

[70] 低品質骨材を用いたコンクリートの性質

正会員 迫田 恵三 (東海大学海洋学部)

1. まえがき

近年、地域によっては良品質骨材が不足しており、低品質骨材が原因とされるコンクリート構造物の劣化がとりざたされている。これまで低品質骨材がコンクリートの品質に与える影響については、かなり報告がなされている。それによると低品質骨材はコンクリートの強度、弾性係数、乾燥収縮などに大きな影響を与えるとされている。しかし、骨材資源は有限であり低品質骨材と称されるものでも、その骨材にあった利用方法を求めることが必要と考えられる。

そこで本研究では、低比重、吸水率の大きい骨材を用いて、骨材の破砕値、及び粗骨材強度とモルタル、コンクリートの強度の関係、次に水セメント比がモルタル、コンクリートの性質に与える影響などから、その低品質骨材に適した利用方法を考えようとするものである。

2. 実験概要

2-1. 使用材料

この実験で用いた骨材の性質を表-1に示したが細骨材は7種類、粗骨材は5種類である。この表の破砕値はBS-812の40t破砕値である。また、粗骨材強度は粗骨材粒子の長径、短径を測定した後、断面積を求め、その後、粒子1個ずつ加圧試験機で載荷し、破壊最大荷重を求め断面積で除して求めた。なお、碎石についてはロサンゼルス摩耗試験機で角ばりをとった試料を用いた。試料数は100個、実験値のバラツキは、標準偏差で34~54kg/cm²となった。

2-2. 配合

モルタル及びコンクリートは各骨材を比較するため、単位セメント量、単位水量、細骨材、粗骨材容積を一定にした。水セメント比は最小30%から80%まで、各々10%ずつ変化させて行

なった。骨材粒度は土木学会粒度標準範囲に入るよう調整した。コンクリートはNONAEコンクリートで空気量は1.1~2.0%となった。水セメント比30%の場合にはモルタル、コンクリートとも高性能減水剤を使用した。

2-3. 供試体及び養生方法

モルタルは4×4×16cmの角柱供試体を使用した。コンクリートは直径10cm、高さ20cmの円柱供試体と10×10×40cmの角柱供試体を用いた。養生方法は標準養生方

表-1 骨材の物理的性質

	比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	破砕値 (%)	実積率 (%)	粗骨材強度 (kg/cm ²)
富士川細骨材	2.59	1.0	1.50 ^(4.7)	4.7	57.3	—
中伊豆砕砂	2.41	4.9	1.37	10.9	54.2	—
青森細骨材	2.45	4.2	1.46	9.3	57.3	—
人工軽細骨材	1.58	17.0	1.00	19.0	54.1	—
伊豆長岡砕砂	2.22	6.9	1.29	17.7	54.4	—
スコリア	1.94	15.5	1.11	28.8	49.6	—
岩木細骨材	2.31	4.6	1.41	9.8	56.9	—
大井川粗骨材	2.62	0.8	1.66	9.6	62.9	139
青森粗骨材	2.45	4.1	1.59	16.3	62.4	85
伊東碎石	2.61	1.8	1.51	23.3	56.8	65
長岡碎石	2.26	4.7	1.32	26.4	55.7	48
人工軽粗骨材	1.24	23.0	0.74	37.5	48.6	24

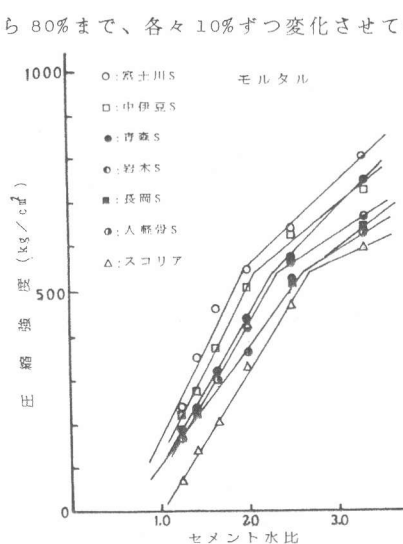


図-1 セメント水比と圧縮強度の関係

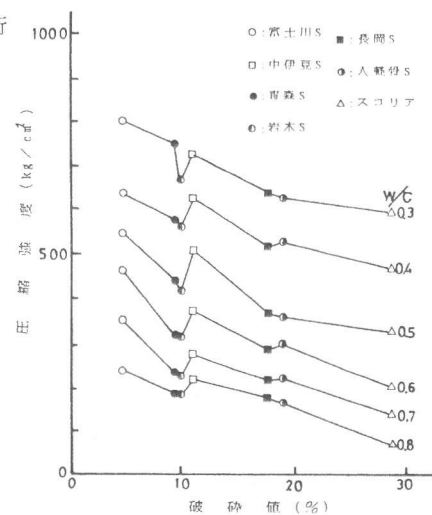


図-2 骨材破砕値とモルタル圧縮強度の関係

法によって行ない、材令は1、4、13週とした。

3. 実験結果及び考察

図-1はモルタルの圧縮強度とセメント水比の関係を示している。どの細骨材でもセメント水比が大きくなるにつれ、強度は直線的に増加している。しかし、圧縮強度が $500\text{kg}/\text{cm}^2$ を越えると、どの細骨材でも強度の伸びが鈍化する傾向にある。次に細骨材破砕値とモルタル強度の関係を図-2に示す。全体的な傾向としては細骨材の破砕値が大きくなると、圧縮強度も小さくなる。また、水セメント比の大きい配合でも細骨材の品質の影響が強度差を生じさせている。砕砂が破砕値に比較して強度が大きいのは、砕砂の形状によるものと考えられる。破砕値と曲げ強度の関係を示したのが図-3である。圧縮強度と同じように破砕値と曲げ強度には、一定の関係がみられるが、良品骨材と低品質骨材を比較すると、圧縮より曲げ強度において骨材による差が顕著に表われている。破砕値は細骨材の品質を表わす一つの指標として利用できるものと思われる。

粗骨材に大井川産の良品骨材を使用して、細骨材が圧縮強度に与える影響をみたのが図-4である。低品質細骨材でもセメント水比が大きくなるにつれ、圧縮強度は直線的に増加している。その結果、強度とセメント水比の関係が一次式で求められる。同様に、富士川産細骨材を基準にした場合の粗骨材の品質の影響をみたのが図-5である。セメント水比が小さい時には良品なもの、低品質なものとの強度差はあまりみられないが、セメント水比が大きくなるにつれ、骨材による強度差ははっきり表われてくる。長岡砕石は比重、吸水率から判断するとかなり悪い骨材であるが、強度の低下はあまりみられない。これは砕石の角ばりと表面形状の影響と考えられる。

図-4、5から求めたセメント水比と強度の一次式から、コンクリートの圧縮強度と水セメント比の関係を示したのが図-6、7である。細骨材に富士川産の良品なものを用いた場合、水セメント比が大きい時には、粗骨材の品質の影響は小さく、逆に水セメント比が小さくなるにしたがって、良品骨材と低品質粗骨材の品質が強度に影響を与えるようになる。次に、粗骨材に良品なものを使用した時には、水セメント比の大きい

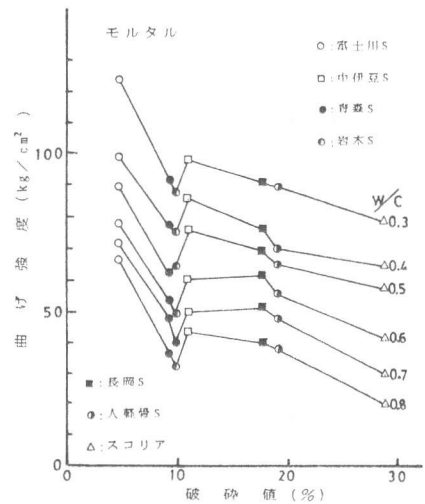


図-3 骨材破砕値とモルタル曲げ強度の関係

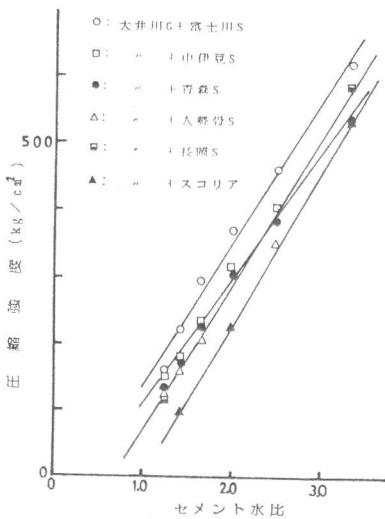


図-4 セメント水比と圧縮強度の関係

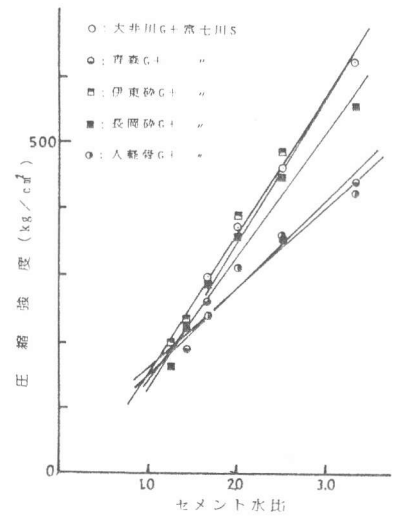


図-5 セメント水比と圧縮強度の関係

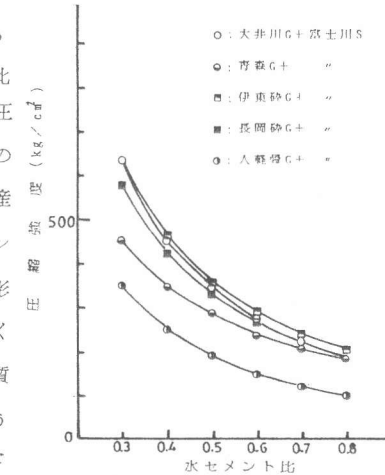


図-6 水セメント比と圧縮強度の関係

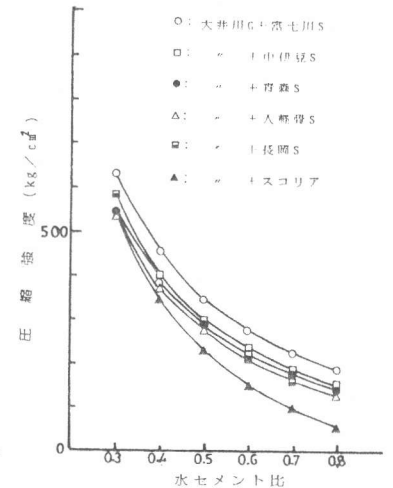


図-7 水セメント比と圧縮強度の関係

場合に、細骨材の品質がかなり影響することが図からも明らかである。これに対して、水セメント比が小さくなるにつれ、細骨材の品質による圧縮強度差は小さくなる傾向にある。以上のような結果が生じた理由としては、コンクリートの配合における細骨材率の影響と考えられる。すなわち、水セメント比が大きいと、細骨材率は大きくなり、逆に水セメント比が小さいと細骨材率は小さくなる。圧縮強度は細骨材率が小さい時には、粗骨材のかみあわせによる影響が大きいので、粗骨材の品質の影響が表われ逆に細骨材率が大きい場合には、細骨材の影響が大きいものと考えられる。このことは低品質骨材を使用する場合に、細骨材率を考慮して使用することが必要であることを示すものである。粗骨材が低品質な時には細骨材率を大きくし、細骨材が低品質な時には細骨材率を小さくすると効果的である。このことは一部、既に報告している。

図-8は粗骨材の破砕値とコンクリートの圧縮強度の関係を示している。細骨材に富士川産の良品質骨材を用いた場合、破砕値と強度の関係は、水セメント比が大きい時には無関係であるが、水セメント比が小さくなるにつれ破砕値が大きいと、強度は小さくなる傾向にある。良品質骨材である伊東産砕石の破砕値が大きいのは、粒形によるものと、クラッシュによる骨材自身の微小ヒビワレが原因と考えられる。砕石は破砕値が大きいにもかかわらず圧縮強度も高い。これは砕石の粒形が強度に影響しているものと考えられる。このことからも砕石の場合、破砕値で骨材の品質を判断するには、粒形による影響を考慮しなければならない。次に

図-9は粗骨材に大井川産の良品質骨材を用いたコンクリートの圧縮強度と、細骨材の破砕値の関係を示したものである。細骨材の破砕値が大きくなるにつれ、圧縮強度は小さくなっているが、特に、水セメント比が大きい場合にその傾向が良く表われている。

粗骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係を表わしたのが図-10である。粗骨材強度測定時における粗骨材粒子の破壊状態を観察したところ、大別して2分割、

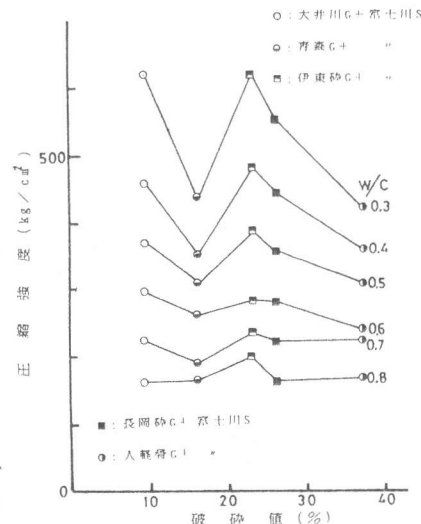


図-8 骨材破砕値とコンクリートの圧縮強度の関係

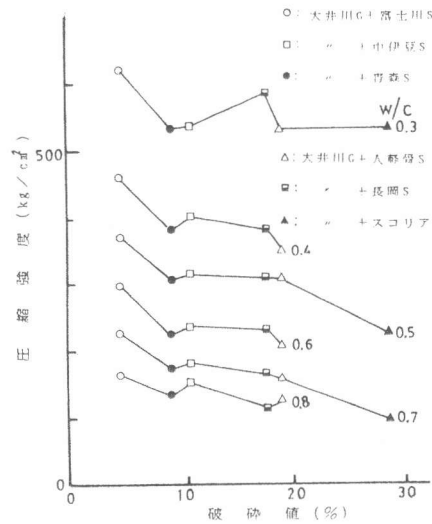


図-9 骨材破砕値とコンクリートの圧縮強度の関係

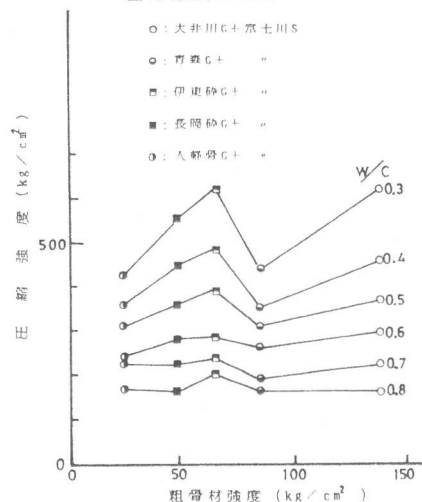


図-10 粗骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係

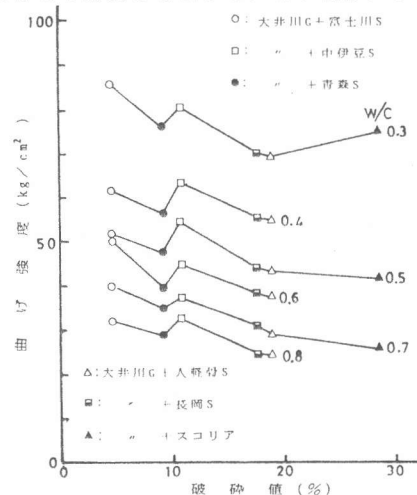


図-11 骨材破砕値とコンクリートの曲げ強度の関係

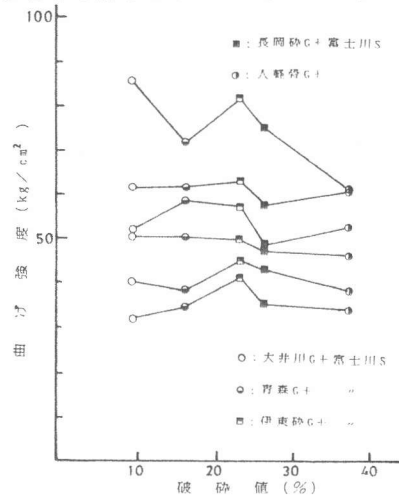


図-12 骨材破砕値とコンクリートの曲げ強度の関係

3分割、及びこまごまに破砕する場合に分けられる。河川骨材どうし、砕石どうしで比較すると、水セメント比が小さい時、骨材強度が大きいほどコンクリートの強度も大きい結果となった。細骨材の破砕値がコンクリートの曲げ強度に与える影響を表わしたのが図-11である。細骨材の破砕値が大きいと曲げ強度は小さい傾向にある。これに対して、粗骨材の破砕値と曲げ強度の関係は、図-12に示すように水セメント比30%の場合を除いては、強度と破砕値の関係はほとんどみられない結果となった。

粗骨材強度とBS-812の40t破砕値の関係を示したのが図-13である。破砕値と粗骨材強度はほぼ対応していることから、粗骨材強度によって粗骨材の品質を判定することも可能と考えられる。

図-14はモルタルの圧縮強度とコンクリートの強度を示している。全体的にモルタル強度の増加とともにコンクリートの強度も大きくなるが、低品質細骨材のモルタル強度に比較して、コンクリートの強度が大きいのは良品質粗骨材が影響しているものと考えられる。

超音波による縦波速度と水セメント比の関係を図-15に示す。この図からも明らかなように、縦波速度は骨材の品質に左右されるが、その中でも粗骨材による影響が大きい。

静弾性係数も縦波速度と同様、骨材の品種、特に粗骨材が静弾性係数に影響を与えている。例えば低品質の長岡砕石は水セメント比を小さくしても効果はあまりなく、これに対して品質的にはかなり劣るスコリアは、水セメント比を小さくすることで静弾性係数は相当大きくなる。

3. あとがき

低比重、高吸水率の低品質骨材を有効に利用する目的で実験を行なった。その結果、細骨材か粗骨材の一方に良品質骨材を用いて水セメント比を低減すると効果的である。また、低品質骨材を使用する場合、細骨材率が強度、弾性係数などに影響を与えるのでその骨材に適した細骨材率を選定する必要がある。細骨材、粗骨材の破砕値及び粗骨材強度は、モルタル、コンクリートの強度と対応しており、低品質骨材の品質判定の一助となるものと考えられる。

本研究において、東京大学生産技術研究所第5部の小林一輔教授、魚本健人助教授には種々ご指導いただいた。深く感謝する次第である。

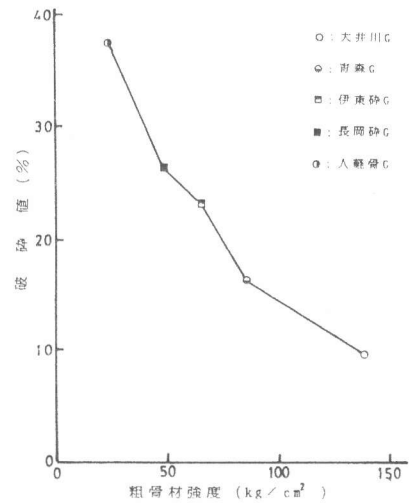


図-13 粗骨材の破砕値と粗骨材強度の関係

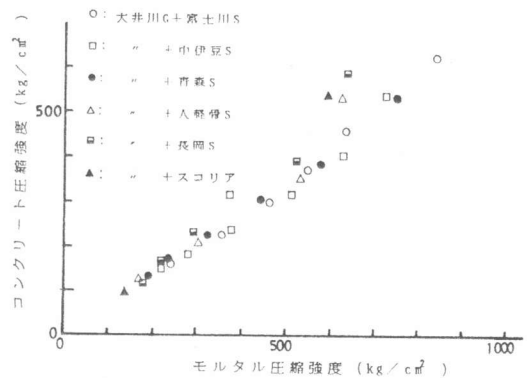


図-14 モルタル圧縮強度とコンクリート圧縮強度の関係

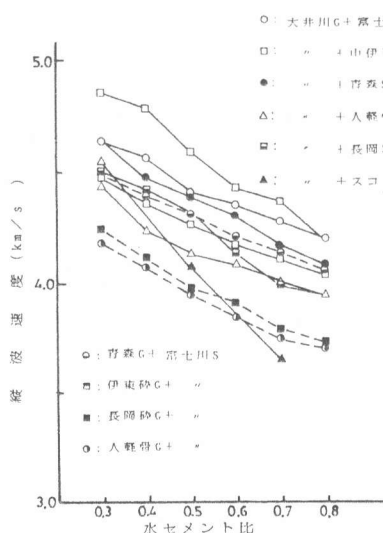


図-15 水セメント比と縦波速度の関係

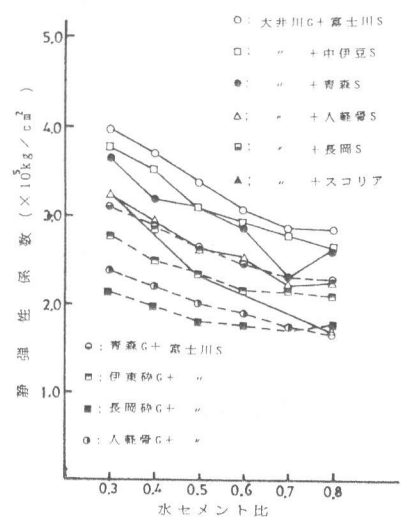


図-16 水セメント比と静弾性係数の関係