

◆ 報文 ◆

1992~99年に実施したコンクリート用骨材の実態調査報告

片平 博* 河野広隆**

1. はじめに

骨材はコンクリート容積中の7~8割を占め、その性状がコンクリートの品質に与える影響は大きい。骨材は、以前では豊富な川砂利、川砂に依存してきたが、生コンクリートの需要の増加と、河川での賦存量の減少から、次第に陸砂利、海砂等の供給が増加し、さらには碎石、碎砂も使用されてきてている。

本研究は、全国的に実施した骨材および生コンクリートの実態調査結果を元に、近年におけるコンクリート用骨材の実態を把握し、これがコンクリートの品質に与える影響について検討したものである。また、今後の骨材情勢をめぐる問題点についても検討した。

2. 目的

本研究の目的は以下のとおりである。

- 1) コンクリート用骨材の品質について地域的な状況を明らかにする。
- 2) 近年における骨材品質の経時変化の傾向を明らかにする。
- 3) 骨材の物性がコンクリートの単位水量に与える影響を明らかにする。

3. 実態調査の内容

調査は'92~'94年度¹⁾と'99年度に実施した。各年度ごとに各地方建設局ごとに10箇所程度の工事現場を選定し、その工事に使用された生コンクリートの骨材およびコンクリートの物性について調査した。調査項目は粗骨材、細骨材の密度、吸水率、粗粒率、実積率、コンクリート配合とし、さらに'92年度と'99年度の調査では骨材の岩種(川砂利、山砂利、碎石の別など)や複数の岩種を混合して使用している場合の混合割合等についても調査した。調査は生コン会社の試験成績表を調査することを行った。なお、'92~'94年度の東北、

Survey Report on Concrete Aggregate '92~'99.

北陸、中部、近畿、九州については実際に使用される骨材を各技術事務所において試験し、密度、吸水率を求め、試験成績表の値と比較した。

4. 骨材品質の地域性と変遷

一般的な管理項目である細骨材、粗骨材の絶乾密度、吸水率、粗骨材の実積率について、'92年度の調査結果と'99年度の調査結果を地域ごとに整理したものを図-1,2に示す。また、各地域ごとの物性の平均値をさらに全国平均した値を表-1に示す。いずれの値も生コン会社の試験成績表の値である。各物性の地域的な特徴と年次的な変化の特徴を以下に述べる。

4.1 細骨材の絶乾密度

図では川砂、山砂、陸砂、海砂、真砂を「天然砂」とし、天然砂に碎砂を混合したもの(または数は少ないが碎砂単独)を「碎砂混合」と表示した。天然砂の密度はグリーンタフ地域を有する東北の値が低く、約半数が 2.5g/cm^3 を下回っている。その他の地域では概ね $2.5\sim2.6\text{g/cm}^3$ の範囲であった。碎砂混合の密度は天然砂に比較してやや大きい傾向にあった。'92年度と'99年度で経時的な変化はみられない。

4.2 細骨材の吸水率

地域的にみると天然砂の吸水率は東北でやや大きく概ね $2\sim3.5\%$ の範囲であった。その他の地域では概ね $1\sim2.5\%$ の範囲であった。碎砂混合の吸水率は天然砂と同程度かやや小さい傾向にあった。'92年度に比較して'99年度の吸水率は天然砂、碎砂混合ともに全国平均で 0.2% 程度増加している。

4.3 粗骨材の絶乾密度

図では川砂利、山砂利、陸砂利を「砂利」とし、「碎石」と区別して示した。砂利と碎石を混合して使用している場合は混合比率の大きいほうの区分とした。砂利の密度は東北の一部で 2.5g/cm^3 を下回っており、その他の地域では概ね 2.6g/cm^3 前後の値であった。碎石の密度は岩石の種類によっ

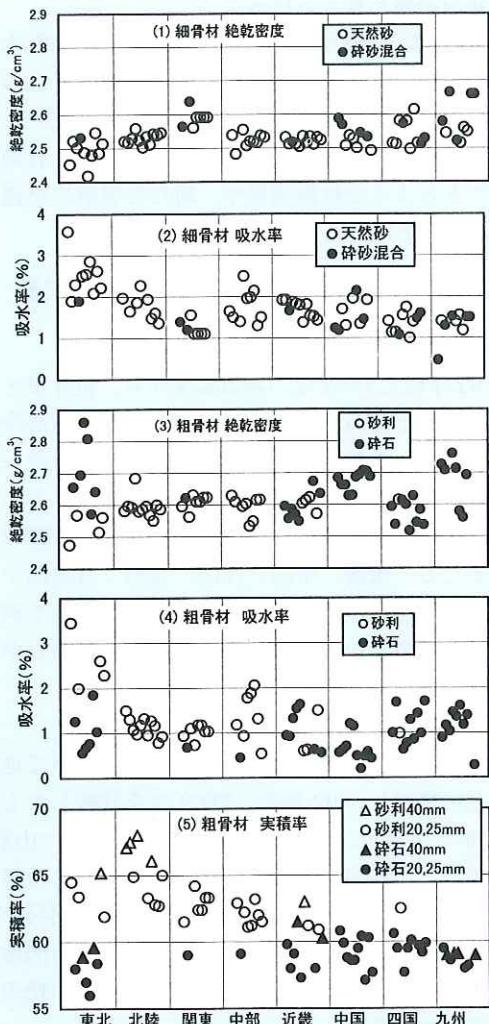


図-1 骨材の品質 (1992 年度調査結果)

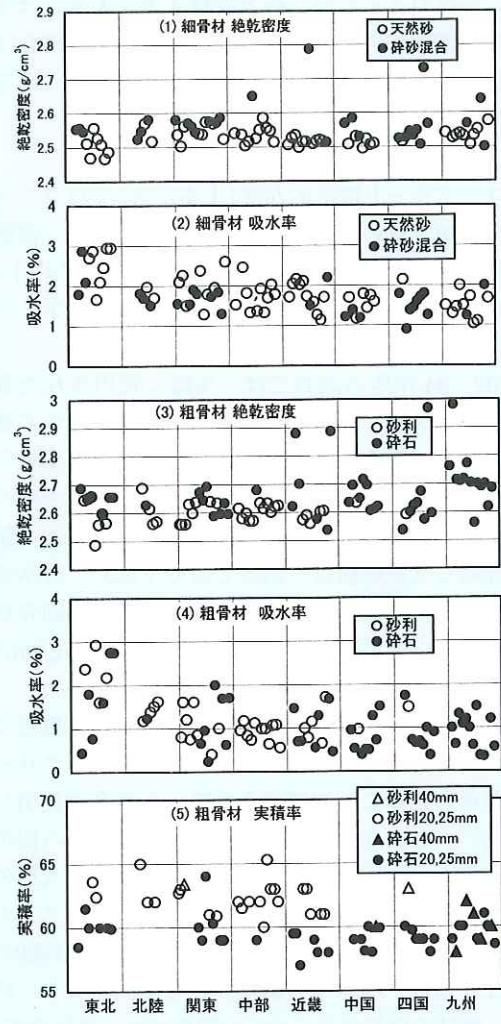


図-2 骨材の品質 (1999 年度調査結果)

表-1 骨材物性の調査結果 (全国の平均値)

調査年度	細骨材				粗骨材				実積率			
	絶乾密度 (g/cm³)		吸水率 (%)		絶乾密度 (g/cm³)		吸水率 (%)		Gmax40		Gmax20,25	
	天然砂	碎砂混合	天然砂	碎砂混合	砂利	碎石	砂利	碎石	砂利	碎石	砂利	碎石
1992年	2.53	2.56	1.66	1.50	2.59	2.70	1.33	0.88	65.1	59.7	62.6	58.7
1999年	2.53	2.58	1.88	1.69	2.60	2.67	1.31	1.08	63.2	60.0	62.4	59.4

て大きく異なり、2.5から3.0g/cm³の範囲で様々であった。'92年度に比較して'99年度では碎石の使用割合が増えているが、物性についての大きな変化はみられない。

4.4 粗骨材の吸水率

地域的にみると砂利の吸水率は東北でやや大きく概ね2.0~3.5%の範囲であった。その他の地域

ではほとんどが2.0%以下であった。碎石の吸水率は砂利と同程度かやや小さい傾向にあった。'92年度に比較して'99年度では、碎石の吸水率が全国平均で0.2%程度増加した。

4.5 粗骨材の実積率

実積率60.5%を境に、それ以上が砂利、それ以下が碎石ときれいに分類できる結果となった。ま

た、当然のことながら最大骨材寸法が大きいほうが高い実積率を示した。砂利は東日本で、碎石は西日本での使用が多いことから、実積率についても地域差が顕著に現れる結果となった。

4.6 骨材品質に対する考察

コンクリート標準示方書(土木学会)ではコンクリート用骨材の品質について「原則として、密度は細骨材、粗骨材とも絶乾状態で $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上、吸水率は細骨材で 3.5%、粗骨材で 3.0%以下」と規定している。

'92~'94 年度の調査では、実際に使用された骨材をサンプリングして、各技術事務所において独自に密度、吸水率試験を行っており、この結果と試験成績表の値とを比較した¹⁾。細骨材の密度の例を図-3 に示す。この結果によると、成績表の値に比較して試験値は、密度ではやや低め、吸水率はやや高めの値を示すデータが多く、特に細骨材の密度については約 3 分の 1 のデータが $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ を下回る結果となった。

ただし、コンクリート標準示方書では「規定に満たない砂であっても、所要の品質のコンクリートが得られることが確認されている場合は使用して良い」とあり、密度、吸水率だけで骨材の使用の可否を判断することはできない。また、天然の砂利・砂と碎石・碎砂を比較すると、コンクリート用骨材としては性能が低いとされる碎石・碎砂のほうが密度、吸水率の値は良好な傾向があり、碎石、碎砂の供給が多くなった現在では、単に密度、吸水率だけで骨材の品質を評価する方法は誤った判断を下す可能性もあり、新たな品質管理手法の

確立が必要と考えられる。

'92 年度と'99 年度の比較で、骨材の平均吸水率がわずかではあるが増加していることも考えあわせると、今後はより一層の骨材の低品質化が予想され、規準に一部達しない骨材であっても有効利用できるような技術開発や、新たな規準の整備が必要と考えられる。

5. 骨材に使用される岩種の地域性と変遷

5.1 粗骨材

'92 年度と'99 年度の調査結果から、粗骨材を天然の砂利と碎石とに分けて地域ごとの使用割合を整理した。この結果を図-4 に示す。データ数がそれほど多くないために、大まかな傾向をみるとどめるが、'92 年度と'99 年度との比較で特徴的な点として、近畿、中国、四国、九州では從前から碎石の使用が多いために'92 年度と'99 年度で同様の傾向であるが、東北、北陸、関東では明らかに碎石の使用割合が増加している。

5.2 細骨材

細骨材についても使用される岩種について地域ごとに整理し、'92 年度と'99 年度を比較したものを図-5 に示す。この図では、川砂、陸砂、山砂、真砂を「川砂類」として一括で示した。この図から'99 年度は'92 年度に比較して、碎砂の混合や、碎砂単独の使用が全国的に増えている。中国地方で川砂類の使用が増えているのは、真砂の使用によるものである。

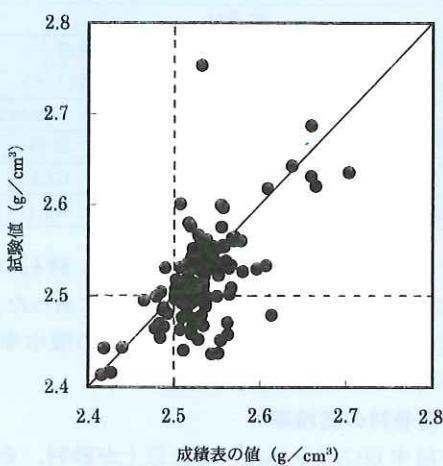


図-3 細骨材の絶乾密度

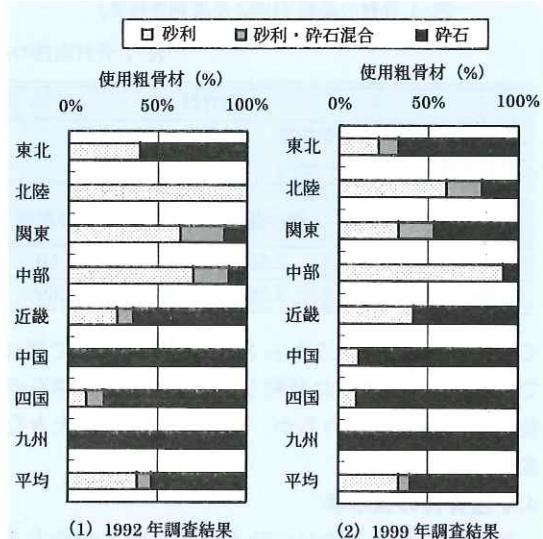
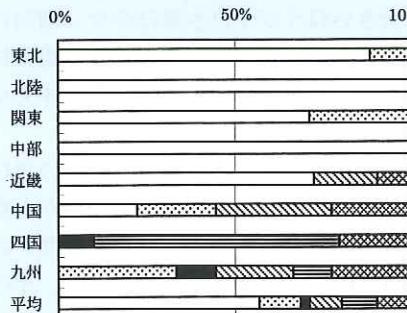


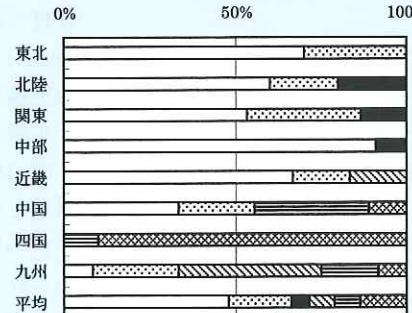
図-4 使用粗骨材の割合

使用細骨材 (%)



(1) 1992年調査結果

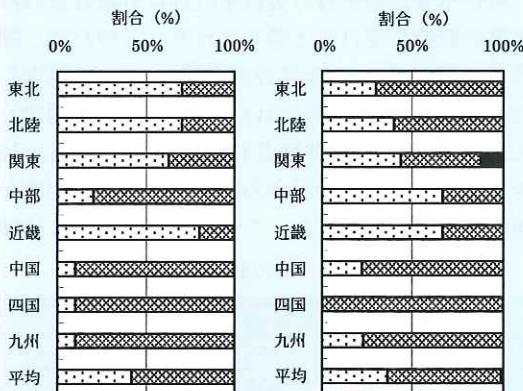
使用細骨材 (%)



(2) 1999年調査結果

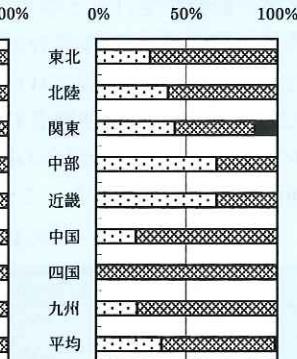
図-5 使用細骨材の割合

凡例 □ 1種 ■ 2種 ■ 3種



(1) 1992年調査結果

割合 (%)



(2) 1999年調査結果

図-6 細骨材の混合数

図-6 は何カ所の産地の材料を組合せて細骨材をつくっているか、その混合数を示したものである。中国、四国、九州では、従前から海砂が使用されている。海砂は粒子が細かいために単独での使用が困難なため、'92年度、'99年度とともに2種類の混合砂が主流である。これに対し、東北、北陸、関東では'92年度には1種類の細骨材の使用が多かったようであるが、'99年度では2種類の混合が増加しており、中には3種類の混合もできている。この結果から、良好な天然砂の供給が減少したことと、2種類または3種類の砂を混合しないと良好な粒度が得られない現状にあることが推察される。

6. 砂利、天然砂の採取実態

天然骨材の供給実態についてさらに調査した。

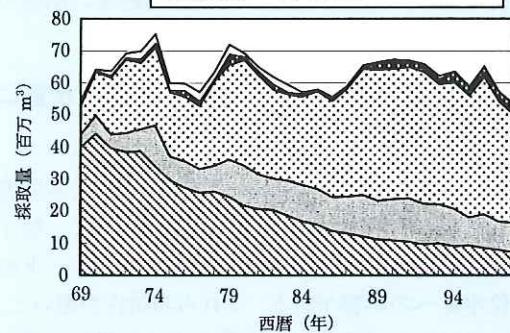
凡例 □ 川砂利 ■ 山砂利 □ 陸砂利
■ 海砂利 □ その他

図-7 砂利採取量の変遷

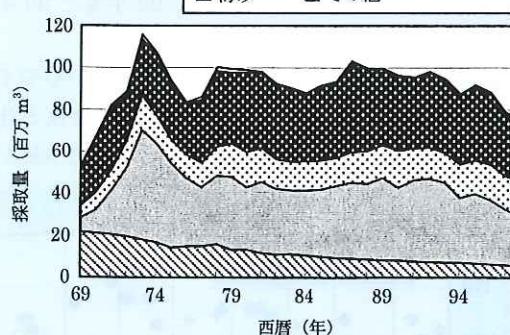
凡例 □ 川砂 ■ 山砂 □ 陸砂
■ 海砂 □ その他

図-8 天然砂採取量の変遷

過去30年間の砂利および天然砂の採取実態²⁾を図-7、8に示す。

川砂利、川砂の採取量は河川法による制限をうけ、年々減少している。30年間に川砂利の採取量は40百万m³から7百万m³に、川砂は20百万m³から5百万m³へと激減した。これに替わつ

て陸砂利や山砂、陸砂、海砂等の割合が増加している。

'98年現在では砂利の約6割を陸砂利が占めているが、このうちの約30%は北海道で採取されており、北海道を除くと川・山・陸・海の比率は2:2:5:1である。天然砂については山砂・海砂が約4割ずつを占めており、山砂の約50%は千葉県での採取である。なお、海砂は環境問題から採取禁止区域が増えしており、今後の増加は期待できず、海砂に依存している中国、四国地域は対応が苦慮されると考えられる。

今後は、川砂利、川砂のさらなる減少、海砂の採取制限によって、陸砂利、陸・山砂等の割合が増加することが予想されるが、コストや地域的な制約もあり、碎石、碎砂、または真砂等の品質のやや劣る骨材の増加も必至と考えられる。

7. 骨材の物性がコンクリートの単位水量に与える影響

骨材の物性がコンクリートの品質に与える影響としては、骨材自体の強度、耐久性の他に、粒子形状や粒度分布、実積率等によるコンクリートの単位水量への影響がある。これらの物性が悪いと、同一のコンシスティンシーを得るために単位水量が増加し、単位水量の増加はコンクリートの乾燥ひび割れの発生につながる。

スランプ⁸cm、呼び強度18~30のコンクリートの単位水量について調査した。'92年度と'99年度の調査結果を図-9および表-2に示す。

地域的には中国、四国地方の単位水量がやや多い傾向にある。'99年度の調査結果を'92年度と比較すると、中国、四国、中部地方で、単位水量が

やや減少している傾向が認められる。また、最大骨材寸法が大きいほど単位水量は少ない傾向にあるが、これは最大骨材寸法が大きいほど粗骨材の実積率が上がり、粗骨材間の空隙を満たすモルタル量が少なくてすむためである。

図-10は粗骨材の実積率とコンクリートの単位水量との関係を示したものである。この図から粗骨材の実積率と単位水量との間には良い相関が認められた。'92年度と'99年度を比較すると、平均的な傾向はほとんど同一で、1%の実積率の増加で単位水量は約2.8kg/m³減少する結果となった。この結果から、碎石については粒子形状の改善や粒度分布の適正化等により、少しでも実積率を高めるための工夫が重要と考えられる。

単位水量は粗骨材の実積率以外にも細骨材の粒度等の影響を受けると考えられる。このため、細骨材の粗粒率や碎砂混合の影響について調査した。しかし、粗粒率についてはいずれの工場でも2.5~3.0の範囲に調整されているために違いは少なく、また、碎砂混合の影響についても明確な傾向は得られなかった。この理由としては、碎砂

表-2 コンクリートの単位水量 (kg/m³)

調査年度	1992年	1999年
東北	155.6	156.4
北陸	155.3	149.3
関東	151.6	154.1
中部	160.5	153.1
近畿	160.5	158.9
中国	167.0	161.9
四国	164.8	163.1
九州	162.3	161.9
平均	159.7	157.3

* Gmax25,20mm、スランプ8cmの条件

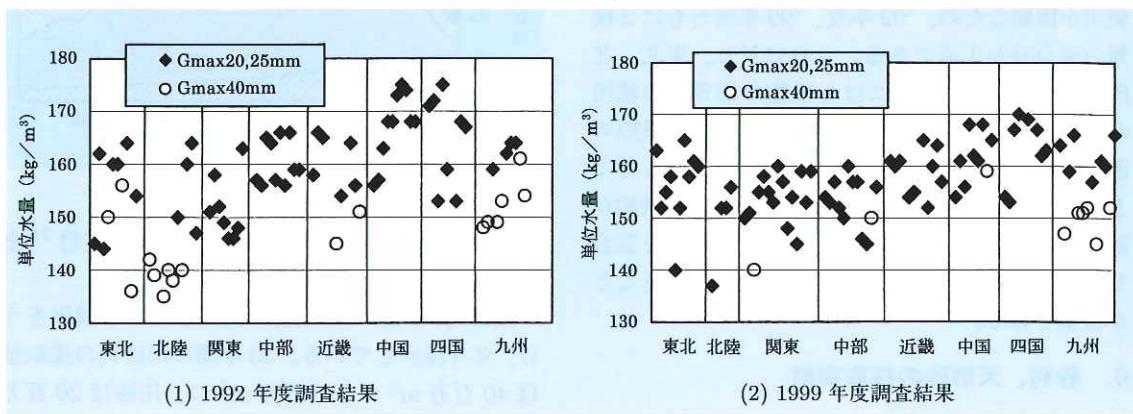


図-9 コンクリートの単位水量

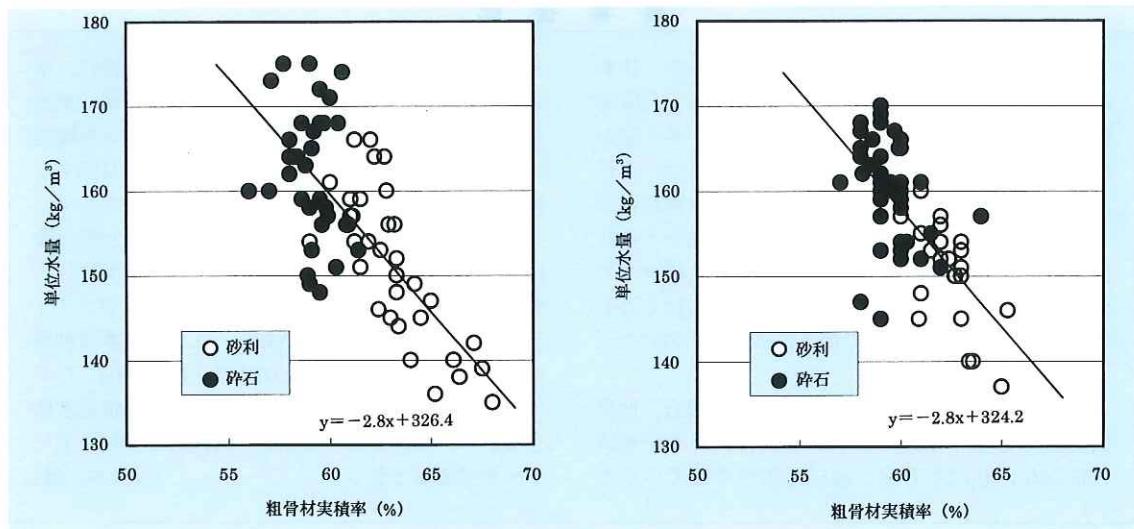


図-10 粗骨材実積率と単位水量の関係

混合の多くは細粒分に天然砂、粗粒分に碎砂を使用しているものが多く、単位水量に対しては細粒分の粒子形状の影響が大きいものと考えられる。

8. まとめ

- (1) 地域によっては、骨材の密度・吸水率の値がコンクリート標準示方書に示される規定値に一部達しない骨材が認められたが、今後は骨材の低品質化がさらに進むことが予想され、このような骨材を有効利用していくための技術開発や規準作りが必要である。
- (2) 全国的に良質な天然の砂、砂利の供給量は減少する傾向にあり、碎石、碎砂、真砂の供給が増えている。
- (3) コンクリートの単位水量は粗骨材の実積率と良い相関があることが明かとなった。このことから、天然の砂利に比較して実積率が劣る碎石の使用にあたっては、実積率を少しでも上げるための工夫が重要である。

9. おわりに

今回の調査から、コンクリート用骨材をめぐる情勢は、天然骨材の供給が減少し、碎石、碎砂等の加工骨材の供給が増加していることが明らかとなった。これによって、今後はコンクリートの単位水量の増加が懸念され、高性能AE減水剤の使用等による対策の検討が必要と考えられる。また、碎石工場についても原石山の賦存量が10年に

満たない工場が全体の3割に達するという報告³⁾もあり、予断を許さない状況にある。このため、規準を一部満足しない低品質骨材や再生骨材の利用促進、輸入骨材の使用等、多様な対応策の検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 河野広隆、森濱和正：レディーミクストコンクリートの品質実態調査、土木研究所資料、No.3409, 1996.1
- 2) 通産省生活産業局窯業課、建設省河川局水政課：砂利採取業務状況報告書
- 3) 江良誠至：碎石・碎砂、セメント・コンクリート、No.618, 1998.8

片平 博*



建設省土木研究所材料
施工部コンクリート
研究室主任研究員
Hiroshi KATAHIRA

河野広隆**



同 コンクリート研究室長
Hirotaka KAWANO