

V-557

低発熱高強度コンクリートを用いた地下連続壁の温度応力に関する検討

鹿島技術研究所 正会員 信田 佳延
 鹿島技術研究所 正会員 横関 康祐
 鹿島建設（株） 馬場英二郎
 鹿島建設（株） 藤村 正

1. はじめに

地下連続壁の施工では後行エレメントに温度応力が主因と考えられるひび割れが生じている場合があるが、従来、地下連続壁は仮設構造物であること、適切な漏水処理対策を施すことで止水壁としての機能が保たれていたこと、などにより施工に支障をきたす例はほとんど認められなかった。しかしながら、高強度化による部材厚の低減、あるいは地下連続壁の本体利用など、より高度な地下連続壁の施工技術を目指す場合、止水壁としての機能、構造物としての耐久性を確保する上で、温度ひび割れの可能性を定量的に評価するとともに、その低減を図ることが重要である。ここでは、高ビーライト系低発熱セメントを用いた高強度コンクリートを地下連続壁に適用した場合を対象に、3次元FEM解析による温度応力の定量評価に関する検討結果ならびに実大規模実験における温度測定結果を報告する。

2. 3次元FEM解析による温度応力評価

(1) 解析方法

図-1に解析に用いたモデルを示す。解析は高ビーライト系低発熱セメントを用いた設計基準強度 $f'_{ck}=600, 800\text{kgf/cm}^2$ の2種類の配合¹⁾および比較のため3成分系セメントを用いた $f'_{ck}=350\text{kgf/cm}^2$ の配合について行った。部材厚は強度に応じ1.8m($f'_{ck}=350\text{kgf/cm}^2$)、1.5m(600kgf/cm^2)、1.3m(800kgf/cm^2)とし、コンクリートの打込み温度は夏期施工を対象に30℃とした。解析に用いた主な入力値を表-1に示す。ここで、コンクリートの断熱温度上昇特性、圧縮強度・引張強度発現、弾性係数、単位体積質量は室内試験結果にもとづき、その他の値は土木学会コンクリート標準示方書等を参考に定めた。クリープについてはCEB-FIP Model Code(1970)によるクリープ係数を用いた。地盤の物性値は、洪積粘土を対象として仮定した値である。解析期間は1年で、打設から掘削開始前までとした。

(2) 解析結果

図-2、図-3に後行エレメント中心部における温度ならびに温度ひび割れ指数の経時変化を示す。最高温度は3成分系セメントを用いた場合、高ビー

表-1 解析入力値

設計基準強度 $f'_{ck}(\text{kgf/cm}^2)$	350	600	800
セメントの種類	*1)	*2)	
セメント量(kg/m^3)	420	477	594
水セメント比(%)	37	35	28
断熱温度上昇特性 $T=K(1-\exp(-\alpha(t-\gamma)^\beta))$	$K=41.0$ $\alpha=0.50$ $\beta=1.56$ $\gamma=0.125$	$K=45.0$ $\alpha=0.93$ $\beta=1.0$ $\gamma=0.125$	$K=60.5$ $\alpha=0.64$ $\beta=1.0$ $\gamma=0.125$
圧縮強度 $f'_c(\text{kgf/cm}^2)$ $f'_c(t)=dt/(a+bt)$	$19.1+127\ln(t)$	$a=889$ $b=16.1$ $d=0.84$	$a=1098$ $b=9.35$ $d=0.91$
引張強度 $f'_t(\text{kgf/cm}^2)$ $f'_t(t)=gf'_c(t)^h$	$g=0.329$ $h=0.731$	$g=0.896$ $h=0.599$	$g=0.529$ $h=0.681$
弾性係数 $E_c(\text{kgf/cm}^2)$ $E_c(t)=if'_c(t)^j$	$i=26,000$ $j=0.424$	$i=44,420$ $j=0.317$	$i=23,090$ $j=0.413$

*1) 三成分系セメント (FA15%、BS65%、OP20%)

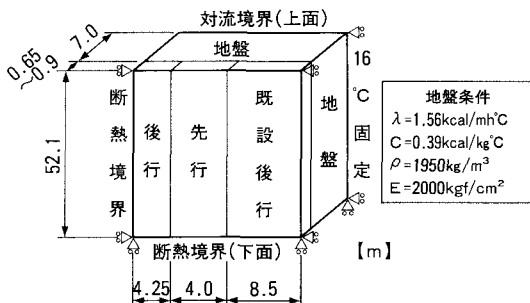
*2) 高ビーライトセメント ($C_3S=28\%$ 、 $C_2S=56\%$)

図-1 3次元モデル

ライト系セメント($f'_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$)を用いた場合とで、それぞれ61.2、60.5℃であり、ほぼ同等の値となっている。これに対し、 $f'_{ck}=800\text{kgf/cm}^2$ の高ビーライト系セメントを用いた配合では、63.3℃とやや高い値を示すが、終局断熱温度上昇量の差に比べると部材中に生じる温度上昇量の差は小さく、高強度化による部材厚低減の効果が認められる。温度ひび割れ指数の最小値はいずれの場合も材齢1ヶ月程度で生じ、3成分系セメントを用いた場合の最小温度ひび割れ指数が0.86であるのに比べ、高ビーライト系セメントを用いた $f'_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$ 、 $f'_{ck}=800\text{kgf/cm}^2$ の配合ではそれぞれ1.38、1.39と大きな値となった。温度上昇量の差に比べひび割れ指数の差に大きな違いが認められるが、これは強度の増加に比して弾性係数の増加の割合が小さいことによる。

以上、高強度化とそれによる部材厚の低減および高ビーライト系セメント使用によるコンクリート温度上昇の抑制は、先行エレメントによる外部拘束応力低減にとって有効な方法であることが示された。

3. 試験施工における温度計測結果

図-4および図-5に試験施工($f'_{ck}=800, 600\text{kgf/cm}^2$ それぞれについて1エレメントを施工。エレメントの寸法は厚さ1.5m、長さ3.0m、深さ30.0m)における温度計測結果ならびに逆解析の結果を示す。温度測定位置は、深さ20.0mにおけるエレメント中心部である。逆解析はコンクリートの断熱温度特性を要因とし、その他の解析入力値は表-1と同様とした。また、コンクリート打込み温度は図中に示すとおりである。図-4および図-5に示すとおり逆解析で得られたコンクリートの断熱温度曲線は、表-1中に示す室内試験結果と若干異なるが、打込み温度の相違を考慮すると両者は同等であると判断され、実施工においても所期の温度上昇を示すことが実証されたものと考えられる。

4. おわりに

地下連続壁に用いる材料・配合について温度ひび割れ抑制の観点から高ビーライト系セメントを用いた高強度コンクリートが有用であるとの結果を得た。しかしながら、高強度地下連続壁の止水壁あるいは本体構造物としての機能を確保するためには、温度ひび割れのみならず、コンクリートの沈降、掘削後の乾燥収縮などに起因するひび割れ防止について施工法との関連を含め検討を進める必要があるものと考えられる。

(参考文献) 1) 坂田ら; 高性能地下連続壁のコンクリート配合に関する実験的研究, コンクリート工学論文報告集, Vol. 16, 1994

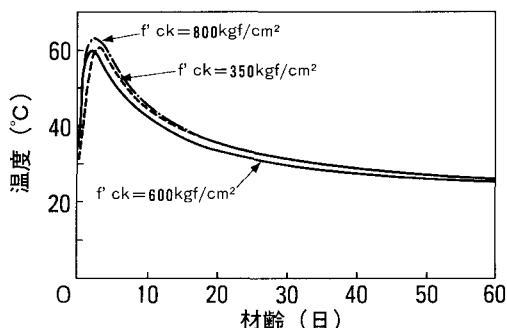


図-2 温度解析結果

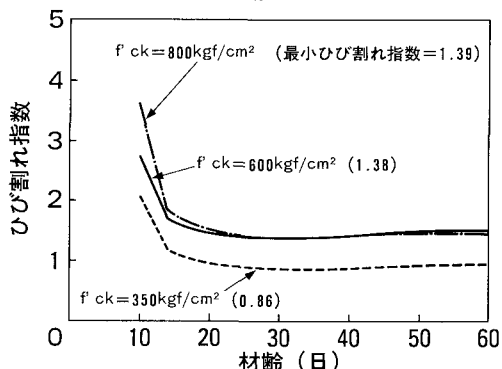


図-3 温度ひび割れ指数

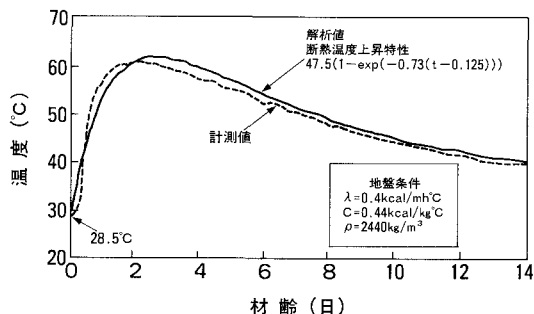


図-4 温度計測結果($f'_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$)

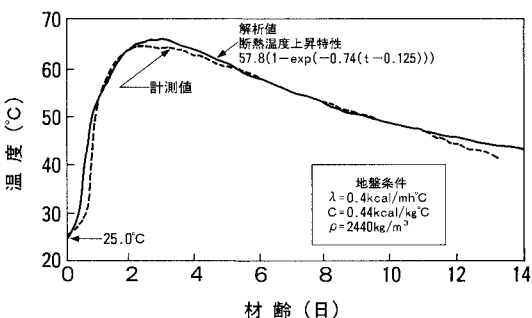


図-5 温度計測結果($f'_{ck}=800\text{kgf/cm}^2$)