

各種低発熱セメントの温度ひびわれ制御効果

岐阜大学工学部 学生員○笹橋 広文
岐阜大学工学部 三輪 敦
岐阜大学工学部 正会員 森本 博昭 小柳 治

1. まえがき

マスコンクリート構造物に生じる温度ひびわれを制御する一手法として、各種低発熱セメントが開発されているが、これらの温度ひびわれ制御効果については、定量的に十分把握されていないのが現状である。従って、各種低発熱セメントの実用化を図るためには、種々の配合、施工あるいは環境条件におけるひびわれ制御効果を明らかにしておくことが必要である。本研究は、最近 JCI より提案されたCPひびわれ幅法を用いて、各種低発熱セメントのひびわれ制御効果を解析的に明らかにするものである。

2. 解析対象セメント

解析対象としたセメントの種類、配合、断熱温度上昇式および圧縮強度発現式を表-1に示す。なおいずれのセメントを用いた場合でも、設計強度 252 kgf/cm²、配合強度管理材令28日としてコンクリートの配合を決定した。その際、水セメント比の上限は耐久性を考慮して55%とした。また、熱特性および強度発現特性に関する定数は各セメントの平均的な値となっている。ただし、Bライト系セメントについては、C₃S、C₂Sの成分比に大きなばらつきがあるため、ここでは平均的な成分比C₃S=20%、C₂S=59%のセメントを対象とした。

3. 解析対象構造物

解析対象構造物として、図-1に示すようなコンクリート基礎上の壁を取り上げた。供試体断面に対する鉄筋比は0.27%である。施工条件としては、打設時期に春を想定し岐阜市のある1日の気温変化を用いた。また、コンクリートの打ち込み温度は20℃とし、型枠(メタルフォーム)の存置期間は5日とした。

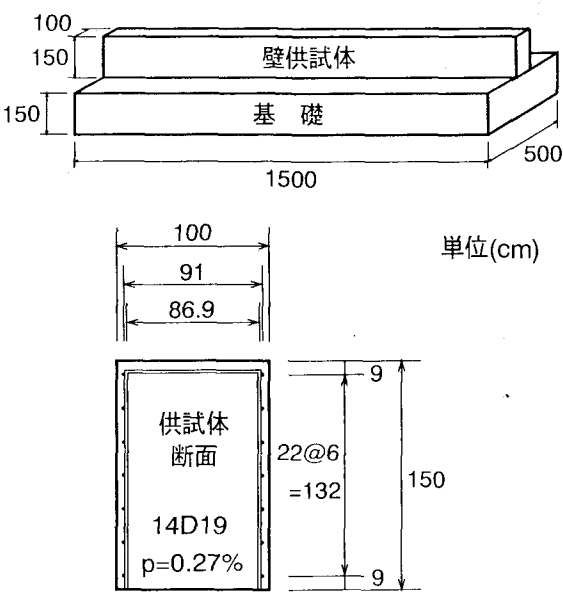


図-1 解析対象構造物

表-1 解析対象セメントの種類 (G_{MAX}=40mm)

セメントの種類	配合強度 管理材令 (日)	配合強度 (kgf/cm ²)	W/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)				断熱温度上昇式 $Q(t)=K\{1-\exp(-\alpha t)\}$		圧縮強度発現式 $f'_c(t)=\frac{t}{a+bt}f'_c(91)$		
				W	C	S	G	K	α	a	b	$f'_c(91)$
普通セメント	28	252	55.0	143	260	746	1154	41.6	0.952	4.50	0.95	427
混合系セメント*1			55.0	143	260	736	1138	23.7	0.717	6.82	0.93	335
Bライト系セメント*2			52.8	143	271	739	1161	27.9	0.575	18.6	0.87	457
低発熱型高炉B種			51.3	143	279	725	1155	33.2	0.464	20.9	0.77	386
高炉B種			55.0	143	260	744	1151	41.0	0.857	12.0	0.87	424

*1 高炉スラグ微粉末、フライアッシュ等の混合系 *2 C₃S=20%、C₂S=59%

CPひびわれ幅法では、付着喪失等価領域 l_s と応力解放領域 l_c を設定する必要があるが、本研究では $l_s=15$ cm、 $l_c=165$ cmと仮定した。

4. 解析結果

壁中央における温度変化を図-2に示す。図-2より、高炉B種では普通セメントに比べ温度上昇に大きな差は見られない。高炉B種を除く他の3種類の低発熱セメントについては、普通セメントに比べ最高温度発現材令が約0.5日程度遅くっており、最高温度も約10℃程度低くなっている。低発熱セメント3種類では温度上昇に大きな差は見られない。

壁中央のコンクリート応力履歴を図-3に示す。CPひびわれ幅法によるひびわれ解析の結果、普通セメントでは材令4日にひびわれが発生し、その他の低発熱セメントは普通セメントに比べ1～2日遅くひびわれが発生する。混合系セメントに関しては全体的な温度上昇量が他のセメントに比べて小さいにもかかわらず、Bライト系、低発熱高炉B種セメントよりも早くひびわれが発生することとなる。これは、時間経過にともなう強度発現が小さいためである。

中段鉄筋位置におけるひびわれ幅を図-4に示す。最終的な材令15日でのひびわれ幅は、普通セメントで0.40mm、高炉B種で0.37mm、混合系セメントで0.27mm、Bライト系セメント、低発熱高炉B種で0.24mmとなっている。すなわち、高炉B種を除く低発熱セメントを用いた場合、ひびわれ幅を普通セメントに比べ約60%に低減できることがわかる。

図-5に中段鉄筋の応力を示す。普通セメントならびに高炉B種を用いた場合の鉄筋応力は鉄筋比が小さいため 2800kgf/cm²前後と、かなり大きな値を示している。

5. まとめ

本研究で得られた結果を次ぎにまとめる。

- ①低発熱セメントを用いた場合、壁の最高温度上昇を、普通セメントに比べ約10℃程度低減することができる。ただし、高炉B種は普通セメントと大差はない。
- ②低発熱セメントを用いた場合、普通セメントに比べひびわれ幅は約60%に低減される。
- ③本研究の範囲内では、混合系とBライト系のひびわれ制御効果は同程度であった。

〔謝辞〕本研究を行うにあたり、各種セメントの熱特性および圧縮強度特性等に関するデータをセメント各社より提供を受けました。ここに記して謝意を表します。

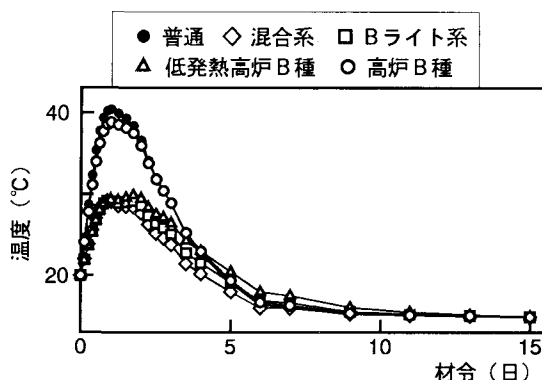


図-2 コンクリート温度経時変化

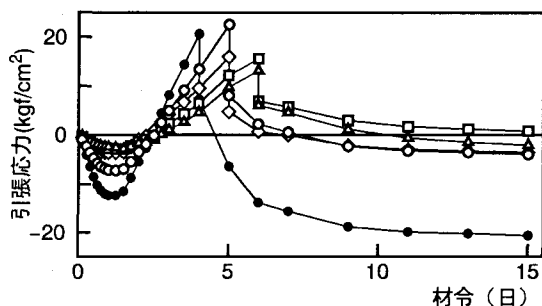


図-3 コンクリート温度応力経時変化

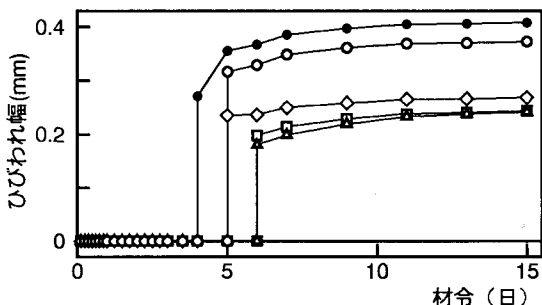


図-4 ひびわれ幅経時変化

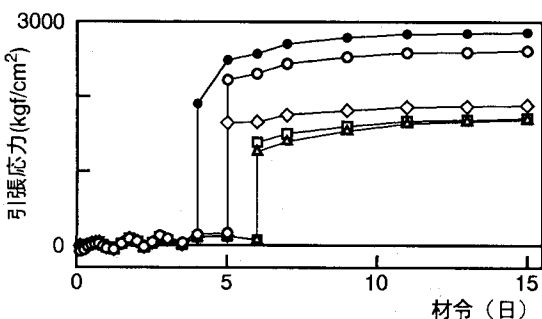


図-5 鉄筋応力経時変化