

V-372

連続地中壁コンクリートの温度応力測定及び解析

首都高速道路公団 坂爪 誠 久保 敬幸 鳥羽 正樹 福島 忠
東洋建設（株） 鎌田幸一郎

1. はじめに

本連続地中壁（以下「連壁」という）は、現在新設工事の首都高速道路一ツ橋出口桁下に一ツ橋ポンプ所躯体立坑の止水壁と土留め壁を兼ねている。使用するコンクリートは $\sigma_{ck} = 315 \text{ kg/cm}^2$ （呼び強度 420 kg/cm^2 ）のマスコンクリートであり、打設後の温度ひび割れが発生することが懸念された。

2. 工事概要

本工事の連壁は、ポンプ所設置空間確保と街路内に施工されるという条件から矩形となり、図-1に示す様に壁厚2.0 m、長辺方向34.0 m、短辺方向21.5 mの断面となった。深さは立坑本体構築時の盤膨れ対策として、連壁下端を貫入させた不透水層直下の被圧透水層の揚圧力（水圧）を考慮した結果、116 m（内16 mは無筋部）となった。施工は、連壁掘削機（EMX掘削機）を用い、安定液を循環しながら行った。鉄筋籠は1エレメント当たり97.5 m（約60 t/EI）で、GL-100 mまで建て込みを行った。

3. 温度応力の解析と考察

コンクリートの温度ひび割れは、内部拘束作用によるものと外部拘束作用によるものがある。通常、連壁では後行エレメントが先行エレメントに拘束を受けるため、後行エレメントの外部拘束による温度ひび割れ検討を行うことが多い。しかし、ここでは先行、後行エレメントともほぼ $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ の平面形状をしていることと、検討対象エレメントが、夏季の施工となりコンクリートの打設温度も高くなるため先行エレメントに注目した。

コンクリートの硬化発熱による温度上昇とそれに続く温度降下に起因して発生するであろう内部拘束作用によるひび割れ現象を、実際にコンクリートの温度応力（ひずみ）と温度分布を計測することにより検証した。また、2次元FEM温度・応力解析を行い計測結果と比較、検討したが、本報告書では温度解析についてのみ述べる。

3. 1 計測

計測対象は図-1に示す No.7エレメントで、詳細な計測位置と計測機器については図-2に示す。なお、コンクリート応力計は鉛直応力を計測するために鉛直に取り付けている。コンクリートの打設は、平成9年9月6日朝7:30から18:00までほぼ連続で116 m打ち上げている。両隣の後行エレメント No.6、No.8はそれぞれ10月18日、10月30日にコンクリートを打設している。また、コンクリート（42-21-20BB）の配合を表-1に示す。

キーワード：マスコンクリート、温度応力、先行エレメント

連絡先：首都高速道路公団 東京第一保全部 設計課 〒104 東京都中央区新富1-1-3

TEL 03-3552-1476 FAX 03-5541-7734

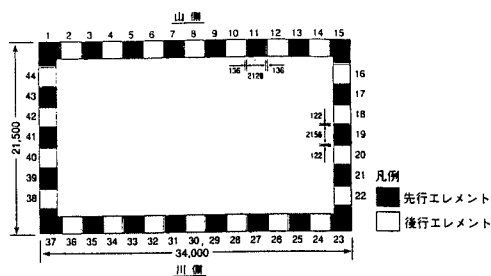


図-1 エレメント割付図

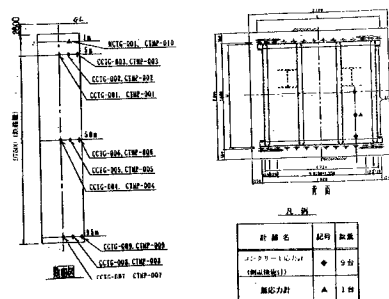


図-2 測点名称及び位置図

表-1 コンクリートの配合

セメントの種類	単位量 (kg/m ³)			
	水	セメント	細骨材	粗骨材
高炉B種	175	418	753	945

表－2 材料定数と環境温度

種別	特性項目	材料特性値	環境温度
コンクリート	λ : 熱伝導率 (kcal/cm・hr・℃)	0.022	
	c : 比熱 (kcal/kg・℃)	0.30	
	ρ : 密度 (kg/cm ³)	2.29	
	打設温度 (℃)		31.2
地盤	λ : 熱伝導率 (kcal/cm・hr・℃)	0.015	
	c : 比熱 (kcal/kg・℃)	0.17	
	ρ : 密度 (kg/cm ³)	1.90	
	初期温度 (℃)		16.0

計測結果の例として、連壁深さ中央のコンクリート温度の計測結果を図－3に、温度応力結果を図－4に示す。コンクリートの温度については、打設温度は31.2℃、最高温度は87.4℃を示しており、温度上昇量がかなり大きいものとなっている。温度応力については、断面中心位置において、材令2日で最大圧縮応力2.6N/mm²を示し、3～4日後に圧縮域より引張り域へ変化し、材令14日で最大引張応力2.7N/mm²を示している。地盤側においても同様な傾向を示すが、その最大引張応力は3.3N/mm²を示している。温度ひび割れ指数については、材令7日～28日において0.8～0.9程度の値が計算されたが、材令が長くなるにつれて1.2以上となり、ひび割れは過大にはならなかったと考えられる。

3. 2 解析

計測されたコンクリート温度の上昇量が大きかったため、現場条件に合わせた温度・応力解析を再度行った。なお、解析には、(社)日本コンクリート工学会の「マスコンクリートの温度・応力計算用パソコンプログラム」を使用した。一般に用いられている材料定数と環境温度を表－2に示す。その温度解析結果を図－3に計測結果と比較するために書き入れている。

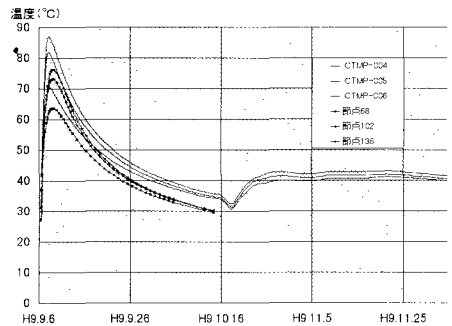
図から判るように、温度上昇量は解析値に比べて実測値の方が約10℃高く、温度降下後の値も同様に高いままになっている。温度の経時変化をフィッティングするために逆解析を試みたが、断熱温度上昇式を除いたコンクリートや地盤の材料定数が、一般的な値から大きくはずさない限りうまくフィッティングすることができなかった。

断熱温度上昇式の見直しも必要であるが、大きな原因として地盤温度の違いが考えられる。1エレメントの掘削に約1週間必要であり、その間循環される泥水の温度は約27℃である。しかも、計測したこのエレメントは施工順序としては後の方であり、先に打設された先行エレメントの発熱もあって地盤温度そのものが高まっていたと考えられる。

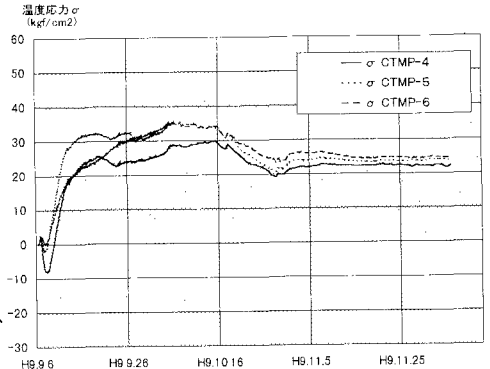
断熱温度上昇式のベキ乗の係数を変え、地盤が泥水温度に近い値まで温度が上昇したと考えると解析した結果を図－5に示す。地盤温度を高くすることによってある程度計測結果に近い値が得られている。

4. おわりに

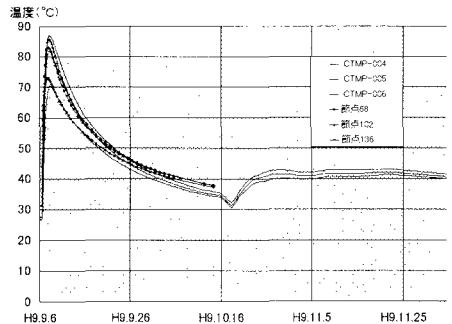
連壁構築後の掘削時に止水工をする事なく掘削を進めるためには、各エレメントの諸条件を反映した、シュミレーションし、コンクリートの配合設計を行う必要がある。そのためには、大深度では周辺地盤状態を予測するために、今後のデータの蓄積が求められる。



図－3 温度実測結果及び初期温度解析結果



図－4 温度応力実測結果



図－5 地盤条件変更による温度解析結果