

再生骨材と石炭灰を用いたコンクリートの性質に関する研究

中国電力(株) 賛助会員○寺田大治
中国電力(株) 正会員 横田英嗣
広島工業大学 正会員 伊藤秀敏

1. まえがき

近年、コンクリート用材料としての良質な天然骨材が減少していることから、寿命を迎えた構造物の解体・撤去により大量に発生するコンクリート廃材を、骨材代替材として再生利用する研究がなされているが、これらを用いたコンクリートは普通骨材を使用したコンクリートに比べ強度や耐久性が劣るため、現在利用範囲は限定されている。

本研究は、環境保護および資源の有効利用の観点から、再生骨材を用いたコンクリートに石炭灰を混入することによるコンクリートの品質改良効果を強度発現性および耐久性の面から実験的に検討したものである。

2. 試験の概要

(1) 使用材料及び配合

本試験で用いたセメントは普通ポルトランドセメント（密度:3.15cm³/g、比表面積:3,390cm²/g）、粗骨材は碎石（最大寸法:20mm、密度:2.72cm³/g、吸水率:0.69%）と表-1 に示す品質の再生骨材を使用した。細骨材は砕砂（密度:2.67cm³/g、吸水率:1.20%）を用いた。石炭灰(CA) は表-2 に示すような物理的性質を有するものを用いた。コンクリートの配合は、表-4 に示すように、セメント量、単位水量を一定にし、石炭灰は細骨材の置換材として、また、普通骨材(NG)は再生骨材の混合材として使用した。なお、試験項目を表-3 に示す。

表-1 再生骨材試験結果

試験項目	品質	JIS規格・一般値	総プロ再生粗骨材使用基準(案)*1
密度(g/cm ³)	表乾	2.32	2.50以上
	絶乾	2.39	2.2以上
吸水率(%)		8.89	3.0以下
粗粒率(%)		6.04	6~8
骨材の洗い試験(%)		1.26	1.0以下
硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験(%)	38.1	12.0以下	-
塩酸による骨材の安定性試験(%)	57.3	-	-
骨材中の空気量(%)	1.4	-	-
不純物の重量比(%)	1.3	-	2.0以下

表-2 石炭灰の品質

試験項目	品質	JIS II 種
強熱減量(%)	4.3	5.0以下
フレン値(cm ² /g)	4,090	2,400以上
密度(g/cm ³)	2.27	1.95以上
メチレンブルー吸着量(mg/g)	0.57	-
平均粒径(μm)	約15	-
石炭種	ワシボ	オーヘッド
	38%	12%
		50%

表-3 試験項目

試験項目	規格	備考
スランプ試験	JIS A 1101	
空気量試験	JIS A 1128	
圧縮強度試験	JIS A 1108	材齢7,28,91日
長さ変化試験	JIS A 1129	7日水中養生後開始
凍結融解試験	JSCE-G 501	28日水中養生後,300サイクル

*1 総プロ：建設省総合技術開発プロジェクト

表-4 コンクリートの配合

配合名	石炭灰置換率 CA(%)	普通骨材置換率 NG(%)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	水 W(kg/m ³)	セメント C(kg/m ³)	石炭灰 CA(kg/m ³)	高性能減水剤 (kg/m ³)	AE剤 (kg/m ³)
RCA0-20	0	20	53	48	185	349	0	1.40	0.157
RCA0-40		40						1.40	0.192
RCA0-60		60						1.40	0.279
RCA10-0	10	0					68	2.44	4.293
RCA10-20		20						2.44	4.293
RCA10-40		40						1.92	4.293
RCA10-60		60						2.20	4.502
RCA10-100		100						2.32	4.711
RCA20-20		20					136	3.49	8.725
RCA20-40	20	40						2.41	8.725
RCA20-60		60						3.00	8.725

3.試験結果及び考察

(1)フレッシュ性状

目標スランプ($10 \pm 2\text{cm}$)及び空気量($5 \pm 1\%$)は、高性能減水剤及び AE 調整剤添加量で調整した。図-1 に石炭灰置換率と混和剤添加量の関係を示す。普通骨材混合率によって異なるが、石炭灰置換率が大きくなるほど、所要のスランプを得るのに必要な高性能減水剤添加量が増えている。一方、AE 調整剤添加量は、普通骨材混合率の相違に拘わらず、石炭灰置換率の増加に伴い直線的に大きくなった。

(2)強度発現性

図-2 に石炭灰置換率と圧縮強度との関係を示す。再生骨材のみを用いた場合は、石炭灰を増加させるとほぼ直線的に増加し、石炭灰置換率 20%では 40N/mm^2 に達した。従って、この場合は石炭灰置換による改善効果が認められた。しかし、普通骨材混合率 20~60%の領域では石炭灰混入による強度改善効果はほとんど認められなかった。これは、石炭灰による強度改良効果よりも、破壊時に弱点となる再生骨材を、強度の高い普通骨材と混合した効果の方が大きいため、各石炭灰置換率における強度がほぼ同じ値を示したものと考えられる。

(3)乾燥収縮

石炭灰置換率を 10%とし、普通骨材を 0~100%混合した場合の乾燥収縮試験結果を図-3 に示す。図より普通骨材の混合率が高くなるほど乾燥収縮が小さくなっている。本試験では単位水量、セメント量及び石炭灰量が同じであるため、普通骨材混合率が小さくなると、再生骨材中の吸水が普通骨材に比べ大きいために起こる体積変化及び強度発現性が小さいこと等がこの要因と考えられる。

(4)耐凍害性

石炭灰置換率を 10%とし、普通骨材を 0~100%混合した場合の凍結融解試験結果を図-4 に示す。この図より、普通骨材置換率が 40%以下の配合は 300 サイクル以前に相対動弾性係数が耐久性指数の 60%を下回っている。一方、普通骨材を 60%以上では相対動弾性係数が 300 サイクル終了時の相対動弾性係数が 60%以上であり、耐凍害性を有するものと考えられる。

4.まとめ

- (1)再生骨材のみを用いた場合の強度発現性は、石炭灰置換により大幅に改善されたが、耐凍害性が低いことが確認された。
- (2)再生骨材を普通骨材で 60%以上置換すると凍結融解試験の目標値を上回り、耐凍害性の改善が確認された。なお、普通骨材混入率 60%置換時の 28 日強度は、石炭灰置換率に拘わらず 40N/mm^2 に達した。

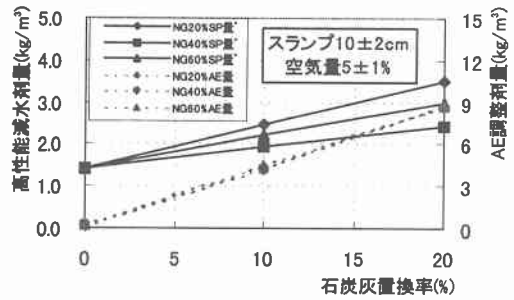


図-1 石炭灰置換率と混和剤量との関係

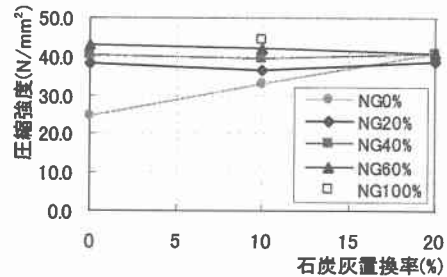


図-2 圧縮試験結果

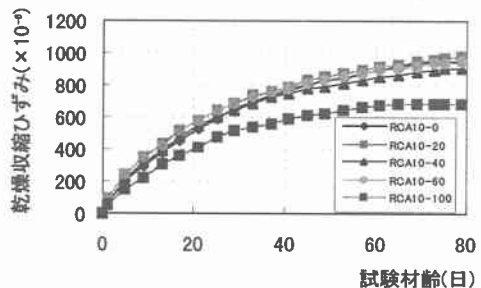


図-3 乾燥収縮結果

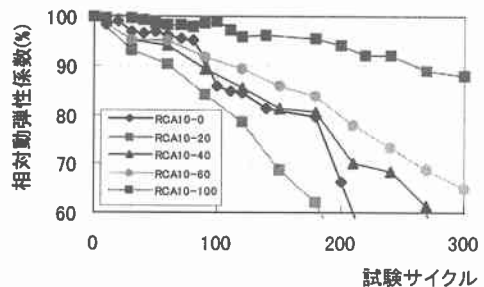


図-4 凍結融解試験結果