

超遅延形混和剤を用いたダムコンクリートの品質

Study on Quality of Dam Concrete with Super Set-Retarding Admixture

高橋 修一*
Syuuichi Takahashi

長谷川 浩一*
Hiroichi Hasegawa

要 約

大松川ダム本体工事の堤体コンクリートは、骨材の特性によって混練後に早期凝結性を呈し、締固めまでに至るコンクリートのワーカビリティの確保が困難となることが判明した。その対策としてコンクリートのワーカビリティの保持、効果の大きい超遅延形減水剤を用いて施工中である。この超遅延形減水剤を使用するまでに至る種々の試験と、これまで打設終えたコンクリートに品質について述べるものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. ダム概要
- § 3. コンクリート試験
- § 4. 打設したコンクリートの品質
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

大松川ダムの原石山は、堤体コンクリート300,000m³の骨材の採取が可能な場所として、ダムサイトを中心として10km以内の6地点が候補地として抽出され、現地踏査・試験掘削調査が行なわれ、地質条件、採取、運搬経路の経済性に入念な比較検討がなされ観音沢地区に決定した。

地質は、新第三紀中新世の西黒沢期に堆積した砂岩や頁岩と、これを貫く同時代の火山・深成岩複合岩体で形成される閃緑ひん岩であり、この緑岩を骨材として用いている。X線回析の結果少量のモンモリロナイトが含ま

れる。

平成2年12月、この骨材を用いて堤体の試験施工及び本施工に先立ち、RCD用コンクリートの大型供試体試験が、(財)ダム技術センターによって実施された。

最初に実施された大型供試体試験では、混和剤として一般のRCDダムで使用されている遅延形AE減水剤ポゾリスNo.8 (PNo.8)が使用されたが、コンシステンシーの経時変化を見ると、良好な締固め可能ならしめるVC値上限を50秒としてとらえたとき、練り混ぜから締固め開始までの許容経過時間は約1～2時間と短く、変化が非常に激しいことが明らかになった。

この様な試験結果から、近年他ダムにおいても使用実績がありコンクリートの経時変化が小さい超遅延形減水剤ポゾリスNo.89 (PNo.89)を使用し、当ダムのコンクリートに対し効果の確認・使用量・品質について種々の試験が実施され、この結果を踏まえて本体コンクリートにPNo.89を用いて施工し、現在約225,000m³の打設を完了している。

本報告書は、現在まで実施された試験と、打設を終えたコンクリートの品質について記述する。

* 東北(支)大松川ダム(出)

§ 2. ダム概要

横手川は、その源を岩手県境の三森山（標高1,102.2m）に発し、横手市街地を貫流して雄物川に合流する流域面積343.8km²、流路延長43kmの一級河川である

大松川ダムは、雄物川水系横手川支川松川の秋田県平鹿郡山内村松川地先に建設するもので、洪水調節、流水の正常な機能の維持、横手市への水道用水の供給、金沢中野地区へのかんがい用水の供給および水力発電を目的とする多目的ダムである。ダムの諸元を表-1に示す。

ダム事業は昭和46年より予備調査、昭和50年より実施計画調査、昭和58年度より建設工事に着手し、平成10年度完成予定である。平成6年12月における堤体状況を写真-1に示す。

表-1 大松川ダム諸元

項目	諸元
河川名	雄物川水系松川
ダム名	大松川ダム
位置	左岸 秋田県平鹿郡山内村大松川地先
型式	重力式コンクリートダム
堤高	65.0 m
堤頂長	296.0 m
堤体積	303,000 m ³
非越流部標高	EL.191.00 m
集水面積	38.15 km ²
湛水面積	0.74 km ²
総貯水容量	12,150,000 m ³
有効貯水容量	11,000,000 m ³

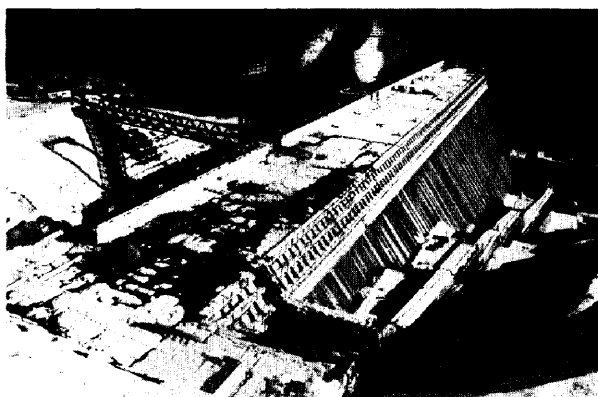


写真-1 平成6年12月堤体状況

§ 3. コンクリート試験

3-1 RCDコンクリートの大型共試体試験

大松川ダムの試験施工及び本体施工に先立ち、大松川ダムの原石山から採取した骨材を用いてフルミックスのRCDコンクリートについて、単位水量、締固め時間、経過時間、フライアッシュ比等を変化させ、コンシステ

ンシー、圧縮強度、密度等を把握し最適な配合を確認するものとして、大型供試体試験が秋田県大松川ダム建設事務所より（財）ダム技術センターに委託され実施された。

(1) 平成2年度大型供試体試験¹⁾

この試験では、単位セメント量120kg/m³、フライアッシュ比20%、混和剤はPNo.8を使用し、表-2に示すように単位水量や締固め時間等の条件を変え、33条件で行なわれた。使用した骨材の品質を表-3に示す。

①試験A

単位水量を90~130kg/m³の5条件とし、締め固め時間（0~120秒）を6つに区切り、時間と密度の相関について検討した。試験の結果では、まだ固まらないコンクリートの締固め密度は、単位水量の増加ならびに締固め時間が長くなるにしたがって高くなる傾向にあり、ピークは単位水量120kg/m³で生じた。

②試験B

単位水量を90~130kg/m³の5条件、締め固め時間を15秒と60秒との2条件で計10条件として、大型供試体よりφ170mmコアを4本採取し硬化コンクリートのコア外観、コア密度、圧縮強度について比較した。試験の結果は、締め固め時間60秒において、硬化コンクリートの密度最大値を得る単位水量は110kg/m³~130kg/m³の範囲にあり、最大圧縮強度が得られかつコア外観評価の優れたコンクリートは、単位水量が110kg/m³のものであった。

またまだ固まらないコンクリートおよび硬化コンクリートの品質を比較すると、いずれも締め固め時間の60秒が15秒に比べ良好な品質が得られた。

③試験C

気温20℃、湿度75%の環境条件下で、単位水量105、110、115kg/m³の3条件、練り混ぜ直後を含めた5時間後までの経過時間6条件で、経時変化と、締め固め密度、コア観察、圧縮強度の相関について検討した。試験のコンクリートの品質は、いずれの単位水量においても経過時間の増大に伴い急激に低下した。

④試験F

コンクリート配合の単位セメント量、水量、細骨材率を一定とし、セメントのフライアッシュ比を20%、30%に変化させ、まだ固まらないコンクリートの締固め密度および硬化コンクリートのコア外観、コア密度、圧縮強度について比較した。試験の結果、まだ固まらないコンクリートのVC値ならびに締め固め密度は、フライアッシュ比30%の方が20%に比べてフライアッシュ置換え率増の効果が出ている。

また硬化コンクリートの標準供試体圧縮強度、コア外

観、コア圧縮強度はフライアッシュ比20%の方が30%に比べて良好となっております、フライアッシュの強度発現の特性力が影響しているものと考えられる。

(2) 平成3年度大型供試体試験²⁾

平成2年度に行なわれた配合試験では、混和剤PNo.8のみが使用されたが、その試験結果を踏まえてPNo.8とPNo.89の2種類を使用して、RCDコンクリートに適した混和剤の検討を行った。コンシステンシーの経時変

化に着目した配合試験と、フルミックスのRCD用コンクリートを大型モールドを用いて、振動ローラの締固めとほぼ同等な振動締固めを行い、より実施工に近い条件で締固め効果と使用材料の品質およびコンクリート配合との関係等の基礎資料を得ることを目的とした大型供試体試験と、さらに外部コンクリートに適した混和剤の選定および性能を確認するために外部コンクリート配合試験が(財)ダム技術センターによって行われた。

表一2 平成2年度大型供試体試験条件

試験区分		試験 A	試験 B	試験 C	試験 F
試験条件	単位体積重量 C+F (kg/m ³)	120	120	120	120
	フライアッシュ比 F/(C+F) (%)	20	20	20	20, 30
	単位水量 W (kg/m ³)	90, 100, 110, 120, 130	90, 100, 110, 120, 130	105, 110, 115	110
	細骨材率 α/a (%)	30	30	30	30
	締固め時間 T (秒)	0°, 5°, 15°, 30°, 60°, 120°	0°, 5°, 15°, 30°, 60°	0°, 5°, 15°, 30°, 60°	0°, 5°, 15°, 30°, 60°
経過時間 P (hr)	0	0	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	
試験条件数 (33条件)	5条件(W)	5条件(W) × 2条件(T) = 10条件	15条件(V) × 6条件(P) = 90条件 15条件(V) × 5条件(P) = 75条件 15条件(V) × 6条件(P) = 90条件 (18条件)	1条件(F/(C+F)) (2条件)	
試験目的	締固め時間の効果	配合(W)の確認	放置時間の影響 (放置後のVCの影響)	配合(F/(C+F))の確認	
試験結果の整理項目	単位水量、締固め時間と以下の関係 ・沈下量(密度)	単位水量と以下の関係 ・沈下量(密度) ・大型供試体VC値 ・コアの単位体積重量 ・コアの外観評価点 ・コアの圧縮強度	放置後のVC値と以下の関係 両 左	フライアッシュ比と以下の関係 両 左	
	VC値, α, β	VC値, α, β	VC値, α, β	VC値, α, β	
備 考	コアは作製しない	コアは全て作製	コアは60秒のみ作製 環境条件 1120℃, 1175℃ V=110kg/m ³ , 0hr: 1120℃	コアは60秒のみ作製 F/(C+F)=20%は試験Bと併用	

表一3 試験に用いた骨材の品質

試験項目	規格値	平成2年11月～3年1月	平成3年8月	平成3年11月	平成4年6月	
		大型供試体試験	大型供試体試験	堤体試験施工1	堤体試験施工2	
骨材	比重(絶乾)	—	2.550	2.560	2.540	2.540
	吸水率(%)	—	3.520	2.820	3.100	3.100
	単位容積質量(t/m ³)	—	1.600	1.630	1.560	1.560
	実積率(%)	—	62.700	63.700	61.400	61.400
	粗粒率(F.M)	—	2.420	2.420	2.710	2.710
	洗い損失量(%)	5.0以下	—	—	4.800	4.800
安定性損失量(%)	10以下	—	—	—	—	
骨材	比重(絶乾)	2.5以上	2.560	2.590	2.550	2.550
	吸水率(%)	3.0以下	2.880	2.790	2.830	2.830
	単位容積質量(t/m ³)	—	1.610	1.630	1.505	1.505
	実積率(%)	—	63.000	62.900	59.100	59.100
	粗粒率(F.M)	—	7.890	7.840	7.870	7.870
	洗い損失量(%)	1.5以下	—	—	0.900	0.900
安定性損失量(%)	12以下	—	—	10.200	10.200	

表-4 配合の種類

混和剤の種類と使用量	試験No.	粗骨材の最大寸法 (mm)	VC値の範囲 (秒)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 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)					配合特性	
								水 W	セメント C+F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	α	β
P No. 8 (C+F) x 0.25%	1	80	—	1.5 ± 1	73.1	30	30	95	130	666	1574	P No. 8 0.325	1.32	1.20
	2	"	—	"	76.9	"	"	100	"	662	1563		1.37	1.22
P No. 89 (C+F) x 0.75%	3	"	—	"	80.8	"	"	105	"	659	1554	P No. 89 0.975	1.43	1.24
	4	"	—	"	84.6	"	"	110	"	655	1546		1.48	1.25
P No. 89 (C+F) x 1%	5	"	—	"	88.5	"	"	115	"	651	1535	P No. 89 1.300	1.54	1.27

表-5 配合試験条件

Gmax: 80mm, C+F=130kg/m³, F/(C+F)=30%, VC値20秒

試験項目	混和剤の種類と使用量
1. 単位水量確認試験 (配合3条件) s/a 固定	(1) #/s No. 8 (C+F) x 0.25% (2) #/s No. 89 (C+F) x 0.75% (3) " (C+F) x 1%
2. 経時変化試験(その1) (配合3条件) ・経過時間: 0, 1, 2, 3, 4, 5hr ・環境条件: 気温 20℃ 湿度 75% コンクリート温度 20 ± 3℃	同上
3. 経時変化試験(その2) (配合1条件) ・経過時間: 0, 1, 2, 3, 4, 5hr ・環境条件: 気温 25℃ 湿度 75% コンクリート温度 25℃	#/s No. 89 (C+F) x 1%

表-6 単位水量確認試験結果

混和剤種類と使用量	単位水量 (kg/m ³)				
	95	100	105	110	115
P No. 8 (C+F) x 0.25%	41.7	28.7	20.7	14.7	9.0
P No. 89 (C+F) x 0.75%	39.0	27.3	20.3	14.0	9.7
P No. 89 (C+F) x 1.0%	37.7	26.7	19.3	13.7	9.3

コンクリート温度 21℃ 上段: VC値(秒)
気温 24℃ 下段: 単位体積重量(kg/m³)

① 配合試験

表-4に示す配合について、表-5に示す試験条件に基づき、計19種にわたり試験が行われた試験の結果、単位水量試験では、表-6に示すように単位水量の増加に伴いVC値は減少し、VC値20秒程度を得るための単位水量は、混和剤の種類や添加量にかかわらず105kg/m³であることを確認した。

経時変化試験では、表-7に示すように、コンクリート温度21℃でのVC値は、PNo.8を標準使用量(0.25%)で用いた配合の方がPNo.89を0.75~1.0%で使用したものに比べて経時変化が非常に大きく、PNo.89においても使用量0.75%は1%に比べ変化が大きい。また、各混和剤の標準供試体密度、圧縮強度(σ₂₈)の経時変化を比

表-7 経時変化確認試験結果

混和剤種類	コンクリート使用量(C+F) (%)	コンクリート温度(℃)	経過時間 (hr)					
			0	1	2	3	4	5
P No. 8	0.25	21	21	50	93	163	253	450
			20	22	25	41	77	157
P No. 89	1.00	25	19	20	23	36	47	55
			21	21	24	39	49	58
P No. 8	0.25	21	2418	2401	2277	2215	2203	2137
			2425	2426	2422	2414	2355	2284
P No. 89	1.00	25	2432	2433	2430	2428	2420	2417
			2426	2425	2430	2418	2429	2339
P No. 8	0.25	21	91	82	49	30	29	21
			92	91	89	83	77	51
P No. 89	1.00	25	94	95	94	94	89	81
			94	92	91	88	84	76

上段: VC値(秒)
中段: 単位体積重量(kg/m³)
下段: σ₉₁圧縮強度(kg/m³)

表-8 試験結果

締固め密度試験 (締固め時間60秒)

項目	0hr	1hr	3hr	5hr
密度(t/m ³)	2.462	2.456	2.445	2.429
密度比(%)	99.1	98.8	98.4	97.7

コア外観評価

項目	0hr	1hr	3hr	5hr
評価点	3.98	3.96	3.94	3.88

コア密度と圧縮強度(σ₉₁)

項目	0hr	1hr	3hr	5hr
密度(t/m ³)	2.452	2.454	2.458	2.450
圧縮強度(σ ₉₁)	154	151	153	150

設計単重 r_c 2.3t/m²

配合強度 f'cr 75kgf/cm²

較すると、PNo.8はPNo.89に比べて変化が激しく、VC値と同様の傾向である。

PNo.89を1%使用した配合では、コンクリート温度21℃と25℃を比較すると、VCの経時変化、単重、圧縮強度ともほとんど差は見られない。

以上、VC値、標準供試体密度、圧縮強度の経時変化

より、PNo.89は一般にRCDコンクリートに使用されているPNo.8に比べて経時変化が少なく、適切な使用によりコンクリートの品質を低減することなくコンクリートの経時変化を小さくする効果が得られた。

②大型供試体試験

配合は前述の配合試験より表-4に示す経時変化試験用の単位水量105kg/m³、PNo.89の使用量を単位セメント量(C+F)×1%の配合を用いて、コンクリート温度20±3℃条件で、VC値の経時変化、縮固め密度、採取コアの品質確認が行われた。

試験の結果を表-8に示す。縮固め密度は、理論最大密度2.485t/m³に対して経過時間に伴い低下する傾向にある。しかし密度比は98~99%程度が得られており、空気量1.5±1%とした時の密度比97.5~99.5%となる配合上の限界付近まで締め固められている。またコアの外観評価は約4点と優れたものであり、経時変化による影響は非常に小さい。さらに採取コアの密度、圧縮強度とも経時変化は程んど見られず、大松川ダムの配合設計条件を十分に満足している。この試験においても、配合試験同様PNo.89の効果が認められた。

③外部コンクリート配合試験

RCD用コンクリートに比べ単位セメント量の多い外部コンクリートについても、最適な混和剤の選定を目的として、表-9の条件に基づき試験を行った。

経時変化試験では、練上りスランブ3cmに対し、PNo.8=0.25%配合のものは変化が激しく、2時間経過でスランブ0となった。

PNo.89=0.75%ではスランブ2cm以上を保持する時間は1.5時間であったが、PNo.89=1%では、保持時間が4時間と大きい。フライアッシュ比30%と20%の比較では、経過時間とスランブ、沈下度、空気量のいずれにおいても両者に顕著な差は見られなかった。

耐久性試験では、経時変化に対して最も良好な結果が得られたPNo.89を1%使用し、フライアッシュ比を30%と20%に変化させた配合について、凍結融解試験を行い耐久性を確認した。試験時の配合を表-10に、試験結果を表-11、12に示す。

凍結融解試験ではフライアッシュ比30%、20%とも耐

表-9 外部コンクリート配合試験条件

G_{max}150mm, C+F=220kg/m³, スランブ3±1cm, 空気量3±1%

試験項目	混和剤種類と使用量	フライアッシュ比	試験の主な主旨
1. 配合の選定 (1) 最適細骨材率の把握 (配合1条件)	PNo.8 (C+F)*0.25%	30%	最適な細骨材率を選定するための試験
(2) 配合確認試験 (配合4条件)	① PNo.8 (C+F)*0.25% ② PNo.89 (C+F)*0.75% ③ PNo.89 (C+F)*1.0% ④ PNo.89 (C+F)*1.0%	①~③ 30% ④ 20%	各混和剤の単位水量を選定するための試験
2. 経時変化試験 (配合4条件) ・経過時間 0, 1, 2, 3, 4, 5hr ・環境条件 気温 20℃ 湿度 75% C. T 20±3℃	① PNo.8 (C+F)*0.25% ② PNo.89 (C+F)*0.75% ③ PNo.89 (C+F)*1.0% ④ PNo.89 (C+F)*1.0%	①~③ 30% ④ 20%	ダムコンクリートの経時変化を把握し、適切な混和剤を選定するための試験
3. 耐久性試験 (配合2条件) (1) 品質管理試験 (2) 凍結融解試験 (3) 空気量、気泡間隔係数試験	PNo.89 (C+F)*1.0%	30% 20%	ダムコンクリートの耐久性を確認するための試験

久性は比較的良好で、質量減少率は通常3%程度とされる値に比べ、それぞれ1.26%、0.81%と良好な結果が得られた。またコンクリート内部劣化の尺度とされる相対動弾性係数については、300サイクル後土木分野で限界値とされる60%以上に対し、平成3年度に実施した空気量3%の配合では66%を示し、一応満足はしているものの既設ダムコンクリートに比べ低いと判断された。

そこで平成4年度に空気量3~5%とした配合で試験を実施した。結果はPNo.89を1%用いた空気量3、4、5%配合の耐久性指数は、それぞれ70、77、90%を示し、空気量の多い順に向上した。またPNo.89の使用量相違による耐久性指数に大差は認められず、PNo.89は耐久性に特に問題ないことを確認した。この試験結果から外部コンクリートにおいても、PNo.89はPNo.8に比べ経

表-10 耐久性試験配合

混和剤の種類と使用量	粗骨材の最大寸法(mm)	スランブの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	セメント量 W/(C+F)(%)	フライアッシュ量 F/(C+F)(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量 (kg/m ³)					
							水		セメント		粗骨材	
							W	C+F	S	G	減水剤	A E 剤
4/10 PNo.89 (C+F)*1%	150	3±1	3±1	50.9	30	25	112	220	514	1560	(C+F)*1.00%	(C+F)*0.023%
"	"	"	"	52.3	20	"	115	"	513	"	2.20	0.0616
"	"	"	"	52.3	20	"	115	"	513	"	(C+F)*1.00%	(C+F)*0.024%
"	"	"	"	52.3	20	"	115	"	513	"	2.20	0.0528

表-11 耐久性試験の品質管理結果

混和剤の種類と使用量	フライアッシュ比 (単位水量)	スランブ (cm)	沈下度 (秒)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	気温 °C (湿度%)	標準供試体								試験上のコンクリート状態	
							材令	密度 (t/m³)				圧縮強度 (kgf/cm²)				
								1	2	3	平均	1	2	3		平均
P No. 89 (C+F) * 1% (112kg/m³)	30%	① 3.0 ② 3.1	9	3.4 (4.8)	21	28 (70)	σ7	2.357	2.359	2.361	2.359	113	115	115	114	良好
							σ28	2.360	2.378	2.358	2.365	188	196	205	196	
							σ91	2.368	2.356	2.360	2.358	365	362	357	361	
P No. 89 (C+F) * 1% (115kg/m³)	20%	① 3.3 ② 3.0	10	3.4 (4.8)	21	28 (70)	σ7	2.346	2.355	2.355	2.352	119	121	116	119	"
							σ28	2.350	2.344	2.366	2.353	207	200	215	207	
							σ91	2.330	2.349	2.350	2.343	366	367	357	363	

注) 空気量は、上段フルサイズ換算の値、下段()書きは、40mmアンダーの実測値を示す。

表-12 凍結融解試験結果

C+F=220%

混和剤と使用量	フライアッシュ比 (単位水量)	試験開始時供試体重量 (g)	質量減水率 (%)									
			30サイクル	60サイクル	90サイクル	120サイクル	150サイクル	180サイクル	210サイクル	240サイクル	270サイクル	300サイクル
P No. 89 (C+F) * 1% (112%)	30%	9468	+0.10	-0.02	-0.22	-0.33	-0.47	-0.71	-0.88	-0.94	-1.07	-1.26
P No. 89 (C+F) * 1% (115%)	20%	9438	+0.06	-0.05	-0.16	-0.19	-0.26	-0.40	-0.53	-0.58	-0.68	-0.81

実施年度 (平成)	目録	空気量 (kg)	W (C+F)	フライアッシュ比 (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	試験開始時の質量 (kg/m³)	相対動弾性係数 (%)											
								30	60	90	120	(150)	180	210	240	270	300		
3年	3±1	50.9	30	112	220	1.0	3.0	3.4	3.01	88	85	82	80	79	76	74	72	70	66
						1.0	3.0	3.4	2.93	89	85	82	81	80	78	76	74	71	69
4年	4±1	50.9	30	112	220	1.0	1.5	3.3	3.00	93	91	89	86	84	82	80	78	75	70
						—	1.0	3.8	2.57	95	94	91	91	91	90	89	87	86	83
						0.5	2.0	3.8	2.70	96	94	94	92	92	91	90	89	86	83
						1.0	2.0	4.1	2.76	95	95	94	93	90	88	87	85	81	77
						1.2	2.0	3.9	2.82	92	91	90	89	88	87	85	83	81	79
5±1						1.0	3.0	5.0	2.62	96	96	96	96	96	94	94	93	91	90

時変化を低減できるものと考え堤体の外部コンクリートについても、環境条件に合わせたPNo.89の適正量と、空気量4±1%とする配合が選定された。

3-2 RCDコンクリートの試験施工

大松川ダムの本体施工法として採用されたRCD工法の実施に先立ち、これまで実施された試験結果を基に、配合の確認、放置時間と転圧仕様の確認および各種施工技術の取得を目的として試験施工が行われた。

(1) 平成3年11月取付河川における試験施工

① 配合確認

RCDコンクリートの施工性、品質確保上最適な配合を確認するため、表-13に示す基本配合を基に細骨材率と単位水量を変化させた組み合わせ(表-14)で9ケース実施した。

その結果は、s/a=30%、W=105kg/m³の示方配合案のケースで単位容積重量2,430kg/m³の最大値を示した。またコアの評価点は52本の平均が4.3点と高いことが認められ、示方配合案の妥当性が確認できた。

② 放置時間と転圧仕様の確認試験

前述の試験で確認された配合s/a=30%、W=

105kg/m³を用いて、放置時間1、2、4時間、転圧回数10~20回に変化させた組立せで施工性の確認を行った。コアの外観評価点を見ると放置時間1時間で4.5点、2時間で4.4点、4時間で3.6点と、放置時間が長くなるに伴ない、コアの外観評価点は低下する。

また転圧回数の相違による評価点の差はほとんど見られなかった。コア密度も139本試験した中で設計密度2,300kg/m³を下回るものは無く、平均2,384kg/m³であった。

コアの圧縮強度についても配合強度(f'cr)75kgf/cm²(7.35MPa)を下回ったものは129本中1本あったが、材齢91日強度σ91で平均すると114kgf/cm²(11.2MPa)であった。これらの試験結果より転圧回数についても示方配合案同様、無振動2回振動10回の転圧で所定の品質が得られることが確認された。

(2) 平成4年6月真木の沢における試験施工

平成3年11月に実施した試験施工は、冬期の施工となったためPNo.89の使用量は0.5%として行ったが、大型供試体試験結果では、コンクリート温度20°Cの条件では1%であった。それを確認する目的で夏場の条件で(表-

表-13 RCD用コンクリートの基準配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	VC値 (sec)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	水セメント比 W/C+F (%)	フライアッシュの導入率 P/C+F (%)	単位量 (kg/m ³)					
						水 W	セメント C+F	細骨材 G			減水剤 No.89 (C+F)α%
								20mm	40mm	80mm	
30	20±10	1.5±1	30	80.8	30	105	130	659	1555	0.5	
									544 467 544		

表-14 試験施工仕様表

混和剤: (C+F)*0.5%

ケース (レーン-リフト)	目的	配合		放置時間 (hr)	転圧回数 (回)	
		s/a (%)	W (kg/m ³)			
A-1	配合の確認	30	102	1	12	
B-1			105			
C-1			108			
D-1		28	94			
E-1			91			
F-1			94			
A-3		32	108			
B-3			105			
C-3			102			
A-2	転圧時間様と確認	30	105	1	10, 12	
B-2					14, 16	
C-2					18, 20	
D-2					2	10, 12
E-2						14, 16
F-2						18, 20
D-3					4	10, 12
E-3						14, 16
F-3						18, 20

15) 試験を行った。

試験の結果、放置時間とVC値の関係を見ると、P No.89が1%では3時間以内であればVC値目標20±10秒を満足できるが、4時間になると50秒と大きくなる。

コアの単位体積重量はいずれも大差なく、設計値を上回り良好である。圧縮強度についてもいずれのケースとも配合設計強度を上回る良好な値を示した(表-16参照)。コアの外観評価については、PNo.89の使用量1.2%放置4時間が4.2点、1.0%の4時間が4.4点、0.8%の3時間が3.9点であり、3時間のものがやや劣るがいずれも4点以上で良好といえる。

(3) RCD用コンクリートの混和剤使用量試験

2回にわたる試験施工を実施し、混和剤PNo.89を用いた結果は品質管理基準を満足するものであったが、両者施工時の環境は寒暖極端であったため、コンクリート温度の違いによる使用量とその効果は不明であった。そこで5月から11月にかけての施工においては、PNo.89の使用量をコンクリート温度を5~25℃、PNo.89を0.5~1.4%で変化させ、VC値の経時変化をもとにPNo.89の適正量を把握する試験を52回にわたり実施した。結果を表-17に示す。そこで良好な転圧が行えるVC値の上

表-15 真木の沢試験施工の配合

打設日	粗骨材の最大寸法 (mm)	VC値 (sec)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	水セメント比 W/C+F (%)	フライアッシュの導入率 F/C+F (%)	水 W	セメント C+F	S	G	単位量 (kg/m ³)	
											No.89 (C+F)α%	
											α	β
6/3	A1											1.2
6/4	B1	80	20±10	1.5±1	30	80.8	30	105	130	659	1555	1.0
	C1											0.8

転圧回数: 12回 α=セメント/細骨材 空隙比 α=1.43 β=水/粗骨材 空隙比 β=1.24

表-16 コア採取試験結果

打設日	レーン番号	混和剤配合 (C+F)α%	放置時間 (hr)	V C値 (秒)	材令28日		材令91日	
					単位体積重量 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	単位体積重量 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
					σ28	σ91	σ28	σ91
6/3	A-1	1.2	4	85	2.388	117.2	2.396	158.6
6/4	B-1	1.0	4	50	2.394	109.8	2.385	173.5
	C-1	0.8	3	180	2.385	119.4	2.368	140.7
平均値					2.389	116.4	2.383	157.6
コア圧縮強度/標準供試体圧縮強度 (%)					-	120	-	94
コア密度/理論密度 (%)					98	-	97	-

表-17 VC値の経時変化試験結果

P No.89使用量 (%)	(C+F)α=0.5%			(C+F)α=0.75%			(C+F)α=1.0~1.4%			
	10	15	20	10	15	20	25	20	25	
経過0	平均VC値	20.0	16.5	20.5	19.6	20.0	20.5	22.0	18.6	19.2
経過1	平均VC値	27.1	19.8	28.5	22.0	26.0	22.8	23.0	23.1	27.2
経過2	平均VC値	32.3	32.3	81.0	23.6	24.0	25.5	28.0	28.6	31.0
経過3	平均VC値	43.2	57.0	308.0	23.4	28.0	31.5	53.0	30.6	34.7
経過4	平均VC値	56.0	73.5	-	27.8	44.0	48.5	58.0	32.9	40.3
経過5	平均VC値	79.4	110.0	-	31.0	-	71.5	74.0	-	79.3

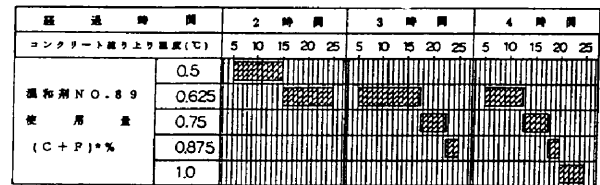


図-1 コンクリート温度とPNo.89使用量相関図

限を40秒としてとらえたときの、締め固めまでの所要時間とコンクリート温度に対してのPNo.89使用量の関係を求めると図-1のようになる。0.75%のデータはないが、0.75%と1%の中間をとり設定したものである。

またPNo.89を8, 5, 3%使用する3種類の配合を

設定し、過添加時のRCD用コンクリートの品質を把握する試験を実施した結果、VC値は8、5%では混練後11時間経過でもほとんど変化は見られず、3%の10時間経過で5秒減少と経時変化は非常に小さい。圧縮強度用として作製した供試体の脱型を96時間後に行ったが、8、5%では未凝結で自立せず崩れる。3%は辛じて脱型可能な状態であったが強度試験に至らない。経日すれば硬化するとされているが確認はしていない。このような結果から混和材の適正な使用量の把握が重要であり、過剰な量の使用についてはコンクリートの品質管理上充分な注意が必要である。

§ 4. 打設したコンクリートの品質

堤体コンクリートは、平成4年9月より打設を開始し、平成6年12月の時点で約225,000m³打上り、約75%の進捗となっている。

これまで3年間にわたって、実際に施工したコンクリートの品質については、標準供試体試験結果やコア試験結果を見ると、圧縮強度、密度とも配合設計値を充分満足し、またコア外観評価においても、平成4年度採取数7リフトの平均が4.61点、5年度52リフトで4.64点、6年度8月までの60リフトで4.88点と年々上向している。

これは骨材の品質および施工技術の向上によるものと思われ良好な結果が得られている。

§ 5. おわりに

コンクリート用骨材は、原石中に含まれる不安定な鉱物が長年にわたり自然淘汰された天然砂利が良いとされるが、近年河川砂利の枯渇により山砕が多くなっている。この現状の中で骨材の品質と適正な混和剤を見極め、資源の有効利用を図り、かつ耐久性を満足させるダム建設を求められる例が今後増すものと思われる。

最後に、本工事の施工にあたり、御指導を頂いている秋田県、(財)ダム技術センター、(株)建設技術研究所をはじめ関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：大松川ダム大型供試体試験報告書 1/2大型供試体試験業務編，平成3年3月
- 2) (財)ダム技術センター：RCD工法関連検討評価業務報告書 大型供試体試験編，平成4年3月