

[59] 骨材の品質がコンクリートの性質に及ぼす影響

正会員 迫田 恵三 (東海大学 海洋学部)

1. まえがき

骨材はコンクリート体積の約7割を占めることから、骨材の品質がコンクリートの品質に大きな影響を与えるといわれている。近年、良品質の河川骨材の枯渇ともなっており、多種多様な骨材が使用されるようになってきたが、中にはコンクリートの品質に悪影響を及ぼすものも現われている。本研究は主に低比重、吸水率の高い骨材が、コンクリートの強度、弾性係数などにどのような影響を与えるかを実験的に検討し、それによってその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

本実験で使用した骨材は細骨材6種類、粗骨材は8種類である。その物理的性質については表-1に示した。この表の破砕値はBS-812の40t破砕値である。粗骨材強度は粗骨材粒子を100個とり、各々の骨材の長径、短径をノギスではかり、断面積を求め、加圧試験機で1個ずつ長径に対して垂直に載荷し、破壊荷重を断面積で除して求めた。粗骨材強度試験後の試料は写真-1に示す。破壊状態は縦方向、横方向、それに端部、3片以上に分解するの4つに分類できる。破砕値と粗骨材強度は図-1に示すように、破砕値が小さくなると粗骨材強度は大きくなる傾向がみられる。

2-2 配合

コンクリートの配合は水セメント比を30、50、70%とした。各骨材を比較するため単位セメント量、水量、骨材容積を一定にした。どのコンクリートもAE剤は使用していないが、空気量は配合によって0.5~2%になった。モルタル、コンクリートとも水セメント比30%の場合のみ高性能減水剤を使用した。

2-3 供試体

岩石母岩の物理的性質を知るために、碎石場から直径約50cmほどの岩石ブロックをとり出

写真-1 粗骨材強度試験後の試料

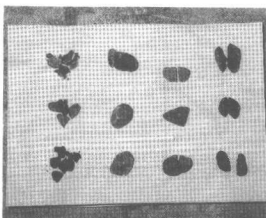


表-1 骨材の物理的性質

	表观比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/l)	実積率 (%)	破砕値 (%)	粗骨材強度 (kg/cm ²)	岩石名
富士川細骨材	2.62	1.02	1.50	57.3	4.7	—	
中伊豆砕砂	2.53	4.86	1.37	54.2	10.9	—	安山岩
青森細骨材	2.55	4.17	1.46	57.3	9.3	—	
人工軽量細骨材	1.85	17.0	1.00	54.1	19.0	—	
長岡砕砂	2.37	6.90	1.29	54.4	17.7	—	安山岩
スコリア	2.24	15.5	1.11	49.6	28.8	—	スコリア
大井川粗骨材	2.64	0.81	1.69	64.7	9.6	13.9	砕砂
青森粗骨材	2.55	4.05	1.59	62.4	16.3	8.5	安山岩 粘板岩
伊東砕石	2.66	1.75	1.53	58.5	23.3	6.5	安山岩
長岡砕石	2.37	4.66	1.35	60.3	26.4	4.8	安山岩
人工軽量粗骨材	1.53	23.0	0.74	48.6	37.5	2.4	
清水砕石	2.61	3.07	1.51	60.0	18.7	5.4	砂岩
豊橋砕石	2.74	1.47	1.59	58.9	19.8	5.1	凝灰岩
千葉砕石	2.08	18.2	1.24	59.6	26.4	2.3	ケツ岩

表-2 母岩の物理的性質

	比重	吸水率 (%)	縦波速度 (m/s)	弾性係数 (×10 ⁹ kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)
長岡安山岩	2.40	3.02	3251	14.6	677	5.6
伊東安山岩	2.69	1.57	3976	24.4	775	5.1
清水砂岩	2.69	3.81	4322	24.4	486	6.1
豊橋凝灰岩	2.74	1.28	5508	24.4	352	5.3

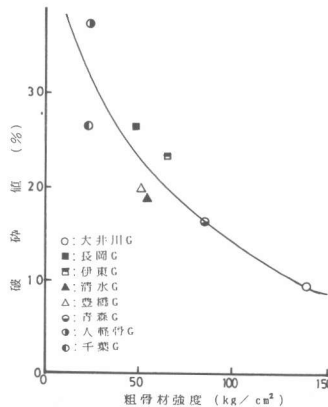


図-1 粗骨材強度と破砕値の関係

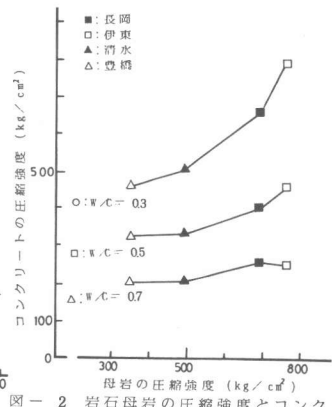


図-2 岩石母岩の圧縮強度とコンクリートの圧縮強度の関係

し、コアボーリングマシンによって、圧縮強度用供試体として直径5 cm、長さ10 cmの供試体を約25本、割裂引張試験用として直径5 cm、長さ5 cmの供試体を約25本作製した。これらの物理的性質については表-2に示す。また、モルタル、コンクリート用圧縮供試体は直径10 cm、長さ20 cmの円柱供試体と、曲げ強度試験用供試体はモルタルが4×4×16 cm、コンクリートが10×10×40 cmの直方体供試体である。

3. 実験結果及び考察

図-2は母岩の圧縮強度とその母岩から得られた砕石コンクリートとの圧縮強度の関係を示したものである。水セメント比が大きい時には強度差はみられないが、水セメント比が小さくなるにつれ、母岩の強度が大きくなると砕石コンクリートの強度も大きくなっていく。

良品質の大井川粗骨材をベースとして、各細骨材がコンクリートの圧縮強度に与える影響をみたのが図-3である。どの水セメント比でみても良品質細骨材である富士川産骨材の強度は大きくなっているが、低品質なスコリアと比較しても強度差はあまりみられない。図中の実線は土木構造物でよく使用される呼び強度240 kg/cm²を表わしているが、粗骨材が良品質であればどの細骨材を用いても、水セメント比が50~55%の範囲で上記の強度以上が得られた。

次に良品質の富士川産細骨材をベースに各粗骨材の影響をみたのが図-4である。千葉産頁岩は他の粗骨材に比較して強度差は著しいが、水セメント比30%で240 kg/cm²の値である。全体的には水セメント比が小さくなるにつれ、粗骨材の品質の影響が表われている。500 kg/cm²以上の高強度になると、骨材によっては良品質骨材コンクリートの強度にするため、水セメント比を約20%ほど小さくする必要があり、経済的にも、また、単位セメント量増加によるヒビワレの恐れも無視できない。しかし、細骨材が良品質であれば、千葉県産頁岩を例外として、水セメント60%程度でも呼び強度240 kg/cm²以上の強度を得ることは可能である。

骨材の品質を表わす1つの指標として比重と吸水率が用いられる。一般に比重と吸水率には相関がみられるといわれるが、比重が大きく、吸水率の小さい骨材を用いると、コンクリートの強度も大きくなると考えられる。

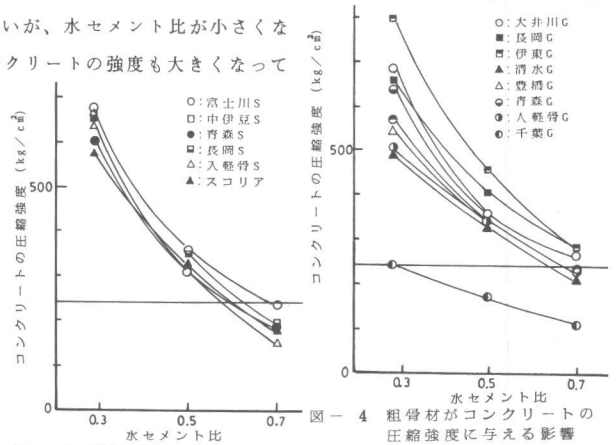


図-3 細骨材がコンクリートの圧縮強度に与える影響

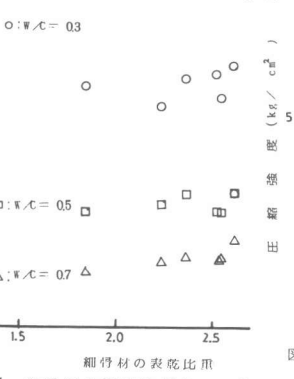


図-5 細骨材の表乾比重とコンクリートの圧縮強度の関係

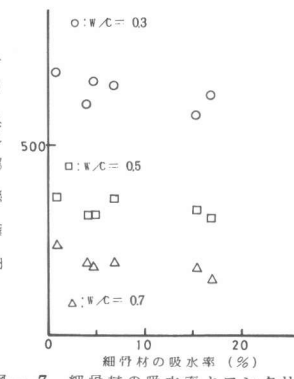


図-7 細骨材の吸水率とコンクリートの圧縮強度の関係

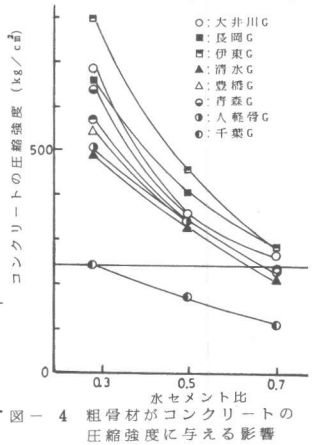


図-4 粗骨材がコンクリートの圧縮強度に与える影響

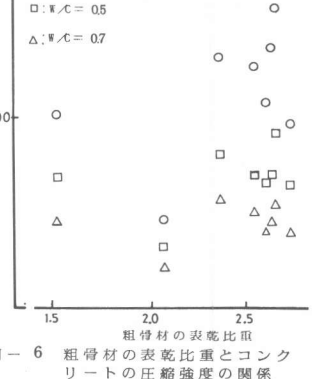


図-6 粗骨材の表乾比重とコンクリートの圧縮強度の関係

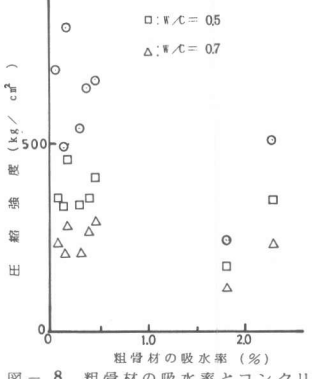


図-8 粗骨材の吸水率とコンクリートの圧縮強度の関係

図5～8は細骨材、粗骨材の比重、吸水率とコンクリートの圧縮強度の関係を表わしている。まず、比重でみると細骨材では比重と強度にはあまり関係はみられない。粗骨材ではばらつきの程度も大きくなり、特に水セメント比が小さくなるにつれその傾向は大きい。吸水率にも比重と同じように、細骨材では水セメント比50%で吸水率の如何にかかわらず圧縮強度は一定である。これに対して、粗骨材の吸水率と圧縮強度は大きくばらつき、他の要因が存在するものと考えられる。以上のように今回用いた各骨材の比重、吸水率と、コンクリートの圧縮強度には一定の関係がみられなかった。

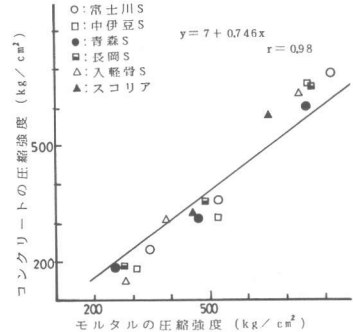


図9はモルタルの圧縮強度とコンクリートの圧縮強度の関係を示す。

図9 モルタルの圧縮強度とコンクリートの圧縮強度の関係

モルタルの圧縮強度が大きくなれば、コンクリートの圧縮強度も大きくなっており、図中に示したような1次式が得られ、相関係数 r も0.98と高い相関が得られた。富士川産細骨材とスコリアを比較すると高強度域では、モルタルで約200 kg/c_{nd}の強度差がみられるが、コンクリートの強度差は約100 kg/c_{nd}程度である。圧縮強度では良品質粗骨材の影響が大きいものと考えられる。

細骨材に良品質骨材を用いて、粗骨材がコンクリートの圧縮強度に与える影響をみたのが図10～12である。この図に示した碎石の粗骨材強度は表2の碎石母岩の割裂引張強度に近い値である。しかし、両者には粗骨材強度が大きいと母岩の割裂引張強度も大きいといった関係はみられない。一般に粗骨材強度はモルタルの強度より大きいものが使用され、これまで問題とならなかったが、近年、良品質骨材が不足しモルタル強度以下の骨材もでまわり、コンクリートの強度に影響を与えている。水セメント比50、70%では粗骨材強度が約50 kg/c_{nd}以上になると、粗骨材強度がそれ以上になってもコンクリートの圧縮強度にはほぼ一定の傾向がみられる。水セメント

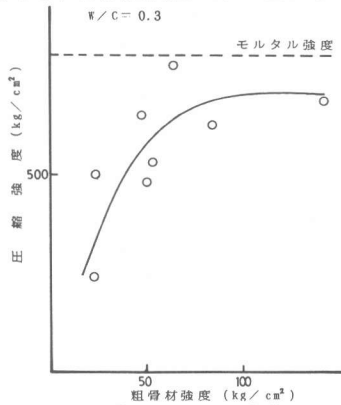


図10 粗骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係

比30%ではモルタルの圧縮強度は約820 kg/c_{nd}となるが、粗骨材強度が小さくなるとコンクリートの圧縮強度も低くなる傾向がみられる。

次に粗骨材強度がコンクリートの曲げ強度に与える影響をみたのが図一

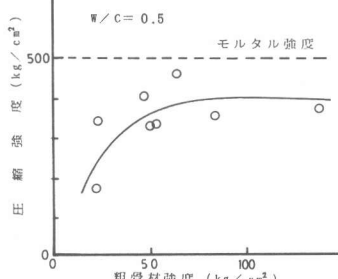


図11 粗骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係

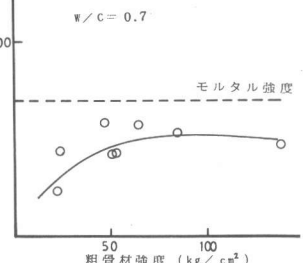


図12 粗骨材強度とコンクリートの圧縮強度の関係

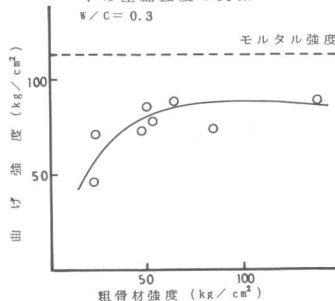


図13 粗骨材強度とコンクリートの曲げ強度の関係

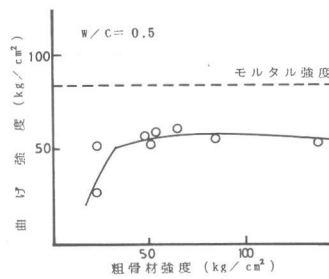


図14 粗骨材強度とコンクリートの曲げ強度の関係

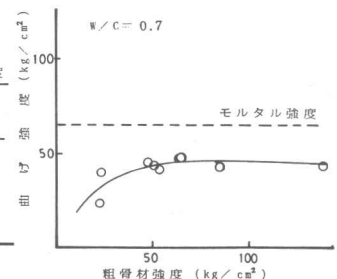


図15 粗骨材強度とコンクリートの曲げ強度の関係

13~15である。モルタル曲げ強度よりコンクリートの曲げ強度の方がだいぶ小さいが、これはブリージングなどによる影響が出たものと考えられる。全体的には圧縮強度と同じような傾向がみられる。以上のように粗骨材強度がモルタル強度より小さい場合には、粗骨材強度が強いほどコンクリートの圧縮強度は大きくなるが、粗骨材強度がモルタル強度より大きい場合には、圧縮強度は粗骨材強度には影響されない。この結果は既往の研究結果とも一致しているが、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。

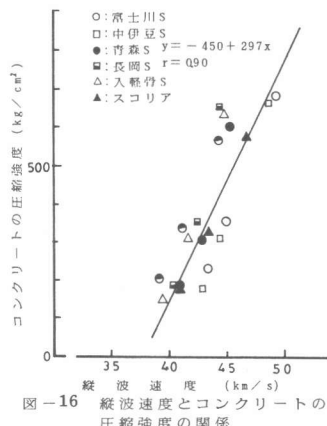


図-16 縦波速度とコンクリートの圧縮強度の関係

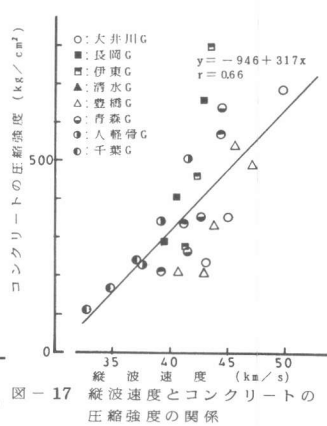


図-17 縦波速度とコンクリートの圧縮強度の関係

超音波法による縦波速度とコンクリートの圧縮強度の関係を図16~17に示す。縦波速度と圧縮強度の関係は図中に示したような1次式が得られたが、粗骨材に良品質大井川産骨材を用いたものの相関係数 r は0.9と高い相関が得られた。これに対して、細骨材に良品質骨材をベースにして粗骨材の影響をみると、相関係数 r は0.67と低い。このことは縦波速度に影響を与えるものが主に粗骨材であることを示すものである。

図18は各粗骨材を用いたコンクリートの応力-ヒズミ線図の一例を示したものである。粗骨材の品質によって応力-ヒズミ線図がだいぶ異なることがわかる。この曲線において良品質である大井川産の立上りの勾配は急であるが、千葉産頁岩の勾配は緩やかである。

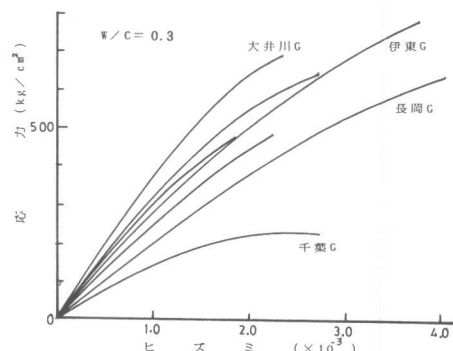


図-18 各粗骨材の応力-ヒズミ線図

図19、20は静弾性係数とコンクリートの圧縮強度の関係を示す。粗骨材に良品質骨材を使用して、細骨材の品質の影響をみると、相関係数 r は0.86とかなり高い。しかし、細骨材に良品質骨材を使用して、粗骨材が静弾性係数に与える影響をみると、図20に示すように相関係数 r は0.61と低い。縦波速度と同様に粗骨材の品質がコンクリートの静弾性係数に大きな影響を与える。

4. あとがき

骨材の品質がコンクリートの品質に及ぼす影響について主に強度、弾性係数に与える影響について検討を行った。その結果、(1)骨材の表乾比重、吸水率とコンクリートの圧縮強度には、本実験範囲内の結果では特に強い関係はみられない。(2)粗骨材強度が粗骨材の品質判定の一助となりえる。(3)縦波速度、静弾性係数には粗骨材の品質の影響が大きい。(4)比重、吸水率から判断して低品質骨材とされる骨材でも、コンクリートの強度に応じた有効利用方法が考えられる。

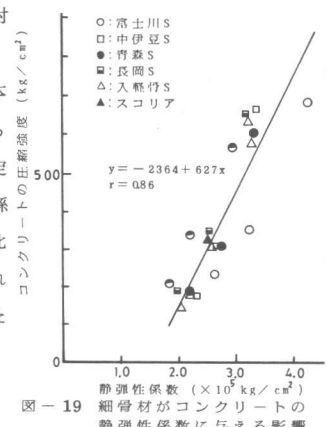


図-19 粗骨材がコンクリートの静弾性係数に与える影響

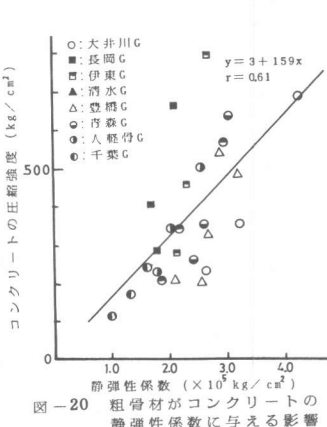


図-20 粗骨材がコンクリートの静弾性係数に与える影響