

東京工業大学 正 長滝 重義
 東京工業大学 正 〇後藤 祐司
 京浜外貿埠頭公団 新行内博幸

1. まえがき

我国では、膨張性セメント混和材(膨張材)として既に3種の銘柄が市販されており、これら膨張材を用いた膨張コンクリートに関する諸研究も数多く行われ、膨張コンクリートの諸特性についてはかなり明らかにされつつある。しかしながら、単に膨張材と言っても市販の3種の膨張材は、その膨張素材および膨張を生ずる反応過程にはかなりの相違があるにもかかわらず、これまで、これら互統一的に比較検討したものが少ない。本研究はこのような観点から、市販の3種の膨張材を用いた膨張コンクリートを、一軸および二軸に拘束し、それぞれ膨張材のもつ種々の特性について実験的に比較検討したものである。

2. 使用材料および試験方法

(i) 使用材料およびコンクリートの配合

- ・セメント：日本セメント佐伯工場製普通ポルトランドセメントで試験成績は表-1のようであった。
- ・膨張材：生石灰系膨張素材とする膨張材A、無水カルシウム・サルフォアルミネート为主体とする膨張材BおよびCの3種の市販膨張材で、これらの物理試験成績および化学成分は表-1に示すようであった。
- ・骨材：粗骨材は興勿林産碎石(最大寸法20mm, 比重2.56, FM6.50)で、細骨材は香川県木島産海砂(比重2.54, FM2.59)であった。
- ・コンクリートの配合：コンクリートの標準配合は、単位セメント膨張材量350kg, 細骨材率38%であり、水セメント膨張材比は々々1%とした。各膨張材の単位量は予備試験により拘束膨張量がほぼ等しい範囲にある3水準を選定し、その結果、膨張材A, Bでは55, 60, 65kg/m³, 膨張材Cでは、55, 60, 65kg/m³を使用した。

(ii) 供試体の作製

試験に用いた一軸拘束供試体は図-1に示すような15cm×15cm×52cmの梁型供試体であって、拘束鉄筋はφ12~φ33の範囲で5段階に変化させた。コンクリート打設後2時間で側板をはずし、18時間で型枠より取り出し20°C水中養生を開始した。

一方、二軸拘束供試体は、二軸拘束状態が最も簡単に得られる円板型供試体で、図-1に示されるように、円板軸方向の拘束をなるべく少なくするため供試体高さを10cmとし、拘束鉄環厚を4種類

図-1 一軸および二軸拘束供試体

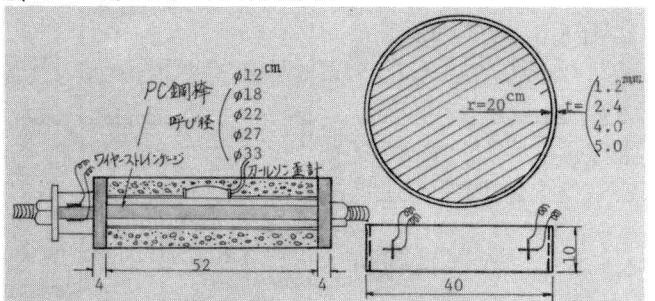


表-1 セメントおよび膨張材の物理試験成績および化学成分

膨張材およびセメント	比重	粉末度		化学成分								
		フルーン (cm ³ /g)	88μ筛分 (%)	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO	Total	Free Lime
セメント	3.16	3060	1.7	0.5	21.9	5.3	3.2	65.3	0.9	1.8	99.0	--
膨張材 A	3.20	2000	20.4	0.4	13.1	2.9	2.0	76.9	1.1	3.0	99.4	35.2
B	2.95	1960	43.2	0.4	3.3	12.5	1.3	53.0	0.5	27.3	99.6	19.4
C	3.05	2250	28.3	0.6	1.3	7.2	0.4	59.7	0.6	30.2	100.0	27.4

に変化させたものである。これを一軸拘束供試体と同様にコン

クリート打設後、8時間20°C水中養生を開始し、周囲4ヶ所に貼布した直角2方向のワイヤーストレインゲージで膨張歪を測定した。

3. 試験結果と考察

(i) 膨張性状：一軸拘束供試体の膨張材の相違による膨張性状の変化を図-2に示す。膨張速度は石灰系の膨張材Aが最も早くほとんどの膨張が材令3日で終了している。ついで膨張材Cが早く、膨張材Bは最も遅く材令2週間まで膨張が継続している。又最大膨張量に達したのちのセルフストレスによるクリープは図から明らかなようにいずれの膨張材においてもほとんどわずかであり、水中養生を行なう場合には、膨張は十分安定している。

(ii) セルフストレス量：図-3は二軸拘束供試体の拘束量変化によるセルフストレス量の変化の関係を示す。拘束量の増加によるセルフストレス量の増大は、膨張材Cが最も大きく、次いで膨張材Bであり、膨張材Aは拘束量が増加してもセルフストレスの増加は鈍く、カルシウム・サルフォアルミネート系の膨張材に比較して、石灰系膨張材の膨張力が小さいことが認められる。

(iii) 膨張エネルギー：そこで拘束と膨張の関係を更に明確にするため一軸から二軸拘束へと拘束が増加した場合の性状を統一的に検討する目的で、(1)および(2)式で求められるコンクリートの単位体積が拘束されることによる膨張エネルギーを計算し、比較したものが図-4である。この図に見られるように一般的には膨張エネルギーは拘束軸の多いほど、拘束鉄筋比が小さいほど、又混入量が大きいほど、大きな値を示している。膨張を2軸に拘束することにより膨張材B、Cでは一軸拘束供試体に比較し膨張エネルギーは著しく大きくなっているの膨張材Aではこの増加量が他に比較して小さく、前述の石灰系膨張材の膨張力が小さいことを裏付けていると思われる。

一軸拘束： $U_0 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot E_s \cdot \epsilon_s^2$ ----- (1) $\left(\begin{array}{l} E_s: PC鋼棒のE \\ \epsilon_s: 環の円周方向歪 \\ E_c: 環の軸方向歪 \end{array} \right)$

二軸拘束： $U_0 = \tau_r \cdot \frac{E_s}{1-\nu} (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + 2\nu\epsilon_1\epsilon_2)$ ----- (2)

生ずる膨張エネルギーを計算し、比較したものが図-4である。この図に見られるように一般的には膨張エネルギーは拘束軸の多いほど、拘束鉄筋比が小さいほど、又混入量が大きいほど、大きな値を示している。膨張を2軸に拘束することにより膨張材B、Cでは一軸拘束供試体に比較し膨張エネルギーは著しく大きくなっているの膨張材Aではこの増加量が他に比較して小さく、前述の石灰系膨張材の膨張力が小さいことを裏付けていると思われる。

図-2 各膨張材を混入した膨張コンクリートの膨張性状

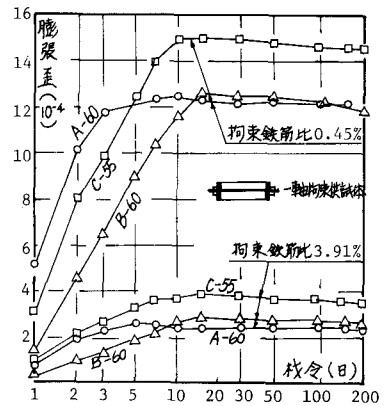


図-3 円板拘束力 τ_r (材令28日)

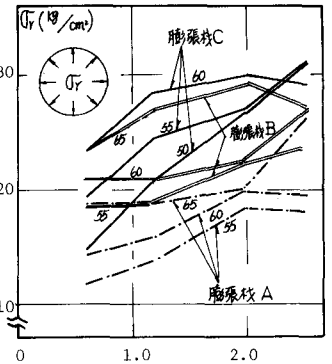
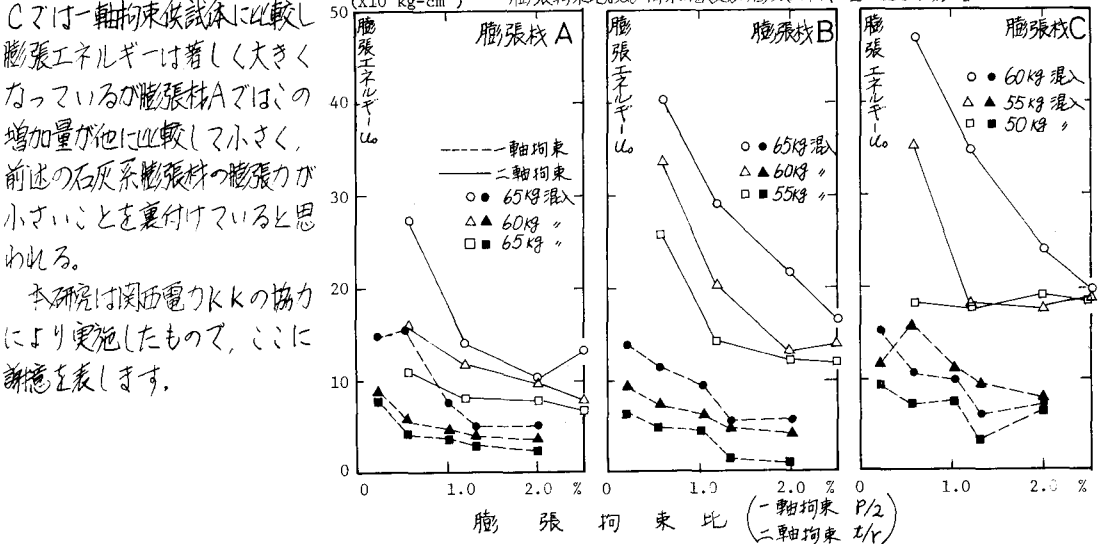


図-4

膨張拘束比および拘束軸数が膨張エネルギーに及ぼす影響



本研究は関西電力KKの協力により実施したもので、ここに謝意を表します。