

微粒粉混入によるRCD用コンクリートの 強度増強の要因に関する研究

白村 暁¹・鈴木徳行²

¹正会員 工修 愛知県土木部技師(〒460-8501 名古屋市中区三の丸3-1-2)

²フェロー 工博 名城大学理工学部土木工学科教授(〒468-8502 名古屋市中区天白区塩釜口1-501)

本研究は、RCD用コンクリートに種々の石粉の混入量を変化させて用いた場合に、VC値、圧縮強度などが如何なる変化を示すか明らかにするために行った。その結果、それぞれの石粉により異なるが混入量の場合にVC値は低下し、強度が増大することが明らかになった。そこで、石粉混入によるRCD用コンクリートの強度増強の要因について検討を行った。この要因は、微粒粉を混入すると単位水量を減少させ、ワーカビリティを改善し、微粒末効果によってセメントの水和反応が促進され、また、振動締固めにより流動化を助長し、締固めが十分に行われることなどによって、強度の増強が図られることが明らかとなった。

Key Words: concrete, RCD concrete, dam construction, fine powder, compressive strength, VCvalue

1. はじめに

我が国の重力式コンクリートダム施工方法は、RCD (Roller Compacted Dam-Concrete) 工法が主流となり、現在までに RCD 工法によって建設されたダムは 34 箇所となっている。また、この RCD 工法によって現在も多くのダムが建設されている。

一方、世界の諸国では、RCD 工法に近い工法である RCC (Roller Compacted Concrete) 工法によって現在までに 22 カ国で 155 箇所のダムが建設され、現在も多くのダムが建設されている。この工法によって建設されたダムの多い国は、中国が 31 箇所、アメリカ 29 箇所、スペイン 23 箇所、ブラジル 13 箇所、南アフリカ 12 箇所、オーストラリア 9 箇所、モロッコ 8 箇所、フランス 7 箇所などである^{1)~6)}。

これらの RCC 工法によって最近建設されたダムは、フライアッシュ、石粉などを多量に混入したダムが多くなっている。これは、微粒粉を多くして施工性を良好にすると共に、強度の増強も図るためである^{5)~9)}。

これに対して RCD 用コンクリートでは、結合材量(セメント+フライアッシュ)が 120~130kg/m³ と少なく、この内フライアッシュは結合材の 20~30% である。RCD 用コンクリートは温度上昇を小さくするために結合

材量を少なくしているため、骨材分離が生じないように注意深い施工が必要である。特に砕砂の形状が悪い場合には骨材分離が生じやすく、施工性の悪いコンクリートとなっている⁹⁾。

このため RCD 用コンクリートに微粒粉を混入し、骨材の分離を少なくすることによって、施工性の向上と強度の増強を図る必要がある。一方、既往の研究で明らかのように、ダムコンクリート単価のうち材料費が約 60% を占め、この中の骨材費だけでも約 40% と多い。このようなことから、今後、更にコンクリートダム建設の合理化を図るためには、如何にして安価の骨材を製造するかが重要なテーマとなる¹⁰⁾。

骨材の製造は、必要とする粒径になるように破碎し、これを十分に洗浄している。このため骨材の洗浄水に混入した微粒粉の処理には費用も多く必要で、環境的に對する問題が多い。

そこで、骨材を乾式で洗浄を行わずに製造すれば、骨材の洗浄と洗浄水処理も必要なくなる。また、骨材製造の時に発生する微粒石粉も利用可能であれば、廃棄処理の必要もなくなる^{11), 12)}。

そこで微粒石粉を混入した場合の RCD 用コンクリートのコンシステンシーと骨材を洗浄しない状態に近い骨材を使用した場合の RCD 用と有スランプダム用コンクリートの特性検討を行い、この結果から微粒粉混入によ

表-1 使用材料

	種類	物性	
結合材	中庸熱ポルトランドセメント	比表面積 3370cm ² /g	比重 3.21
	フライアッシュ	比表面積 3340cm ² /g	比重 2.28
細骨材	砕砂山岡町産, 花崗岩	比重	2.58
		吸水率	0.48%
		F.M	2.73
粗骨材	砕石山岡町産, 花崗岩	比重	2.63
		吸水率	0.47%
		F.M	7.29
		Gmax	80mm
微粒粉	珪石粉	平均粒径 0.063mm	比重 2.63
	石灰石粉	平均粒径 0.063mm	比重 2.76
	堆砂粉(ダムの堆砂)	平均粒径 0.043mm	比重 2.67
	フィラー(かんらん岩の微粒粉)	平均粒径 0.046mm	比重 2.81
	No.14微砂	平均粒径 0.092mm	比重 2.61
	No.15細粒珪砂	平均粒径 0.045mm	比重 2.59
	No.16キラー粘土	平均粒径 0.019mm	比重 2.53
混和剤	AE減水剤 遅延型1種	リグニンスルホン酸 化合物	

るRCD用と有スランプダム用コンクリートのコンシテンシーと強度増強の要因について明らかにすることとした。

このようなことから、本研究では珪石粉、石灰石粉、堆砂粉(ダムに堆砂した浮遊砂などの微粒粉)、微粒珪砂(陶土を製造する各段階で発生する微粒珪砂で、粒径の大きいNo.14微砂、中間のNo.15細粒珪砂、最も小さいNo.16キラー粘土に分けられる)、フィラー(砕石、砕砂など製造の際に汚水に含まれる微粒粉を集めて凝縮し乾燥させたもの)などを用いた。実験方法は、基本となる配合に、それぞれの微粒粉の混入量を変化した場合に、VC値、スランプ、強度などの変化からコンクリートの特性を明らかにした。また、微粒粉混入によるコンクリートの強度増強の要因についても微粒粉混入量の変化によるVC値、スランプ、強度などから明らかにした。

2. 実験概要

(1) 実験項目

単位水量はRCD用コンクリートの締固めに与える影響が大きいので、適切に締固めができる単位水量を決定して基本配合とした。これに珪石粉、石灰石粉、堆砂粉、微粒珪砂(No.14微砂、No.15細粒珪砂、No.16キラー粘土)フィラーなどの混入量を変化した場合についての実験を行い、RCD用コンクリートの特性を検討した。また、フライアッシュの粒径に近い0.075mm以下の微

粒粉の混入量とRCD用コンクリートの強度増強についても検討を行った。

次いで、RCD用コンクリートと有スランプダム用コンクリートにフィラーを混入し、洗浄しない状態に近い骨材とした場合のコンクリートの実験を行い、コンクリートの特性と強度増強の要因について検討を行った。

実験を実施した項目は次のとおりである。

- ① 練混ぜ時間、締固め時間について
- ② 微粒粉(石粉、微粒珪砂)の混入量を変化させた場合
- ③ 微粒粉(石粉、微粒珪砂)0.075mm以下の粒径の混入量に着目した場合
- ④ 微粒粉(フィラー)の混入量を変化させた場合
- ⑤ 時間経過とVC値の関係について
- ⑥ 有スランプダム用コンクリートに微粒粉(フィラー)の混入量を変化させた場合

(2) 使用材料および配合

実験に用いた材料を表-1に示したが、セメントは、中庸熱セメント(フライアッシュ置換率30%)を使用し比重は2.89である。細骨材、粗骨材は岐阜県山岡町産の花崗岩で、比重は2.58、2.63である。また、実験に使用した微粒粉は珪石粉、石灰石粉、堆砂粉、微粒珪砂(No.14微砂、No.15細粒珪砂、No.16キラー粘土)、フィラーである。比重は真比重であり、測定方法はルシヤテリ比重びんにより行った。また化学混和剤は、AE減水剤遅延型1種を使用し、主成分はリグニンスルホン酸化合物の無塩化タイプである。

表-2 コンクリートの基本配合

	配合	粗骨材の 最大寸法 G _{max} (mm)	空気量 (%)	水結合材比 W/(C+F) (%)	フライア ッシュ比 F/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
							水 W	結合材 C+F	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 遅延型1種 Ad
RCD用コンクリート	石粉	80	1.5±1	87.5	30	32	105	120	703	1482	0.3
	微粒珪砂	80	1.5±1	80.8	30	32	105	130	700	1487	0.3
	フィラー	80	1.5±1	76.9	30	32	100	130	699	1490	0.3
有スランダム用コンクリート	フィラー	80	3.5±1	70.6	30	32	127	180	687	1351	0.3

示方配合は、島地川ダムの配合を基本として表-2 のように決定した。微粒粉（石粉、微粒珪砂）混入量を変化させた場合は、セメント量 C+F=120, 130kg/m³ で単位水量 W=105kg/m³ 一定にし混入量を変化させた。また、フィラーを混入する場合は、各コンクリートの基本配合をもとに単位水量、フィラー混入量を変化させた。この実験の実施にあたり RCD 用コンクリートの場合は、セメント量 C+F=130kg/m³ 一定で単位水量 W=100~120kg/m³ の間で変動させ、V C 値を測定し、最適である V C 値 20 秒に¹⁰なる単位水量を選定し、フィラー混入量を 0~300kg/m³ に変化させた。粗骨材は、G₃₀、G₄₀、G₂₀ を 514:440:514 の比率に配分した。また、有スランダム用コンクリートの場合は、スランプが 2, 4, 6cm となるように単位水量を調整し、フィラー混入量を 0~270kg/m³ と変化させた。この他、AE 減水剤遅延形 1 種を 0.3kg/m³ 使用した。

(3) コンシステンシー試験および強度試験法

使用機器の主な物は V C (Vibrating Compaction) 試験機で、他の機器は一般的なコンクリート実験に用いるものである。実験に用いた V C 試験機は、振幅 1mm、振動数 3000cpm、振動時間制御付である。

RCD 用コンクリートの練混ぜは、配合容量 3 切の可傾型重力ミキサを用い、材料の投入方法は、骨材、セメント、フライアッシュを投入し 30 秒間練り、次に水、混和剤を投入し、4 分間練り混ぜた。

V C 値の測定は、測定用モールド寸法が内径 24cm、高さ 20cm、載荷用おもり 20kg を載荷した標準試験とした。RCD 用コンクリートは 40mm ふるいでウェットスクリーニングして測定した。

圧縮強度試験のためのテストピースの作製は、V C 試験機の上に直径 15cm、高さ 30cm の円柱型枠に RCD 用コンクリートをウェットスクリーニングし、3 層に打ち込み各層の締固め時間は後に示す実験結果から全て 20 秒とし、圧縮強度の試験材齢は 28 日とし、供試体は 20°C 水中養生とした。

3. 練混ぜ時間、締固め時間の選定

練混ぜ時間は、RCD 用コンクリートの品質、物性に大きな影響を与える。そこで、練混ぜ時間を変化し、これに対する圧縮強度の関係から適切な練混ぜ時間を決定することにした。

RCD 用コンクリートの配合は、フライアッシュをセメントの 30% 混入したケースと、このフライアッシュを 10%、堆砂粉を 20% 混入したケースについて実験を行った。圧縮強度試験の材齢は 28 日とした。

以上の配合により練混ぜ時間を 60 秒、180 秒、300 秒、480 秒としてテストピースを作製し、圧縮強度試験を行った。その結果を図示すると図-1 のようになる。この図から、堆砂粉をフライアッシュと置換えを行ったケースと行わないケースでは、ほぼ同様の傾向を示している。また、練混ぜ時間が 240 秒以上の練混ぜを行っても強度の伸びが少ないと考えられる。そこで本実験では、RCD 用コンクリートの練混ぜ時間を 240 秒と決定し、この時間をもとに実験を行った。

締固め時間についても練混ぜ時間と同様の配合とした。V C 試験機による締固めは、テストピースを V C 試験機に乗せ、テストピース内の RCD 用コンクリート上に 5kg の載荷を行い、締固め時間を 5 秒、10 秒、20 秒、40 秒についてそれぞれ行った。その結果を図示すると図-2 のようになる。この図から、堆砂粉をフライアッシュに置換えたケースと置換えないケースでは、ほぼ同様の傾向を示している。また、締固め時間が 20 秒以上の締固めを行っても強度の伸びが少ないと考えられる。そこで、本実験では圧縮試験用のテストピース作成のための締固め時間を 20 秒と決定し、この時間をもとに実験を行った。

4. 実験結果および考察

(1) 微粒粉の粒径と顕微鏡写真

図-3 に示すように石粉は、フィラーが最も小さく、珪石粉、堆砂粉、石灰石粉の順に粒径が大きくなっていく。

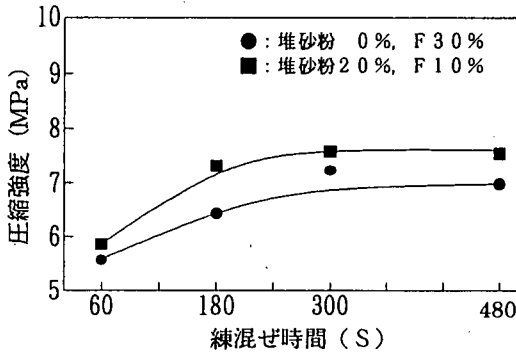


図-1 練混ぜ時間と圧縮強度の関係

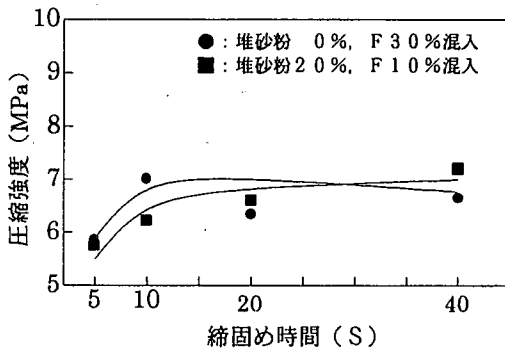


図-2 締固め時間と圧縮強度の関係

表-3 微粒粉0.075mm以下混入量

種類	0.075通過量(%)
珪石粉	78
石灰石粉	62
堆砂粉	76
フィラー	86
No.14微粒	37
No.15細粒珪砂	81
No.16キラー粘土	100

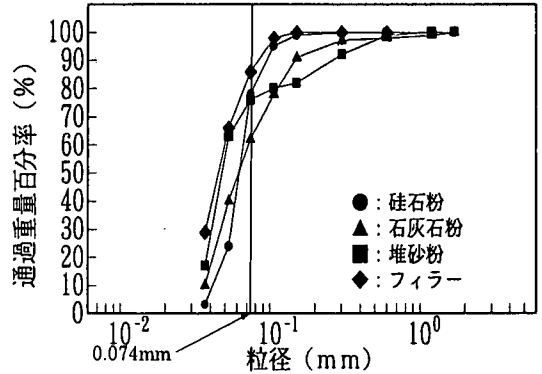


図-3 石粉の粒度分布

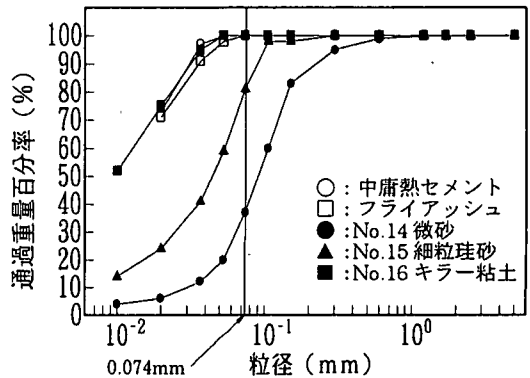


図-4 微粒珪砂の粒度分布

る。微粒珪砂については図-4より、No.16キラー粘土が最も小さく、No.15細粒珪砂、No.14微粒の順に粒径が大きくなっている。また、No.16キラー粘土の粒度分布は、フライアッシュの粒度分布と同程度で、非常に細かい粒子であることがわかっている。次に、それぞれの石粉に含まれる微粒粉0.075mm以下の混入量は表-3に示すとおりである。

微粒粉を1000倍の顕微鏡写真で示すと、写真-1珪石粉、写真-2石灰石粉、写真-3堆砂粉、写真-4No.14微粒、写真-5No.15細粒珪砂、写真-6No.16キラー粘土、写真-7フィラーとなる。この写真の目視では、珪石粉と堆砂粉は、ほぼ同様の粒径で、形状は堆砂粉が少し角張っている。これに対して、石灰石粉は、粒径が大きく、形状も大形、小形に分かれている。

次に、微粒珪砂のNo.14微粒とNo.15細粒珪砂とでは、前者の粒径が大きく、形状はNo.15細粒珪砂が少し角張っている。No.16キラー粘土は粒径が小さく、わずかなに丸みがあり、フィラーは少し角張っている。また、写真-1~写真-7の全ての形状は、フライアッシュのように球形でなく、角張った形状であるため、混入した時のコンシステンシーはフライアッシュより低くなるものと考えられる。

(2) 微粒粉(石粉、微粒珪砂)の混入量を変化させた場合

微粒粉(石粉、微粒珪砂)の混入量を変化させた場合のVC値、圧縮強度の関係について図-5~9に示す。図-5は石粉混入量とVC値の関係であるが、いずれの石粉でも石粉混入量100kg/m³程度まではVC値がわずかに低下し、その後増加傾向に転じ、石粉混入量が増加するにつれてVC値が上昇している。また、石粉の種類によってVC値の最大量が異なっている。石粉混入量と圧縮強度の関係は図-6に示すように、石粉の種類によって最大圧縮強度を示す石粉混入量が異なっている。石

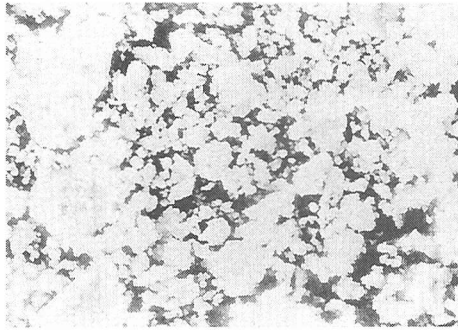


写真-1 矽石粉 1000倍

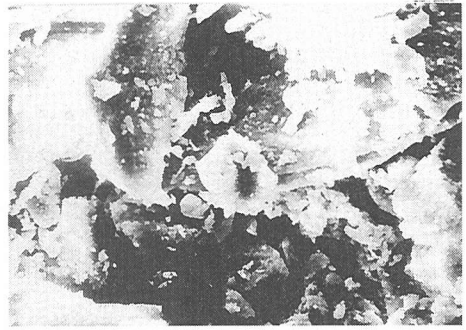


写真-5 No. 15 細粒矽砂 1000倍

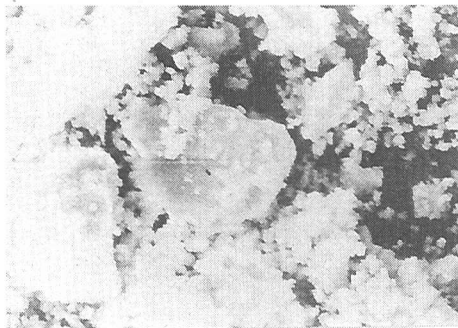


写真-2 石灰石粉 1000倍



写真-6 No. 16 キラ-粘土 1000倍

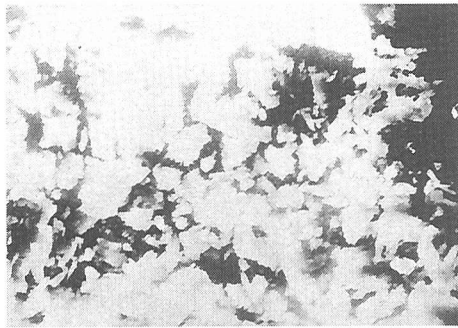


写真-3 堆砂粉 1000倍



写真-7 フィラー 1000倍

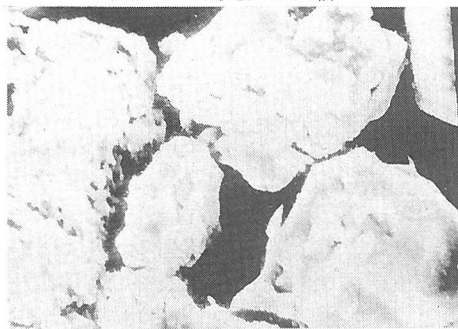


写真-4 No. 14 微砂 1000倍

粉混入量は堆砂粉では 100kg/m^3 、矽石粉では 150kg/m^3 、石灰石粉では 200kg/m^3 で最大圧縮強度となっている。このように適当な石粉混入量まで全てについて圧縮強度の増加がある。また、石粉の種類によって圧縮強度の増加量が大きく異なっている。石粉混入量と単位容積質量の関係でも、図-7に示すように石粉の種類によって、最大単位容積質量を示す石粉混入量が異なっている。石粉混入量は堆砂粉では 80kg/m^3 、矽石粉では 100kg/m^3 、石灰石粉では 180kg/m^3 で最大単位容積質量となっている。このように適量の石粉を混入した場合には、振動締めにより密になり、単位容積質量が増加する。図-8

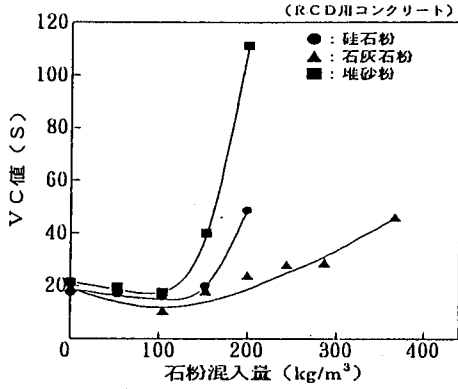


図-5 石粉混入量とVC値の関係

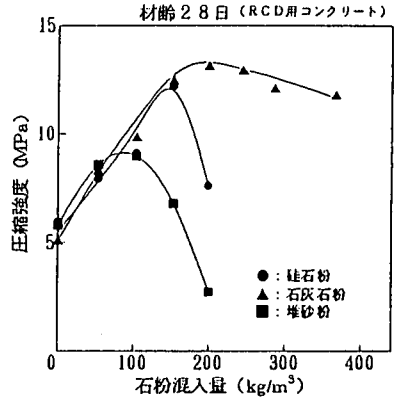


図-6 石粉混入量と圧縮強度の関係

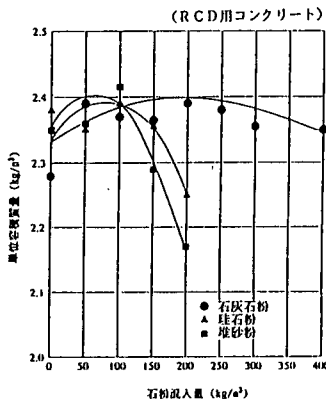


図-7 石粉混入量と単位容積質量の関係

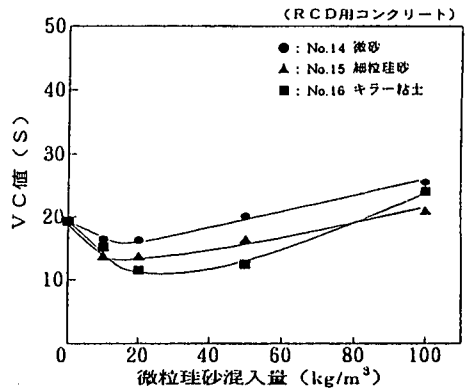


図-8 微粒珪砂混入量とVC値の関係

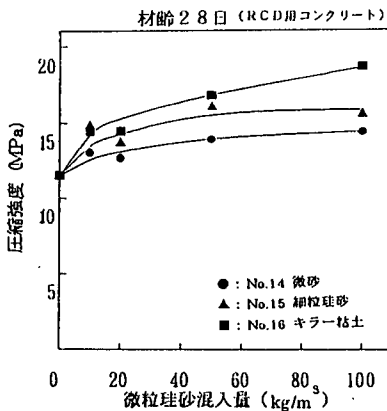


図-9 微粒珪砂混入量と圧縮強度の関係

り、コンクリートの単位水量を減らし、ワーカビリティを改善し、粒径が小さいほど効果が大きいことを明らかにしているがRCDコンクリートも同様に改善され、粒径の小さいほど効果が大きいことを示している。また、微粒粉混入量を増加すると、粒子表面に保持される水量ペーストの流動化に関する水量が不足してVC値が上昇している¹⁵⁾。また、粒径が細かい微粒珪砂ほどVC値が低下している。微粒珪砂混入量と圧縮強度については図-9に示すように、微粒珪砂の種類によって圧縮強度の増加量が異なっている。このように粒径が細かい微粒珪砂ほど圧縮強度が大きくなっている。この理由は、山崎¹⁴⁾が骨材の粒度が適当でない貧配合コンクリートにおいて、骨材の一部を適当量の岩石粉末でおきかえると、コンクリートのワーカビリティを改善し、コンクリート強度も高めることを明らかにしているが、RCD用コンクリートも同様に改善され圧縮強度が増加することを示している。また、微粒粉量を極度に増加するとVC値が上昇し、十分に締固めができないため急激に圧縮強度が低下している。

は微粒珪砂混入量とVC値の関係であるが、いずれの微粒珪砂でも混入量 20kg/m^3 程度まではVC値が低下し締固め易くなっている。しかし、微粒珪砂混入量が増加するにつれてVC値も増加している。この理由は、山崎¹⁵⁾が適当量の範囲ならば鉱物質微粒粉を混入することによ

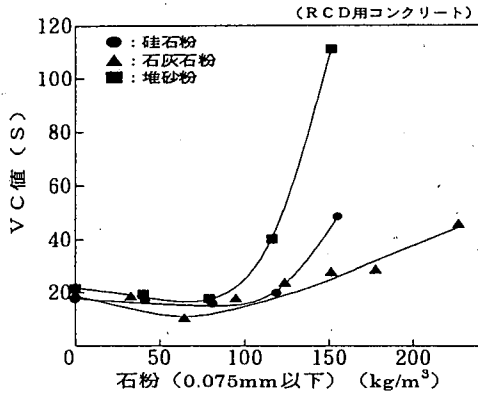


図-1 0 石粉(0.075mm以下)混入量とVC値の関係

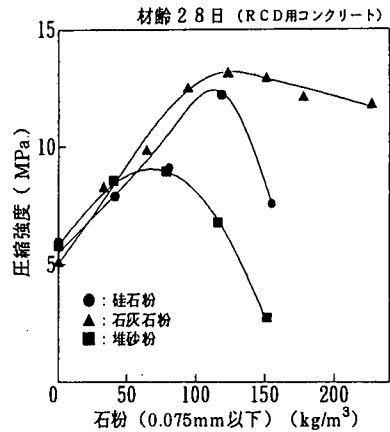


図-1 1 石粉(0.075mm以下)混入量と圧縮強度の関係

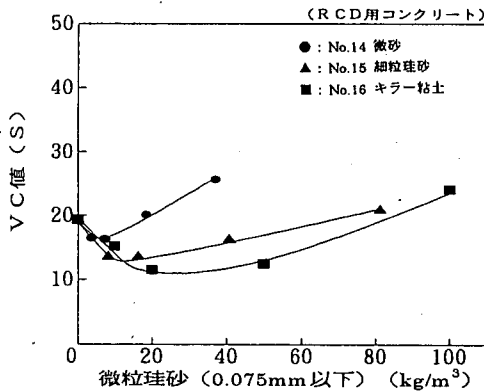


図-1 2 微粒珪砂(0.075mm以下)混入量と圧縮強度の関係

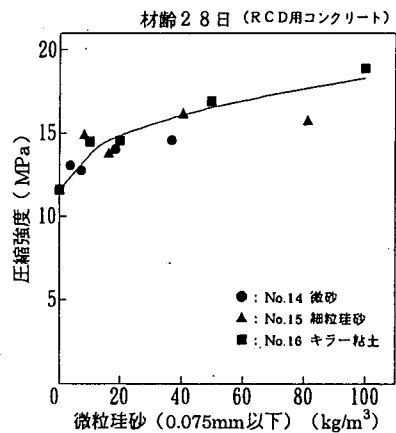


図-1 3 微粒珪砂(0.075mm以下)混入量とVC値の関係

(3) 微粒粉(石粉, 微粒珪砂) 0.075mm以下の粒径の混入量に着目した場合

微粒粉 0.075mm 以下混入量を, 図-3.4 の粒度分布より算定し, VC 値, 圧縮強度との関係を検討した。図-10~13 に石粉混入量と VC 値, 圧縮強度の関係および微粒珪砂混入量と VC 値, 圧縮強度の関係を示した。図-10 は石粉 0.075mm 以下混入量と VC 値の関係であるが, いずれの石粉でも石粉 0.075mm 以下の混入量が 80kg/m^3 程度までは VC 値がわずかに低下しその後増加傾向に転じ, 石粉の種類によって VC 値の増大量が異なっている。このことから, 種類の異なる石粉については同程度の粒径でも石粉の種類によって VC 値が左右されることが明らかである。この要因は微粒粉の形状, 粒子表面状態などによるものと考えられる¹³⁾。圧縮強度は図-11 に示した通りであり, 石粉 0.075mm 以下混入量は

堆砂粉では 80kg/m^3 , 珪石粉, 石灰石粉では 120kg/m^3 の場合に最も圧縮強度が大きくなっている。このように適当な混入量まで全てについて圧縮強度の増加がある。また, 石粉の種類によって圧縮強度の増加量が大きく異なっている。このことから種類の異なる石粉については粒径が同程度であれば石粉の種類によって左右されることが明らかである。この要因は微粒粉の強度, 形状などによるものと考えられる。図-12 は微粒珪砂 0.075mm 以下混入量と VC 値の関係であるが, 微粒珪砂 0.075mm 以下混入量が No.14 微砂では 7.5kg/m^3 , No.15 細粒珪砂では 16kg/m^3 , No.16 キラー粘土では 20kg/m^3 までは VC 値が低下している。このように粒径が細かい微粒珪砂ほど VC 値が低下している。また, 混入量を増加しても粒径が細かい微粒珪砂ほど VC 値が低くなっている。しかし No.15 細粒珪砂と No.16 キラー粘土は 0.075mm

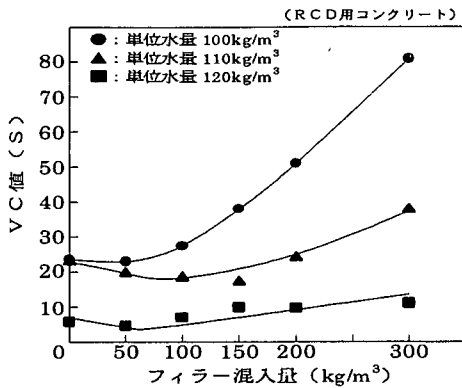


図-14 フィラー混入量とVC値の関係

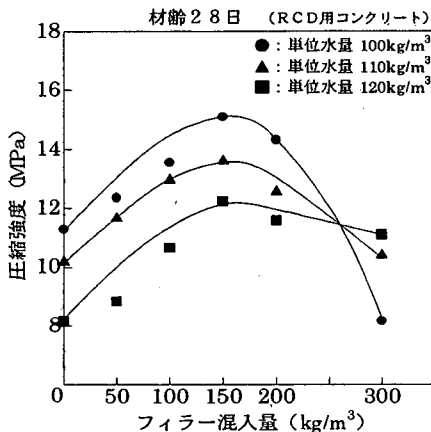


図-15 フィラー混入量と圧縮強度の関係

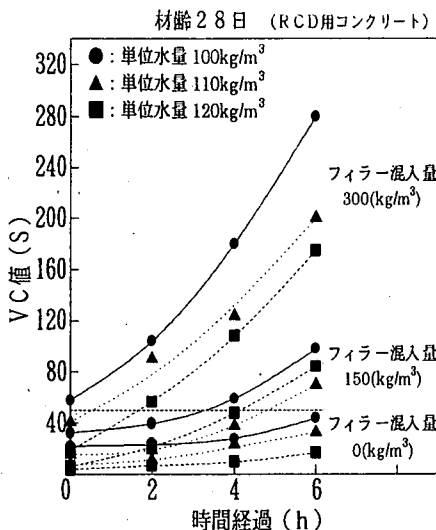


図-16 時間経過とVC値の関係

通過量に余り差がないので同様な傾向になったと考えられる。圧縮強度は、図-13に示すように、微粒珪砂0.075mm以下混入量で表すと、いずれの微粒珪砂も多少の変動があるがほぼ一つの曲線になる。これに対して、種類の異なる微粒珪砂混入量のみからは図-9に示すように差がでている。このことから同種類の微粒珪砂であれば0.075mm以下の微粒粉の混入量に対応して圧縮強度も大きくなると考えられる。このことから、0.075mm以下の粒径の微粒粉が圧縮強度に大きな影響を与えることが明らかである。

(4) 微粒粉(フィラー)混入量を変化させた場合

フィラーは、廃棄処理費や環境問題もあり、また、粒径も0.075mm以下であるので、微粒粉として利用できないか検討を行った。また、骨材にフィラーを混入して混合することで、洗浄しない骨材に近づけた場合についても検討を行った。その結果、図-14はフィラー混入量とVC値の関係であるが、いずれの単位水量でもフィラー混入によりVC値はわずかに低下し、その後増加傾向に転じている。この上昇は単位水量が減少するに従って急激に上昇している。圧縮強度においても図-15に示すように、フィラー混入量150kg/m³まで徐々に強度が増加している。また、フィラー混入により単位水量の小さいほど圧縮強度が増加しており、フィラー混入量が300kg/m³と増加すると単位水量の小さいほど急激に圧縮強度が低下している。

(5) フィラー混入による時間経過とVC値の関係

一般に、RCD工法による施工例から、RCD用コンクリートの練混ぜから締固めまで3~4時間¹⁷⁾必要である。一方、RCD用コンクリートは締固め時にVC値が50秒¹⁰⁾以内でないとい十分に締固めができない。

そこで、フィラーを混入した場合の時間経過とVC値の関係について検討し図-16に示した。一般にRCD用コンクリートの単位水量は100kg/m³程度であり、図-16から、単位水量100kg/m³で時間経過4時間の場合にVC値が50秒以内のフィラー混入率は、150kg/m³以下程度であればよい。そこで、フィラーの混入量は、150kg/m³以下程度であれば、施工上の問題がないものと考えられる。

(6) 有スランプダム用コンクリートに微粒粉(フィラー)の混入量を変化させた場合

スランプ2cm、4cm、6cmの有スランプダム用コンクリートにフィラーの混入量を変化させた場合の圧縮強度は、図-17となる。この図から圧縮強度は、スランプ(単位水量)が小さいほど大きくなっている。また、フィラー混入量170kg/m³程度までは圧縮強度が増加し、混入量270kg/m³になると横這い、または多少の低下傾

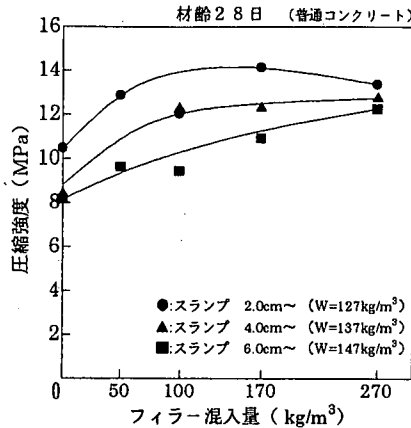


図-17 フィラー混入量と圧縮強度の関係

向を示している。この理由は、山崎¹⁴⁾が明らかにした「微粒粉を混入することによる圧縮強度の増進の原因は、微粒粉末効果によって、セメントの水和反応が促進されること、また、石灰石微粒粉末は、化学的に不活性でなく、各種のカルシウムアルミネートと反応することによる」という見解が示されており、このような効果によるものと考えられる。

また、フィラーを混入し、洗浄しない骨材に近い状態としても圧縮強度が上昇していることから、洗浄しない骨材の利用も考えられる。

(7) 微粒粉混入によるコンクリートの強度増強の要因

有スランプダム用コンクリートについては、前述のような要因によるものと考えられる。これに対してRCD用コンクリートは、図-14に示したように100kg/m³程度までフィラーを混入してもVC値が低下している。この要因は、振動締固めを行うため、山崎が明らかにした単位水量を減らしワーカビリティを改善する効果が、有スランプダム用コンクリートより大きく、RCD用コンクリートの流動化が向上し、VC値が低下したものと考えられる。

また、図-15に示したフィラー混入量と圧縮強度関係でも、フィラー混入量が150kg/m³までは圧縮強度が増加している。この要因も山崎が明らかにしたようにコンクリートのワーカビリティを改善し、コンクリート強度も高める効果が普通コンクリートより大きく、RCD用コンクリートの強度増加が生じたものと考えられる。

5. 結論

微粒粉混入によるRCD用コンクリートのVC値、圧

縮強度などの変化と、圧縮強度増強の要因について検討し、次のような結論が得られた。

(1) 本実験に用いた微粒粉は、RCD用コンクリートに適量を混入すると、単位水量を減少させ、ワーカビリティを改善し、また振動締固めによる流動化などにより、VC値が低下し締固めやすくなることが明らかになった。

また、同種の岩質の微粒粉であれば、粒径の小さいほどVC値の低下が大きくなる。しかし、異種の岩質の微粒粉の場合にはVC値の低下量が異なる。

(2) RCD用コンクリートに微粒粉を適量混入した場合には、RCD用コンクリートのワーカビリティを改善し、山崎が明らかにした「微粒粉末効果によってセメントの水和反応が促進されること、また、石灰石微粒粉末は、化学的に不活性でなく、各種のカルシウムアルミネートと反応すること、および、振動締固めにより流動化を助長し、締固めが十分に行われて、単位体積質量も増加することなどによって、RCDコンクリートの圧縮強度が増加することが明らかになった。

また、同種の岩質であれば粒径の小さいほど、RCD用コンクリートの圧縮強度が増加する。しかし、異種の岩質の微粒粉の場合には、圧縮強度の増加量が異なる。

(3) フィラーをRCD用コンクリートに混入した場合には、前述と同様に、VC値が低下して締固めやすくなり、圧縮強度は増加することが明らかになった。

また、フィラーを有スランプダム用コンクリートに混入した場合にも圧縮強度が増加することが明らかとなった。

(4) RCD用コンクリートに微粒粉を混入することは効果的で、RCD用コンクリートの粗骨材として、洗浄しない粗骨材の利用も可能である。

参考文献

- 1) 鈴木徳行, 志水茂明: RCD工法とRCC工法との特性について, 土木学会論文集, 第403号/VI-10, pp.93~102, 1989.
- 2) 鈴木徳行, 白村 暁: コンクリートダムの合理化施工と世界の動向, 月刊ダム日本, No. 575, pp.57~71, 1992.
- 3) 鈴木徳行, 呉 偉剛: 中国のRCD工法について, ダム技術, No. 67, pp.3~15, 1992.
- 4) *International Symposium on RCC dams Water & Dam Construction*, pp.10~13, February 1992.
- 5) *Department of Science and Technology, CEC: RCC DAMS IN CHINA* pp.1~78, 1991.
- 6) *Chinese Society of Hydroelectric Engineering and ICOLD: International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams*, pp.1~526, November 1991.
- 7) Dunstan, M. R. H.: A review of roller compacted concrete dams in the 1980s, *Water Power & Dam Const.*

- ruction, pp.43~45, May 1990.
- 8) Dunstan, M. R. H. :Recent developments in roller compacted concrete dam construction, *Water Power & Dam Construction Handbook*, pp.39~47, 1989.
- 9) 鈴木徳行, 飯坂武雄, 白村 暁: 微粒子の変化によるRCDコンクリートの特性(その2), 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, pp.588~589, 1992.
- 10) 建設省玉川ダム工事事務所: 細骨材の粒度が品質に及ぼす影響についての試験, 玉川ダムのRCD工法, pp.3028~3030, 1990.
- 11) 鈴木徳行, 白村 暁: 微粒分混入率がRCD用コンクリートの諸特性に及ぼす影響, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集, pp.77~86, 1993.
- 12) 西岡龍次, 鈴木徳行, 白村 暁, 飯坂武雄: フィラー混入によるコンクリートの特性について, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, pp.584~585, 1997.
- 13) 山崎寛司: 鉱物質微粉末がコンクリートのウオーカビリティーにおよぼす効果に関する基礎研究, 土木学会論文集, 第84号, pp.96~120, 1962.
- 14) 山崎寛司: 鉱物質微粉末がコンクリートの強度におよぼす効果に関する基礎研究, 土木学会論文集, 第85号, pp.15~46, 1962.
- 15) 高榎堅太郎: RCD コンクリートにおける骨材, 微粉材料の利用に関する基礎的研究, ダム工学, No23, pp.40~50, 1996.
- 16) 鈴木徳行: RCD工法によるダム施工 pp.180~279, (財) 国土開発技術研究センター編集, 山海堂, 1981.
- 17) 鈴木徳行他: 改訂RCD工法技術指針(案) PP41~44, (財) 国土開発技術研究センター編集, 山海堂, 1989.

(1998.3.18 受付)

FACTORS INCREASING RCD CONCRETE STRENGTH IN THE PRESENCE OF FINE POWDERS

Satoru SIRAMURA and Noriyuki SUZUKI

In this study, the effects of mixing several stone powders to the RCD concrete on the VC value and the compressive strength were investigated. The most effective mixing ratio of stone powders resulted in decrease of the VC value and increase of the concrete strength. Then, the factors increasing the RCD concrete strength in the presence of fine powders were discussed.