

RCD コンクリートへの産業副産物の適用に関する実験的研究

栗 田 守 朗
(技術研究所)金 森 洋 史
(土木本部技術部)奥 村 忠 彦
(海外本部)林 亮
(土木本部技術部)

§ 1. はじめに

RCD(Roller Compacted Dam) 工法は、コンクリートダムの合理化施工の一環として、建設省を中心に開発研究がなされており、その施工法はほぼ体系化されている¹⁾。

現在までに、3ダム²⁾において施工が終了し、貴重なデータが得られている。また、玉川ダム³⁾(堤高100m, 堤体積110万 m^3)および美利河ダム⁴⁾(堤高40m, 堤体積56万 m^3)で施工中であり、ダムの規模・形状が異なる条件におけるRCD工法の適用性が検討されている。今後、RCD工法で施工する計画のダムもあり⁵⁾、これらの成果を通じてRCD工法が確立されることが考えられる。

RCD工法については、海外においても研究が活発になされており⁶⁾、今年の世界ダム会議(ICOLD)の技術部会ではRCD工法に関する講演が行なわれ、高い評価を得ている。

しかし、RCDコンクリートに関する基礎的な研究は少なく、その配合特性、物性等は十分に把握されているとはいえない。また、ダム以外のマスコンクリート構造物にRCDコンクリートを適用する研究もなされていないのが現状である。

さらに、省資源の観点から産業副産物(フライアッシュ、高炉スラグ等)をコンクリートに有効に利用する研究が進められており、RCDコンクリートにおいても十分適用が可能と考えられる。

筆者らは、新中野ダム減勢工基礎部で施工したRCDコンクリートの諸物性および締固め性状については既に報告している^{7,8)}が、RCDコンクリートの適用範囲を拡大する研究の一つとして、産業副産物を有効に利用することが課題として残されている。

本報告は、フライアッシュ、高炉スラグ等の産業副産物をRCDコンクリートに適用した場合の物性等について、実験的に検討した結果をまとめたものである。

§ 2. 研究の目的

本研究は、フライアッシュ等の産業副産物をRCDコンクリートに利用するための基礎的資料を得るために、まず本実験で用いる材料に適したRCDコンクリートの配合を選定し、その配合をもとに、①フライアッシュ、高炉スラグが強度等に及ぼす影響、②微粒分が強度等に及ぼす影響等を把握することを目的としている。その際のRCDコンクリートの品質としては、材令91日において圧縮強度 80kgf/cm^2 以上、密度 2.3t/m^3 以上を目標とした。

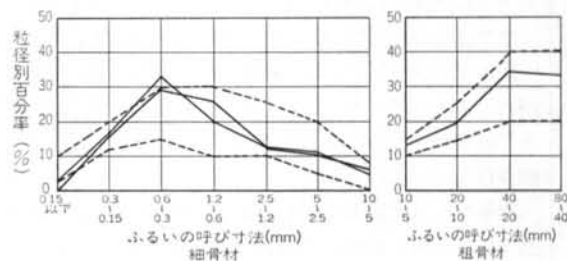
§ 3. 試験方法

3.1 使用材料

セメントは日本セメント株式の中熟熱ポルトランドセメント(比重3.20, 比表面積 $3,240\text{cm}^2/\text{g}$)を用いた。

フライアッシュは電発フライアッシュ株式の電発フライアッシュ(比重2.17, 比表面積 $2,990\text{cm}^2/\text{g}$)、高炉スラグ粉末は第一セメント株式のセラメント(比重2.90, 比表面積 $4,050\text{cm}^2/\text{g}$)を用いた。セメント、フライアッシュおよび高炉スラグ粉末の試験成績を表1、2および3に示す。

細骨材は天然砂で、比重2.65, 吸水率2.12%, 粗粒率2.17であり、粗骨材は砕石で、比重2.65, 吸水率0.68%



図—1 骨材の試験成績

種 類	比 重	粉 末 度	凝 結			フロー (mm)	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)			水和熱 (cal/g)	
		ブレン値 (cm ² /g)	水量 (%)	始発 (時分)	終結 (時分)		3日	7日	28日	3日	7日	28日	7日	28日
普通セメント	3.16	3,110	27.8	2-31	3-46	259	34	48	69	139	237	418	—	—
中庸熟ポルトランドセメント	3.20	3,240	27.2	3-00	4-46	265	29	35	65	118	152	331	65.6	75.9

表一 1 セメントの物理的性質

種 類	化 学 成 分			物 理 的 性 質			
	二酸化けい素 (%)	湿 分 (%)	強熱減量 (%)	比 重	粉末度 ブレン値 (cm ² /g)	単位水量 比 (%)	圧縮強度比(%)
							28日 91日
フライアッシュ	52.4	0.2	2.1	2.17	2,990	97.9	76.2 87.4
JIS 規格	45以上	1以下	5以下	1.95以上	2,400以上	102以下	60以上 70以上

表一 2 フライアッシュの試験成績

種 類	化 学 成 分 (%)							物 理 的 性 質	
	シリカ SiO ₂	アルミナ Al ₂ O ₃	酸化第二鉄 Fe ₂ O ₃	酸化カルシウム CaO	マグネシア MgO	硫化物イオウ S	合 計	比 重	粉末度 ブレン値 (cm ² /g)
セラメント	34.0	13.8	0.7	46.8	5.2	0.9	96.4	2.90	4,050

表一 3 高炉スラグ粉末の試験成績

である。粗骨材の最大寸法は80mmとした。骨材の試験成績を図一1に示す。

石粉は東邦化学工業㈱製の炭酸カルシウムで、比重2.70、比表面積6,000cm²/g、炭酸カルシウム含有率98.5%である。

混和剤は日曹マスタービルダーズ㈱製ボゾリス No.8を、結合材量の0.25%を用いた。

3.2 練りませ方法

コンクリートの練りませは、パグミルタイプの二軸強制練りミキサ（練りませ容量1.5m³、軸回転数36rpm）を改良し、300lのコンクリートを3分間練りませた。

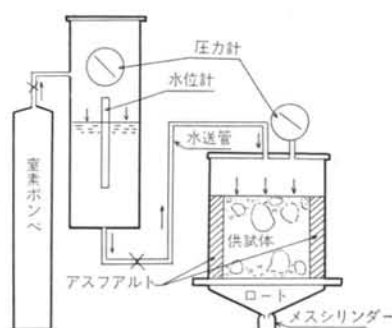
3.3 品質管理試験方法

コンシステンシー試験は「RCD 工法技術指針(案)¹⁾」に準じて VC 試験機(振動機4,000rpm、振幅1mm)を用いて、小型 VC 試験(40mm以下のコンクリート)および大型 VC 試験(フルサイズのコンクリート)を行なった。

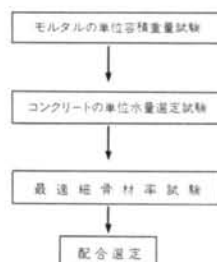
空気量試験は JIS A 1128 に準じて行なった。

圧縮強度試験用供試体は直径15cm、高さ30cmの円柱形型わくに40mm以下のコンクリートを充填し、VC 試験機上で締固めて作製し、JIS A 1108 に準じて圧縮強度試験を行なった。

引張強度用供試体は直径15cm、高さ約20cmとし、圧縮強度用供試体と同様に作製し、JIS A 1113に準じて試験を行なった。



図一 2 透水試験装置



図一 3 配合選定実験の流れ

曲げ強度試験用供試体は15×15×53cmの角柱形型わくを利用して上記と同様に作製し、JIS A 1106 に準じて試験を行なった。

透水試験は円柱供試体(φ20cm×h10cm)を圧縮強度用試験体と同様な方法で作製し、材令91日でアウトプット法²⁾で行なった。透水試験装置を図一2に示す。

§ 4. 配合選定実験

4.1 試験方法

本実験で使用する材料に適した RCD コンクリートの配合を選定するために、「RCD 工法技術指針(案)¹⁾」に準じて配合選定試験を実施した。試験の流れを図-3に示す。

4.2 モルタルの単位容積重量試験結果

モルタルの単位容積重量が最大、空げきが最小となるモルタルの水量を選定する試験であり、そのモルタルの水量から RCD コンクリートの単位水量を推定する。

砂結合材比を6とし、単位水量を 125~250 kg/m³ まで変えて実施した。結合材はセメントのみ、 $F/(C+F)=30\%$ 、 $SL/(C+SL)=65\%$ の3種類とした。なお、C はセメント、F はフライアッシュ、SL は高炉スラグ粉末のことである。

図-4 にモルタルの単位容積重量試験結果を示す。モルタルの単位水量は結合材の種類によらず、200~250 kg/m³ で空げきが最小となる結果が得られ、RCD コンクリートの単位水量は 85~105 kg/m³ と推定された。

4.3 コンクリートの単位水量選定試験結果

4.2 で推定した RCD コンクリートの単位水量をもとに細骨材率を34%、単位結合材量を 120 kg/m³ と一定にし、VC 試験および圧縮強度試験の結果等から RCD コンクリートの単位水量を選定する試験である。

単位水量は 90~108 kg/m³ まで変えて実施した。

単位水量と VC 値の関係を図-5 に、水結合材比と圧縮強度の関係を図-6 に示す。単位水量が多くなるに従って VC 値は小さく、コンシステンシーが軟らかくなる。目標 VC 値 8~15 秒を満足する単位水量は 96~102 kg/m³ の範囲にあることが分かる。

圧縮強度は単位水量が大きくなるに従い減少するが、いずれの配合においても単位水量が最も大きい108 kg/m³ で 100 kgf/cm² 以上得られており、目標強度 80 kgf/cm² を満足した。また、いずれの場合もコンクリートの密度は 2.3 t/m³ 以上を満足していた。

以上のことから、RCD コンクリートの単位水量として 100 kg/m³ を選定した。

4.4 最適細骨材率試験結果

4.3 で得られた単位水量をもとに、結合材および結合材の種類を一定 ($C+F=120$ kg/m³, $F/(C+F)=30\%$) にし、細骨材率を変えて試験を行ない締固めエネルギー

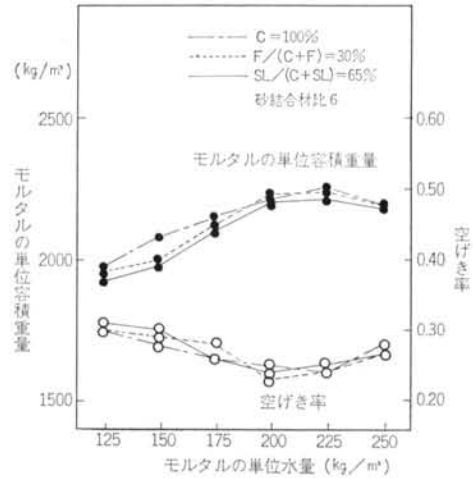


図-4 モルタルの単位容積重量試験結果

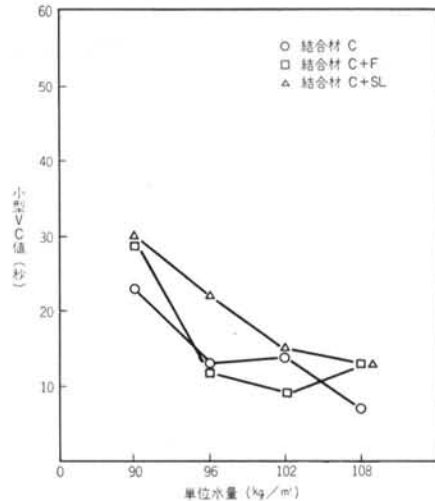


図-5 単位水量と VC 値の関係

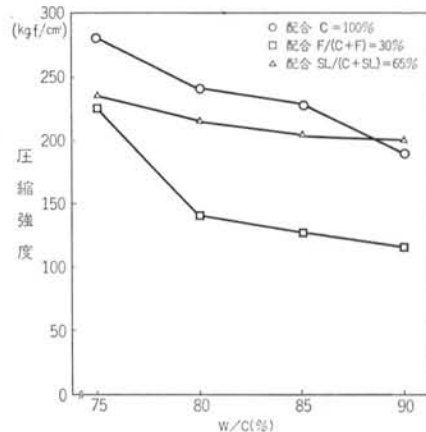
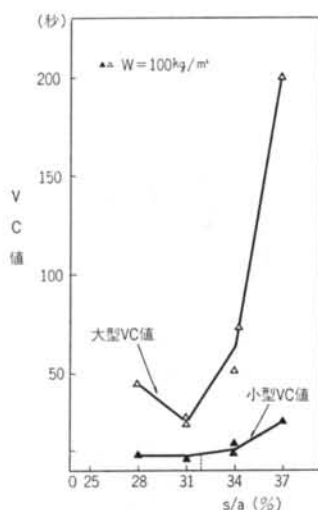


図-6 圧縮強度と W/C の関係 (材令91日)



図一7 VC 値と s/a の関係

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	単位量 (kg/m³)		s/a (%)	単位量 (kg/m³)						混 和 剤
	W $C+F$ (%)	F $C+F$ (%)		W	C	F	$C+F$	S	G	
80	83.3	30	32	100	84	36	120	706	1518	0.3

表一4 RCD コンクリート基本配合

が最少となる細骨材率を選定した。細骨材率の範囲は、従来の実績を考慮して28～37%とした。

VC 値と細骨材率との関係を図一7に示す。

VC 値は細骨材率が大きくなるに従い下に凸の曲線となることから、締固めエネルギーが最小となる細骨材率は31%付近であると考えられる。また、VC 値は細骨材率31%で8秒程度と目標値の下限に近いこと、および既往の実績から細骨材率を若干大きくしていることを考慮して、細骨材率を32%と決定した。

以上の各種試験の結果から、本実験で用いる材料に適した細骨材率および単位水量として、それぞれ32%、100kg/m³を選定した。得られた RCD コンクリートの配合を表一4に示す。

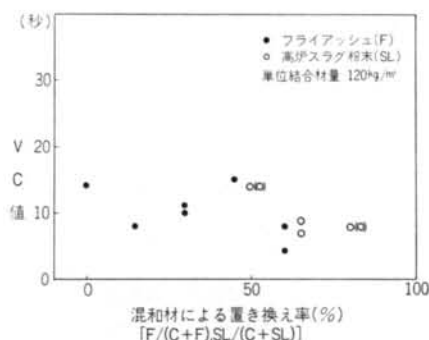
この配合を基本配合として、以下の実験に移った。

§ 5. 混和材の影響に関する実験

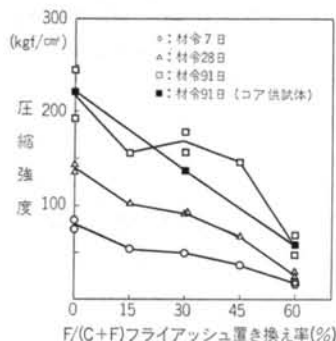
5.1 試験方法

単位結合材量を 120kg/m³ と一定にして、その一部を混和材で置き換えて用いる方法で行なった。

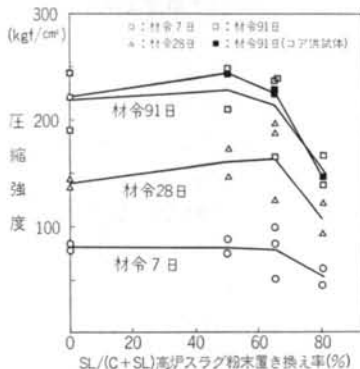
混和材としては、通常一般に用いられているフライアッシュおよび高炉スラグ粉末とした。フライアッシュによる置き換え率 ($F/(C+F)$) は 0, 15, 30, 45 および 60



図一8 VC 値と混和材置き換え率の関係



図一9 圧縮強度とフライアッシュ置き換え率の関係



図一10 圧縮強度と高炉スラグ粉末置き換え率の関係

%, 高炉スラグ粉末による置き換え率 ($SL/(C+SL)$) は 0, 50, 65 および 80% とし、フライアッシュおよび高炉スラグ粉末とも JIS のセメントの規準値を超えた置き換え率についても試験を行なった。

5.2 実験結果

5.2.1 VC 値 (コンシステンシー) に及ぼす影響

VC 値と各混和材置き換え率の関係を図一8に示す。

フライアッシュの場合は、置き換え率 ($F/(C+F)$) が増すに従って VC 値は減少する傾向が見られる。また、高炉スラグ粉末の場合は置き換え率 ($SL/(C+SL)$)

	材 令 置き換え 率(%)	圧 縮 強 度			曲げ強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	透水係数 ($\times 10^{-10}$ cm/sec)
		7 日	28 日	91 日			
フ ラ イ ア ッ シ ュ	0	79.9 (36.7)	141 (64.7)	218 (100)	33.7	21.6	—
	15	53.6 (34.4)	103 (66.0)	156 (100)	27.6	19.2	13.2
	30	50 (29.8)	92.4 (55.0)	168 (100)	24.6	17.6	11.9
	45	36.8 (25.0)	66.7 (45.4)	147 (100)	22.6	16.9	15.1
	60	17.6 (30.8)	26.4 (46.2)	57.2 (100)	10.3	5.4	336
高 炉 ス ラ グ 粉 末	50	80.6 (35.2)	160 (69.9)	229 (100)	34.8	25.8	0.64
	65	77.7 (36.5)	163 (76.5)	213 (100)	34.1	21.7	2.84
	80	53.0 (34.6)	107 (69.9)	153 (100)	28.5	19.4	4.17

注) (): 材令91日の圧縮強度に対する比率

表—5 物性試験結果

が65, 80%程度でVC値が減少する傾向が見られる。両者とも置き換え率が大きくなるとコンシステンシーの改善に寄与すると考えられるが、本実験の範囲では明確な差は見い出せないと思われる。

5.2.2 圧縮強度に及ぼす影響

圧縮強度とフライアッシュおよび高炉スラグ粉末の置き換え率の関係を、それぞれ図—9, 10に示す。また、混和材およびその置き換え率における材令91日の圧縮強度に対する、各材令の圧縮強度の比率を表—5に示す。

フライアッシュの置き換え率 ($F/(C+F)$) が増加するに従い圧縮強度は低下し、RCD コンクリートとして一般的に用いられている置き換え率30%を基準とすると、置き換え率45, 60%の材令91日の圧縮強度はそれぞれ88および34%程度であった。また、置き換え率60%の圧縮強度は 57kgf/cm^2 であり、目標強度 80kgf/cm^2 を下回っていたが、その他の場合は目標強度を上回っている結果が得られた。

フライアッシュを用いた場合は、置き換え率が増すに従い材令28日以後の材令に伴う強度の増加が大きく、ポゾラン反応による効果が顕著に現われていることが分かる。

高炉スラグを用いた場合、置き換え率 ($SL/(C+SL)$) 50, 65および80%の材令91日の圧縮強度は、置き換ええない場合のそれぞれ105, 97.7, 70.2%であり、 $SL/(C+SL)=50$ および65%の場合は置き換ええない場合とほぼ同

等の圧縮強度が得られている。しかし、 $SL/(C+SL)=80\%$ の場合には強度の低下が見られた。高炉スラグ粉末による置き換え率が80%と大きい場合は、圧縮強度が低下する傾向のあることがモルタルにおいて示されており¹⁰⁾、RCD コンクリートにおいても同様であることが確認された。

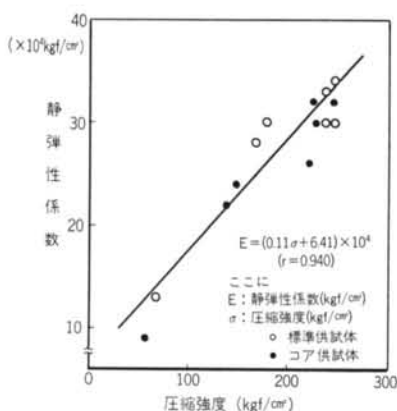
また、置き換え率が増すことによる圧縮強度の材令による増加はフライアッシュほど顕著ではなく、置き換えた場合の各材令における強度の増加は置き換ええない場合とほぼ同等であった。しかし、材令7日から材令28日までの強度の伸びは、高炉スラグ粉末の置き換え率が増すほど大きくなる傾向があり、フライアッシュの場合よりも強度発現が早いことを示している。

RCD コンクリートのようにセメント量が少ないコンクリートにおいても、このように結合材の一部を高炉スラグ粉末で置き換えることによって、その置き換え率65%程度までは強度の低下が見られないのはスラグの潜在水硬性による効果が発揮されているものと考えられる。

以上の結果から、RCD コンクリートのように水結合材比が80%程度以上と高いコンクリートに高炉スラグ粉末を用いた例はほとんど無いが¹¹⁾、その性状は一般のコンクリートとほぼ同様であると考えられる。

5.2.3 その他の物性

材令91日における引張強度、曲げ強度および透水係数を表—5に示す。



図—11 静弾性係数と圧縮強度の関係(材令91日)

引張強度および曲げ強度も、圧縮強度と同様の傾向を示す。すなわち、フライアッシュの場合は混和材の置き換え率が増すに従い低下する傾向があり、高炉スラグ粉末の場合は置き換え率65%まではほぼ同等の値であり、80%で低下する傾向を示している。

引張強度と圧縮強度の関係は、混和材の種類および置き換え率にかかわらず $1/8 \sim 1/11$ であり、また曲げ強度の値は引張強度の $1.3 \sim 2.0$ 倍で他の RCD コンクリートの値とほぼ同様⁸⁾ であり、両者とも一般のコンクリートと同等の比率であると考えられる。

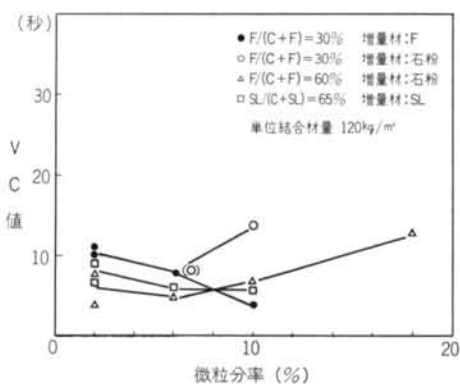
透水係数は、フライアッシュを用いた場合で $11 \sim 330 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$ であり、置き換え率60%で大きくなる傾向が見られた。筆者らは、中空円筒形供試体を用いた場合において RCD コンクリートの透水試験を実施し、 $10 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$ 程度の透水係数を得ており⁸⁾、本実験結果とほぼ同等の水密性を有していると考えられる。高炉スラグ粉末の場合は $4 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$ であった。RCD コンクリートのように水結合材比が高い場合でも上記程度の水密性を有しているため、ダムの内部コンクリートとして用いることについて問題はないと考えられる。

図—11に、圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。両者には良い相関が見られた。また、ポアソン比は $0.14 \sim 0.21$ 程度であった。

§ 6. 微粒分の影響に関する実験

6.1 試験方法

単位結合材量を一定 (120 kg/m^3) にして、細骨材の一部を微粒分で置き換える方法で実施した。微粒分は基本配合に含まれている 0.15 mm ふるいを通過する細骨材量 (2%) にフライアッシュ、高炉スラグ粉末および石粉を



図—12 VC 値と微粒分率の関係

増量材として加え、両者の合計を細骨材中の微粒分量とした。

微粒分率は2, 6および10%とし、配合は $F/(C+F) = 30\%$, $F/(C+F) = 60\%$ および $SL/(C+SL) = 65\%$ について行なった。また、 $F/(C+F) = 60\%$ の配合では、「コクリートダム標準示方書」の細骨材の標準粒度範囲の上限10%を超えた18%についても試験した。なお、微粒分率2%とは増量材を加えていない配合である。

6.2 実験結果

6.2.1 VC 値 (コンシステンシー) に及ぼす影響

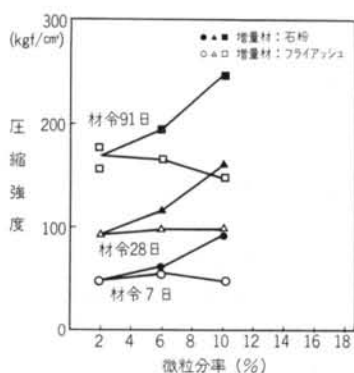
VC 値と微粒分混入率の関係を図—12に示す。

増量材とし石粉を用いた場合は、微粒分率が10%以上となると VC 値が大きくなる傾向を示し、高炉スラグ粉末を用いた場合は10%までは差は見られなかった。また、フライアッシュを用いた場合は微粒分率10%で VC 値が小さくなる傾向を示したが、このときの強度が低かったことから他の配合よりも水量が多く混入したものと考えられ、その結果 VC 値が小さくなったものと推定された。また、VC 値のバッチ間のばらつき (2秒) 等を考慮すると、本実験の範囲では RCD コンクリートに微粒分を混入することによる VC 値に及ぼす影響を明確にとらえられなかったと考えられる。

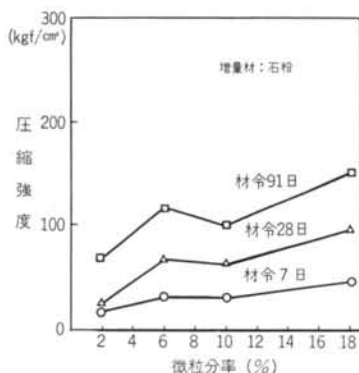
6.2.2 圧縮強度に及ぼす影響

圧縮強度と微粒分率の関係を図—13, 14, 15, および表—6に示す。

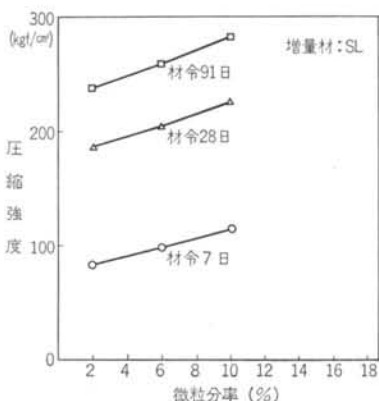
増量材として石粉を用いた場合は用いない配合に比べて圧縮強度が増加し、混入率が増すに従い増加する傾向が顕著である。たとえば、材令91日においては $F/(C+F) = 30\%$ の配合の場合、微粒分率 6, 10% の圧縮強度は2% (石粉で置き換えない場合) のその 116 および 146% であり、 $F/(C+F) = 60\%$ の配合の場合、微粒分率 6, 10 および 18% の圧縮強度は2%のそのそれぞれ



図一13 圧縮強度と微粒分率の関係 ($F/(C+F)=30\%$)



図一14 圧縮強度と微粒分率の関係 ($F/(C+F)=60\%$)



図一15 圧縮強度と微粒分率の関係 ($SL/(C+SL)=63\%$)

205, 174 および 226% となり、石粉で置き換えたことによる強度改善の効果が顕著に現われていることが分かる。また、石粉を混入した場合の強度発現状況は、石粉を混入しない配合と比較すると材令の若いほうが大きくなっており、石粉を混入した効果を示していると考えられる。

増量材として高炉スラグ粉末を用いた場合 ($SL/(C+SL)=65\%$ の配合) は、増量材を混入しない配合の圧縮

配 合	増量材	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)		
		7 日	28 日	91 日
$F/(C+F)=30\%$	2 %	50.0(29.8)	92.4(55.0)	168 (100)
	F 6 %	57.4(34.6)	98.7(59.5)	166 (100)
	F 10 %	49.3(33.1)	98.9(66.4)	149 (100)
	石粉 6 %	61.1(31.3)	117 (60.0)	195 (100)
	石粉 10 %	92.1(37.6)	161 (65.7)	245 (100)
$F/(C+F)=60\%$	2 %	17.6(30.8)	26.4(46.2)	57.2 (100)
	石粉 6 %	31.1(26.6)	67.3(57.5)	117 (100)
	石粉 10 %	30.1(30.3)	62.6(63.0)	99.4 (100)
	石粉 18 %	44.9(29.5)	96.2(63.3)	152 (100)
	2 %	77.7(36.5)	163 (76.5)	213 (100)
$SL/(C+SL)=65\%$	SL 6 %	98.3(38.1)	205 (96.2)	258 (100)
	SL 10 %	114 (40.4)	226 (80.9)	282 (100)

注) (): 材令91日の圧縮強度に対する比率

表一6 圧縮強度試験結果

強度よりも強度の増加があり、また高炉スラグ粉末による置き換え率が増すに従い圧縮強度が増加した。たとえば、材令91日において微粒分率 6, 10% の圧縮強度は、2 % のその 121 および 132 % であった。

増量材としてフライアッシュを用いた場合 ($F/(C+F)=30\%$ 配合) は増量材を用いない配合とほぼ同等の強度発現であり、高炉スラグ粉末を用いた場合ほどの効果は得られなかった。

高炉スラグ粉末およびフライアッシュを増量材として用いた場合は、細骨材の一部と置き換えたが、それぞれを結合材として考えると単位結合材量が増加したことになる。したがって、増量材を加えない配合と比べると圧縮強度が増加する傾向を示すものと考えられる。しかし、水和に関与しないと考えられる石粉を用いた場合は強度の増加が顕著であり、RCD コンクリートにおいても山崎¹²⁾が示したように微粒分を混入することによって強度改善に効果があることが確認された。

§7. まとめ

RCD コンクリートにフライアッシュ、高炉スラグ粉末等の産業副産物を有効に利用することを目的として、本実験で使用した材料に適した RCD コンクリート用配合を選定し、その配合をもとに混和材の置き換え率および微粒分が RCD コンクリートの諸物性に及ぼす影響について試験を実施した。本実験の結果をまとめると以下のようである。

(1) 本実験で選定した RCD コンクリートの配合は、細

骨材率32%, 単位水量100kg/m³であり, 既往の RCD コンクリートの配合とほぼ同様であった。

(2)結合材量を一定にし, その一部を混和材で置き換えて用いた場合, フラアッシュは $F/(C+F)$ が増すに従い圧縮強度は低下するが, 材令に伴う強度の増加は大きくなることが確認された。また, 置き換え率60%を除くと目標強度 80kgf/cm² を満足していることから, RCDコンクリートにフライアッシュを結合材量の45%程度まで置き換えることが可能であり, また置き換え率60%程度でも人工岩盤等の高い強度が要求されない構造物には適用が可能であると考えられる。

高炉スラグ粉末を用いると, $SL/(C+SL)$ が65%までは置き換ええないコンクリートと同等の強度発現があり, 80%では強度の低下が見られた。また, いずれの置き換え率においても所要の品質を満足していることから, 本実験の範囲では高炉スラグ粉末を結合材量の80%程度まで置き換えることが可能であると考えられる。

(3)結合材量を一定にして, 細骨材の一部を微粒分で置き換えて用いた場合は, コンシステンシーに及ぼす影響は顕著に見られなかった。微粒分が増加するに従って圧縮強度は増加する傾向があり, とくに石粉を用いると強度改善の効果が明かである。たとえば, $F/(C+F)=30\%$ の配合において微粒分率10%の RCD コンクリート

の強度は, 材令91日において微粒分率2% (増量材を加えない配合) のその146% となり, また $F/(C+F)=60\%$ の配合においては18%程度混入すると200% 以上となり, RCD コンクリートのように結合材量が少ないコンクリートの強度を高める方法として石粉のような微粒分を混入することは有効であると考えられる。したがって, RCD コンクリートの配合設計の際には, 所定のコンシステンシーの範囲において細骨材に含まれる微粒分の量に留意し, 有効に利用することを検討する必要があると思われる。

以上のことから, RCD コンクリートの経済性を追求するうえで, 産業副産物を有効に利用できる可能性がある程度得られたと考えられる。

今後は, 各種の産業副産物を利用した際の RCD コンクリートの物性等について更に検討を進めるとともに, 振動締固めの機構について究明を図っていくことが挙げられる。

謝辞 本実験を行なうに当たり, ご指導いただいた東京大学名誉教授国分正胤先生に感謝の意を表します。また, 本実験は(財)電力中央研究所で実施中のものであり, ご指導いただいている青柳征夫室長, 笠原清主査, 河角誠主査を始め, 本実験関係者に深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) (財)国土開発技術研究センター: “RCD 工法技術指針(案)” (昭和56年)
- 2) (財)国土開発技術研究センター: “RCD 工法によるダム施工” (昭和56年)
- 3) 下村, 柳川: “玉川ダムにおける RCD 工法の試験施工について” ダム技術 Vol. 1, No. 2 (1983年)
- 4) 新保, 小松: “美利河ダムにおける RCD 工法の試験施工” コンクリート工学 Vol. 21, No. 8 (1983年)
- 5) 志木茂明: “ダムの合理化施工技術について” ダム技術 Vol. 2, No. 1 (1984年)
- 6) 例えば, ACI Conventions, Los Angeles, March 1983.
- 7) 奥村他: “粗骨材の最大寸法 150mm を用いた RCD コンクリートの施工方法の開発研究” 清水建設研究所報 第36号 (昭和57年10月)
- 8) 栗田他: “RCD コンクリートの締固め性状に関する一研究” 清水建設研究所報 第38号 (昭和58年10月)
- 9) “土木材料実験” 技報堂
- 10) 丸安, 小林, 阪本: “高炉セメントコンクリートの研究” 土木学会コンクリートライブラリー 第25号 (1970年)
- 11) 鈴木, 近田, 長屋: “高炉水砕スラグ・高炉セメントを使用した RCD コンクリートの基本性状” 第38回セメント技術大会講演要旨 (昭和59年2月)
- 12) 山崎: “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 (昭和37年9月)