

エコセメントおよび再生骨材を用いた超硬練りコンクリートの耐凍害性向上に関する研究

首都大学東京大学院 学生会員 ○水井 唯宇太

首都大学東京大学院 正会員 上野 敦, 正会員 宇治 公隆

太平洋セメント(株) 正会員 七尾 舞

1. はじめに

筆者らは、普通エコセメント(以下、EC)と再生骨材Lを用いた超硬練りコンクリートの、凍結防止剤散布環境下における耐凍害性について、ECの一部を高炉スラグ微粉末(以下、BFS)で置換することで検討したが、向上には至らなかった¹⁾。この結果に対しては、再生骨材の品質が及ぼす影響が大きいと考え、本研究では、再生骨材M(粗骨材には耐凍害品)を使用し、ECを用いた超硬練りコンクリートの耐凍害性を検討した。また、耐凍害性とコンクリート中の気泡構造の関係についても検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

結合材はEC(密度 3.15g/cm^3)、普通ポルトランドセメント(以下、NC、密度 3.16g/cm^3)、BFS6000(比表面積 $6470\text{cm}^2/\text{g}$ 、密度 2.91g/cm^3)を使用した。骨材は、表-1に示す性質のものを使用した。なお、本試験で使用した再生粗骨材は、事前に骨材の耐凍害性試験を行い、JIS A 5022に規定の耐凍害品に使用できるものを用いた。

2.2 コンクリートの配合

表-2に、コンクリートの配合を示す。モルタル粗骨材空隙比 K_m を1.6、単位水量 W を 120kg/m^3 、水結合材比 W/B を35%とし、所定の耐凍害性を得るため、目標空気量を2.5%に設定した。また、BFSは、ECの40%を置換して使用した。

2.3 実験項目

表-3に、実験項目を示す。空気量は、「超硬練りコンクリートの空気量試験方法(CBA-2)」に従って測定した。また、凍結融解試験においては、JIS A 1148(A法)を参考に、冬季の凍結防止剤散布環境を想定し、試験溶液に $\text{NaCl}3\%$ 溶液を使用した。

3. 結果および考察

3.1 締固め性および力学的特性

図-1に充填率97%に達するまでに要したエネルギー(E97)を示す。すべての配合で、E97は 30J/L を下回り、全体的に良好な締固め性を示している。そして、再生細骨材を使用した場合の締固め性は低下傾向にあるとわかる。

表-4に力学的特性を示す。圧縮強度および曲げ強度は、再生粗骨材の使用により低下し、再生細粗骨材の併用によりさらに低下したが、BFSを混合することで、若干の増加がみられた。これは、BFSの潜在水硬性に

表-1 骨材物性値

骨材種類	表記	密度(g/cm^3)		吸水率(%)	単位容積質量(kg/L)	実積率(%)	F.M.
		表乾	絶乾				
山砂	NS	2.57	2.51	2.21	1.72	68.5	3.05
再生細骨材	RS	2.43	2.30	5.86	1.40	60.9	2.82
碎石	NG	2.65	2.63	0.65	1.60	60.4	6.62
再生粗骨材	RG	2.56	2.49	2.75	1.48	59.2	6.73

表-2 コンクリートの配合

配合記号	W/B(%)	K_m	目標Air(%)	単位量(kg/m^3)							
				W	NC	EC	BFS	NS	RS	NG	RG
NNN	35	1.6	2.5	120	343	—	—	654	—	1304	—
ENN					—	343	—	653	—	1304	—
ENR					—	343	—	690	—	—	1223
ERR					—	343	—	—	652	—	1223
EBRR					—	213	131	—	644	—	1223

表-3 実験項目

測定項目	試験方法
締固め性	JSCE-F 508
圧縮強度	JIS A 1108
静弾性係数	JIS A 1149
曲げ強度	JIS A 1106
凍結融解抵抗性	JIS A 1148(A法参考)
気泡間隔係数	ASTM C 457 リニアトラバース法

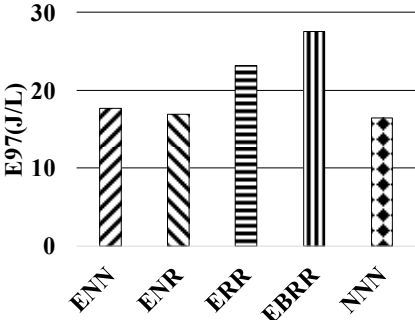


図-1 締固めエネルギー

表-4 力学的特性

配合記号	圧縮強度(N/mm^2)	静弾性係数(kN/mm^2)	曲げ強度(N/mm^2)
NNN	63.5	34.7	6.44
ENN	60.0	37.1	7.08
ENR	58.8	35.9	6.57
ERR	50.3	31.1	5.96
EBRR	52.5	31.1	6.23

キーワード エコセメント, 再生骨材, 超硬練りコンクリート, 耐凍害性, 高炉スラグ微粉末

連絡先 首都大学東京都市環境科学研究科 〒192-0364 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL042-677-2777

よるものと考えられる。静弾性係数は、再生細骨材の使用により低下した。これは、再生細骨材に含まれるモルタル分と、この中に含まれる欠陥、によって生じる低いヤング率に起因するものと考えられる

3.2 凍結融解抵抗性

図-2、図-3 に凍結融解作用に伴う相対動弾性係数および質量減少率の経時変化を示す。相対動弾性係数は、再生細粗骨材を併用した ERR で、150 サイクル近傍から急激に低下した。これは、本研究で使用した再生細骨材 M が起点となる内部破壊が生じていることを示している。一方、BFS を使用した EBRR では、相対動弾性係数の低下が改善された。これは、BFS の水和により塩化物イオンの浸透が抑制されたことによると考えられる。EC と普通骨材を使用した ENN については、NNN と同等であり、NaCl3%溶液中での凍結融解作用による相対動弾性係数に対する EC による影響はない。また、再生粗骨材のみを使用した ENR についても、ERR ほどの相対動弾性係数の低下とはならない。これは、使用した再生粗骨材 M が耐凍害品に使用できる水準であるためである。

質量減少率は、EC の使用により増大し、再生骨材を併用することでさらに増大した。これは、再生骨材の疎な構造によるものと考えられる。一方、BFS を使用した EBRR については、ENN と同程度の減少率であり、EC と再生骨材を併用した場合でも、BFS により普通骨材を使用した場合と同等の耐久性が得られるとわかる。

3.3 気泡間隔係数と耐凍害性

表-5 に、リニアトラバース法により測定した気泡間隔係数、硬化後の空気量および圧力法により測定したフレッシュ時の空気量を示す。再生細骨材を用いた場合 (ERR, EBRR)、フレッシュ時と比較して硬化後の空気量が顕著に増加している。これは、再生細骨材に付着した、モルタル中の気泡が、硬化後の空気量に含まれたためと考えられる。図-4 に気泡間隔係数と耐久性指数との関係を示す。超硬練りコンクリートは、気泡間隔係数 300 μ m 以下とすることで耐久性指数 60%以上を確保しやすくなる²⁾という知見があり、本実験の結果においても、概ね同様の傾向を示している。再生細骨材を用いた場合 (ERR, EBRR)、気泡間隔係数が同等、もしくは小さくても耐久性指数が低くなる傾向を示したが、これは、表-4 で再生細骨材の使用により静弾性係数が低下した結果からもわかるとおり、脆弱な微細粒子がコンクリート中に均等分散していることによるものと考えられる。

4. まとめ

EC と再生細骨材 M および再生粗骨材 M (耐凍害品) を用いた超硬練りコンクリートでは、EC を BFS で置換して使用することで、NaCl3%溶液中での耐凍害性が改善できる。

参考文献

- 1) 水井唯宇太他：エコセメントおよび再生骨材を用いた超硬練りコンクリートの特性，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，第 V 部，pp.1037-1038，2017.9
- 2) 加賀谷誠他：超硬練りコンクリートの連行空気特性と凍結融解抵抗性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，第 20 巻第 3 巻，2009 年 9 月

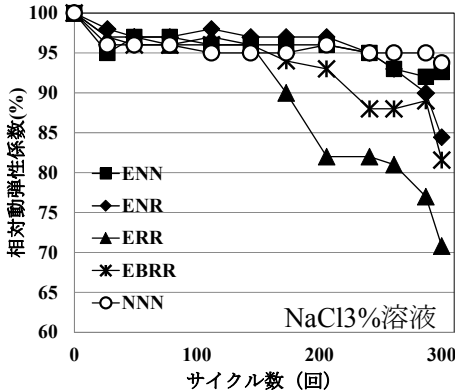


図-2 相対動弾性係数の経時変化

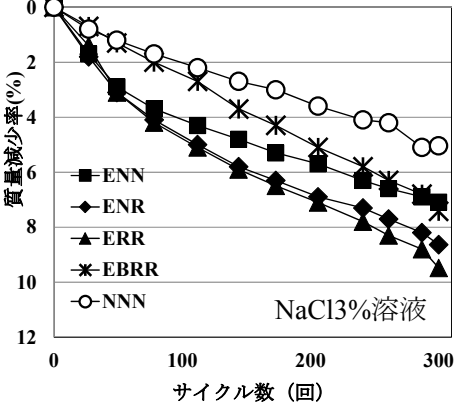


図-3 質量減少率の経時変化

表-5 リニアトラバース法での結果

配合	気泡間隔係数 ($\times 10^{-6}$ m)	空気量 (%)	フレッシュコンクリートの空気量 (%)
NNN	171	3.6	3.2
ENN	283	3.1	3.0
ENR	215	3	2.7
ERR	200	3.4	2.6
EBRR	287	2.9	2.1

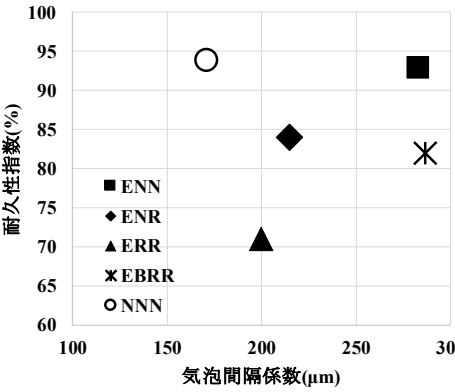


図-4 気泡間隔係数と耐久性指数