

V-204 低発熱セメントを用いた水中コンクリートの熱特性

(株) 大林組技術研究所 正会員 青 木 茂
 (株) 大林組技術研究所 正会員 十 河 茂 幸
 (株) 大林組特殊工法部 正会員 齊 藤 博 文

1. まえがき

近年、構造物の大型化に伴い地下連続壁コンクリートの部材厚も大きくなる傾向にあり、水和熱による温度ひびわれの問題が生じる場合も考えられる。この対策としては低発熱セメントの使用や単位セメント量の低減が有効と思われる。この様な観点から、①低発熱セメントの使用、②流動化剤の使用による単位セメント量の低減などを考慮した各種コンクリートを水中コンクリートに適用した場合の熱特性および施工性を調査する目的で屋外水中打設実験を実施した。この報告はこれらの実験のうち、各種コンクリートの水和熱低減効果について検討したものである。

2. 実験概要

(1) 水中打設実験 試験体の概要を図-1に示す。屋外水槽内に木製型枠を5体設置し、各々配合の異なるコンクリートをトレミー管を用いて水中打設した後、コンクリートの熱特性(温度、応力およびひずみ)と硬化コンクリートの品質(コア強度、標準養生供試体強度)を調査した。計測は、図-1に示す位置に設置した熱電対、有効応力計および埋込型ひずみ計を用いて行った。また、試験体の硬化後の強度を確認するために、コア供試体を深さ方向に採取した。コンクリートの混練りは半自動式パッチャプラントを用い、1バッチ300ℓとした。練上ったコンクリートはフォークリフトで仮置用ホップまで運搬し、型枠中央に設置したトレミー管上部のホップに投入した。なお、型枠にはスリットを設け、型枠内外で通水できる様にした。

(2) 使用材料および配合 1),2) コンクリートの配合は表-1に示す5種類とした。セメントは普通ポルトランドセメント(NP)を基準に、高炉セメントB種(BB)とマスコン型高炉セメント(MKB)を用いた。粗骨材には最大寸法20mmの碎石、細骨材には山砂を用いた。減水剤には遅延型A E減水剤(R)および高性能減水剤(HR)を用い、流動化剤にはスランプロス低減型流動化剤(FR)を使用した。配合No.1~No.4はNPとBBを用いた各々軟練りおよび流動化コンクリートである。配合No.5はMKBを用いた高強度流動化コンクリートである。スランブはトレミー打設を考慮し、No.1~No.4で19cm、No.5で22cmとした。No.1~No.4の水セメント比は大

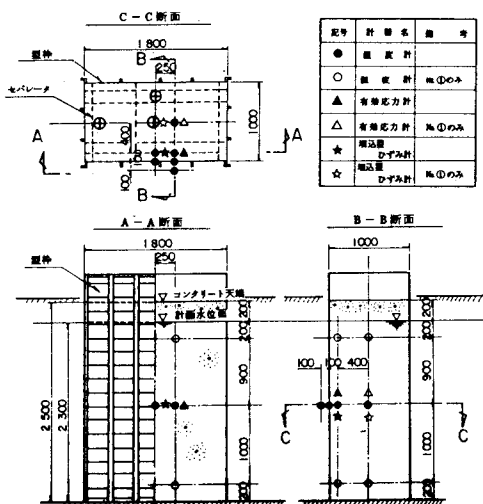


図-1 試験体の概要

表-1 コンクリートの種類と配合

配合 No.	セメント の種類	目 標 値				配 合						
		スランブ(cm)	空気量(%)		W _c	S _a	単位量 (kg/m ³)				混 合 剤	
			ベース	流動化			水	セメント	細骨材	粗骨材	ベース	流動化
1	NP	19	—	5	—	45	167	371	780	1017	R	—
2	NP	8	19	5	5	45	49	151	336	884	R	FR
3	BB	19	—	5	—	45	162	360	785	1023	R	—
4	BB	8	19	5	5	45	49	148	329	884	R	FR
5	MKB	9	22	5	5	30	42	120	400	762	HR	FR

深度地下連続壁の実績を考慮して選定した。

3. 実験結果と考察

(1) 圧縮強度 各種コンクリートの標準養生供試体の強度発現性状を図-2に示す。NPに比べ、BBおよびMK Bを用いた配合は材令28日以後の強度発現が大きい。

(2) 熱特性 各試験体のコンクリートの温度変化を図-3に示す。打設後の温度上昇量は普通セメントを用いたNo. 1が最も高く約37℃であるのに対し、低発熱セメントを用いたNo. 3～No. 5では高強度配合も含め、約20℃と低い値を示した。また同種のセメントであっても流動化コンクリートの方が軟練りコンクリートより温度上昇が低くなる。各種コンクリートの断熱温度上昇試験結果を図-4に示す。最高断熱温度上昇は軟練りコンクリートではBBがNPを若干上回り、流動化コンクリートではNP、BB、MK Bとも最高温度上昇はほぼ同等であり、試験体の計測結果と異なる傾向を示す。しかし、断熱温度上昇試験より得られる発熱速度係数 α と試験体の温度上昇量との関係を示した図-5をみると、低発熱セメントを用いた配合の発熱速度は普通セメントより小さく、放熱条件下における試験体の温度上昇量は発熱速度に影響を受けることが認められる。コンクリートの有効応力の測定結果を図-6に示す。部材内外の温度差により温度応力が生じ、NPを用いたNo. 1では温度上昇時に表面部で約

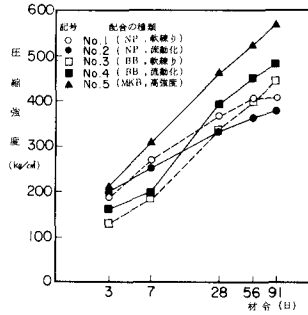


図-2 強度発現性状

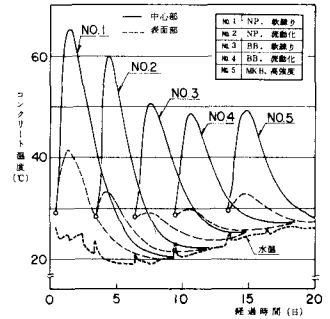


図-3 各試験体の温度上昇

高く約37℃であるのに対し、低発熱セメントを用いたNo. 3～No. 5では高強度配合も含め、約20℃と低い値を示した。また同種のセメントであっても流動化コンクリートの方が軟練りコンクリートより温度上昇が低くなる。各種コンクリートの断熱温度上昇試験結果を図-4に示す。最高断熱温度上昇は軟練りコンクリートではBBがNPを若干上回り、流動化コンクリートではNP、BB、MK Bとも最高温度上昇はほぼ同等であり、試験体の計測結果と異なる傾向を示す。しかし、断熱温度上昇試験より得られる発熱速度係数 α と試験体の温度上昇量との関係を示した図-5をみると、低発熱セメントを用いた配合の発熱速度は普通セメントより小さく、放熱条件下における試験体の温度上昇量は発熱速度に影響を受けることが認められる。コンクリートの有効応力の測定結果を図-6に示す。部材内外の温度差により温度応力が生じ、NPを用いたNo. 1では温度上昇時に表面部で約

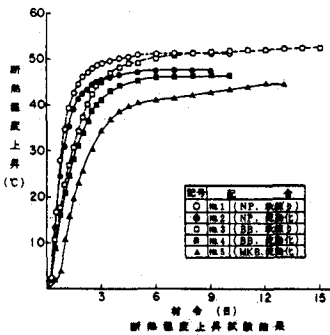


図-4 断熱温度上昇試験結果

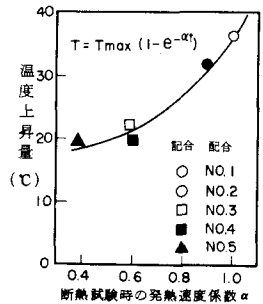


図-5 温度上昇と断熱試験結果の関係

2 kg/cm²、下降時に中心部で約9 kg/cm²の引張応力が生じる。なお、低発熱セメントを用いたNo. 3～No. 5では、表面部の引張応力は1 kg/cm²以下であった。単位強度および単位セメント量当りの温度上昇量を図-7に示す。BBおよびMK Bを用いた配合はNPに比べ、温度上昇量が5割程度低くなっており、温度ひびわれの低減上これらの低発熱セメントの使用が有効と思われる。

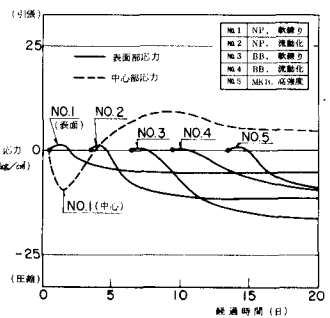


図-6 各試験体のコンクリート応力

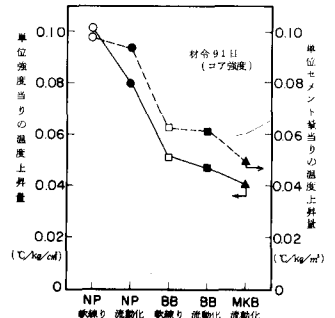


図-7 単位強度・単位セメント量当りの温度上昇量

4. あとがき

水中コンクリートにおいても低発熱セメントおよび流動化剤の使用が温度ひびわれの低減に有効であることがわかった。しかし、地下連続壁の温度応力は周辺地盤や先打ちコンクリートによる拘束の影響を大きく受ける。従って、部材厚が大きくなる地下連続壁の温度ひびわれの検討にあたっては、境界条件を考慮したさらに詳細な研究が必要であると考えられる。

参考文献 2) 青木, 十河, 宇梶, 「スランブロス低減型の流動化剤を用いた各種セメントコンクリートの基礎的性質」土木学会, 第39回

2) 青木, 十河, 芳賀, 「各種低発熱セメントを用いた高強度コンクリートに関する基礎研究」ICI, 第7回, No. 69