

JIOCE式高速連続ミキサの開発とダム事業への適用の現状

連続計量式落下型コンクリート製造システムに関する研究



田所 正
調査第一部 部長



綿貫布征
調査第一部 次長



辻 孝広
調査第一部
首席主任研究員



我妻敏昭
調査第一部 主任研究員



工藤和重
調査第一部
首席主任研究員

はじめに

近年は公共事業費の削減や自然環境の保護に対する強い要望を受けて、今後ダムなどの大規模公共事業は、いままで以上にコスト縮減と環境への配慮が必要となっている。

このような背景を受け近年は大規模なコンクリート構造物を構築する場合のコスト縮減や環境への配慮の面から各種の新技术の取り組みが行われている現状にある。

本報告は平成9年から国土技術研究センターで実施しているコンクリート製造分野における新たな技術研究の現状を紹介するものである。

一般にコンクリートを製造するプラントは、バッチ式ミキサを練混ぜ機として使用しており、バッチ毎に材料を計量し、ミキサに投入し所定の時間練り混ぜを行い、練混ぜ完了後排出する方式をとっている。

これでは計量から排出までの間のロス時間が発生することは避けられないとともに、コンクリート製造量を多くするためにはミキサの容量を大きくしたりミキサの数を増やすことが必要となり、設備費やロスタイムも増大することとなる。

また、バッチ式ミキサそのものが動力を必要として大量の電力を消費するエネルギー消費型のシステムとなっているのが現状である。

このようなロスタイムや電力消費を極力少なくしコスト縮減や環境負荷軽減のため高速かつ連続的にコンクリートを製造するシステムの開発を平成9年より研究会を設立し行ってきた。

ここでは、高速連続ミキサの開発の経緯と内容について

紹介し、宮ノ川ダムの実証結果に基づいて本システムの性能を評価するとともに、現在実施中の三室川ダム及びこれから施工予定の木戸ダムについての現状紹介と、技術評価の現状等について報告するものである。

JIOCE式高速連続ミキサの概要

バッチ式ミキサに対してJIOCE式高速連続ミキサは「骨材供給装置」「モルタル供給装置」「落下型練り混ぜ装置」の3つの要素から構成され、「材料の切り出し計量」「モルタル供給」「練り混ぜ」「排出」まで一連の作業が連続的に行われるため、ロスタイムも少なく、比較的簡単な設備で大容量のコンクリートの製造が可能となるシステムである。

従来の連続ミキサは粗骨材最大寸法の大きなコンクリートには適さないため、その用途はきわめて限定されていた。

本システムは図-1に示す通りであり、粗骨材を供給する粗骨材供給装置、粗骨材量に応じたモルタルを供給するモルタル供給装置、粗骨材とモルタルを練り混ぜるコンク

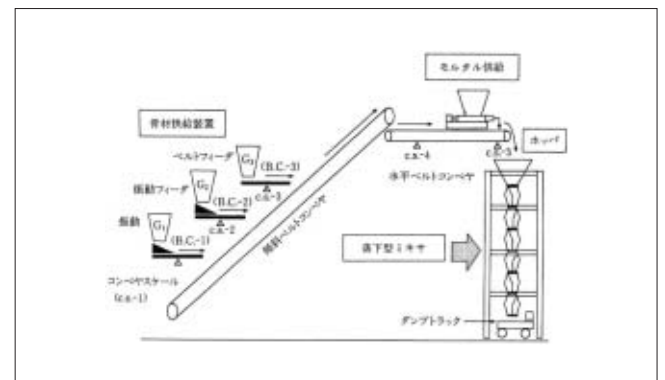


図-1 JIOCEミキサ システム全体図

リート練り混ぜ装置、材料を運搬するベルトコンベヤ、コンベヤスケールを用いた材料計量装置、監視制御装置などで構成されている。

システムの具体的な特徴は以下の通りである。

1 粗骨材供給装置

骨材供給装置は粗骨材を分級（80～40・40～20・20～5mm）毎に貯蔵し、定量で切り出すもので、切り出された骨材は各分級毎にベルトコンベアーに組み込まれたコンベアスケールによって、連続的に質量で計量される構造となっている。

これらのコンベヤスケールの情報はコンピューター制御で各分級毎に骨材供給装置にフィードバックされ、骨材供給量の管理がなされている。

2 モルタル供給装置

あらかじめ練り混ぜたモルタルを、粗骨材の供給量に応じて所定の配合となるように供給する。この際にモルタル供給量に脈動を生じさせないため常に定量的にモルタル供給が行えるよう有スランプ・RCD用コンクリート等の性状に応じスクリーフィーダ・ベルトフィーダー等使い分ける。

モルタルの供給量はコンクリートの製造速度や配合条件によって異なるが任意の条件に適用できるシステムとなっている。

3 コンクリート練り混ぜ装置

練り混ぜ装置は従来の動力による練り混ぜ装置の概念と全く異なった重力を利用した落下型のミキサである。

この装置は、矩形の二つ異なった経路を有するユニットを組み合わせたもので、材料を重ねて延ばすという過程をユニットの数だけ繰り返すことにより練り混ぜが進行するという機能を持った装置である。

したがって、N個のユニットを連続して使用すれば、2のN乗の層が形成され材料が分散し、かつ材料はユニット中を落下する過程で装置の内面や材料同士が衝突することによって均一に混ぜが行われるのである。

このユニットの大きさは、閉塞防止上使用する最大骨寸法の6倍以上である事が必要で、練り混ぜ速度をも考慮して決定される。

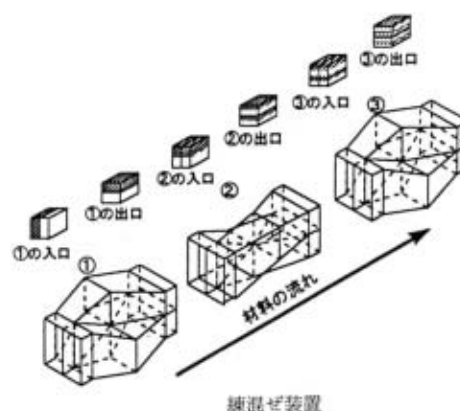


図-2 MY-BOXの概念図

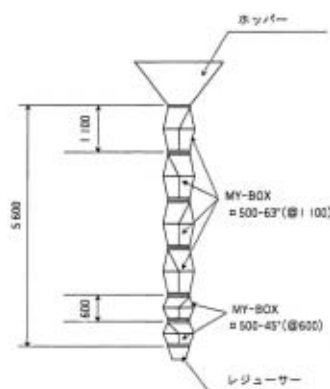


図-3 MY-BOXの設置図例

4 材料の計量と制御システム

本システムでは、配合と製造量に応じて切り出された粗骨材について、各分級ごとに粗骨材全量を、それぞれのコンベアスケールによって質量で直接計量し、制御システムで管理監視している。

また、計測された粗骨材量と連動してモルタル供給装置

を制御する事によってコンクリート練り混ぜ装置に供給される材料を所定の比率で管理する機能をもっている。さらに、水量の管理は粗骨材の表面水を計測することによって、モルタル製造の水量で自動制御調整を行う。

これらのシステムの稼働状況は、制御パネルで集中管理を行い、リアルタイムでの連続的な表示・制御をおこなっている。

この制御システムによって、材料の供給異常などによる品質不良の発生を未然に防止している。

JIOCE式ミキサの開発研究の経緯

本システムを開発するため平成9年10月12日「JIOCE式ミキサ・コンクリート研究会」を設立した。

この研究会は東京大学・工学部・基礎工学の前川宏一教授を委員長とし、高知工科大学の岡村甫副学長（現学長）や日本のダムの第一線で設計施工に携わっている民間建設会社等の技術者により構成された委員から成り、事務局は当センターが担当しダム建設工事などでコンクリートを大量に製造する場合の各種の技術的検討を行っている。

本研究会では、開発、普及に向けて様々な議論を行って来たが、最終的な目標として「運転管理マニュアル」「設計積算の考え方」等、本システムを使用する場合の手引きとなるべき技術資料のとりまとめを行う事としている。

当初は実施のダムとして長崎県の宮ノ川ダムをモデルケースとして各種の試験を行いミキサの性能・品質などの検討を行うため「宮ノ川ダムコンクリート研究会」を設立し検討を行ってきた。

その後岡山県の三室川ダムや福島県の木戸ダムなどにおいても各県のご協力を得てそれぞれ「三室川ダムJIOCEミキサ研究会」「木戸ダムJIOCEミキサ研究会」を設立し、JIOCEミキサによるコンクリート製造の技術支援と運転性能や品質確認等の検討を行っている。

各ダムでの適用概要について

1 宮ノ川ダムにおける適用概要

宮ノ川ダムは、長崎県五島列島の北部の南松浦郡新魚目町の番岳を水源として山間部から市街地を流れ、有川湾に注ぐ流路延長約1.65km、流域面積1.97km²の二級河川宮ノ川に建設した小規模生活ダムで堤高32m、堤頂長191m、堤体積約4万m³の重力式コンクリートダムである。

平成3年に建設事業に着手し本体コンクリートの打設は平成11年6月に開始し、平成12年7月に打設完了している。



図-4 宮ノ川ダムの位置図

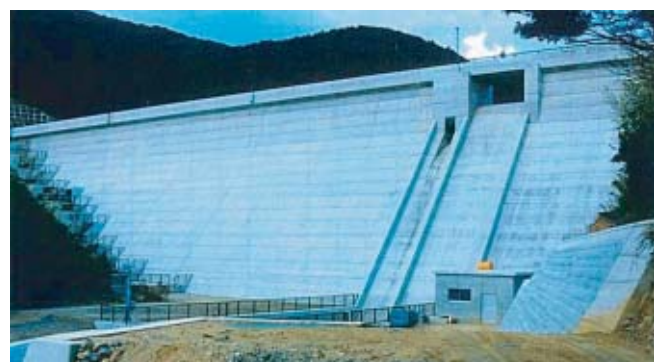


写真-1 宮ノ川ダム完成写真

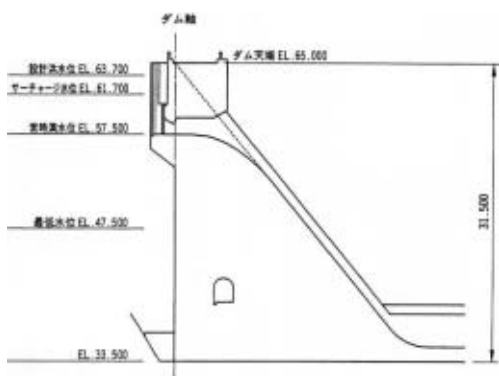


図-5 宮ノ川ダム 断面図



写真-2 宮ノ川ダム JIOCEミキサの全景

宮ノ川についてはJIOCE式ミキサを実ダムに初めて適用することから長崎県の協力を得て「宮ノ川ダムコンクリート研究会」（建設省開発課・土木研究所、長崎県河川開発課・有川土木事務所、ダム技術センターで構成、事務局を長崎県と国土センターで担当）を設立し、施工上の課題について各種の検討を行った。

JIOCEミキサによるコンクリートは平成11年に試験施工を行い同年11月9日から平成12年4月29日まで18,135m³の製造を行った。

宮ノ川ダムにおけるJIOCE式ミキサの特長としてはモルタル供給装置が脈動を押さえ定量的にモルタルを供給出来るモノポンプを採用していることである。

モノポンプの構造は図-6に示すとおりで、ゴム製のステータと呼ばれるチューブ状の筒の中心にロータと称する鋼製の回転軸が据え付けられており、材料ホッパ内に供給されたモルタルは、ポンプ内に吸入されながらロータとステータの間から連続的に容積一定で排出される。

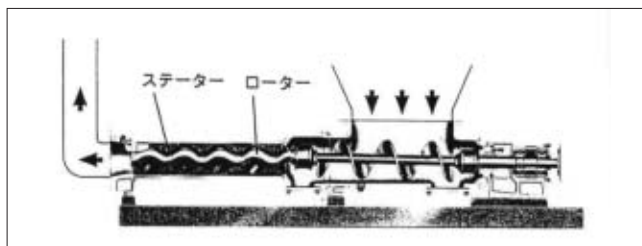


図-6 モノポンプの構造図

(1) 製造したコンクリート (A、B、C配合) の品質としてのスランプ・空気量・圧縮強度等の特性

品質管理結果は表-2及び表-3に示すとおり、全て規格値を満足する良好なコンクリートが製造できている。また、圧縮強度もバッチ式ミキサと同等の値が得られその変動も少なかった。

また、本システムは、粗骨材にあらかじめ練り混ぜたモルタルを供給する方式であるので、モルタルと粗骨材が十分に練り混ぜられているか確認するため、圧縮強度の他、引張強度についても試験を行った。A配合での試験結果を図-7に示す。本システムとバッチ式ミキサに差は無く、圧縮強度の1/10~1/12程度となっている。

表-1 宮ノ川ダム示方配合表

No.	配合比	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							温 度 測	
				C	W	S	G1 (80-40)	G2 (40-20)	G3 (20-5)	No. B (4種度)	303A	
1	A	48.7	28	236	115	555	610	457	457	2.36	TA	
2	B	64.2	28	176	113	571	626	470	470	1.76	TA	
3	C	52.3	28	220	115	555	610	457	457	2.2	TA	
4	Cp	48.4	40	320	155	714	-	457	685	3.2	3A	

表-2 宮ノ川ダムコンクリート品質管理結果その1

配合	スランプ (cm)					空気量 (%)				
	最大	最小	平均	偏差	規格値	最大	最小	平均	偏差	規格値
A	5.0	3.0	4.2	0.5	4±1	5.0	3.1	4.1	0.4	2.6~5.1
B	5.0	3.5	4.2	0.5	4±1	5.0	3.2	4.0	0.3	2.6~5.2
C	5.0	4.0	4.6	0.4	4±1	4.9	3.6	4.3	0.3	3.2~5.8

表-3 宮ノ川ダムコンクリート品質管理結果その2

配合	圧縮強度 (N/mm ²)											
	材齢 7日				材齢 28日				材齢 91日			
	最大	最小	平均	偏差	最大	最小	平均	偏差	最大	最小	平均	偏差
A	31.1	24.5	27.4	1.4	47.7	38.2	43.1	2.2	58.9	47.3	54.0	3.0
B	22.0	15.9	18.1	1.4	37.3	29.6	32.4	2.1	46.0	37.0	40.3	2.8
C	27.9	20.2	23.6	1.8	45.1	34.9	40.1	2.9	55.9	42.1	50.0	3.4

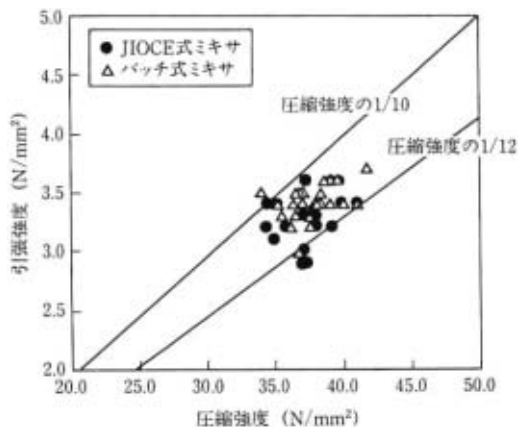


図-7 圧縮強度と引張強度の関係 (A配合)

(2) 天候がコンクリート強度に与える影響

本システムでは、ベルトコンや練混ぜ装置 (MY-BOX) でコンクリートが薄く延ばされるため、天候によるコンクリートの乾燥などの影響を受けやすくなることが懸念された。そこで、天候がコンクリート強度に与える影響を把握するため、ここでは試料採取時の外気温と圧縮強度 (7日、28日、91日) について整理した。結果を図-8に示す。

外気温が高が高くなると圧縮強度が若干低くなる傾向にあるが、本システムとバッチ式ミキサに明瞭な差は認められない。

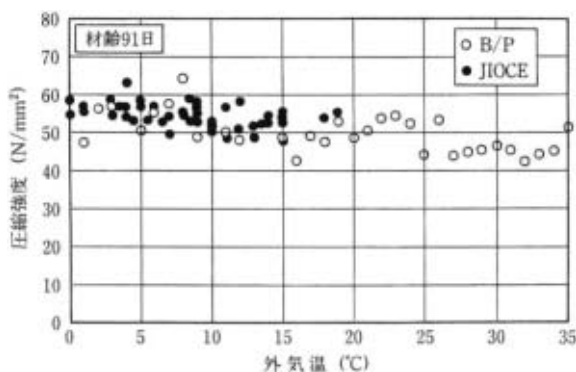


図-8 外気温と圧縮強度

(3) スランプ・空気量の経時変化

スランプ・空気量の経時変化を確認し、実施工上問題が無いことを確認した。90分後の結果を図-9に示すとおり本システムとバッチ式ミキサとでは明瞭な差は見られなかった。

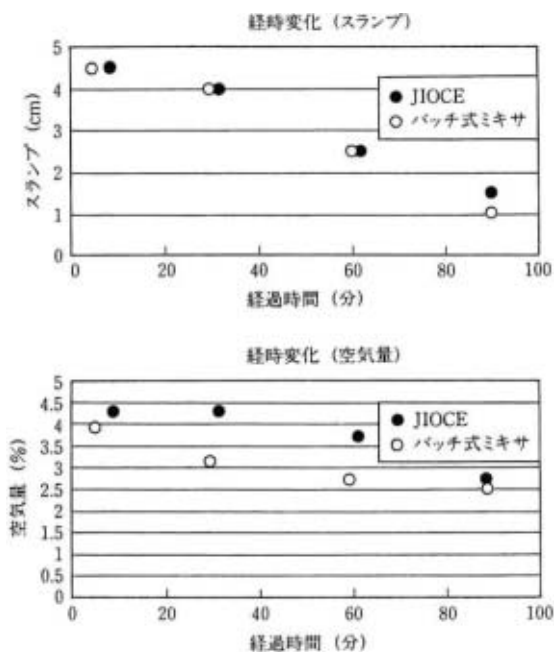


図-9 スランプ・空気量の経時変化

(4) 運転管理についての試験

①最大・最小練混ぜ速度試験

宮ノ川ダムに設置された本システムの最大および最小練混ぜ能力を確認した。試験では、ミキサの練り混ぜ性能に準じて、練混ぜ後のコンクリート (製造量 2.0m^3) の最初の 0.5m^3 および最後の 0.5m^3 を採取し、スランプ、空気量、モルタル量、粗骨材量を測定した。

結果を表-4に示す。練混ぜ量が $40\text{m}^3/\text{hr} \sim 100\text{m}^3/\text{hr}$ の範囲であれば、計量値にも問題なく、スランプ、空気量およびコンクリート中のモルタル量・粗骨材量のばらつき等のコンクリートの品質も良好であり、ベルトコンベヤ上の粗骨材、モルタルの供給状況も一定量が安定した状態で供給され、問題はないことが確認された。

表-4 最大・最小練混ぜ速度試験結果

練混ぜ速度	スランプ (cm)		空気量 (%)		モルタル量の差 (%)	粗骨材量の差 (%)
	前半	後半	前半	後半		
40 m^3/hr	4.0	4.0	4.7	4.6	0.0	1.2
60 m^3/hr	4.0	4.0	4.4	4.3	0.2	3.4
80 m^3/hr	3.5	4.5	4.3	4.2	0.2	1.9
100 m^3/hr	4.0	4.5	4.3	4.3	0.3	2.9

なお、この試験での練混ぜ速度の上下限は、宮ノ川ダムに設置された本システムでのコンベヤスケールの精度による限界値である。

②MY-BOX通過後の粗骨材の性状確認（衝撃による割れ）

練混ぜ時におけるMY-BOX落下時の衝撃が粗骨材粒度に及ぼす影響を把握するため、今回は粗骨材のみをMY-BOXに投入し、前後の粒度等を確認することとした。この試験方法では、実際の練混ぜ時に粗骨材が受ける衝撃よりも大きなものとなると考えられる。

試験では80～40、40～20、20～5mmで分級した粗骨材（G1、G2、G3）それぞれについて、搬送ベルコン上に撒きだした後に、ベルコンを作動させて骨材をMY-BOX内に投入し、下から排出される骨材を全量採取し、ふるい分け試験を行った。

粗骨材のベルコン上への撒き出し区間長は、練混ぜ速度が100m³/hrのときのコンクリート100リットル分とし、粗骨材量はコンクリート100リットルに含まれる量とした。

試験結果を表-5に示す。

落下前の粗骨材の重量に対する落下後の破損した粗骨材の重量の比率は、いずれの粒径でも1%未満と少ないものであり、コンクリートへの影響はほとんどないと考えられる。

表-5 落下による粗骨材粒度変化の試験結果

重量区分	G		
	80-40	40-20	20-5
①落下前の重量 (kg)	79	34	41
②落下後の重量 (kg)	78.18	33.71	40.71
③フルイ通過量 (2.5 mm 以上) (kg)	0.554	0.206	0.052
④フルイ通過量 (2.5 mm 以下) (kg)	0.119	0.101	0.168
⑤フルイ通過量 (全量) (kg)	0.673	0.307	0.220
⑤/① (%)	0.9	0.9	0.5

③モノポンプの耐久性としての磨耗状況

本システムでは、モルタル供給装置として脈動を生ずることなく定量的にモルタルを供給できるモノポンプを使用した。しかしモノポンプのロータの磨耗が激しく、宮ノ川ダムでは約5,000m³毎にロータの交換が必要となった。

モルタル供給装置については、ロータの材質の検討を行うこと、スクリーフィーダ・ベルトフィーダなどのモノ

ノポンプ以外の供給装置の検討の必要がある。

(5) MY-BOXの耐久性

本システムの練混ぜ装置には、重力を利用した落下型ミキサであるMY-BOXを使用しているが、材料落下時の衝撃や摩耗により部分的に穴があく状況が見られた。

そこでMY-BOXの耐久性向上について検討するため、通常の鋼板以外の硬度の高いスウェーデン鋼板を用いたものや、内側に水平に鉄筋棒を溶接したものについて製造量とMY-BOX板厚の関係を調査した。

その結果は通常の鋼板では、打設数量が約2,700m³で穴があくのに対し、スウェーデン鋼や鉄筋棒を溶接したものでは耐久性が向上効果があることが解った。

2 三室川ダムにおける適用概要

三室川ダムは、高梁川水系西川支川三室川の岡山県阿哲郡神郷町油野地先に建設する重力式コンクリートダムで堤高74.5m、堤頂長231m、堤体積23万m³の多目的ダムである。

平成12年3月に本体建設工事に着手し平成14年11月現在で約2万m³の打設を完了している。

三室川ダムについては平成13年8月に試験練りを行い、性能・品質確認ののち平成13年11月26日に「三室川ダムJIOCEミキサ研究会」（岡山大学坂田憲次環境理工学部長を委員長として国土交通省治水課長補佐、国土技術政策



図-10 三室川ダム 位置図

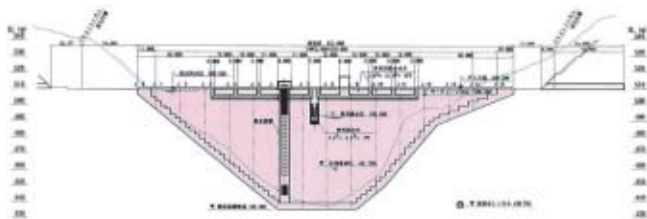


図-11 三室川ダム 上流面図

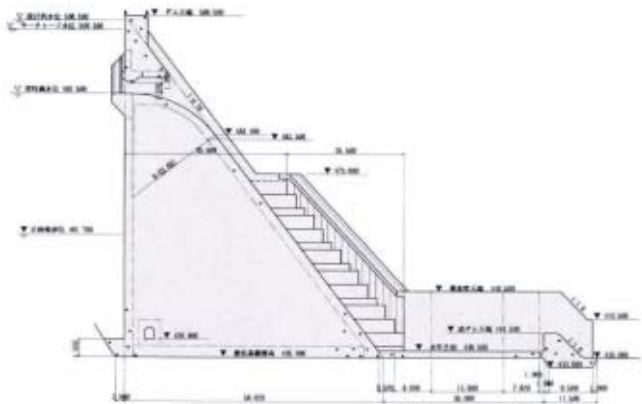


図-12 三室川ダム 断面図

研究所ダム研究室長・日本基礎技術(株)副社長、岡山県河川開発課長・阿新地方振興局建設部長、ダム技術センター首席研究員等)を設立し、製造を行いながら各種の検討を実施している。

三室川ダムでの特徴は以下のとおりである。

- 1、モルタル供給装置としては、宮ノ川で使用したモノポンプは摩耗が大きいことから、三室川ではモルタル供給装置としてスクリーフィーダーを採用している。
- 2、練混ぜ装置であるMY-BOXの内側には摩耗を抑制するための、テロプレート（耐摩耗超合金）を溶射し補強している。

スクリーフィーダーはセメント等の紛体を輸送するために多く使用されているが、ホッパに貯留されたモルタルの供給減量の重量変化を計量し常に一定量を供給するロスインウェイト方式と、さらにスクリーの回転により定量的に送り出す構造のものである。

三室川ダムにおいては宮ノ川に比較し大量のコンクリートを打設することから年間を通じての運転性能・品質確認・



写真-3 スクリューフィーダーの設置状況

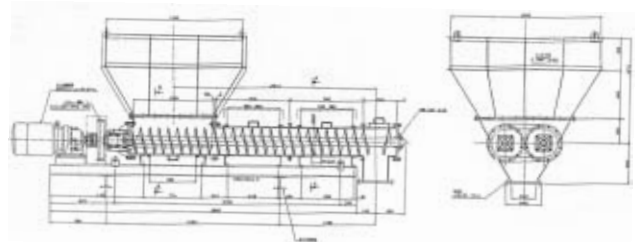


図-13 スクリューフィーダー構造図

運転能力などについてデータの確認検討を実施している。

三室川ダムの実証成果としては運転性能についても支障はなく、夏場の外気温が高い条件においても品質規格に合致するとともにバッチ式ミキサと同等な品質を確保していることを確認している。

3 木戸ダムにおける適用概要

木戸ダムは福島県双葉郡楢葉町大字上小埜地先の木戸川中流部に建設するもので、木戸川は流路延長42.8km、流域面積263.1km²の二級河川である。



図-14 木戸ダムの位置図

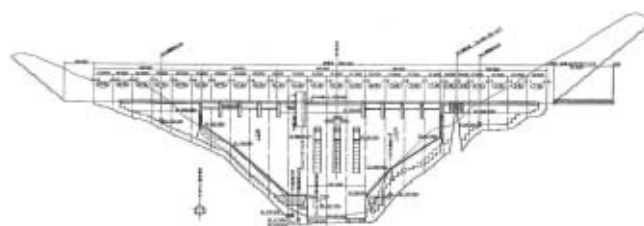


図-15 木戸ダム 下流面図



写真-4 木戸ダム モルタル供給装置 (ベルトフィーダ)

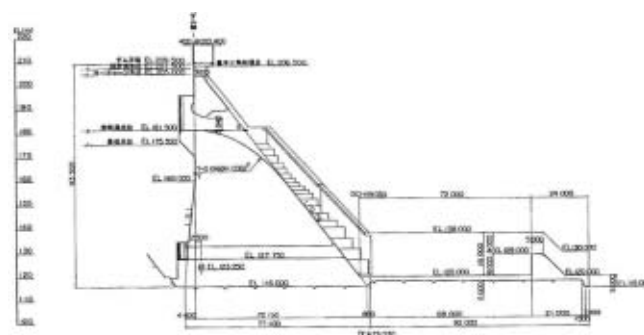


図-16 木戸ダム 断面図

木戸ダムは堤高93.5m、堤頂長350m、堤体積504,000m³のRCD工法による重力式コンクリートダムで本体建設は平成12年10月20日に着手し、平成20年3月19日に完成予定である。

木戸ダムについては、平成14年6月にJIOCE式ミキサの機器設置を完了し、平成14年12月3日に「木戸ダムJIOCEミキサ研究会」（国土センター田所調査第一部長を座長とし国土交通省治水課長補佐・国土技術政策総合研究所ダム研究室長、ダム技術センター首席参事、福島県河川開発課長・木戸ダム建設事務所長等）を設立し、JIOCEミキサによるRCD用コンクリート製造の技術支援を行う為、今後各種の実証確認を行う予定である。

木戸ダムの特徴としてはRCD用コンクリートであり固練りモルタルであることからモルタル供給装置はベルトフィーダーを採用している事が特徴である。

ベルトフィーダーとは細骨材や粗骨材の輸送に多く使われているが、ホッパに貯留されたモル

タルを切り出しベルトコンベヤにより定量的に送り出す構造のものである。

宮ノ川・三室川・木戸ダムの緒元と配合等は表-6の通りである。

表-6 宮ノ川・三室川・木戸ダムの緒元・配合等の比較

ダム名	宮ノ川ダム			三室川ダム		木戸ダム	
	A配合(外部)	B配合(内部)	C配合(横連)	A配合(外部)	B配合(内部)	RCD用0スランポンクリート	
事業者	長崎県			岡山県		福島県	
所在地	長崎県南松浦郡新魚目町			岡山県阿曾郡神郷町		福島県双葉郡楢葉町	
河川名	宮ノ川水系宮ノ川			高梁川水系三室川		木戸川水系木戸川	
形式	重力式コリ-ドダム			重力式コリ-ドダム		重力式コリ-ドダム	
ダム高 (m)	32.0			74.5		93.5	
堤頂長 (m)	191.0			231.0		350.0	
堤体積 (m ³)	40,900			230,300		504,000	
施工実績							
JIOCE 式高速連続ミキサ使用実績	平成11年11月9日～平成12年4月29日 18,100m ³			平成14年6月14日～平成15年7月(予定)		平成14年11月～平成17年10月(予定)	
施工方法	ブロックア工法			振型ア工法		RCD工法	
コンクリート運搬設備	30t-クレーン			14.5t 固定式-クレーン		20.0t 固定式-クレーン 11.0t 軌道式-クレーン	
配合	配合区分	A配合(外部)	B配合(内部)	C配合(横連)	A配合(外部)	B配合(内部)	
	Gmax(mm)	80	80	80	80	80	
	352φ (VC値)	4±1cm	4±1cm	4±1cm	3±1cm	3±1cm	(20±10秒)
	空気量 (%)	2.6~5.1	2.6~5.2	3.2~5.8	3.5±1	3.5±1	1.5±1
	水灰比 (%)	48.7	64.2	52.3	50.5	50.3	80.0
粗骨材率 (%)	28	28	28	30	32	30	
主要機械							
モルタル供給装置	モノポンプ			スクリュ-フィーダ		ベルトフィーダ	
MY-BOX寸法 (mm)	500×500			500×500		650×650	

JIOCE式高速連続ミキサの技術評価等について

JIOCE式高速連続ミキサの技術評価の一環として(財)土木技術センターの技術審査ならびに、国内及び米国の特許を取得しているのでその概要について述べる。

1 技術審査証明の取得について

前述の「JIOCE式ミキサコンクリート研究会」の活動の一環として平成10年6月(財)土木技術センターの土木系材料技術審査証明(第1005号)を取得した審査証明の内容としては、材料供給性能・材料供給性能・練混ぜ管理・練混ぜ性能・製造能力であるが、本システムの性能については規定の品質を確保できるとともに、バッチ式ミキサと同等の性能である事が認証されている。

2 国内及び海外特許の所得について

国内の特許については、発明の名称を「連続式混合プラントとして」として平成9年9月24日に申請し、平成14年4月5日に特許を取得している。また、海外においては、平成11年3月8日に米国を含めた4機関(ヨーロッパ、韓国、中国)への出願を行い、米国においては発明の名称を「CONTINUOUS MIXING PLANT」として平成14年3月5日に特許を取得している。

まとめ

今まで宮ノ川・三室川・木戸の3ダムにおいて、各事業者のご協力を得て従来バッチ式ミキサに併設したJIOCE式高速連続ミキサにより多くの知見を得ることが出来ている。

本研究は、第一段階として実証試験により有スランプコンクリート・RCD用コンクリート(内部・外部コンクリート)については規定の品質性能を確保する事が可能であ



日本国 写真-5 特許証 米国

り従来バッチ式ミキサと同等な品質を確保出来ることが確認された。

第二段階としての実ダムにおけるコンクリート製造を行う有スランプコンクリートについては運転性能・品質・能力の確認が得られており、RCD用コンクリートについても近く結果が得られる段階となっている。

今後の展望としてJIOCE式高速連続ミキサの特性や性能を十分理解していただき国内・海外を問わず使用の製造実績を積み重ねる事によりさらに技術の確立が図られることであろうと考えている。

本研究では、木戸ダムのRCD用コンクリートまでで得られる知見を元に、JIOCE式高速連続ミキサの「運転管理マニュアル」「設計積算の手引き」を技術資料としてとりまとめることを最終目標としている。

最後に本研究に技術的指導をいただいた各研究会のメンバーの方々や早く現場を提供いただいた事業者や施工者に対し心から御礼申し上げ研究の現状紹介と中間の報告とさせていただきます。

参考文献

- 1) 財団法人土木研究センター：1998連続計量式落下型コンクリート製造システム「JIOCE式高速連続ミキサ」、民間開発建設技術の技術審査・証明事業に基づく土木系材料技術・技術審査証明報告書
- 2) 内田 明、廣瀬利雄、梶原日出隆：1999「連続計量式落下型コンクリート製造システム」：ダム工学vol.9, NO.3:
- 3) 田中哲治・和田一範：2000.12:「宮ノ川ダムにおけるJIOCE式高速連続ミキサの適用」：ダム技術NO.171:P47~57
- 4) 和田一範：2000.6:「JIOCE式高速連続ミキサの開発とダム事業への適用」：ダム日本NO.668:P57~69