

膨張材を使用したコンクリートの拘束度と凍結融解抵抗性に関する実験的研究

独立行政法人土木研究所 正会員 ○天谷 公彦 片平 博 渡辺 博志

1. はじめに

近年、乾燥収縮によるひび割れを低減するために、膨張材の使用が提案されている。膨張材の収縮特性は普通コンクリートと同程度であるが、初期膨張を与えることで間接的に収縮を低減する。

膨張材を使用したコンクリートは、拘束条件によって品質が変化することが知られており、適切な拘束を施した場合にのみ優れた強度と耐久性を発揮する。一方で、鉄筋による拘束の影響範囲などは明確になっておらず、コンクリート表層での品質は必ずしも明らかとなっていない。そこで、本研究では膨張材を使用したコンクリートについて、W/C や拘束度を変えた場合の膨張特性と耐凍害性について実験的検討を行った。

2. コンクリート配合

表-1 に実験に用いたコンクリートの配合およびコンクリート性状を示す。供試体の水セメント比 (W/C)、膨張材 (以下、EXP) の種類および添加量をパラメータとした。W/C は単位水量を 172kg/m³ で固定し、セメント量を変えて調整した。2 種類の EXP は低添加型 (標準添加量 20kg/ m³) とし、添加量を 20kg/m³、30kg/m³ とした。コンクリートの実測空気量は 5.1～5.9% であった。

表-1 コンクリートの配合およびコンクリートの性状

記号	W/C	膨張材		フレッシュ性状			硬化性状			
		種類	添加量	スランプ	空気量	練上り温度	自由膨張ひずみ 材齢7日	拘束膨張ひずみ 材齢7日		圧縮強度 材齢28日
								拘束 A	拘束 B	
	%		kg/m ³	cm	%	℃	μ	μ	μ	N/mm ²
WC40-PL	40	—	—	8.2	5.1	21.5	—	—	—	54.6
WC55-PL	55	—	—	16.8	5.5	21.3	—	—	—	40.7
WC40-E1-20	40	EXP-1	20	10.7	5.6	21.5	178.2	110.0	—	53.2
WC40-E1-30	40		30	11.0	5.8	22.1	504.7	302.0	268.0	47.7
WC55-E1-30	55		30	19.1	5.7	21.0	1335.4	414.0	305.0	31.4
WC40-E2-20	40	EXP-2	20	14.5	5.8	22.0	143.9	163.0	—	50.3
WC40-E2-30	40		30	15.4	5.9	22.1	426.5	341.0	268.0	45.2

3. 膨張ひずみと強度

表-1 中に、各配合の材齢 7 日での自由膨張ひずみおよび拘束膨張ひずみを示す。各膨張ひずみは、打設完了時を初期値とした。自由膨張ひずみは、10×10×40cm の角柱供試体の断面中心に配置した埋設ゲージにて計測した。拘束膨張ひずみは、JIS A 6202 付属書 2「膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法 B 法」に準じ、断面中心に φ11mm (拘束 A、EXP を添加した配合を対象) のねじ切り P C 鋼棒を配置した 10×10×38.5cm の角柱供試体を作製し、ダイヤルゲージ法にて計測した。また、拘束度の影響をみるために、φ17mm (拘束 B、EXP を 30kg/m² 添加した配合のみを対象) のねじ切り P C 鋼棒を配置した供試体も作製した。膨張ひずみは、いずれの配合でも材齢 3 日程度で頭打ちとなった。表-1 に示すように、膨張ひずみは W/C の影響を大きく受け、W/C40% の配合よりも W/C55% の配合で大きくなった。図-1 に、自由膨張ひずみと圧縮強度の関係を示す。膨張材を添加していない配合 (PL) の膨張ひずみは 0 としてプロットした。自由膨張ひずみが大きいほど圧縮強度が低下する傾向がみられた。

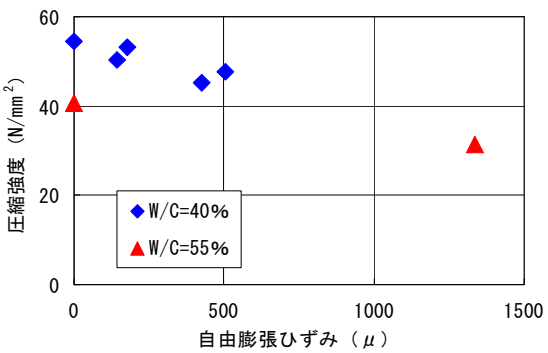


図-1 自由膨張ひずみと圧縮強度の関係

4. 凍結融解試験

凍結融解試験の供試体は、自由膨張ひずみおよび拘束膨張ひずみを測定した供試体と同条件のものをを用い、打設翌日に脱型して材齢 28 日まで水中養生を行った。凍結融解試験は JIS A 1148 A 法 (水中凍結融解試験) に準じて行い、繰り返し回数は 600 サイクルとした。測定項目は一次共鳴振動数および質量減少率とした。図-2 に、300 サイクルおよび 600 サイクルでの相対動弾性係数を示す。300 サイクルでは、WC40-E2-30 (拘束無) 以外の全ての供試体で相対動弾性係数が 85% 以上となっており、コンクリート標準示方書 [設計編]

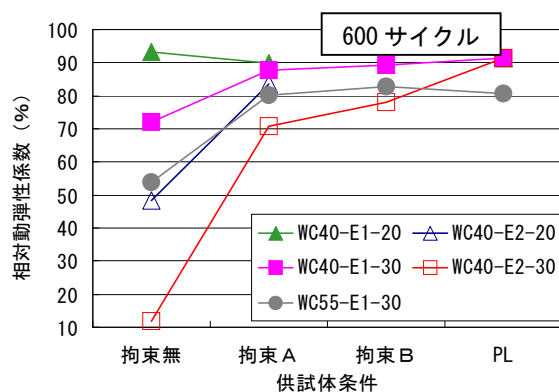
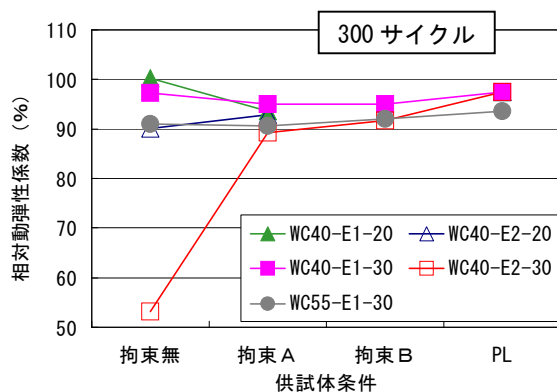


図-2 300 サイクルおよび 600 サイクルでの相対動弾性係数

に定められている最小限界値を満足する結果となった。600 サイクルでは、EXP を添加したコンクリートの相対動弾性係数は、WC40-E1-20 (拘束無) および WC55-E1-30 (拘束 B) を除いて PL よりも小さい値となった。また、傾向に多少のばらつきはあるものの、同一配合の供試体では、拘束無の供試体の相対動弾性係数が最も低く、拘束 B の相対動弾性係数が最も大きくなった。

図-3 に膨張ひずみ (材齢 7 日) と 600 サイクルでの相対動弾性係数の関係を示す。EXP-1 では、膨張ひずみと相対動弾性係数に相関関係が認められた。一方、EXP-2 では、拘束無の相対動弾性係数の低下量が大きく、拘束の有無によるばらつきが大きい結果であった。

図-4 に 600 サイクルでの質量減少率を示す。EXP-2 のシリーズでは、拘束度が大きくなるほど質量減率が小さくなる結果となり、拘束の効果が見られた。一方、EXP-1 のシリーズでは、WC40-E1-20 および WC55-E1-30 では、拘束度が大きくなるほど質量減少率が大きくなる結果となり、WC40-E1-30 では、拘束 B の質量減少率が最も大きくなる結果となった。これらの結果より、拘束度と質量減少率に一定の傾向は認められず、内部鋼材による拘束ではコンクリート表層の劣化を防止できない可能性がある。

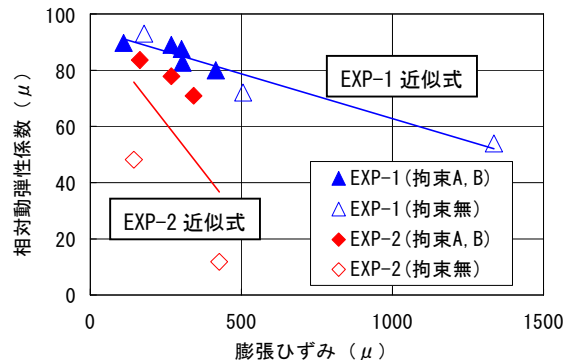


図-3 膨張ひずみと相対動弾性係数の関係

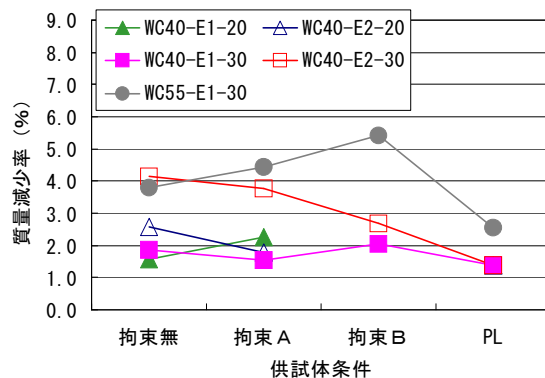


図-4 600 サイクルでの質量減少率

5. まとめ

本研究で得られた所見は次のとおりである。

- ・膨張特性は W/C によって大きく異なった。また、膨張が大きいほど強度が低下する傾向が認められた。
- ・凍結融解試験における相対動弾性係数は、膨張材を添加することで PL よりも低下する傾向にあるが、内部鋼材により変形を拘束することで、品質は向上すると考えられる。
- ・凍結融解試験における質量減少率は、内部鋼材による拘束の効果認められないケースがあった。

これらの結果から、膨張材を使用したコンクリートでも膨張を拘束することで、内部劣化 (相対動弾性係数) に対する抵抗性を普通コンクリートと同等程度にできると考えられる。一方、膨張を拘束しても、表層劣化 (質量減少率) に対する抵抗性は、普通コンクリートよりも低下する可能性があり、特に W/C が大きく膨張量の大きなコンクリートでは、表面劣化が大きくなる可能性がある。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本コンクリート工学協会, 膨張コンクリートによる構造物の高機能化/高耐久化に関するシンポジウム委員会報告集論文集, 2003.9