

V-339

超高性能コンクリートの凍結融解および中性化に対する抵抗性に関する検討

青木建設 研究所	正会員 牛島 栄
秩父小野田 中央研究所	非会員 城国省二
鉄建建設 技術研究所	正会員 柳 博文
東亜建設工業 技術研究所	正会員 稲垣正芳
長大	正会員 鬼頭 誠

1.はじめに

超高性能コンクリート(SQC)は、高強度性、高耐久性および高流動性を併せ持つことを条件としている。高強度性とは圧縮強度で 50N/mm^2 以上を、高流動性とは自己充填性を有することを目標としており、近年ではこれらの性能を比較的容易に得ることが可能となってきた。しかし、これら2つの性能を同時に満足したコンクリートであっても、必ずしもそれが耐久的なコンクリートであるとは言えない。

そこで本報では、SQCの耐久性として凍結融解および中性化に対する抵抗性を実験的に検討した。なお、本報告は、S.Q.C 構造物開発普及協会、耐久性部会の研究成果の一部をまとめたものである。

表-1 使用材料

種類	材料名・物性など	記号
セメント	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)	OPC
	低熱ポルトランドセメント(密度 3.26g/cm^3)	LC
	高強度用ヒートセメント(密度 3.20g/cm^3)	BL
混和材	フライッシュ(密度 2.11g/cm^3 , 比表面積 $3480\text{cm}^2/\text{g}$)	FA
	高炉スラグ微粉末(密度 2.89g/cm^3 , 比表面積 $5830\text{cm}^2/\text{g}$)	BS
	シリカフューム(密度 2.20g/cm^3 , 比表面積 $20000\text{cm}^2/\text{g}$)	SF
細骨材	川砂(表乾密度 2.54g/cm^3 , 吸水率 2.70% , 粗粒率 2.61)	—
粗骨材	硬質砂岩碎石2005(表乾密度 2.65g/cm^3 , 吸水率 0.86% , 実積率 60.1% , 粗粒率 6.52)	—
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤	—

2.実験概要

(1)使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。表-1に示した結合材は、SQCが目標とする各強度レベル(目標配合強度で72, 96および 120N/mm^2 の3水準)に応じて、表-2のように使い分けた。また、表-2に示したOPC-29-Cとは、目標配合強度を 29N/mm^2 としたスランブ12cmの普通コンクリートで、混和剤にはAE減水剤を使用した。SQCに用いた高性能AE減水剤は、目標配合強度が 72N/mm^2 の場合はスランブフローが $60\pm 5\text{cm}$ 、それ以外の場合は $65\pm 5\text{cm}$ となるように、その使用量を決定した。なお、強度の管理材齢は、SQCの場合は56日、普通コンクリートは28日とした。

(2)コンクリートの練混ぜ

コンクリートは容量100lの2軸強制練りミキサーを用いて、1バッチ当たり60~70l練混ぜた。練混ぜ時間は、練混ぜ時のミキサーの負荷電流値が安定するのに要する時間を事前に確認しておき、各配合に応じて適切に定めた。

(3)試験方法

促進凍結融解試験はJSCE G 501に、促進中性化試験は日本建築学会で提案されている方法¹⁾に準拠した。

3.実験結果および考察

(1)凍結融解試験結果

耐久性指数と空気量の関係を図-1に示す。いずれの配合においても目標空気量を3.5%以上とした場合には、90以上の耐久性指数が得られた。しかし、この場合でも、質量変化率には若干の相違が認められ、

表-2 コンクリートの配合条件

配合名 (凡例*)	結合材 の種類	水結 合材 率(%)	細骨 材率 (%)	単位 水量 (kg/m^3)
LC-72-A	LC	36.0	53.3	165
LC-72-B			52.2	
LC-72-C			51.1	
FA-72-A	+ FA	33.0	51.0	165
FA-72-B			49.8	
FA-72-C			48.6	
BS-72-A	+ BS	32.0	51.2	165
BS-72-B			50.1	
BS-72-C			48.8	
BL-96-A	BL	30.0	52.1	165
BL-96-B			50.9	
BL-96-C			49.7	
SF-120-A	+ SF	20.0	45.6	165
SF-120-B			44.1	
SF-120-C			42.4	
OPC-29-C	OPC	60.0	47.0	160

*LC-72-A
 目標空気量
 (A:2.0%, B:3.5%, C:5.0%)
 目標配合強度(N/mm^2)
 結合材の種類

キーワード：超高性能コンクリート、凍結融解抵抗性、中性化深さ、圧縮強度

〒300-2622 茨城県つくば市要36-1 (株)青木建設 研究所 TEL0298-77-1114, FAX0298-77-1137

SQCのそれがほぼ0%であったのに対し、普通コンクリートの場合は約3%と若干大きな値を示した。

一方、目標空気量を2.0%とした試験結果に着目すると、配合BS-72やSF-120では耐久性指数(DF)が100程度であるのに対し、他の配合では、DFが30以下となった。このように空気量が同一の場合でも、試験体の種類によって耐久性指数が大きく異なる理由の一つに強度発現性状の相違が影響しているものと思われる。図-2は、試験開始時（材齢14日）の圧縮強度と耐久性指数の関係を示したものである。データ数が少なく明確には言えないが、この図から、同一空気量の条件では、試験開始時の圧縮強度が大きくなるに伴い耐久性指数が大きくなる傾向にあることがわかる。ただし、BS-72の試験結果のように、例外も認められることから、強度レベルと空気量だけでは、これらの試験結果を説明することはできない。すなわち、結合材種類の相違も少なからず凍結融解抵抗性に影響を及ぼしていると考えられ、この点については今後の検討が必要である。

(2)促進中性化試験結果

図-3に促進材齢26週における中性化深さを示す。一般には、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどを結合材を用いたコンクリートの場合、中性化深さが大きくなるとされるが、今回の試験結果ではそのような傾向は顕著には認められなかった。また、SQCの中性化深さは普通コンクリートに比較して極めて小さな値となっており、特にBL-96およびSF-120の試験体については、中性化深さは0mmであった。なお、空気量の相違に起因する中性化深さの相違も認められていない。

以上の結果から、本実験の範囲では、水結合材比すなわち強度の相違が中性化の進行に対して、支配的な要因になったものと推定される。そこで、図-4では、材齢26週における中性化深さと促進開始時（材齢56日）の圧縮強度の関係について検討した。この図によると、両者は比較的強い相関にあることが認められた。このことは、前述の推定を裏付ける結果であると考えられる。

4.まとめ

本実験の範囲で得られた知見を以下にまとめる。

- (1)空気量を3.5%以上とすれば、いずれの配合においても耐久性指数で90以上の値が得られた。ただし、この場合でも、質量減少率は普通コンクリートの方がSQCよりも若干大きな値となった。
- (2)凍結融解抵抗性には、結合材種類の相違や配合強度の相違の影響も認められ、特に高炉スラグ微粉末を用いた試験体やシリカフェームを用いた試験体については、空気量が2.0%程度であっても良好な凍結融解抵抗性を得ることができた。
- (3)目標配合強度を96および120N/mm²とした試験体では中性化の進行は認められなかった。また、目標配合強度72N/mm²の試験体においても中性化深さは極めて小さかった。

【謝辞】

本研究の実施に当たり、東京大学岡村甫教授、同前川宏一教授、元東京大学小澤一雅助教授および（財）鉄道総合技術研究所のご指導を賜りました。ここに付記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)日本建築学会：高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・同解説，1991.7

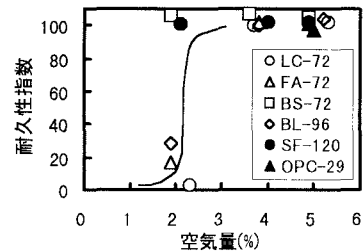


図-1 耐久性指数と空気量の関係

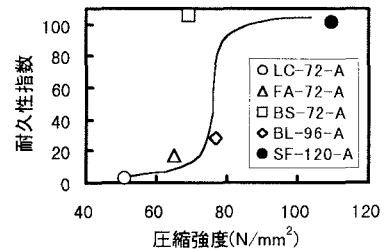


図-2 耐久性指数と圧縮強度の関係

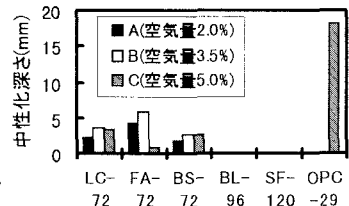


図-3 促進中性化試験結果

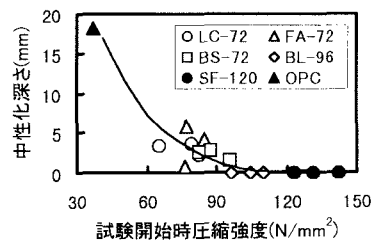


図-4 試験開始時の圧縮強度と中性化深さの関係