

産業副産物のコンクリート骨材への利用

中部大学
中部大学
日本コンクリート(株)

正会員 愛知五男
○ 嶋野貴文
後藤雅彦

1. 研究目的

石炭火力発電所から排出される石炭灰の有効利用を積極的に推進する必要がある。現在、石炭灰の量の約67%がセメント材料・路盤材などに有効利用として使われ、残りは埋め立て処分にまわされている¹⁾。今後、埋め立て処分が困難になることが予想されており、この問題を解決しなければならない。この一方策として、コンクリート系の材料に多量使用することが可能であれば解決の糸口となろう。

本研究では、石炭灰を骨材として利用する場合を想定し、次のような事項について実験的に検討する。石炭灰骨材の性質、石炭灰骨材コンクリートの配合設計、コンクリート強度の特性を把握して普通コンクリートと比較している。これらの結果より、多量に石炭灰をコンクリート材料として用い、目標強度を 20 N/mm² 程度のコンクリート用骨材としての利用の可能性を調べた。

2. 実験概要

2-1 使用材料と人工粗骨材の性質 セメントは普通ポルトランドセメント(以下 C と略記)、骨材は河川細骨材(Sn)、粗骨材(Gn)、石炭灰クリンカアッシュ(Sc)、フライアッシュ人工骨材(Gf)である。適切な Gf 骨材を作成するため、水結合材比(w/(C+Fl))を 30%(フロー値 16cm±1)として、C とフライアッシュ(Fl)の置換率、養生条件が強度に及ぼす影響を調べた。Fl の置換率は 50, 70, 90%、供試体は 4x4x16cm であり養生条件を 20, 50, 80℃の水中養生とした後、材齢 2 週と 4 週で強度を求めた。

図-1 に置換率が圧縮強度に及ぼす影響を示した。置換率が小さくなるに従って強度は直線的に上昇しているが、養生温度では 50℃で強度が強く、80℃に温度を上げても強度の伸びは少ない。材令ではほぼ同様な傾向を示しており、2 週から 4 週までの材齢による伸びは約 10%であった。この結果、骨材としては 50N/mm² 以上を目標とした場合、置換率 70%、養生温度 50℃の条件で作成した。Gf は C と Fl をミキサーで混練りして、厚さ 25mm の板状の型枠に入れ作成し脱枠後、ハンマーと粉砕機により砕いて粒度調整したものを使用した。Sc は 5mm ふるいを通過したものを用いた。河川・人工骨材を 50%ずつ用いたものを Gn_f、細骨材の S_{nc} は S_n と S_c を各 50%混ぜたものである。表-1 に骨材の性質を示し、図-2 に粒度分布を示す。

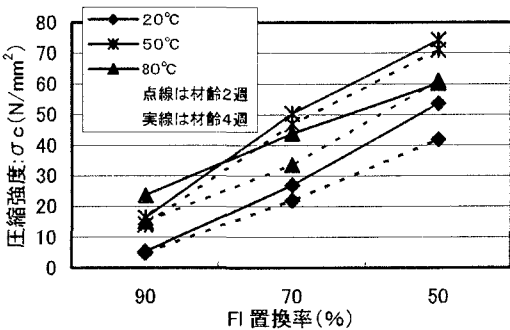


図-1 圧縮強度と置換率

表-1 骨材の性質

	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)
G _n	2.63	1.1	1.61
S _n	2.58	1.6	1.65
G _f	1.81	19.4	0.98
S _c	1.75	10.6	0.95

2-2 配合 コンクリートの配合はスランプ、空気量の目標値を、8.0±2 cm、4.0±1%として、3種類の W/C (45, 55, 65%) により求めている。

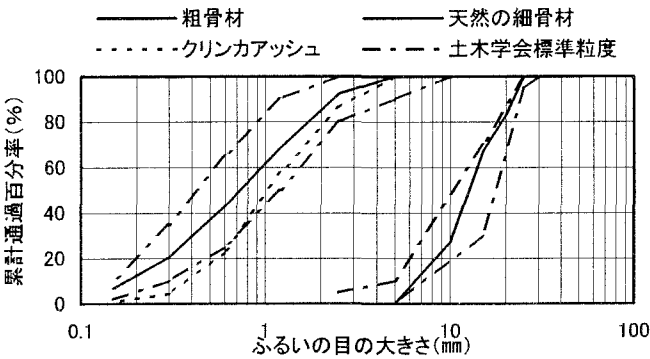


図-2 骨材の粒度分布

2-3 試験材令と項目 養生は標準（水中）養生で、材齢は1週、4週であり、試験は、圧縮・静弾性係数試験と引張試験である。

3. 結果と考察

3-1 圧縮強度 配合が圧縮強度に及ぼす影響を図-3に示す。石炭灰骨材の量が増加するにしたがってコンクリート強度は低下したが、GnfSncとGfScでは差がみられなかった。これは粗骨材の50%と細骨材の50%を石炭灰骨材で置換えた場合、破壊はこの骨材の部分に集中して作用を受けたためだと考えられる。コンクリート強度は一般にペースト強度に比例した結果になると考えられるが、骨材の強弱が今回のように50%も混合している場合、弱骨材のみのコンクリート強度とほぼ同じ強度になってしまう。さらにフライアッシュ骨材、クリンカアッシュとも角ばりが多く凹凸のあるものであったため、GfScを作成した時、ワーカビリティが悪くスランプ値が設定値にならなかった。このためW/Cを一定に保ち水とセメントを加え修正配合を行った影響と思われる。

C/Wと圧縮強度との関係を図-4に示す。GnSnに比べ他の配合条件では、セメント水比の増加による強度の増加が小さい傾向を示した。これは石炭灰骨材使用のコンクリートはセメント量の増加に対し強度に鋭敏でなくセメント量よりもむしろフライアッシュ骨材に依存されるためであり、結果的に水セメント比の影響が小さいものと推測される。

材齢では天然骨材に比べフライアッシュ骨材を使用した場合、ペースト強度の増加に加え、フライアッシュ骨材の強度も増加したため強度の増加率は大きくなった。

3-2 引張強度 図-5に引張強度と配合の関係を表す。多少ばらつきがあったが引張強度も配合、材齢による強度変化は圧縮強度とほぼ同様の結果となった。GnfSncとGfScで強度差が少ないがこれは、混入した弱骨材の破壊が先行したためと考えられる。

3-3 静弾性係数 図-6に静弾性係数を示した。石炭灰骨材の使用量が増加するに従って静弾性係数は減少した。さらに、粗骨材の配合条件が変わったものでは大きな強度変化を示している。細骨材の変化すなわちモルタルの強度よりも粗骨材の強度による影響が大きい。材齢による変化は圧縮強度と同様な結果となっている。

3-4 単位体積質量 図-7には配合による単位質量を表した。石炭灰骨材の使用量が増加するに伴い 1.8t/m^3 迄単位質量は低下した。

4. まとめ

- 1) Gf、Scの使用量が増加するにしたがい圧縮・引張強度、静弾性係数は低下する傾向が見られたが、石炭灰骨材を50%以上置換えても圧縮・引張強度の差異はない。
- 2) Gfを用いた場合、セメント量よりもフライアッシュ骨材に依存されるためW/Cの影響は小さい。
- 3) Gfは材齢による骨材自体の強度増加が期待でき、石炭灰コンクリートの強度の伸び率は天然コンクリートに比べて大きい。

〔参考文献〕 1) 日本フライアッシュ協会：石炭灰、第三版、(pp,1~3,1999年)

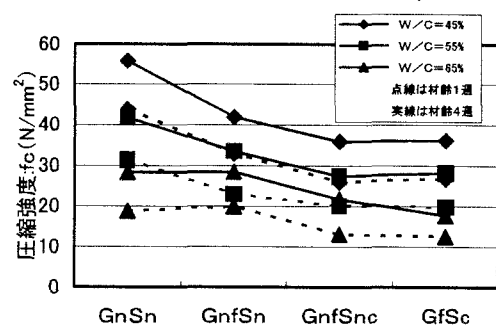


図-3 圧縮強度

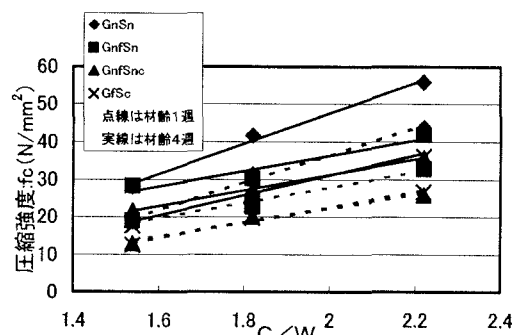


図-4 C/Wと圧縮強度

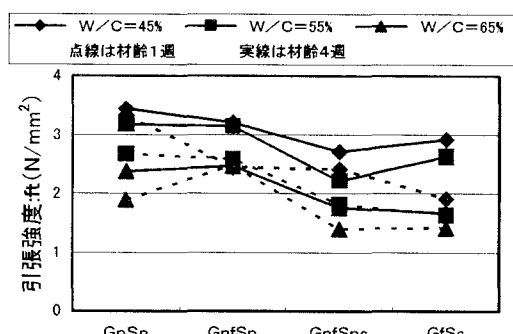


図-5 引張強度

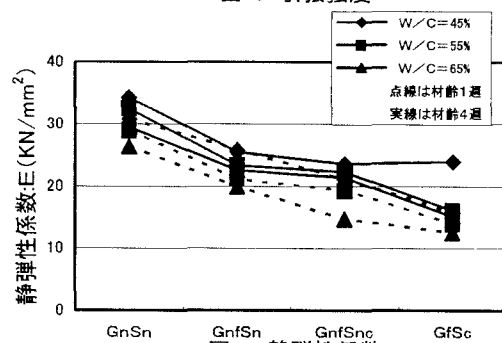


図-6 静弾性係数

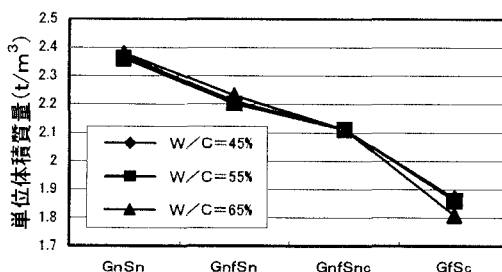


図-7 材齢4週の単位体積質量