

佐賀大学 理工学部 正員 石川 達夫

1. まえがき

コンクリートは建設用構造材料として広く用いられてきているが、その欠点の一つにひびわれを生ずるということがある。コンクリートのひびわれは単に目に見える欠点ということだけではなく、構造によっては致命的な欠陥となることがあり、また防水性という点からも好ましいことではない。しかしコンクリートのひびわれはその発生原因が複雑多岐で錯綜しているためこれを完全に防ぐことは現在のところ無理なようである。このひびわれを防ぐ一つの手法として膨張セメントを用いるのがある。これは膨張によりコンクリートの乾燥収縮によるひびわれを防止し、さらにコンクリート中の鉄筋などにより膨張を拘束し、コンクリートに圧縮ひずみを生じさせその後に起る乾燥収縮を補償させようとするものである。膨張セメントの開発はセメント中のエトリンガイトの研究から始まっており、最近では無水カルシウムサルファアルミネートの安定化を目指して研究が行なわれ、石灰の水和膨張を利用したものもある。

本報告は、膨張セメントとして市販されている3種類のそれらを用い、混和量、養生条件、拘束条件などを変化させて行なった実験について、その結果、考察を述べたものである。

2. 実験方法

使用材料 普通ポルトランドセメント、膨張セメントⅠ(比重 2.95, 比表面積 $2,150 \text{ cm}^2/\text{g}$)、膨張セメントⅡ(比重 3.04, 比表面積 $2,250 \text{ cm}^2/\text{g}$)、膨張セメントⅢ(比重 3.21, 比表面積 $2,050 \text{ cm}^2/\text{g}$)。細骨材(海砂, 比重 2.56, 吸水率 1.40%, 粗粒率 2.49)。粗骨材(比重 2.86, 吸水率 0.86%, 粗粒率 6.83, 砕石)。減水剤(減水剤規定量)。

配合 コンクリートの配合を表-1に示す。膨張セメントも3種類とも0, 12.5, 25 および 37.5 kg とし単位セメント量 300 kg に内割で混和した。膨張セメントの混和量については、単位普通ポルトランドセメント量の何%で表わす方法と単位膨張セメント量で表わす方法の2種類があるが後者によった。

膨張セメントの量 (mm)	粗骨材の量 (mm)	骨量 (%)	水とセメントの比 (%)	細骨材の量 (%)	単位量 (g/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤
20	15	3	60	38	180	300	657	1,205	0.75

* C = 普通ポルトランドセメント + 膨張セメント

表-1 コンクリートの配合

供試体 膨張量の測定 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法(ゲルゲージ法)(JISA104)

(圧縮強度試験用 $40 \times 20 \text{ cm}$.) コンクリートの膨張を拘束する鉄筋を図-1に示す。

養生条件 膨張量測定用は 20°C 水中と湿度85%, 温度 20°C の

空中の2条件とし、圧縮強度試験用は水中養生のみとした。

測定方法 練り混ぜは手練りで行ない、打設後24時間恒温室内に入れ、脱型後直ちに供試体両端のプラグ間の長さも測定しこれを基長としその後上の養生条件下にみた。

載荷試験 鉄筋の配置してある供試体については、膨張量測定後載荷試験も行なった。載荷方法は、スパン 30 cm に対する3等分点2点載荷とし、荷重は5tのロードセルで検出した。供試体中央下面にはワイヤストレーンゲージを貼り、載荷重 100 kg 毎にひずみと測定し、初きれつ発生荷重と求めた。その後、ロードセルを取りはずして破壊試験も行なった。

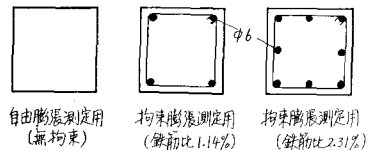


図-1 拘束用鉄筋配置図

3. 実験結果

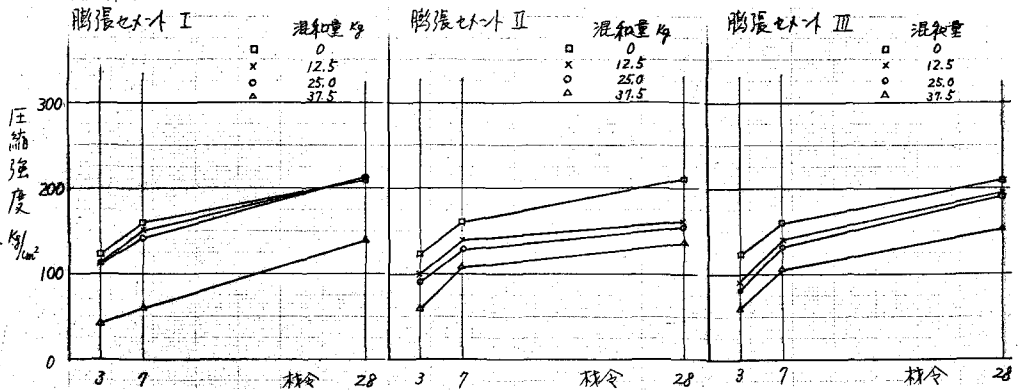


図-2 圧縮強度試験結果

膨張セメントを用いたコンクリートの圧縮強度試験結果を図-2に示す。いずれの膨張セメントを用いた場合も膨張セメントの混和量が増えるにつれて強度低下を示している。これらの供試体は無拘束に水中養生としたものであり膨張が多量の結晶水にもとづいているため拘束のない自由膨張供試体の組織はルーズになっていると考えられ、妥当な結果であろう。膨張のすみ測定結果(投合60日における)と載荷試験結果を表-2に示す。水中養生と空中養生との膨張量の差は、膨張セメントの混和量が極端に多い37.5kgの場合を除き、投合60日で250×10⁻⁶程度であった。空中養生では、膨張セメント混和量37.5kgの場合を除いて膨張セメントコンクリートと膨張セメント無混和コンクリートとの膨張量の差はほとんど無く養生期間中の水分の補給が無いと膨張セメントの特色を生かしきれないことと物語っているといえよう。無拘束の自由膨張量と拘束した膨張量との差が少ない方が、膨張セメントの本来的な目的である膨張を發揮したという考え方もあるが、供試体両端面に鉄板を貼って拘束した場合、本実験のようにコンクリート中の鉄筋を入れて付着により拘束を与える場合とでは少し様子が違ってくると考えられる。膨張が始まる時刻と鉄筋との付着が妨げられて拘束を受け始める時刻とのタイミングの問題になってくるのではなからうか。初養液重量、破壊液重量とも膨張セメントの影響はほとんどみられず、同種コンクリートの養生条件の違いで差がみられる。コンクリートにとって養生というものの大切さを示唆している。

セメントの種類	供試体番号	膨張セメントの量 (kg)	鉄筋比 (%)	初養液重量 (kg)	破壊液重量 (kg)	養生条件	60日後の膨張量 (10 ⁻⁶ m)
普通セメント	1	0	0	—	—	水中	-150
	2	0	0	—	—	空中	-400
	3	0	1.14	1,700	4,800	水中	50
	4	0	1.14	1,300	4,850	空中	-300
	5	0	2.31	1,500	7,600	水中	50
	6	0	2.31	1,200	4,800	空中	-250
膨張セメント I	7	12.5	0	—	—	水中	-50
	8	12.5	0	—	—	空中	-350
	9	25.0	0	—	—	水中	100
	10	25.0	0	—	—	空中	-150
	11	37.5	0	—	—	水中	800
	12	37.5	0	—	—	空中	200
	13	37.5	1.14	1,900	4,600	水中	650
	14	37.5	1.14	1,400	3,700	空中	150
	15	37.5	2.31	1,600	8,100	水中	450
	16	37.5	2.31	1,100	5,500	空中	-50
膨張セメント II	17	12.5	0	—	—	水中	-100
	18	12.5	0	—	—	空中	-500
	19	25.0	0	—	—	水中	50
	20	25.0	0	—	—	空中	-350
	21	37.5	0	—	—	水中	2,400
	22	37.5	0	—	—	空中	1,100
	23	37.5	1.14	1,900	4,500	水中	2,050
	24	37.5	1.14	1,000	3,300	空中	600
	25	37.5	2.31	1,800	7,600	水中	1,800
	26	37.5	2.31	1,000	4,600	空中	600
膨張セメント III	27	12.5	0	—	—	水中	-100
	28	12.5	0	—	—	空中	-500
	29	25.0	0	—	—	水中	100
	30	25.0	0	—	—	空中	-300
	31	37.5	0	—	—	水中	2,250
	32	37.5	0	—	—	空中	-250
	33	37.5	1.14	1,700	4,800	水中	1,250
	34	37.5	1.14	1,000	4,400	空中	-150
	35	37.5	2.31	1,800	6,500	水中	500
	36	37.5	2.31	1,000	5,700	空中	-150

表-2 膨張のすみ測定結果および載荷試験結果