



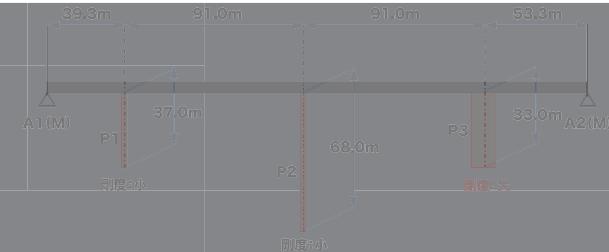
コンクリート打設に伴う温度応力管理

熊本地震で被災したコンクリート橋脚の耐震補強工事に伴う施工管理

2016年、熊本地震によって阿蘇長陽大橋は大きな損害を受けました。上晴では、橋脚耐震補強工事を実施する上で、震災影響を受けた橋脚が更なるダメージを受けないよう、また余震による施工工事中の安全把握を評価するため、解析による事前検証及び管理計画を策定し、現場にて無線タイプの光ファイバーセンサーを用いて計測管理を実施しました。

P3橋脚被災状況及び耐震補強対策

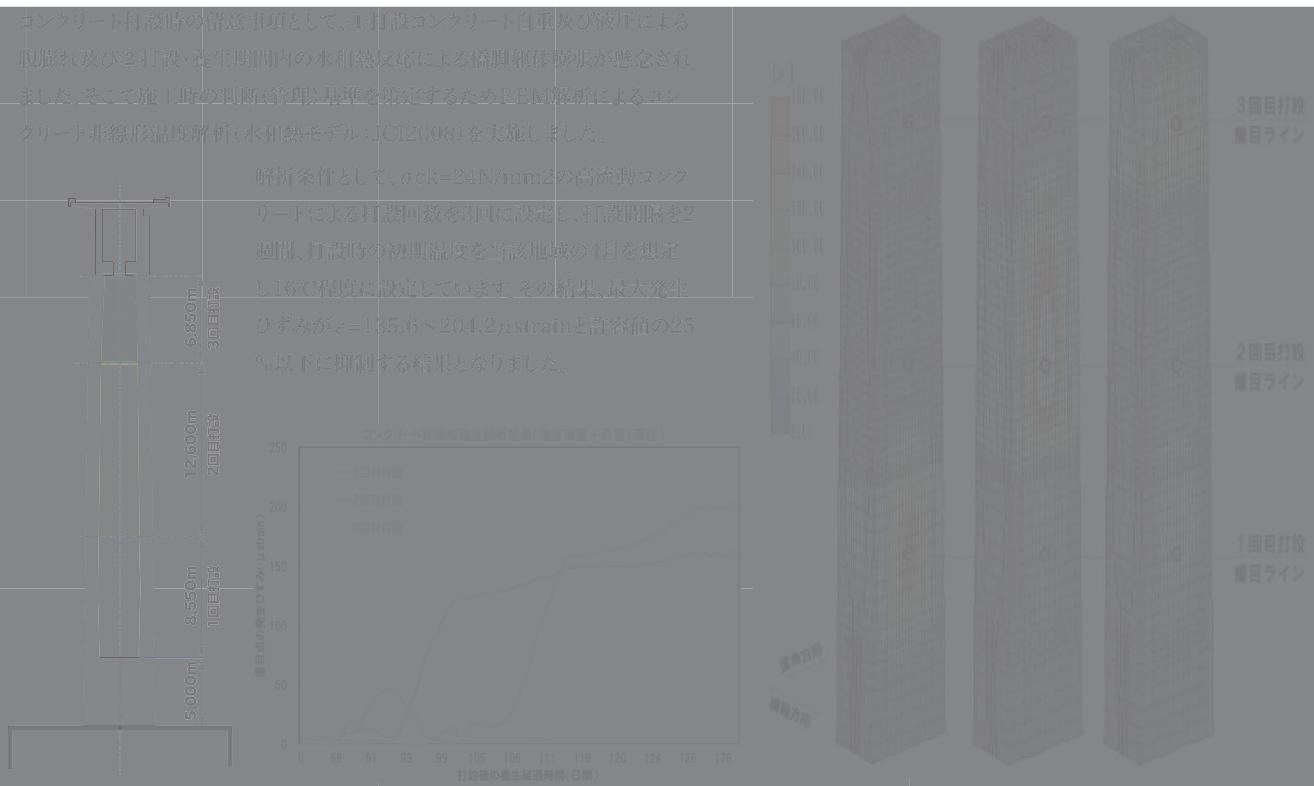
阿蘇長陽大橋は、4径間連続PCラーメン箱桁橋でありP1橋脚高:37.0m・P2橋脚高:68.0m・P3橋脚高:33.0mとハイビアを有しています。P3橋脚の剛度が大きいため、貫通ひび割れや上鉄筋の柱接箇所破断の被害が集中的に確認されました(右下写真)。当該橋脚は中空断面橋脚であり、被害によって低下した剛度回復を回復するため、橋脚中空内にコンクリートを充填して確実な剛度回復を実施することとなりました。



コンクリート打設時の温度応力影響(温度解析による水和熱反応による影響評価)

コンクリート打設時の留意事項として、①打設コンクリート自重及び波压による腹筋及び柱打設・養生期間内の水和熱反応による橋脚軸体膨張が懸念されました。そこで施工時の判断(管理)基準を策定するためFEM解析によるコンクリート非線形温度解析(水和熱モデル: JCI2003)を実施しました。

解析条件として、 $\alpha_{ck}=24\text{N/mm}^2$ の高流动コンクリートによる打設回数を3回に設定し、打設間隔を2週間、打設時の初期温度を当該地域の4月を想定し16°C程度に設定しています。その結果、最大発生ひずみが $\varepsilon=135.6\sim204.2\mu\text{strain}$ と各部位の25%以下に抑制する結果となりました。

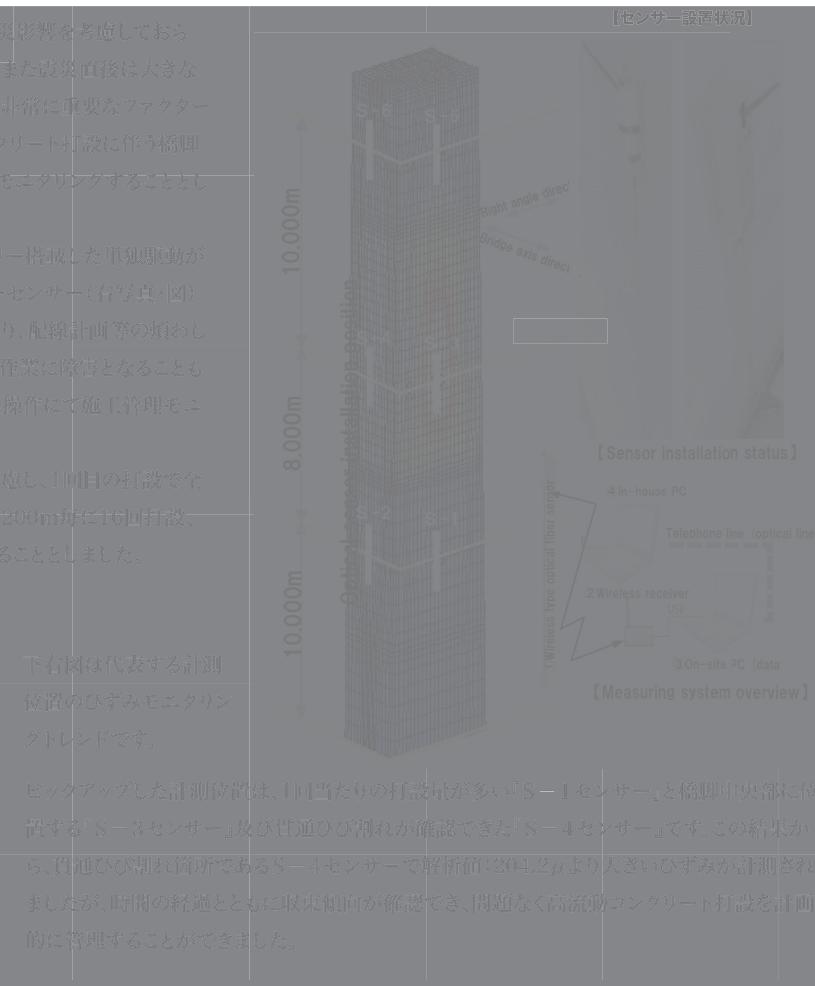
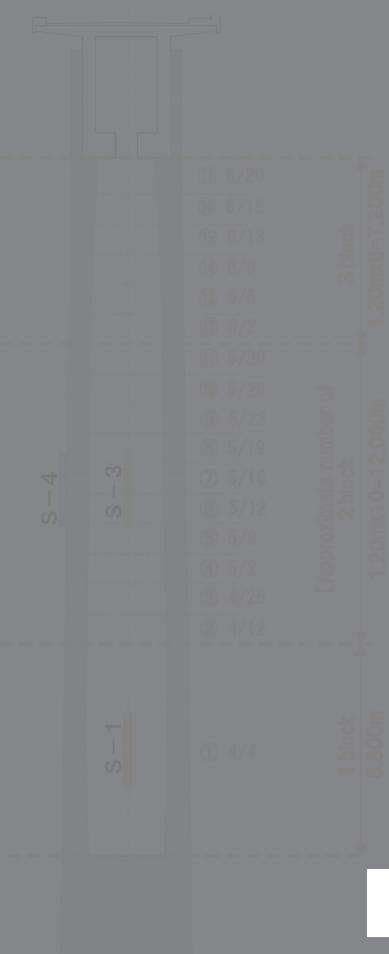


無線タイプの光ファイバーセンサーを用いた施工時のモニタリング管理の実施

先のコンクリート非線形温度解析は、解析条件には震災影響を考慮しておらず、実際の施工時挙動かとなるか不明確です。また震災直後は大きな余震も頻発しており、施工中の構造物の安全性確認が非常に重要なファクターとなります。これらの留意事項を考慮して、高流动コンクリート打設に伴う橋脚軸体は発生するひびき変動を、光学センサーを用いてモニタリングすることとしました。

今回使用した計測システムは、センサー自体にバッテリー搭載した単独駆動が可能で、かつ無線マルチホップに対応した光ファイバーセンサー（右写真）を使用しています。そのため、現場での電源は不要であり、配線計画等の煩わしい作業も必要としません。更に、これから実施する施工作業に障害となることもありません。データ管理もWi-Fiを活用することで、遠隔操作にて施工管理モニタリングを実施可能です。

高流动コンクリート打設ステップは、より安全性を考慮し、1回目の打設で全体の1/3を打設で橋脚の1回目打設に留め、以後、1.200m毎に16回打設、合計17回打設することで中空橋脚内部を完全充填することとしました。



ピックアップした計測箇所は、1回当たりの打設量が多い「S-1センサー」と橋脚中央部に位置する「S-3センサー」及び貫通ひび割れが確認できた「S-4センサー」です。この結果から、貫通ひび割れ箇所であるS-4センサーで解析値(204.2μ)より大きいひずみが計測されました。時間が経過とともに収束傾向が確認でき、問題なく高流动コンクリート打設を計画的に管理することができました。



施工中の余震影響(モニタリングによる安全管理)

【7 aftershock levels that occurred during the construction】

	1 最大発生加速度 (gal)	2 標準加速度 (gal)	総計水平震度 : kh 1/2
1 2017/05/04 (14:22:28)	3.3, 8 益城観測所	9.80	0. 034
2 2017/06/07 (18:20:40)	5, 6 一の宮観測所	9.80	0. 006
3 2017/06/18 (22:34:08)	9, 3 高森観測所	9.80	0. 009
4 2017/06/20 (23:27:55)	8.1, 0 高森観測所	9.80	0. 083
5 2017/07/02 (00:58:27)	1.57, 8 高森観測所	9.80	0. 161
6 2017/07/07 (04:08:09)	4.1, 7 一の宮観測所	9.80	0. 043
7 2017/08/08 (21:27:58)	3.7, 6 益城観測所	9.80	0. 038

左表は、施工期間内で当該橋近隣の地震観測所で得られた7つの余震レベルを示したもので、設計水平震度に換算すると、全てにおいて $kh < 0.20$ 未満であり、震度法の標準設計水平震度にも満たない状況がありました。上図のモニタリング結果において、■部分は、中でも大きい余震であった4/6/20日及び5/7/2日の余震に対するひずみトレンドです。地震発生後、局所的にひずみの増加傾向が確認できましたが、期間経過(既往の4日間震度)とともに収束する傾向が確認でき、施工をストップすることなく進行することができました。

このように上記では、一連の施工を解析・評価・基準策定・管理を一括して実施することができ、施工の確実性と安全性に常に取り組んでおります。

詳細に関しては[こちらをクリック](#)してお問い合わせください