

V-313

高強度・高流動コンクリートの凍結融解抵抗性

秩父小野田(株)	セメントコンクリート技術センター	正会員	新沼 哲郎
秩父小野田(株)	セメントコンクリート技術センター	正会員	石田 聡
秩父小野田(株)	セメントコンクリート技術センター		城国 省二
秩父小野田(株)	セメントコンクリート技術センター		土屋 豊
秩父小野田(株)	セメントコンクリート技術センター		高橋 重松

1. はじめに

近年、ピーライト量と粉末度を適切に組み合わせた高強度・高流動コンクリート用の高ピーライト系低熱ポルトランドセメントが、高強度コンクリート構造物に用いられるようになった。このセメントを用いた低水セメント比のコンクリートは流動性に優れ、水和速度が小さくても強度発現は十分に大きく、かつ水和発熱が低く自己収縮が小さいため、ひびわれ発生の危険性を小さくすることができるという特徴がある。耐久性に関しては概ね良好であるとの報告¹⁾があるが、凍結融解抵抗性に関してはまだ少ない²⁾のが現状である。

本報告は、圧縮強度が 60 ～ 120N/mm² 程度の高強度・高流動コンクリートの凍結融解抵抗性に関する試験結果について、圧縮強度と細孔径分布の観点から考察したものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料, 配合, 実験水準

使用材料を表-1 に示す。コンクリートの配合は、目標スランプフローが 60 ～ 65cm、表-2 に示すように水結合材比を 20 ～ 35 % の範囲とし、低熱ポルトランドセメントを用いた 35 % の配合については空気量を 2 水準、スラグ微粉末 (Bl' 6000cm²/g) を内割りで 2 水準とした。

2. 2 試験方法

コンクリートの練混ぜは 60 リットル強制二軸ミキサーを用い、1 バッチの練混ぜ時間は水結合材比 20 % の配合は 3 分間、それ以外は 2 分間とした。

凍結融解試験は土木学会規準 JSCE-G501 に準じて実施した。細孔径分布の測定は、粗骨材分を除去したモルタルで水銀圧入ポロシメーターを用いて行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 コンクリートの物性値

コンクリートの実測空気量及び材齢 14 日（一部材齢 28 日）圧縮強度を表-3 に示した。空気量は 4.0 % 配合を除いて 1.4 ～ 2.5 % の範囲、14 日圧縮強度は 47.5 ～ 91.8N/mm² であった。

3. 2 圧縮強度に及ぼす細孔量の影響

コンクリートの凍結融解抵抗性は、開始材齢の強度の影響があると言われている。材齢 14 日におけるモルタルの全細孔量と圧縮強度は、図-1 に示すように直線関係にあるが HF、L に対して、N、LBS10% は同一強度における全細孔量は小さ

表-1 コンクリートの使用材料

種類	名称	比重	摘要
セメント	普通ポルトランド	3.16	比表面積 3210g/cm ²
	低熱ポルトランド	3.22	比表面積 3380g/cm ²
	セメント		C ₂ S=55%, C ₃ S=29%, C ₄ A=2%
	高強度・高流動用高ピーライトセメント	3.20	比表面積 4080g/cm ² C ₂ S=46%, C ₃ S=35%, C ₄ A=3%
混和材	スラグ微粉末	2.91	比表面積 6000g/cm ²
細骨材	静岡県小笠郡産	2.59	吸水率 0.33%, 粗粒率 2.73
	山砂		実積率 68.4%
粗骨材	埼玉県岡神村産	2.72	吸水率 0.50%, 粗粒率 6.71
	砕石 2005		実積率 58.1%
減水剤	高性能 AE 減水剤	—	ポリカルボン酸系化合物

表-2 実験水準

記号	セメント種類	水結合材比 W/B (%)	空気量 (%)	スラグ混入率	試験開始材齢
N	普通	30.0 35.0	2.0	—	14 日
HF	高強度用高ピーライト	27.5 30.0		—	
		32.5 35.0		—	
L	低熱	20.0 25.0		—	
		30.0 35.0		—	
		35.0	4.0	—	
LBS	低熱+スラグ		2.0	10%30%	

表-3 コンクリートの物性試験結果

記号	水結合材比 W/B (%)	スランプフロー (mm)	実測空気量 (%)	材齢 14 日圧縮強度 (N/mm ²)
N	30.0 35.0	610 600	1.6 1.9	84.4 77.0
HF	27.5 30.0	600 610	2.1 1.6	84.4 80.1
	32.5 35.0	600 625	1.8 1.8	73.1 63.7
L	20.0 25.0	625 640	2.5 1.8	91.8 87.2
	30.0 35.0	650 645	2.1 1.4	73.1 57.0
	35.0	645	3.9	47.2
LBS		650 645	1.4 1.4	54.1 47.5

キワード：高強度・高流動コンクリート，低熱ポルトランドセメント，凍結融解試験，圧縮強度，細孔径分布

連絡先：埼玉県熊谷市月見町 2-1-1 TEL 0485-25-3724 FAX 0485-25-3726

くなる。材齢 14 日におけるモルタル部分の細孔径分布測定の一例を図-2に示す。これによればいずれの配合も 0.040 μm 以上の細孔量は極めて少なく、配合

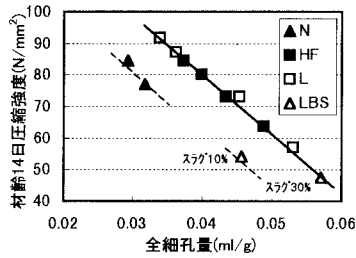


図-1 細孔量と圧縮強度の関係(その1)

による違いが明確に現れ、かつ最も大きな細孔径は 0.018 ~ 0.040 μm の範囲となった。この範囲と圧縮強度の関係は図-3に示すように N, HF, L には相関がみられる。スラグ微粉末を添加すると圧縮強度は低下するが、この範囲の細孔量は点線のように少なくなる傾向にある。

3. 2 凍結融解抵抗性に及ぼす強度、細孔量の影響

図-4に示すように材齢 14 日圧縮強度と耐久性指数の関係から、N, HF, L を使用し空気量が 2.0 % の場合、約 80N/mm² 以上であれば耐久性指数 80 以上を確保することができる。また、スラグ微粉末を 10, 30 % 添加することにより図中矢印のように、W/B=35 % でも耐久性指数は 60 前後まで向上する。また、図中×印で示すように空気量を 4.0 % にすることにより、耐久性指数は 100 以上となる。

図-5 及び図-6 に示すように、全細孔量と耐久性指数の関係は全細孔量よりも 0.018 ~ 0.040 μm の細孔量との関係の方が相関が強くなる。高強度・高流動コンクリートは W/B=35 % でも極めて緻密であり、0.040 μm 以上の細孔はほとんどなく、本実験範囲では配合によって 0.040 μm 以下の細孔量が大きく変化した。図-3 及び図-6 から 0.018 ~ 0.040 μm の細孔量は、圧縮強度よりも耐久性指数に対する影響が強いと考えられる。細孔径と水の凍結温度の関係は研究者と実験条件により異なっており、凍結しない細孔量の範囲を特定することはできないが、本実験の結果よりこの範囲の細孔は凍結し、耐久性に影響を及ぼしていることが考えられる。

4. まとめ

- 1) セメントに N, HF, L を使用した場合、耐久性指数を 80 以上確保するには、材齢 14 日圧縮強度が 80N/mm² 程度必要である。
- 2) 耐久性指数は細孔径分布の影響を受けるが、全細孔量よりも 0.018 ~ 0.040 μm の細孔量との方が相関が強い。
- 3) 材齢 14 日圧縮強度が 80N/mm² 以下でも、空気量を 4.0 % にすれば十分耐久性は確保される。
- 4) 材齢 14 日圧縮強度が 80N/mm² 以下で空気量 2.0 % 以下でも、スラグ微粉末を添加すれば耐久性は向上する。

【参考文献】

- 1) 「高ビーク系セメントを用いた高性能コンクリートの性能評価に関する研究」, 建築用高性能コンクリート専門委員会報告, 1997.3
- 2) 「低熱ポルトランドセメントを用いた超高強度コンクリートの凍結融解抵抗性」 青木, 三浦他 土木学会第 52 回年次講演 V-404

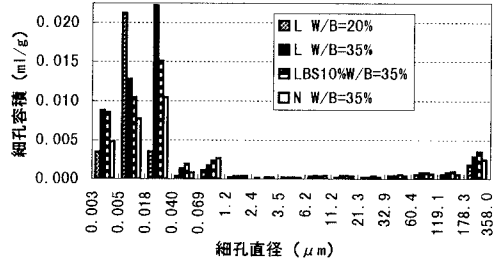


図-2 材齢14日細孔径分布測定結果

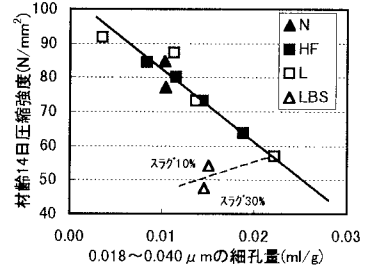


図-3 細孔量と圧縮強度の関係(その2)

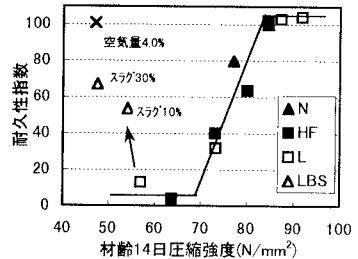


図-4 圧縮強度と耐久性指数の関係

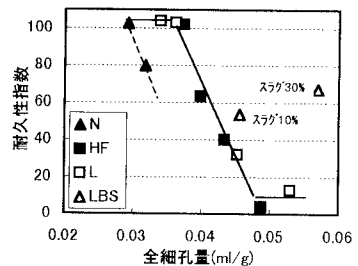


図-5 細孔量と耐久性指数の関係(その1)

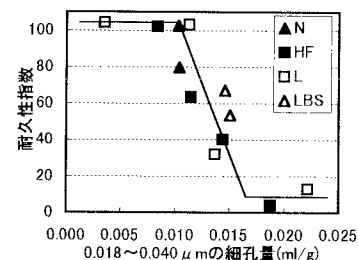


図-6 細孔量と耐久性指数の関係(その2)