

V-363

大口径深礎杭の温度ひびわれ発生の検討

住友建設（株） 正会員 黒川 幸彦、大磯 章
正会員 北田 郁夫、伊藤 洋
富山県土木部 中野 聡一郎

1. はじめに

近年、急峻な山間部の橋梁基礎として大口径深礎杭の採用事例が増加している。従来、深礎杭はマスコンクリート構造物の対象として研究されることが少なかったが、杭径の大型化に伴い、構造物の耐久性の観点からマスコンクリートとしての温度ひびわれの検討が必要になってきている。本稿では、極楽橋（仮称）の基礎部・大口径斜め深礎杭において実施した温度、及び温度応力解析結果と計測結果について報告する。

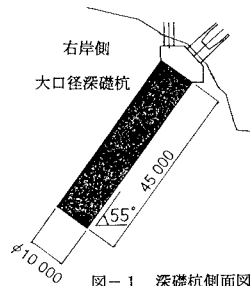


図-1 深礎杭側面図

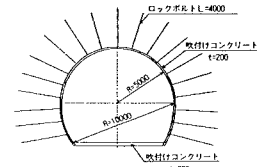


図-2 深礎杭断面図

2. 深礎杭概要

富山県で建設中の極楽橋（仮称）は橋長401m（アーチ支間188m）の長大コンクリートアーチ橋であるが、アーチ基礎部に大口径斜め深礎杭を採用している。深礎杭は、図-2に示すような径約10mの馬蹄径断面で、杭長は右岸45m、左岸14mである。深礎杭のコンクリートは平成9年3月～4月に打設し、計測は温度、及び鉄筋のひずみ（応力）について約3ヶ月間継続した。

3. 解析概要

従来、マスコンクリートの解析手法はほとんどが壁状構造物かスラブ状構造物が対象で、深礎杭のような底面と側面の2方向を拘束された構造物には適用できない。また、3次元的な扱いが必要となることから、解析はFEM（解析コード：ADINA、ADINA-T）によった。解析には図-3に示す簡略化した円筒形の2次元軸対称モデルを用い、線形解析を行った。

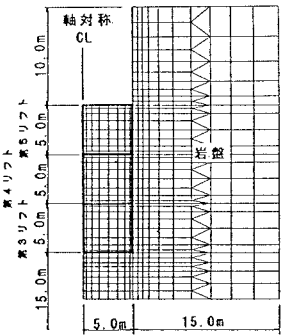


図-3 解析モデル図

4. 解析条件

コンクリートの配合を表-1に、解析条件を表-2に示す。温度上昇特性、熱物性値などは、「コンクリート標準示方書・施工編」（土木学会）¹⁾に示された数値、あるいは算定式に基づき設定した。

表-1 コンクリート配合表
(高炉セメントB種: $\sigma_{ck} = 300\text{kgf/cm}^2$)

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの 範囲 (cm)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	単位量 (Kg/m ³)				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材
25	8	50.0	42.0	157	314	756	1056	0.785

5. 解析値と計測値の比較

5-1. 温度の比較

表-2 解析条件

		コンクリート部		岩 盤 部	
種 別		$\sigma_{cx} = 300\text{kg/cm}^2$		軟 岩	
熱特性	比 熱 ($\text{kcal} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)	0.31		0.17	
	密 度 (kg / m^3)	2300		2600	
	熱伝導率 ($\text{kcal} / \text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)	2.0		1.5	
	断熱温度上昇式 ($^\circ\text{C}$)		$Q(e) = 48.5 \times (1 - e^{-0.51T})$		
ポアソン比		0.167		0.30	
弾性係数 (kgf / cm^2)		文献 1) による		1000	
初期温度 ($^\circ\text{C}$)		10		10	
外気温 ($^\circ\text{C}$)				3	
解析ステップ		リフト No.		打設ステップ	
		第4リフト		9日後	
		第5リフト		15日後	
		終 了		60日後	

深礎杭 温度ひびわれ 温度応力

〒160-8577 東京都新宿区荒木町13番地の4 住友建設株式会社 TEL 03-3225-5133 FAX 03-3353-6656

図－４に第３リフト中央部の温度について、解析値と計測値を示す。温度の最大値は、解析値で58℃、計測値で61℃となり、外気面との温度差は解析値で34℃、計測値で32℃となった。部材内の温度は、ピーク時には外部から1 m程度の位置でも50℃以上の値を示しており、断熱状態に近いものと考えられる。

解析時の諸条件は指針に示された推定値あるいは算定式を採用しており、ある程度の誤差が生じることを考慮すれば、温度について解析値は計測値とほぼ等しいと考えられる。

5-2. 温度応力解析結果

温度応力は、円周方向、半径方向、鉛直方向に分けて算出している。部材内部では圧縮応力が卓越しているが、打継目では円周方向と半径方向の引張応力が卓越し、側面の岩盤接触部では、鉛直方向と円周方向に引張応力が卓越している。図－５に打継目の円周方向の引張応力度の履歴を示す。打継目中央では、コンクリート打設9日後に引張応力はピーク($\sigma_t = 69 \text{ kgf/cm}^2$)に達するが、第4リフト打設後低下し、18日後からは圧縮に転じている。

解析結果から、ひびわれ指数は打継目中央で最小0.3、岩盤接触部で最小0.5となり、有害な温度ひびわれの発生確率は非常に高いと考えられた。

5-3. 鉄筋ひずみ（応力）計測結果

部材内部の応力状況を把握するため、主筋、帯鉄筋などのひずみ（応力）を計測した。図－６に帯鉄筋のひずみ計測値と同位置のコンクリートひずみ解析値を比較したものを示す。鉄筋のひずみ最大値はコンクリートひずみ解析値の約1/2となっており大きな差があるが、ひずみ量変化の傾向は一致しており、応力の発生状況を反映していると考えられる。

6. 対策工

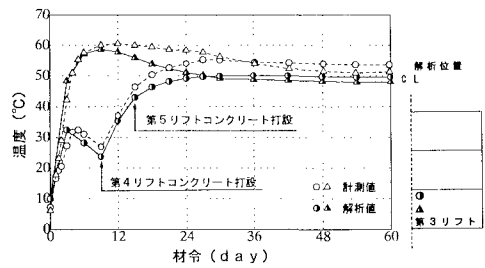
今回、温度ひびわれ対策工としてひびわれ制御鉄筋を選択した。ひびわれ制御鉄筋の配置は、構造鉄筋の腐食防止が目的である。中央部分のひびわれは鉄筋の腐食に影響が少ないため、図－７に示すように打継目の外周部に、D16を100ピッチで配置するとともに配力筋の本数を増加した。

7. おわりに

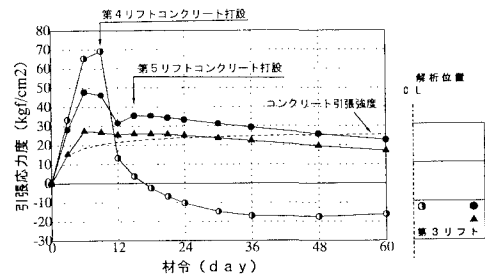
今回の解析を通じて次のような成果が得られた。

- ① FEM解析によって大口径深礎杭の温度履歴はシュミレート可能である。
- ② 大口径深礎杭の場合、打継目上面、及び岩盤接触部に大きな引張応力が発生し、有害なひびわれが生じる可能性が高い。

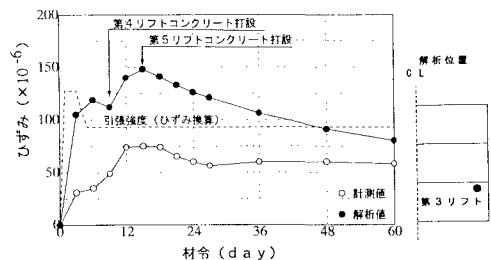
マスコンクリートについてはさまざまな研究がなされているが、地中構造物である大口径深礎杭についてはほとんど例がない。本報告が今後の同種工事の温度ひびわれ対策の参考になれば幸いである。



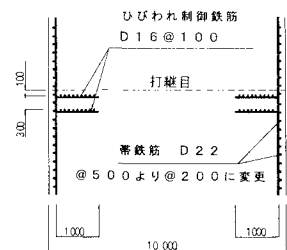
図－４ 温度履歴図



図－５ 打継目・円周方向温度応力履歴図



図－６ 帯鉄筋ひずみ計測値とコンクリートひずみ解析値の比較



図－７ ひびわれ制御鉄筋配置図