

東京大学大学院

学生員

山本泰彦

1 まえがき

河川産砂利の不足に伴い、コンクリート用粗骨材として、碎石及び人工軽量骨材の使用が次第に増加して来ている。このうち碎石は一般のコンクリート工事はもちろん、各種工場製品、舗装等、特に高強度を必要とするコンクリートを作る場合の粗骨材料として、その使用量は今後急激に増える事が予想される。

本報告は、碎石コンクリートについて行なっている研究のうち、碎石を使用する場合に問題となる碎石コンクリートのワーカビリティ、特に最適細骨材率の決定方法、所要単位水量等について検討した結果を述べたものであって、碎石の角ばり、および表面粗さの影響を中心に論じたものである。また碎石の角ばりおよび表面粗さの程度を表わす実用的表示方法についても述べた。

2 使用材料

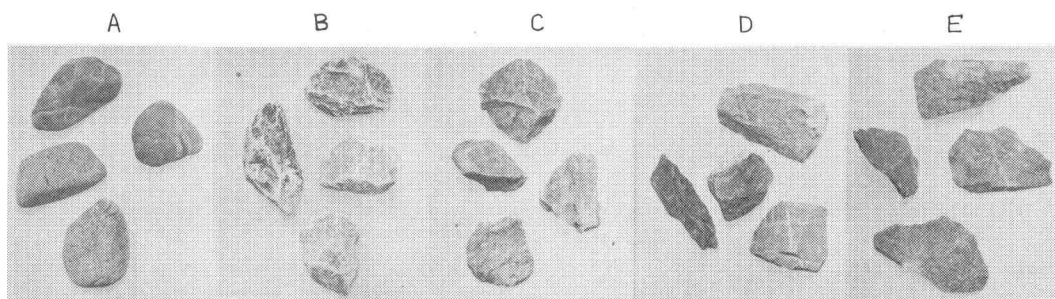
実験に用いたセメントは、アサヒ普通ポルトランドセメント西多摩工場製のものであり、細骨材は富士川産で比重2.63、粗粒率2.96、吸水量2.10%であった。粗骨材は全て最大寸法25mmであり、形状および諸性質は(写真-1)および(表-1)に示すようである。

(表-1) 使用した粗骨材の試験結果

記号	粗骨材の種類	産地	比重	吸水量 (%)	実積率 (%)	粒度分布			
						粒径 (mm)			F.M
						30~20	20~10	10~5	
A	川砂利	富士川	2.66	1.2	64.9	18 ^(%)	50	32	6.81
B	石灰岩碎石	奥多摩	2.71	0.3	61.5	23	34	43	6.80
C	玉石碎石	荒川	2.65	1.0	59.9	21	41	38	6.80
D	山碎石	茨城県	2.68	0.5	59.5	21	43	36	6.77
E	山碎石*	石岡市			58.0	20	40	40	6.80

(写真-1) 使用した粗骨材

(注) * Dと同じ石質のものであるが、インパクトフレカ-を通さない碎石。



3 碎石コンクリートにおける最適細骨材率の決定方法について

コンクリートの経済的な配合設計を行う際には、最適な細骨材率を試的に選ぶ必要がある。しかし碎石の様に、角ばり及び表面粗さが大きく、しかも石質、破碎方法等の違いによって、その程度が異なっているものを用いる場合には、技術者の適切な判断がないと、この選定には、多少の困難を伴う場合もある。従って碎石コンクリートについて所要のワーカビリティが得られる範囲で最小の単位水量を与える様な細骨材率を定める方法は、川砂利を用いる場合とは幾分異なった方法を採用の方が適当であると考えた。そこで先づ最適細骨材率の決定方法について検討したのである。

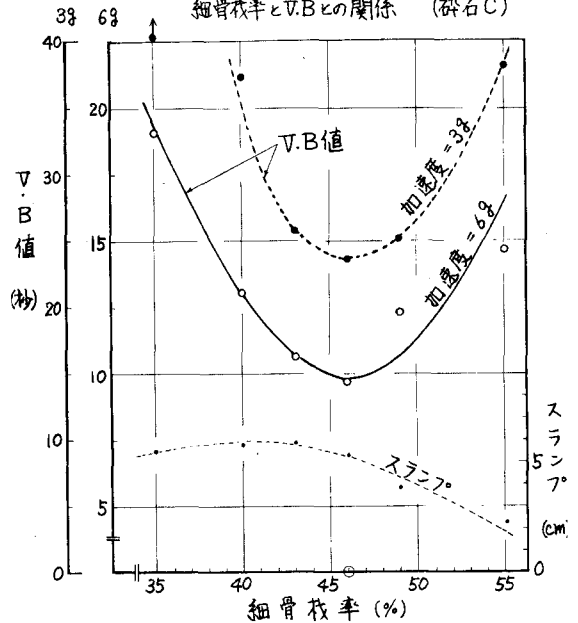
単位水量および単位セメント量を共に一定としたコンクリートにおける細骨材率とV.B値との関係を試験した1例を

(図-1)に示してある。用いたV.Bコンシステンシーメーターの回転数は3000R.P.M.である。振動加速度は3gおよび6gである。

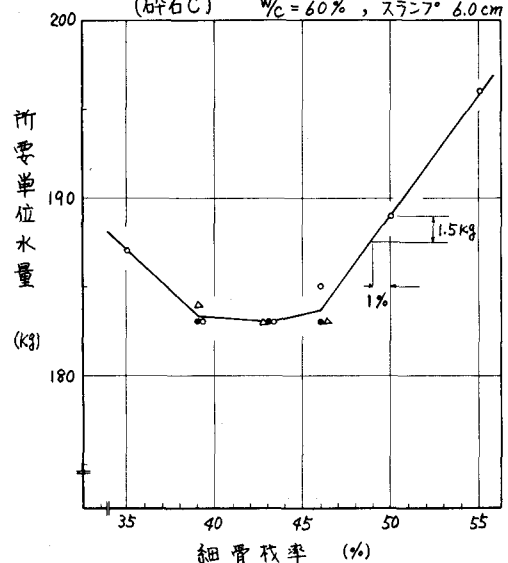
(図-1)には、何れの振動加速度の場合でも、V.B値が最小となる細骨材率、即ち、振動締固めに要するエネルギーが、最小となる細骨材率が明瞭に認められる。この値を最適細骨材率としている場合もある。しかし、この様にスランプ値の異なるコンクリートのV.B値から求めた細骨材率が必ずしも最適であるとは言えない。

そこで、この値が従来の試的方法から求める最適細骨材率と、どんな関係にあるか検討してみた。(図-2)は、水セメント比及びスランプを一定とした場合における細骨材率と単位水量との関係を示したものである。この図から、単位水量は細骨材率が39%から46%までの範囲で最小である事が認められる。これは、細骨材率が46%より小さくなると、粗骨材相とのかみ合いの影響が生じて来るためと考えられる。また(図-3)には、細骨材率の増加につれて、ワカビリチーが良くなる事が示されている。以上の結果から、最小の単位水量で最良のワカビリチーが得られる最適細骨材率を求めると、46%となる。この値は、(図-1)から求まる細骨材率と一致している。従って試験を急に行なえば、スランプ試験で試的に調べる方法 および V.B試験機で単位水量および単位セメント量を一定にして求める方法の何れを用いても、同じ最適細骨材率が求まる事が確かめられた。しかし、後者の方法によれば、値が比較的簡単に、かつ明瞭に求まるので、角ばりの鋭い碎石を用いたコンクリートで粗骨材粒のかみ合いの影響が特に大きい場合や、硬練りコンクリートの場合に様に、コンクリートのコンシステンシーがスランプ値で判定しにくい様な場合には、便利な。

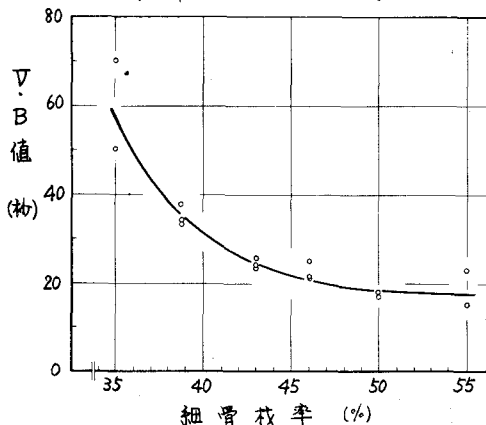
(図-1) 単位水量および単位セメント量を一定とした時の細骨材率とV.B値との関係 (碎石C)



(図-2) 細骨材率と所要単位水量との関係 (碎石C) $w/c = 60\%$, スランプ = 6.0 cm



(図-3) スランプ値を一定とした時の細骨材率とV.B値との関係 $w/c = 60\%$, スランプ = 6 cm



方法であると思われる。

この様にして本研究に用いた各粗骨材について最適細骨材率を求め、また実際にコンクリートに用いた粗骨材と同じ粒度の骨材について実積率を試験した。この最適細骨材率と実積率との関係は (図-4) に示される様になり、両者の間に、直線的な関係が認められる。即ち、実積率が1%ちがう粗骨材を使用する時は、細骨材率が約1%変化させれば、最適な細骨材率となる事が示されている。実験に用いた細骨材および粗骨材は、一般に用いられている粒度および粒径のものであるので、この結果は、碎石コンクリートの最適細骨材率を決定する際の、一応の目安となるものと思われる。

なお(図-2)には、コンクリートがアラスチックでワカハリの場合、細骨材率の1%の増加に対し、単位水量を1.5kg増加させれば同じワカハリのコンクリートが得られる事が示されており、砂利コンクリートの場合における値と一致している。

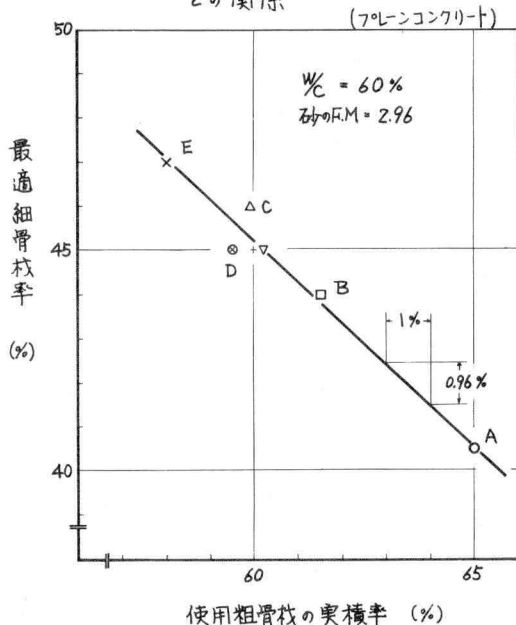
4 碎石コンクリートのワカハリの試験について

碎石をコンクリート用粗骨材として用いる時、一番問題となるのが、所要のワカハリの得るに必要な単位水量が多くなる事であり、碎石の表面粗さ、および角角が原因していると言われている。

通常の碎石の表面の粗滑は、高さが約100μ程度以下の小さな凸凹である。そこで先づ碎石表面の粗滑の程度がコンクリートのワカハリの及ぼす影響について検討した。樹脂を混入した塩化ビニル系の被覆剤を12.5~25.0 mmの碎石および川砂利の表面に塗り、骨材表面の小さな凸凹の影響をなくした。これを全粗骨材量の70%だけに使い、残りの30%を占める5.0~12.5 mmの部分には全て川砂利を用いてコンクリートのワカハリの試験を行なった。被覆しない骨材を用いた場合と比較した結果を示したのが(表-2)である。これによれば被覆の有無によるスラング値およびV.B値の差は、何れの場合でも、スラング値で0.8cm以下、V.B値で1秒以下にすぎない。即ち、表面の比較的滑らかな川砂利を用いた場合も、表面がざらざらして粗い碎石を用いた場合でも、骨材表面にある小さな凸凹の形、および大きさの差がコンクリートのワカハリの及ぼす影響は著しく小さい事が示されたのである。

(表-3)は各種混和材料について、その使用量および使用方法を同じにした場合に砂利コンクリートと碎石コンクリートに対する減水効果と比較したものである。これから何れの場合でも減水効果は同じであることが認められる。これは、粗骨材の全表面積が骨材全体の表面積に比べると桁違いに、小さい事、また粗骨材表面の粗滑の程度が、これらの混和材料によってコンクリート中に生ずる丸い粒子の径とほぼ同程度であることから、粗骨材の表面粗さの影響が出にくいと

(図-4) 粗骨材の実積率と最適細骨材率との関係

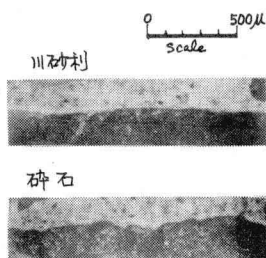


(表-2) 被覆した粗骨材を用いたコンクリートのワカハリの試験結果

コンクリート	被覆の有無	コンクリートの配合		ワカハリの試験結果	
		%	単位水量 (kg)	スラング (cm)	V.B値 (sec.)
砂利コンクリート	有	41	163	5.3	7.6
	無			4.7	7.9
碎石コンクリート	有	45	167	5.0	7.7
	無			4.2	8.6

(注) ワカハリの試験結果は3パッチの平均を示す。

(写真-2) 粗骨材の表面の凸凹



思われる。なお、このような凹凸が実積率に及ぼす影響はほとんど認められなかった。(表-4)。

次に実積率の試験値に連続性のある砕石の角ばり及び表面の比較的大きな起伏がコンクリートのワカビリチーに及ぼす影響について調べてみた。現在一般に使われている代表的な川砂利、山砕石、玉石砕石の他に、表面が滑らかで鋭角の少ない石灰岩砕石破砕過程の途中のもので、鋭角をもち、形も扁平な山砕石等を用いて、それぞれの場合に最適細骨積率を用い、コンクリートのワカビリチー試験を行なった。(図-5)は、川砂利の所要単位水量と基準とした場合、一定のスラング(6±1)cmを得るには必要な所要単位水量増加量と、3で述べた実積率の試験値との関係を示したものである。この図から、両者の間に良好な直線関係が認められる。即ち、セメント水比を1.5と2.5まで変えた場合、何れのセメント水比の場合でも実積率の1%の増減に対し、単位水量をそれぞれ約4kg増減すれば、同じワカビリチーのコンクリートが得られることが示された。従って砕石コンクリートのワカビリチーに影響するのは、主として実積率の試験値に影響を及ぼす砕石の角ばり、および、表面の比較的大きな起伏であって砕石表面の粗さによる影響は、これらに比べて極めて小さいと考えられる。

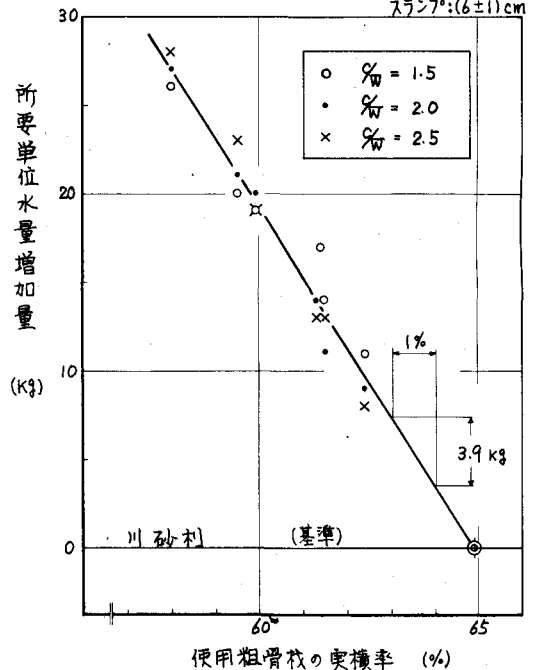
5 砕石の角ばりおよび表面粗さの实用的表示方法について

砕石は、石質ならびに破砕方法によって角ばり及び表面粗さの程度がそれぞれ違っているので、これらの骨材性状を簡便に表わし、コンクリートの性質と密接な関係をもつ表示方法があれば、極めて便利である。3および4で述べた試験結果から、使用粗骨材と同じ粒度の骨材の実積率によって、コンクリートの最適細骨積率および所要単位水量を推定出来ることが示された。また、実積率の値に関係しないような骨材表面の小さな凹凸は、コンクリートのワカビリチーにも、ほとんど影響を及ぼさない事も、示された。従って実積率は砕石におけるこれらの骨材性状を表わす实用的な表示方法であると思われる。

6 謝辞

この研究を行うに際し、東京大学教授 國分正胤先生より、終始熱心な御指導を賜り、東大土木コンクリート実験室の皆様には、実験に多大な御援助を頂きました。また昭和41年度土木学会吉田研究奨励金を授与されました。ここに謹んでお礼申し上げます。

(図-5) 粗骨材の実積率と所要単位水量増加量との関係



(表-3) 各種混和材料の効果

混和材料	砕石コンクリート		砂利コンクリート	
	単位水量比 (%)	空気量 (%)	単位水量比 (%)	空気量 (%)
用いない	100 } 100	1.6 } 1.6	100 } 100	1.7 } 1.7
減水剤	88 } 89	5.0 } 4.7	88 } 89	4.2 } 4.1
AE剤	91 } 90	4.4 } 4.2	90 } 90	4.3 } 4.4
フライアッシュ	91 } 92	1.3 } 1.4	— } 92	— } 1.6
シンターサント	— } 97	— } 1.6	— } 98	— } 1.6

(表-4) 骨材表面の粗滑が実積率に及ぼす影響

粗骨材の種類	被覆の有無	比重	実積率 (%)	
			ジキング10回	棒突き25回
川砂利	無	2.66	62.8	63.1
	有	2.62	62.2	62.9
砕石	無	2.65	57.1	58.0
	有	2.60	57.4	57.7