

セメント協会研究所 正 國府勝郎
 正 神田彰久
 正 村田芳樹

1. えがき

膨張コンクリートは、収縮補償コンクリートやケミカルプレストレストコンクリートとして多くの研究や施工実績があり、今後もさらに使用が増大してゆくものと思われる。膨張コンクリート部材の力学的性状は、コンクリートの膨張率あるいは拘束の程度によって著しい影響を受けることが明らかにされているが、耐久性に関する資料は数少ないようである。本文は膨張コンクリートの凍結融解抵抗性を検討するために行なった実験の報告であって、膨張率、拘束条件、空気量等の基礎的な影響を検討したものである。

2. 配合および試験方法

使用した膨張材は石灰系のものであり、セメントは普通ポルトランドセメント、細・粗骨材は富士川産のもので堅硬な品質を有するものを用いた。配合は水結合材比 50%とし、単位結合材量を 284 kg/m^3 に一定としたもので（スランパ：約 10 cm ）単位膨張材量を変化させることによって一軸拘束膨張率が 0 、 2.65 、 4.65 および 8.70×10^{-4} の膨張コンクリートを使用した。膨張率が比較的大きな範囲においても単位結合材量を増さなかったのは、凍結融解抵抗性に対する膨張コンクリートの拘束の影響を検討するためである。減水剤としてリグニン系のもを用い、指定の AE 助剤を併用して空気量を約 4% とした。膨張率が 2.65×10^{-4} で収縮補償コンクリートに相当する配合では、空気量を増大したもの（5.4%）も試験した。したがって試験した面配合は 5 種類である。膨張コンクリートは一般に拘束条件下で使用しなければ効果を発揮しないのであって、凍結融解試験もコンクリートの膨張を拘束して行なうことがきわめて重要であると考えられる。本実験では、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の供試体を使用して、(A) 無拘束、(B) 端板を有する一軸拘束（土木学会規準案に示す A 法、 $\rho = 0.93\%$ ）、(C) 一軸拘束（ $4-\phi 5$ 、 $\rho = 0.79\%$ ）および (D) 軸筋（ $4-\phi 5$ 、 $\rho = 0.79\%$ ）とスターラップ（ $\phi 5$ ピッチ 55 mm 、 $\rho = 0.71\%$ ）による三軸拘束の場合を試験した。試験方法は、水中における急速凍結融解方法で、上下限の温度も $+5^\circ\text{C}$ および -18°C として、1 サイクルを 4 時間で運転した。試験を開始した材令は 28 日とし、全供試体は同一装置で同時に行なったものである。

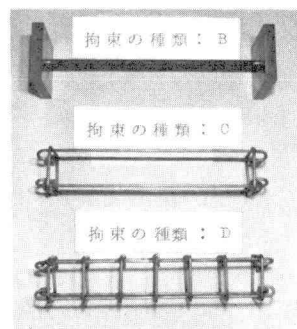


写真-1 拘束用鋼材

3. 結果および考察

(1) 試験方法について

2 において述べたように、膨張コンクリートは拘束した状態で試験を行なうことが重要であるので、拘束用の鋼材が一次共鳴振動数の測定値に与える影響を、凍結融解開始直前および試験中の普通コンクリートの測定値から検討した。凍結融解開始前の普通コンクリート供試体 (P) の共鳴振動数は、拘束の種類で見ると (B) < (A) < (C)、(D) の順となり、(A) を基準とした場合 (B) は約 20% 小さく、(C)、(D) は約 5% 大であった。凍結融解開始後

表-1 コンクリートの配合

配合 記号	水結合 材比 W/C+E (%)	細骨材 率 %a (%)	単位量 (kg/m ³)			スランパ (cm)	空気量 (%)	一軸拘束 膨張率 ($\times 10^{-4}$)
			水 W	セメント C	膨張材 E			
P	50	39	142	284	0	9.0	3.9	0
E1	50	39	142	253	31	9.0	3.5	2.65
E2	50	39	142	253	31	13.0	5.4	2.68
E3	50	39	142	244	40	12.5	3.7	4.65
E4	50	39	142	237	47	11.0	3.9	8.70

の測定値も同様な傾向を示し、それぞれの供試体の相対動弾性係数で整理した場合、凍結融解の各サイクルにおいてほとんど等しい値を得た。したがって端板等を有する供試体であっても、凍結融解作用による劣化の指標として、通常用いられている相対動弾性係数で示すことができると判断された。

(2) 凍結融解抵抗性に対する膨張率の影響

単位膨張材量と圧縮強度および膨張率との関係を図-1に、膨張コンクリートの耐ス性係数を膨張率に対して整理したものを図-2に示す。これらによれば圧縮強度が膨張材を使用しない同一配合のコンクリート強度と同等である収縮補償コンクリートであっても耐ス性が著しく低下する場合がある。また、単位結合材量が 284 kg/m^3 、空気量が4%となっている本実験の範囲では、凍結融解試験における拘束の効果は明瞭ではない。しかし、空気量を5.4%に増大した場合には、図-3に示すように拘束条件の相違によって凍結融解抵抗性が著しく向上する結果が得られた。すなわち膨張材を使用しない同一配合条件のコンクリートの耐ス性係数は、凍結融解作用中の拘束用 鋼材の有無に関係なく約85%であるのに対し、同条件の収縮補償コンクリートは無拘束で約10%、拘束状態で約25%であった。同じ収縮補償コンクリートの空気量を増大した場合、無拘束、一軸拘束、三軸拘束と拘束条件を変えることによって耐ス性係数はそれぞれ、約20、40、65%に向上した。これらの結果より、膨張コンクリートの凍結融解抵抗性の改善には通常のコンクリートより空気量を増大させ、さらに拘束を十分にすることが重要であると考えられる。

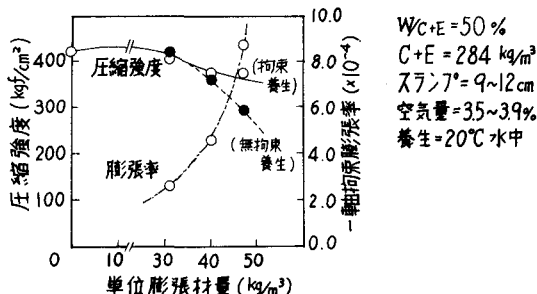


図-1 膨張材量と強度および膨張率との関係

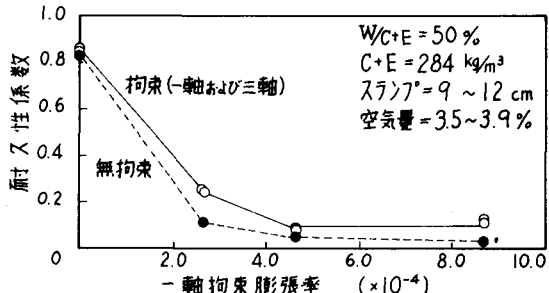


図-2 耐ス性係数に対する膨張率の影響

(3) コンクリート表面のスケーリング

凍結融解作用による膨張コンクリート表面のスケーリングは、膨張材を使用しない場合より幾分大きいように観察された。これを供試体の重量減少率で表示すると図-4のとおりである。膨張率の大きなコンクリートほどスケーリングの程度が大きく、これはコンクリート表層近傍が外側に向かつては拘束がなく、組織がルーズになる傾向があるためと考えられる。しかし、この現象も空気量を増大することによって通常のコンクリートと同等に緩和される傾向が認められた。

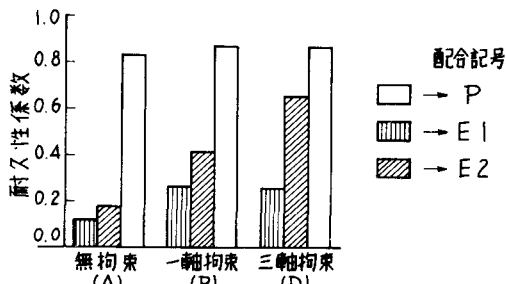


図-3 収縮補償コンクリートの耐ス性係数

〈参考文献〉

1. 小林正児：膨張性セメント混和材を用いたコンクリートの凍結融解に対する抵抗性について
土木学会コンクリートライブラリー No.39 1974
2. M. Polivka, P.K.Mehta, and J.A.Baker, Jr :
Freeze-Thaw Durability of Shrinkage-Compensating Cement Concrete

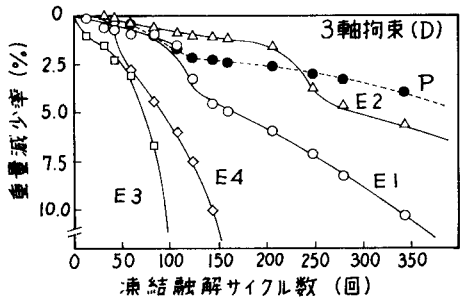


図-4 コンクリートの品質と重量減少率