複数種類の骨材を使用するダムコンクリートの配合選定
－湯西川ダム本体建設工事－

国土交通省関東地方整備局　正会員　飯原　征敏
国土交通省関東地方整備局　正会員　穴原　一幸
鹿島建設　正会員　大内　斉
鹿島建設　正会員　○安田　和弘

１．はじめに

栃木県日光市に建設された湯西川ダムでは，ダムコンクリート用骨材として近傍の河床砂礫２種類と，堤体基礎掘削時に発生した岩ズリのうち比較的品質の良いものを使用する計画となっていた。これは，コスト縮減を図ることに加え，建設地が日光国立公園特定地域内であるため，一般的なダムで実施される大規模な原石山開発に伴う地山改変による環境への影響を可能な限り小さくするためである。ただし，堤体積：約 106 万 m^3 の湯西川ダム建設には，骨材量として約 117 万 m^3が必要であった。この骨材量を一箇所からの採取で賄うことは不可能であったため，複数種類の骨材を使用する必要があった。なおかつ，基礎掘削岩盤は凝灰岩が主体で強風化部も介在しており，コンクリート用骨材としては，比較的低品質なものも含まれていた。

本稿では，複数種類の骨材を用いた場合の配合検討内容等について述べる。

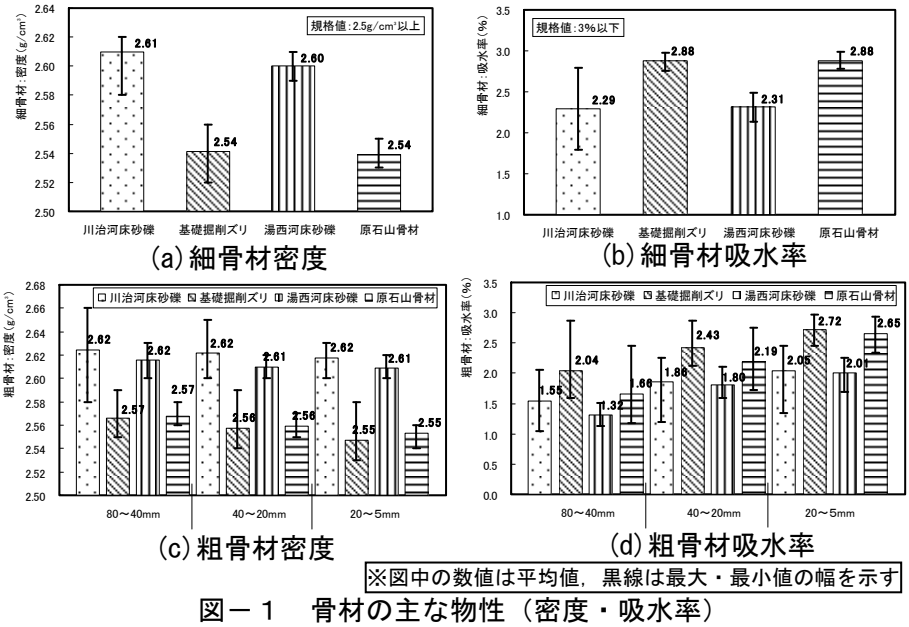
２．湯西川ダムで使用した骨材種類と主な特徴

湯西川ダムで使用した骨材の概要等を表－１に示す。当ダムでは，４種類の骨材（川治ダム上流に堆積していた河床砂礫：以下「川治河床砂礫」，堤体基礎掘削時に発生した岩ズリのうち比較的品質の良いもの：以下「基礎掘削ズリ」，ダム建設場所上流の湯西川に堆積していた河床砂礫：以下「湯西河床砂礫」，上記３種類での不足分を補うために堤体上流（貯水池内）から採取した原石：以下「原石山骨材」）を使用した。

表－１　湯西川ダムの使用骨材

骨材名	使用順序	使用標高	時期	採取量(m^3)	備考
川治河床砂礫	① ③ ⑤	EL571.0～590.0 EL620.0～640.0 EL653.0～656.0	2009.8.26～2009.12.21 2010.8.3～2010.10.22 2010.12.13～2010.12.19 2011.2.21～2011.2.25	523,920	川治ダム上流に堆積した河床砂礫を採取・仮置きし、使用
基礎掘削ズリ	②	EL590.0～620.0	2010.2.22～2010.8.1	350,290	堤体基礎掘削時に発生したズリのうち、吸水率等の品質を満足するものを使用
湯西河床砂礫	④	EL640.0～653.0	2010.10.25～2010.12.11	134,080	湯西川（堤体上流）に堆積した河床砂礫を採取・仮置きし、使用
原石山骨材	⑥	EL656.0～690.0	2011.2.26～2011.8.27	160,790	堤体上流の一部を原石山として開発し、採取・使用
合計				1,169,080	

各骨材の主な物性として，細骨材・粗骨材の密度・吸水率を図－１に示す。密度については，細骨材・粗骨材ともに，河床砂礫２種類は 2.6g/cm^3程度であるが，基礎掘削ズリ・原石山骨材は 2.55g/cm^3程度と低い値となっていた。また，吸水率については，河床砂礫２種類は比較的低い値であるが，基礎掘削ズリ・原石山骨材については，規格値上限



図－１　骨材の主な物性（密度・吸水率）

キーワード　重力式コンクリートダム，複数種類の骨材，低品質骨材，配合
連絡先　〒107-8348　東京都港区赤坂 6-5-11　鹿島建設(株)　土木管理本部　TEL03-5544-0997

（3.0%）に近い 2.9%程度となっていた。また，密度・吸水率の値が比較的良好な川治河床砂礫については，結果のばらつきが大きい傾向にあった。

表－２　湯西川ダムにおける配合（外部，内部，構造用）

配合種別	骨材種類	最大骨材寸法 (mm)	設計スランプ (cm)	設計VC値 (秒)	設計空気量 (%)	水粉体比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³) 水 W	結合材 B	細骨材 S	粗骨材 G1 80-40mm	粗骨材 G2 40-20mm	粗骨材 G3 20-5mm	混和剤 AE減水剤 (B×%)	高性能AE減水剤 (B×%)	AE剤 (B×%)
外部	川治河床砂礫	80	3.0 ±1.0	－	4.5 ±1.0	47.6	27.5	100	210	561	521	519	445	－	0.70	0.046
	基礎掘削ズリ					48.6	25.0	107	220	489	518	516	441	－	0.50	0.042
	湯西河床砂礫					45.5	27.5	100	220	558	517	515	442	－	0.50	0.046
	原石山骨材					47.3	27.5	104	220	541	503	503	429	－	0.50	0.032
内部 (RCD)	川治河床砂礫	80	－	20±10 自主管理値 12±2	1.5 ±1.0	63.8	31.5	83	130	704	540	538	461	0.25	－	－
	基礎掘削ズリ					74.6	31.5	97	130	674	517	515	440	0.25	－	－
	湯西河床砂礫					67.7	33.0	88	130	733	523	521	447	0.25	－	－
	原石山骨材					70.0	33.0	91	130	711	509	509	435	0.25	－	－
内部 (有スランプ)	川治河床砂礫	80	3.0 ±1.0	－	3.5 ±1.0	68.8	29.0	110	160	605	522	520	446	0.25	－	0.026
	基礎掘削ズリ					65.3	25.0	111	170	504	534	532	456	0.25	－	0.025
	湯西河床砂礫					67.5	29.0	108	160	606	521	519	445	0.25	－	0.024
	原石山骨材					64.1	29.0	109	170	587	507	507	433	0.25	－	0.026
構造用	川治河床砂礫	80	5.0 ±1.0	－	3.5 ±1.0	45.2	27.5	113	250	549	510	508	436	0.25	－	0.038
	基礎掘削ズリ					44.8	25.5	112	250	496	511	509	434	0.25	－	0.039
	湯西河床砂礫					45.2	27.5	113	250	549	508	506	434	0.25	－	0.026
	原石山骨材					44.8	25.5	112	250	496	511	511	436	0.25	－	0.028

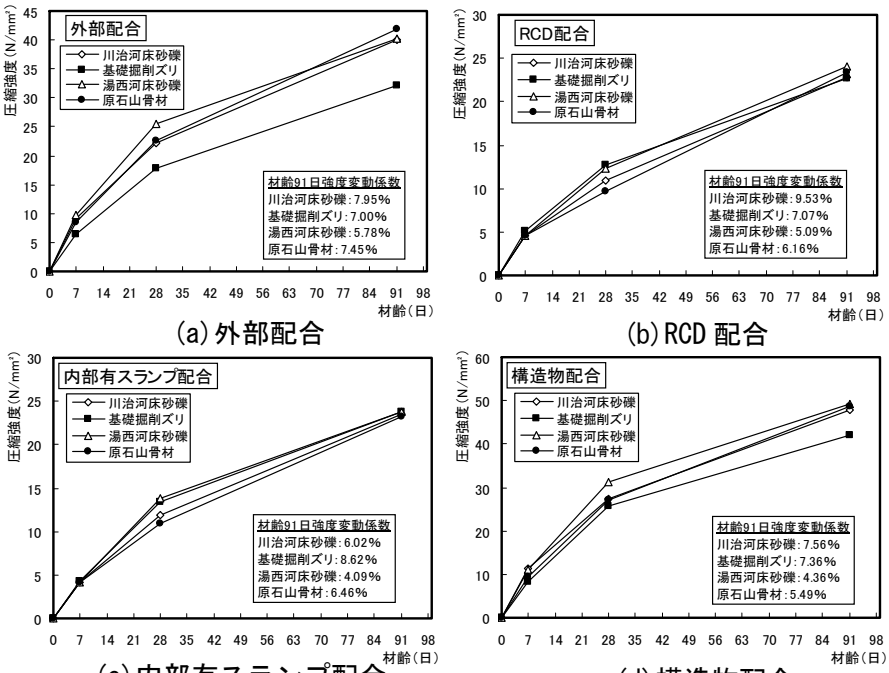
３．各骨材を用いた配合の品質的対策

各骨材を用いた配合のうち，主要なものを表－２に示す。各骨材を使用した場合のコンクリートについては，事前の試験練り・試験施工等を実施して適切な性状が得られるように配合上の改善を実施した。主な配合改善内容を以下に示す。

- 骨材が比較的低品質で微粒分が多かった基礎掘削ズリについては，他の配合よりも細骨材率を低くした
- 河床砂礫と比較して，基礎掘削ズリ・原石山骨材は単位水量を多くして所定の流動性を確保した
- 外部配合については，当初の配合仕様では所定の凍結融解抵抗性が確保できなかったため，設計空気量の増大（3.5%→4.5%）・混和剤種類の変更（AE 減水剤→高性能 AE 減水剤）等の対策を講じた
- RCD 配合の VC 値については，試験施工による施工性確認をした結果，設計 VC 値による管理ではなく，自主管理値として「12±2 秒」を採用した
- 内部有スランプ配合については，基礎掘削ズリ・原石山骨材を用いた場合において，材料分離抵抗性の向上・強度の確保等の観点から，単位セメント量を増量した

４．品質管理結果

上述した配合における品質管理結果として，各配合・各骨材における材齢と圧縮強度の関係を図－２に示す。これらの結果から，基礎掘削ズリ骨材については，骨材自体の強度が低いため，高い強度が得られ難い結果となっていることが分かる。ただし，それ以外の強度については，骨材種類が異なっていても，ばらつきは比較的小さくなっており（材齢 91 日強度における変動係数は概ね７%程度，最大でも 10%以下），上述した各種対策を実施したことで高精度の管理を遂行できている。



(a) 外部配合　(b) RCD 配合

(c) 内部有スランプ配合　(d) 構造物配合

図－２　各骨材を用いた場合における材齢と圧縮強度の関係

５．まとめ

湯西川ダムでは，コンクリート用骨材として４種類の骨材を使用したが，各骨材の特性に合わせて配合を選定することで，所定の施工性・安定した強度を得ることができた。今後良質な骨材の減少に伴って，比較的低品質なものをコンクリート用骨材として使用せざるを得ない状況が多くなると考えられる。今回の検討が，今後の低品質骨材を用いた配合選定の一助となれば幸いである。