

細骨材中に混入した微粉末のコンクリートへの影響

山口大学大学院 学生会員 ○直 光太郎 山口大学大学院 正会員 高海 克彦

山口大学大学院 学生会員 山田 賢

1. はじめに

わが国の建設用細骨材や土木工事用骨材として、海砂は重要な役割をはたしてきた。建設材料として骨材はコンクリートや道路等の骨格を形成するものであり、良質な骨材を安定供給することが重要となる。一般的なコンクリート用骨材は河川砂が最も適し、細骨材として使用されてきたが河川砂の枯渇から現在では海砂や山砂の使用に移行した。全国的な骨材の使用に関して着目すると、河川砂から海砂などの天然砂へ移行するなかで、西日本は採取した状態のままでは骨材に適さない真砂土の分布が多く、山砂や陸砂などの骨材資源が乏しいという特徴がある。中国・四国・九州地方では骨材の砂の全体採取量の約 6 割を海砂に頼っていた。それに対し東日本では比較的骨材資源に恵まれているが、環境保全の問題と相まって採取地を拡大できず、各地で砂の確保が難しくなっている。このような確保難や地域差の問題により西日本の海砂への依存が高まり、海砂の長年にわたる膨大な採取により、瀬戸内海における水質・底質、地形、生態系をはじめとする環境破壊問題が大きくクローズアップされるようになった。

そのため、近年瀬戸内海において海砂採取の規制が行われるようになった。概ね禁止する方向となってきており、現在でも採取を許可しているのは福岡県、大分県、山口県だけである。

次に、図-1.1 に全国の砂利採取量を示す。各年年度の全国の砂利採取量は、年ごとにばらつきはあるが、昭和 62 年度までは採取量が増加し、それ以降は減少傾向にある。砂利採取量のうち、海砂の採取量をみると、平成 11 年度までは概ね横ばいであるが、それ以降は急激に減少している。砂利採取量のうち海砂が占める割合をみると、平成 11 年度は 26%

であるが、平成 16 年度には 12%と急減している。なお、海砂採取量は瀬戸内海沿岸の 11 府県の採取量が非常に多く、全国の海砂採取量における瀬戸内海の割合は 60~70%以上である。しかし、近年はやや減少傾向にある。西日本において建物や道路建設などの建設骨材として主に用いられている海砂が採取規制になったことから、海砂に依存していた分を他に求めることとなり、代替材の開発が必要となっている。

その代替材として期待されているものが砕砂である。砕砂は、最近になって造られたのではなく、その生産は昔から行われていたが、海砂の採取量が減少を見せ始めた昭和 62 年度を契機に飛躍的な生産の増加を見せ、それまで約 500 万 t か同程度の生産量であったものが、平成 18 年度には約 1500 万 t が生産された。

それに伴い、副産物として産出される砕石粉の量も増加しており、砕石粉（集塵機で捕集される集塵粉・エアセパレーターで分級される微粒粉）,及び単粒度砕石や砕砂を湿式で製造する際に分級工程から発生する脱水ケーキは、全国で年間 3,000 万

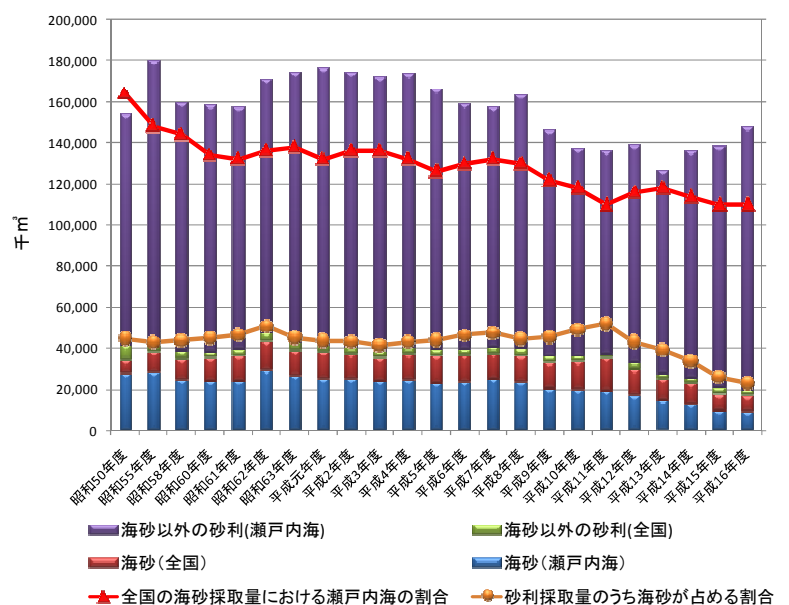


図-1.1 全国の砂利採取量

t 以上（中国地域では 200 万 t 程度）発生していると予想される。

砕石業界では、骨材の有効活用、自然環境の保全、循環型社会への貢献等から対応策に積極的に取り組んできたが、砕石粉の処理方法は、自社事業所内での跡地復旧や緑化、埋戻しが主体で、自社事業所外の埋立て資材、ほ場改質土、セラミックス資材等の一部が利用されているにすぎない。またその処理には多くの手間とコストを要している。

一方、砕石粉自体は水硬性および潜在水硬性のない無機質粉末であり、コンクリート用混和材として有効利用が可能である。

本研究では、砕石粉を細骨材の一部に部分置換し、コンクリートのスランプ試験ならびにコンクリートの空気量試験、コンクリート強度試験を行うことで、この試験結果からコンクリート特性に及ぼす影響について調査し、微粉末を多量に含むコンクリートの実用化に向けての一資料としたい

2. 細骨材中に混入した砕石粉のコンクリートへの影響

2.1 実験概要

2.1.1 使用材料

砕石粉：

砕石粉は硬質砂岩を原石とした乾燥状砕石粉である。今、砕砂は JIS で規定する粒度分布に合致するように、微粒分を除去するために、水洗、空気分離を行っている。本研究では、砕砂を生産中に発生する砕石粉をしようした。

写真 1 は本研究で用いた砕石粉である。



写真 1. 砕石粉

石灰粉：

石灰粉の元である石灰岩砕砂は、海砂の代替材としてよく使用されている。なので、今回、砕石粉と比較を行うために石灰粉を用いる。

2.1.2 試験項目と概要

(1) 骨材の物性試験

砕石粉と石灰粉と海砂は JIS A 1109 に準じて密度試験を行った。

(2) コンクリート試験

配合条件を、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ 、スランプ値 $12 \pm 2.0\text{cm}$ として配合を行った。そして、海砂に対する砕石粉の置換率 0% を基本コンクリートとした。砕石粉・石灰粉を細骨材の容積に対して内割りで 5%、10%、12%、15% 置換した砕石粉の配合表を表 1 に、石灰粉の配合表を表 2 に示す。

コンクリートの練混ぜは、二軸強制練りミキサを用いた。混合槽にセメントと細骨材を入れ、また砕石粉・石灰粉を用いる場合は細骨材中に均一になるよう添加する。二軸強制練りミキサを始動させ、30 秒間空練りし、ミキサを停止させ、水を入れ、60 秒間練り混ぜる。粗骨材を入れ、120 秒間練り混ぜを行った。最後に、ミキサからバッチに移し、スコップで手練りを行った。供試体の作成方法は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いる。2 層に分けてコンクリートを入れ、突き棒を使用し、各層 15 回ずつ突き固め、突き穴が無くなるように木槌で側面をたたき、表面をならした。このコンクリートでスランプ試験 (JIS A 1101) および空気量試験 (JIS A 1128) ブリーディング試験 (JIS A 1123) を行った。なお、ブリーディング率を次式で定義する。

$$B_r = \frac{B}{W_g} \times 100$$

ここに

B_r : ブリーディング率 B : 累計水量(kg)

W_g : 試料中の水の質量(kg)

そして、供試体作成後、翌日、脱型し水中養生(20

±2℃)をし、圧縮強度試験を行った。

なお、圧縮強度試験における試験材齢は材齢 7 日、材齢 28 日とし、試験で求めた最大荷重から以下の式によって算出する。

圧縮強度：

$$f_c = \frac{P}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

ここに、

f_c :圧縮強度(N/mm²) P :最大荷重(N)

d :直径(mm)

また、圧縮強度試験の結果より、置換率 0%とした時のコンクリートの圧縮強度を基準とした圧縮強度比を求めた。

表 1 砕石粉を置換したコンクリート配合表

(単位: kg)							
	C	W	砕石粉	S	G	AD	AE
基準コンクリート	340	170	0	858	931	3.6	2.7
5%			45	815			
10%			89	772			
12%			107	729			
15%			134	686			

表 2 石灰粉を置換したコンクリート配合表

(単位: kg)							
	C	W	石灰粉	S	G	AD	AE
基準コンクリート	340	170	0	858	931	3.6	2.7
5%			44	815			
10%			87	772			
12%			107	729			
15%			131	686			

2.2. 実験結果

1)骨材の物性試験

砕石粉の密度を計測した結果、表乾状態で 2.70g/cm³、石灰粉の密度を計測した結果、表乾状態で 2.64g/cm³ であった。また、海砂は表乾状態で 2.60g/cm³ であった。海砂と置換する砕石粉、石灰粉を比較すると、ほぼ同程度であることがわかる。

2)コンクリート試験

スランプを計測した結果を図 2 に示す。この結果よ

り砕石粉、石灰粉を混入することでスランプ値が減少し流動性が悪くなることがわかる。流動性が悪くなっていた原因は、微粉体である砕石粉、石灰粉は比表面積が大きく、それだけ保有できる水分が多いためにセメントに含まれる水分が減り、その結果セメントペーストの粘性が強くなった点が挙げられる。これより、細骨材置換による砕石粉、石灰粉の混入はコンクリートのスランプ値を小さくする影響を与えているといえる

空気量試験の結果を図 3 に示す。砕石粉の置換率 0%～15%を見てみると、置換率が増加するごとに空気量は増加傾向にみられるが、配合条件を満たしているため影響はないと考えられる。

石灰粉の置換率 0%～15%を見てみると、置換率が 12%から空気量が減少し置換率が 15%になると空気量が 2%となり配合条件を満たさない。

ブリーディング率の結果を表 3 に示す。

置換率が増すごとにその値が減少していくことが分かる。これは、スランプの試験結果で述べた比表面積の大きさが原因に挙げられる。

表 3 ブリーディング試験結果

置換率(%)	ブリーディング率
0	10.8
5	10.1
10	7.7
12	4.6
15	3.6

材齢 7 日と材齢 28 日における置換率 0%のコンクリートの圧縮強度を基準とした圧縮強度比を図 4、図 5 に示す。

材齢 7 日をみると砕石粉は置換率 10%までは圧縮強度の増える傾向にみられるが、10%より置換率を超えると増加率が減り始め、置換率 15%で置換率 0%の圧縮強度より低くなることが分かる。これにより置換率 15%を超えると初期強度の発生を遅らせることができる。

石灰粉は置換率が増加するにつれ、圧縮強度も増加傾向にある。

材齢 28 日をみると砕石粉は置換することで圧縮強度は増加するが、置換率の増加による圧縮強度の

変動がみられず、一定であることがわかる。

石灰粉は置換率が増加するにつれ、圧縮強度も増加傾向にある。

これはセメントの中には混和剤を添加して、混合しても水と反応しないセメントが残り、そこに微粉末の粒子が割って入ってセメントを分散させ、この未反応のセメントを水と反応させるため、強度が増したと考えられる。

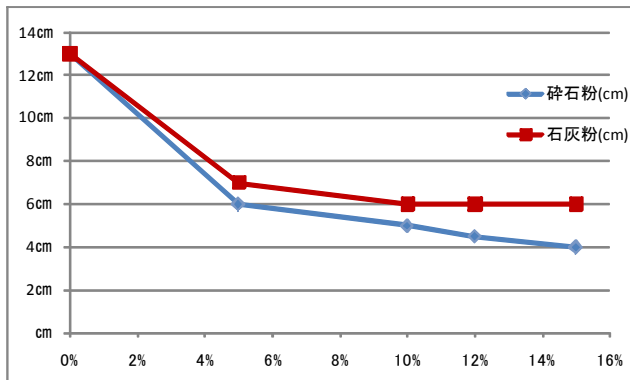


図 2 スランプ試験結果

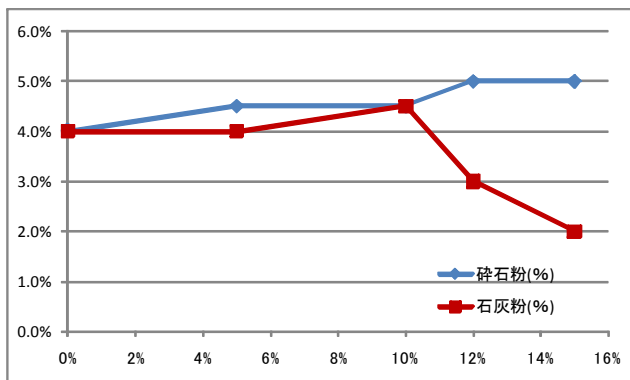


図 3 空気量試験結果

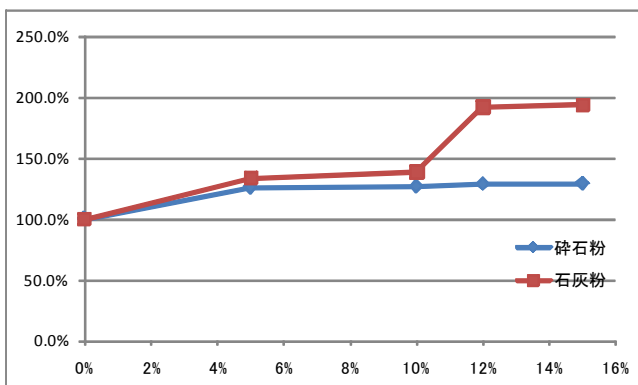


図 4 圧縮強度試験結果(材齢 7 日)

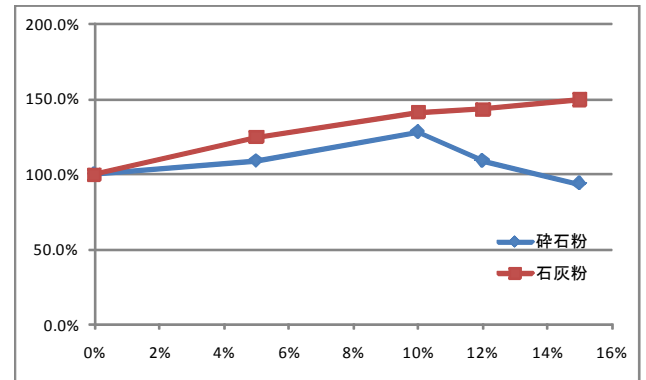


図 5 縮強度試験結果(材齢 28 日)

4. まとめ

本研究は、微粉末を細骨材に置換して、物性、コンクリートにおける試験を実施した。本研究で行った結論を以下に要約する。

1. 砕石粉をコンクリートに多く混入することは海砂に比べて、スランプ値が小さく、流動性が低くなることが判明した。
2. 砕石粉はコンクリート内の空気量に与える影響は海砂に比べ 1%弱程度でそれほど大きなものではないと考えられる。
3. ブリーディングは砕石粉の置換率が増えるごとに減少する。
4. 砕石粉は置換率が増すごとにその圧縮強度も増すと考えられる。

参考文献

- 1) CSFC 研究会報告書：砕石粉使用コンクリート研究会（1997）
- 2) 近畿砕石協同組合：岩石資源有効利用推進調査報告書 砕石粉のコンクリート用混和材への有効利用（1992）
- 3) 辻 幸和他：砕石粉を用いたコンクリートのフレッシュ性状および硬化性状（コンクリート工学, Vol.42, No.8, 2004.8）
- 4) 大橋 正治他：報告 砕石粉の品質評価試験方法ならびに品質基準に関する検討（コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, No.1, 1995）
- 5) 中国経済産業局：岩石資源及び副産物を利用した新規事業・リサイクル促進のための市場及び事業環境調査（2007）