

V-405

高強度コンクリートの凍結融解抵抗性のメカニズムに関する研究

建設省土木研究所コンクリート研究室

正会員

菊森 佳幹

〃

正会員

河野 広隆

〃

正会員

渡辺 博志

1. はじめに

高強度コンクリート（以下HSC）は凍結融解抵抗性が高く、空気を連行する必要はない¹⁾、とする説がある一方、HSCであっても、凍結融解抵抗性を確保するためにはある程度は空気を連行する必要がある²⁾とする説があり、いまだに結論を見ていない。この一因はHSCの凍結融解に対する抵抗機構が、普通強度のものとは異なるためであると考えられる。そこで、ここではHSCと普通強度コンクリートの凍結融解に対する抵抗機構の差異を確認し、HSCへの空気連行の必要性を検討した。

2. 実験概要

凍結融解試験に用いた供試体仕様を表-1に示す。実験要因は強度（H, M, LそれぞれW/C=25,35,55%）、空気量（エントラップドのみ（1.5±0.5%以降はnonAE）、3.0±0.5, 5.5±0.5%）、および養生終了材齢（1,3,30日）である。試験開始材齢は30日とした。脱型材齢はいずれの供試体も24時間とし、養生終了材齢が1日のものは脱型後すぐに恒温室（20℃、湿度60%RH）で材齢28日まで乾燥させ、その後試験開始まで養生槽（20℃）で浸水させた。養生終了材齢が3日のものは材齢3日で水中養生を終了したのちは養生終了材齢1日のものと同じ工程とした。養生日数が30日のものは試験開始直前まで水中養生し、試験開始まで乾燥させていない。

表-1 供試体仕様および実験結果

No	呼び名	強度 (W/C) *1			養生終了材齢			目標空気量			実測 空気量	気泡間隔 係数*2	含水率*3	28日強度	耐久性指数	着 目 点
		H (25)	M (35)	L (55)	1日	3日	30日	non AE	3.0 ±0.5	5.5 ±0.5						
1	H-1D-NA	○			○			○			1.3%	—	3.3%	106.0MPa	104	高強度↓
2	H-1D-5.5A	○			○					○	5.4%	—	3.5%	88.4MPa	107	
3	H-3D-NA	○				○		○			1.3%	—	3.4%	113.7MPa	103	
4	H-3D-5.5A	○				○				○	5.4%	—	3.6%	95.4MPa	103	
5	H-30D-NA	○					○	○			1.3%	788μm	3.8%	112.3MPa	100	乾燥過程なし
6	H-30D-3A	○					○			○	3.0%	177μm	3.8%	110.3MPa	101	〃
7	H-30D-5.5A	○					○			○	5.4%	130μm	3.9%	96.4MPa	101	〃
8	M-1D-NA		○		○			○			1.2%	—	3.7%	81.1MPa	28*5	中強度↓
10	M-30D-NA		○				○	○			1.2%	817μm	4.7%	97.0MPa	101	乾燥過程なし
11	M-30D-3A		○				○			○	3.4%	210μm	4.5%	83.6MPa	101	〃
12	M-30D-5.5A		○				○			○	5.3%	167μm	4.3%	80.9MPa	101	〃
13	L-30D-NA			○			○	〃*4			1.7%	473μm	5.7%	57.1MPa	35*5	普通強度↓、乾燥過程なし
14	L-30D-3A			○			○			○	2.8%	333μm	5.9%	56.3MPa	95	〃
15	L-30D-5.5A			○			○			○	5.2%	163μm	5.9%	49.1MPa	98	〃

*1 単位水質はすべて170kg/m³、セメントは早強ポルトランドセメントを用いた。 *2 リニアトラバース法による。

*3 28日材齢で10×10×10供試体を110℃で18日間乾燥。（乾燥前重量-乾燥後重量）/乾燥後重量（%）

*4 消泡剤を用いて1.5±0.5%に調整した。

*5 300サイクル以前に相対弾性係数が60%以下になった。

3. 実験結果および考察

300サイクルまでの時点では、W/C=35%（以下中強度）でnonAE、養生終了材齢1日のものと、W/C=55%（以下普通強度）で養生終了材齢30日、nonAEのもの2つだけが劣化を生じていた。

図-1は養生終了材齢が30日のものについて、空気量と耐久性指数の関係を示したものであり、中強度以上では空気量にかかわらず高い耐久性指数が得られており、普通強度のもののみが劣化していた。図-2に養生終了材齢と耐久性指数の関係をコンクリート強度および空気量で整理したグラフを示す。W/C=25%（以下高強度）のものについては空気量によらず、高い凍結融解抵抗性を有していることがわかる。しかしながら、中強度でnonAEのものは、養生終了材齢が30日のものは劣化しないが、養生終了材齢が1日のものは凍結融解抵抗性が著しく低くなっている。

表-1に一部の供試体についての気泡間隔係数の測定結果を示しているが、nonAEの場合高強度や中強度では気泡間隔係数が800μm程度とかなり大きいものでも高い凍結融解抵抗性が得られている。一方、普通強度で

キーワード：高強度コンクリート、凍結融解、養生終了材齢、たわみ振動、縦振動

連絡先：〒305 つくば市旭1番地 建設省土木研究所 TEL 0298-64-2211(ex4766) FAX 0298-64-4464

は気泡間隔係数の増加に伴い耐久性指数が低下している。このことから、中強度以上の場合には気泡間隔係数により凍結融解抵抗性を評価することはできないと考えられる。含水率はW/Cと養生条件が同じならば空気量によらずほとんど変化がない。中強度では養生終了材齢1日のものは30日のものに比べると約1.0%の減少であるのに対し、高強度では約0.5%の減少であり、高強度の方が中強度よりも含水率の変化が少なく、養生条件による影響は小さかったと考えられる。このことが、高強度で養生条件が耐凍害性に及ぼす影響が認められなかった一因と考えられる。

図-3はたわみ振動による相対動弾性係数と縦振動による相対動弾性係数の比をとったものである。図-5に示すように、たわみ振動では断面の中央よりも上下縁部の剛性が振動数（動弾性係数）に与える影響が大きい。縦振動の場合は動弾性係数に与える影響の大きさは断面のどこの部位でも同じである。従って、供試体が表層部から劣化する場合は、縦振動による相対動弾性係数に対してたわみ振動による相対動弾性係数が小さくなくなると考えられる。すなわち、たわみ振動による相対動弾性係数と縦振動による相対動弾性係数の比が1より小さくなる可能性がある。逆に、コンクリートが内部から劣化する場合は1より大きくなると考えられる。図-3に示すように劣化した2本の供試体（中強度と普通強度）を比較してみると、凍結融解試験初期において、中強度の供試体は相対動弾性係数比の値が増加する傾向にあり、普通強度のものについては単調に減少している。図-4にこの2種類の供試体の重量変化を示す。普通強度のものはスケーリングを起こして、重量が減少しているが、中強度のものは逆に増加している。これはスケーリングによる重量減少よりも吸水による重量増が勝っていたことを示している。これらのことから、普通強度のものは表層部から劣化するが、中強度のものは損傷が表層部のみに限定できないと考えられる。

4. まとめ

- ① 中強度（W/C=35%, 80～100MPa）のコンクリートでは養生条件によっては、凍結融解抵抗性が低くなるが、高強度（W/C=25%, 90～110MPa）のコンクリートでは、空気量や養生・乾燥条件によらず、高い凍結融解抵抗性があることが観測された。
- ② 中強度コンクリートと普通強度コンクリートでは凍結融解による劣化の形態が異なることが予想され、普通強度では表層から劣化するが、中強度では必ずしも表層のみに損傷が限定できない。

【参考文献】

- 1) 例えば、飛坂基夫，柳啓，服部健一，岡田英三郎；高性能減水剤を用いた高強度コンクリートの性質 空気量が圧縮強度・耐久性に及ぼす影響 セメント・コンクリート No.405 pp37～45, Nov. 1980
- 2) 例えば、近松竜一，三浦律彦，十河茂幸；高強度コンクリートの凍結融解抵抗性に関する一考察，土木学会第51回年次学術公演会公演概要集V pp380～381, 1996年9月

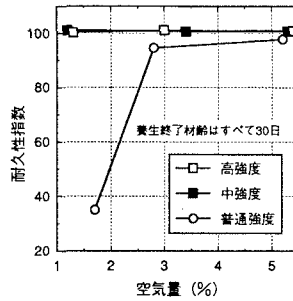


図-1 相対動弾性係数の変化

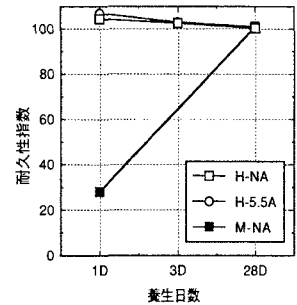


図-2 養生終了材齢と耐久性指数の関係

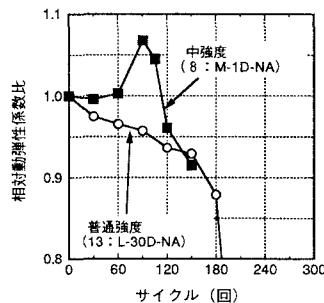


図-3 相対動弾性係数比
(たわみ振動/縦振動)

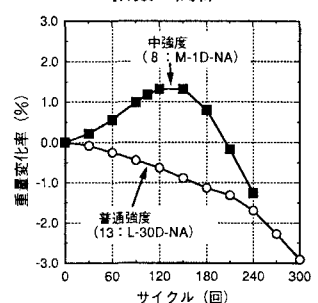


図-4 重量変化

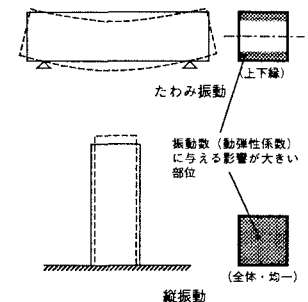


図-5 たわみ振動と縦振動