の傾斜検知が必要となる。要求検出角度精度は 0.04deg となる。また加速度センサにて傾斜角度を計測する場合、ある程度のデータの平均化処理が必要となる。既に開発した地中埋設型 IT 傾斜計では 180 秒の平均化処理を行い 0.001deg の分解能、0.01deg の精度を達成した。危険を検知、直に情報を発報する必要性と精度を出す為の平均化処理時間を 1 秒間に 70 回データをサンプリングし 1 秒毎に判断を行う事とした。橋脚に設置されるシステムはインドの直射日光及び昼夜の温度変化においても安定した計測が必要となる。システムコントローラ内のセンサおよび電子回路を断熱材で囲みヒータを設置、自動制御により 50°C±0.5°C に安定、計測精度を 0.01deg±0.04deg を達成した。またセンサは百葉箱をかぶせ直射日光を防いだ。

キーワード OSV、加速度センサ、光る傾斜計、橋梁、安全安心

連絡先 〒348-8509 埼玉県羽生市東 5-4-71 TEL 048-560-1518

表 1 安全管理システム仕様

項目	仕様	備考
測定軸数	2軸	
測定範囲	± 20 deg	
角度変換方式	静電容量式加速度センサー	
温度変換方式	IC温度センサー	
定格出力	約 40000 digit	
分解能	1/1000 deg	
精度	1/100 ± 0.04 deg	ヒーター稼動時50±0.5℃の場合
長期安定性※	1/1000deg / day	
零点温度特性	8/1000deg / °C	
非直線性	0.5%RO	
使用温度範囲	0 ~ +60 °C	
保存温度範囲	-30 ~ +80 °C	
消費電力	30 W以下	
定格入力電圧	DC 24 V	
定格出力電圧	DC 24 V	回転表示灯出力
通信手段	CAN通信	
接続形式	端子台	M4
内部ヒーター出力	24W	

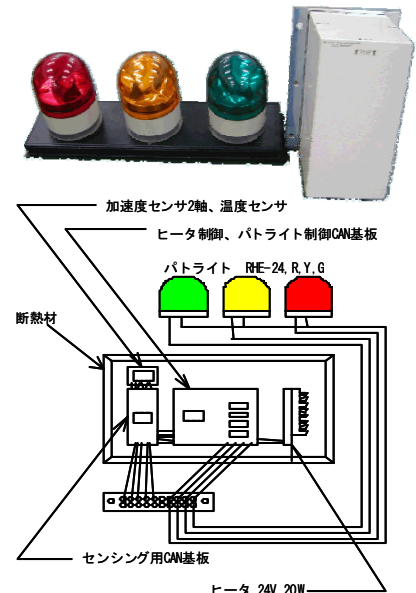


図 3 構成図

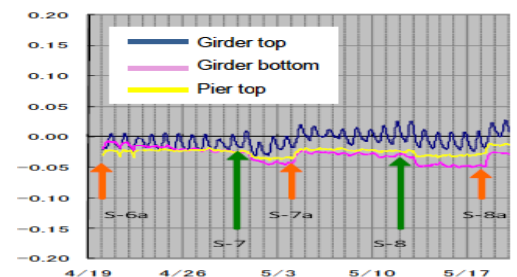
4. 安全管理閾値 (Threshold)

1ヶ月間傾斜計測をした結果を図4に示す。S-7橋桁設置時のシミュレーション0.03degと違い0.15degの結果を得た。再度全てのパラメータの見直しを実施して、閾値を再設定した。傾斜はX軸Y軸2軸にて計測し、その結果から最大傾斜角度を求めると最大傾斜角度は $0.15\text{deg} = \sqrt{X^2 + Y^2}$ となる。

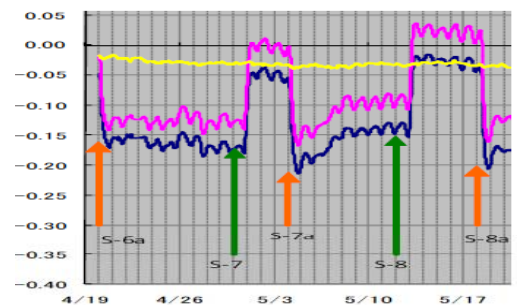
閾値1は最大傾斜角度に0.07degのマーゲンを取って0.22deg、閾値2は最大傾斜角度に0.09degのマーゲンを取って0.24degとし、表示は0.22deg以下を **緑**、0.22~0.24degを **黄**、0.24deg以上を **赤** とした。

5. まとめ

現場での適応実験を行い作業員への説明運用、また工事終了時システムの効果について聞き取り調査を行った結果、作業時に安心感を与えられたことは大きな成果となった。工事終了時までのデータを図6に示す。途中停電の為データ損失した。今後システムの更なる信頼性向上及び簡易型システムの開発を進める。



Y 軸方向



X 軸方向

図 4 1ヶ月データ



写真 2 現場指示書

参考文献

- 1) ORIENTAL CONSULTANTS, CO., LTD. APPLYING THE MONITORING METHOD BY ON SITE VISUALIZATION AT DELHI METRO CONSTRUCTION SITES FINAL REPORT, 2010.

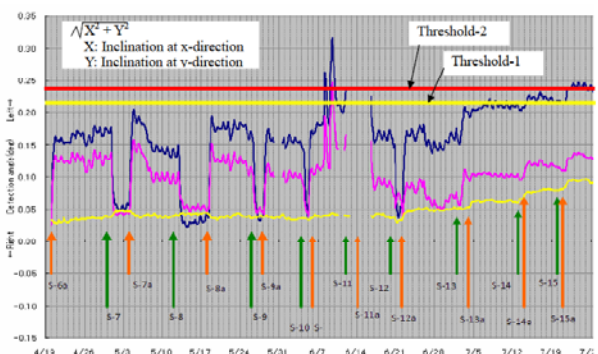


図 5 全期間データ