

# ベルトコンベアで運搬されたコンクリートの品質

## Quality of Concrete Conveyed by Belt Conveyer

井畑 敏昭\*  
Toshiaki Ibata

高木 正一\*  
Shoichi Takagi

### 要 約

月山ダム本体建設工事において、ベルトコンベアを用いてコンクリートを運搬する工法が採用されている。しかし、ベルトコンベアにより運搬されたコンクリートは、運搬途中において気象条件や機械的な要因により、製造時に比べて品質が変化する。これらの対策として、コンクリート品質の変化量を想定した製造管理とコンクリートに超遅延剤を添加することにより、所要の品質を確保している。

本報告は、これらの経緯と結果についてまとめたものである。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. ダム概要
- § 3. 試験施工
- § 4. 施工結果
- § 5. おわりに

## § 1. はじめに

月山ダムは、施工の迅速化と工期の短縮および作業の

安全性確保のために、コンクリートのベルトコンベア運搬システムを併用したRCD工法を採用している。この工法は、建設省直轄では初めて実施され、RCD工法に対する新方式として新技術開発を行うことを、目的の1つとしている。また、ベルトコンベアは、インクライン上の先端コンベアを打設高さに応じて4段階に引き上げる方式をとっている。

本施工では、運搬距離（最大=364.4m）が長く、乗り継ぎ回数（最大11回）の多いベルトコンベアを用いるため、コンクリートに悪影響を及ぼすことが懸念された。そこで実施工に先立ち、試験施工により運搬によるコンクリートの品質変化の確認を行った。その結果、骨材中の粘土鉱物の影響によりコンクリートが早期凝結を起し、

\*東北(支)月山ダム(出)

表-1 ダム諸元

河川名	赤川水系梵字川
形式	重力式コンクリートダム
堤頂標高	EL=270.0m
ダム長	123m
堤頂長	393m
堤頂幅	7m
堤体積	116万m <sup>3</sup>
地質	新三紀中新世安山岩溶岩等

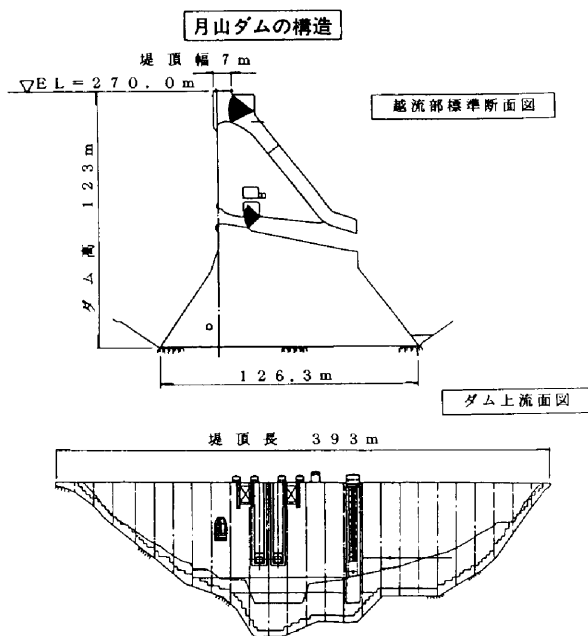


図-1 ダム構造図

ワーカビリティの低下が認められた。さらに、ベルトコンベアの運搬により製造時のコンクリートのコンシステンシーや空気量が減少することが判明した。

このため、コンクリート用混和剤として超遅延剤を使用することによりワーカビリティを確保するとともに、製造時において、コンシステンシーや空気量の減少量を見込んだ品質管理を行うことにより対処することとした。

コンクリートの品質管理試験は、製造時および堤体到着時に行うこととした。

現在、打設は、平成6年5月より開始され同7年10月に30万m<sup>3</sup>打設を完了している。本報告は、実打設により得られたデータにより、ベルトコンベア運搬後のコンクリートの品質についてまとめたものである。

## § 2. ダム概要

月山ダムは、山形県東田川郡朝日村地内の赤川水系梵字川に建設される。梵字川は、朝日山系寒河江山（標高

1695m）を源とし、月山から流れ出る田麦川と湯殿山からの湯殿川を合わせた、流域面積290km<sup>2</sup>、流路延長38kmの河川である。ダムサイト付近は、わが国でも有数の豪雪地帯であり、積雪深は2～3mに達する。

当ダムは、洪水調整、流水の正常な機能の維持、水道水の供給、発電を目的とする、多目的ダムである。表-1にダム諸元を、図-1にダム構造図を示す。

工事は、昭和59年に着手し、同63年に本体着工、平成6年5月より堤体コンクリートの打設を開始し、同12年の完成を目指している。平成6年10月（ベルト延長=364.4m）および同7年10月（ベルト延長=285m）の堤体状況を写真-1、写真-2に示す。

## § 3. 試験施工

月山ダムのコンクリートは、バッチャープラントより引き出され、ダム堤体上流の地山地形に沿ってジグザグ状に設置した主運搬ベルトコンベアを経て、インクライン上の先端コンベヤにより、堤体上のコンクリートホップへ運搬される。このように、ベルト上を最大約360m運搬され、さらに多くの乗り継ぎ部（乗り継ぎ回数11回）を有するため、コンクリートの材料分離が生じる。このため、計画時からコンクリートの品質に悪影響を及ぼすのではないかと懸念され、確認のために試験施工を実施した。図-2にコンクリート運搬のフローを示す。

試験施工の結果、運搬後のコンクリートは凝結時間が短く、ワーカビリティが低下することが判明した。その原因として、骨材表面に付着した粘土鉱物を含んだ微粒分による影響や、ベルトコンベア運搬中におけるコン

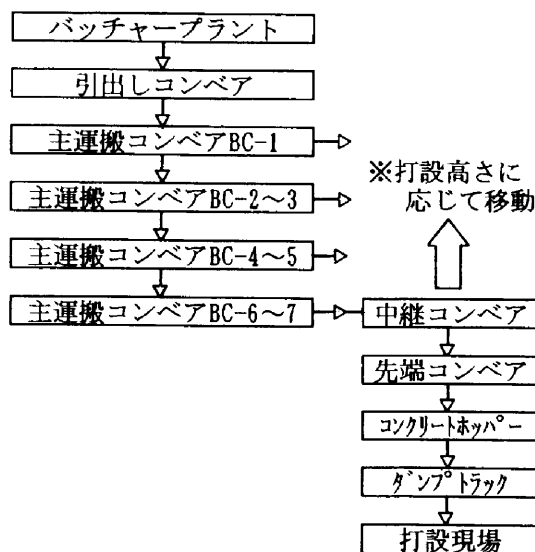


図-2 コンクリート運搬フロー図

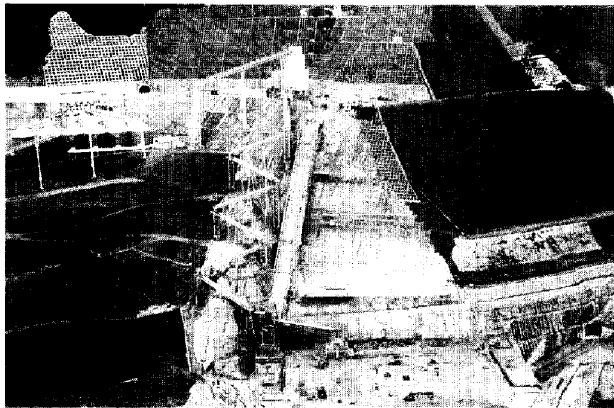


写真-1 平成6年10月堤体状況 (ベルト延長=364.4m)

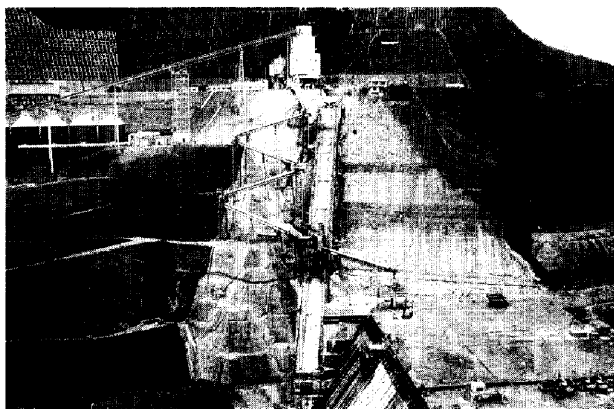


写真-2 平成7年11月堤体状況 (ベルト延長=285.0m)

クリート中の水分散逸等が考えられた。この対策として、超遅延剤（サンフローER-2）を使用することとし、その品質確認試験の結果、所要の品質であることを確認し示方配合を決定した。表-2に示方配合表を示す。

しかし、超遅延剤を使用してもベルトコンベア運搬後は、コンシステンシー・空気量ともに減少するため、その減少量を製造時に上乗せして出荷することにより対応することにした。

## § 4. 施工結果

### 4-1 ベルトコンベア運搬後の品質

#### (1) コンシステンシー

コンシステンシーは、コンクリートの柔らかさの程度を示すものであり、有スランプコンクリート（A・B2配合）ではスランプ、RCDコンクリート（B1配合）であればVC値がこれにあたる。

ベルトコンベア運搬により、コンクリートのコンシステンシーの値は変化する。その主な原因として、運搬中、乗り継ぎ部等でコンクリートがかき乱され、外気の影響

表-2 示方配合表

	単位	A配合	B1配合	B2配合
スランプ	cm	3 ± 1		3 ± 1
VC値	秒		20 ± 10	
空気量	%	3 ± 1 (5 ± 1)	1.5 ± 1	3 ± 1 (5 ± 1)
水セメント比	%	51	67	79
細骨材率	%	25	30	28
水	kg/m <sup>3</sup>	118	87	118
セメント	kg/m <sup>3</sup>	220	130	150
細骨材	kg/m <sup>3</sup>	523	664	582
粗骨材(150-80)	kg/m <sup>3</sup>	381	316	382
(80-40)	kg/m <sup>3</sup>	380	396	382
(40-20)	kg/m <sup>3</sup>	380	396	382
(20-0)	kg/m <sup>3</sup>	380	475	381
打設場所		外部・着岩部	内部 (RCD)	内部 (RCD以外)
運搬方法		ベルトコンベア ケーブルクレーン	ベルトコンベア	ベルトコンベア ケーブルクレーン

により水分が失われたり、ベルト等の機械設備に水分が奪われるためと考えられる。また、上記の逆に、降雨などにより水分が供給される場合もある。また、コンクリートのコンシステンシーの変化量は、一般に外気温の上昇にともない増大する傾向がある。

今回、コンクリート打設開始後、約1年半のデータが得られたので整理した。集計は、ベルトコンベアによる運搬長さの違いにより損失量も変化すると考えられたため、ベルト延長変化前と後でデータを分類して、製造直後（BP）の品質とベルトコンベア運搬後（CH）の品質の変化量を求めた。表-3～5および図-3～5にその結果を示す。

集計の結果、外気温（コンクリート温度）の上昇に伴ってコンクリートのコンシステンシーの減少量が増大する傾向が認められた。しかし、この結果が、明確な固定値ではなく、あくまでも平均的な値であり出荷時の指標の一つである。また、ベルト延長の違いによる変化は、RCDコンクリートには認められたが、有スランプコンクリートは認められなかった。これは、RCDコンクリートが有スランプに比べて水分量が少なく、ばさついたコンクリートであるため、外気にさらされる面積が大きいため影響を受けやすく、ベルト延長が短くなった分、変化量も減少したと推測される。これに対して、有スランプコンクリートは、粘性が大きく運搬中もある程度塊となっているため、今回のベルトコンベアの長さの差では、特に有意差は認められなものと考えられる。

#### (2) 空気量

空気量の測定結果を、表-6～7および図-6～7に

表-3 A配合におけるスランブ測定結果

期間 (H.6.7.12~H.7.7.26) ベルト延長: L=364.4m

BP範囲	スランブ (cm)			コンクリート 温度	湿度	気温
	BP	CH	BP-CH			
3~4	3.3	3.0	0.3	15.7	59.6	16.0
4~5	4.3	3.0	1.2	16.0	40.8	17.3
5~6	5.3	3.3	2.0	15.9	52.7	15.0
6~7	6.2	3.6	2.5	18.3	50.4	17.9
7~8	7.3	3.5	3.7	19.9	39.9	19.9
8~9	8.2	3.9	4.3	20.5	32.6	21.2
平均	5.8	3.4	2.4	17.5	47.8	17.2
規格値		3±1		5~25		

表-4 B2配合におけるスランブ測定結果

期間 (H.6.7.12~H.7.7.26) ベルト延長: L=364.4m

BP範囲	スランブ (cm)			コンクリート 温度	湿度	気温
	BP	CH	BP-CH			
3~4	3.3	3.1	0.2	11.3	65.6	8.7
4~5	4.3	3.2	1.1	14.6	45.2	13.3
5~6	5.2	3.1	2.1	15.4	44.2	14.1
6~7	6.2	3.3	2.9	17.8	34	17.6
7~8	7.3	3.4	3.9	18.5	27	18.6
8~9	8.3	3.8	4.5	21.4	21.4	21
平均	5.9	3.3	2.5	16.8	37.7	16
規格値		3±1		5~25		

期間 (H.7.7.27~H.7.11.23) ベルト延長: L=285.0m

BP範囲	スランブ (cm)			コンクリート 温度	湿度	気温
	BP	CH	BP-CH			
4~5	4.3	3.1	1.2	15.6	62.7	13.6
5~6	5.3	3.3	2.0	17.7	63.6	15.8
6~7	6.2	3.5	2.7	17.8	63.2	16.2
7~8	7.2	3.5	3.7	18.0	60.8	17.2
8~9	8.2	3.6	4.6	19.6	60.4	18.7
9~10	9.1	3.8	5.3	19.1	60	19.4
平均	6.1	3.4	2.7	17.8	62.6	16.5
規格値		3±1		5~25		

期間 (H.7.7.27~H.7.11.23) ベルト延長: L=285.0m

BP範囲	スランブ (cm)			コンクリート 温度	湿度	気温
	BP	CH	BP-CH			
4~5	4.3	3.2	1.1	14.6	62	12.5
5~6	5.2	3.2	2.0	16.2	62.1	15.2
6~7	6.2	3.3	3.0	17.6	61.8	16.7
7~8	7.1	3.3	3.8	18.7	61.5	18.6
8~9	8.1	3.6	4.5	19.8	60.3	20.6
9~10	9.0	3.7	5.3	19.2	65.5	19.3
平均	6.8	3.4	3.4	18.1	61.9	17.8
規格値		3±1		5~25		

※BP:パッチャーフラント CH:堤体打設現場

※BP:パッチャーフラント CH:堤体打設現場

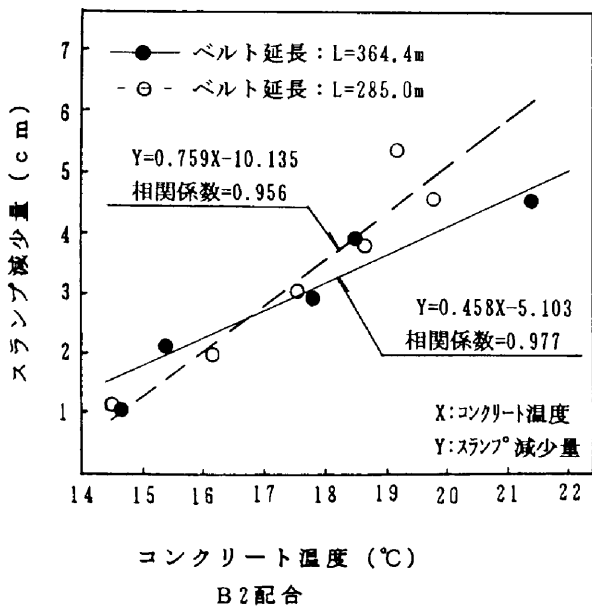


図-3 A配合におけるスランブ減少量とコンクリート温度の関係

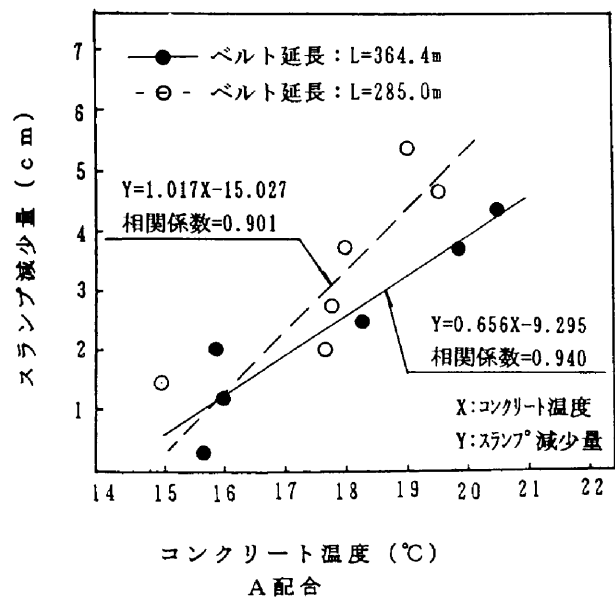


図-4 B2配合におけるスランブ減少量とコンクリート温度の関係

示す。  
ベルトコンベアで運搬した後のコンクリートの空気量

は、製造直後に比べて1~4%減少している。また、若干のばらつきはみられるが、コンクリート温度が高くな

表-5 B1 配合におけるスランプ測定結果

期間 (H.6.11.10~H.7.7.26) ベルト延長: L=364.4m

VC値 (秒)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
10~15	13.1	25.2	12.1	18.0	64.2	17.5
15~20	16.3	28.1	11.8	16.0	63.8	14.5
20~25	21.4	31.4	10	1.9	68.7	12.7
平均	15.5	27.3	11.8	16.6	64.2	15.5
規格値	20±10			5~25		
目標値	20~40					

期間 (H.7.7.27~H.7.11.26) ベルト延長: L=285.0m

VC値 (秒)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
10~15	13.0	25.0	12.0	21.1	62.3	21.7
15~20	17.0	27.5	10.5	19.6	60.8	19.6
20~25	21.7	31.9	10.2	16.2	64.5	14.1
25~30	27.2	35.1	7.9	14.2	62.5	12.2
平均	20.1	30.1	10.0	17.6	62.4	16.6
規格値	20±10			5~25		
目標値	20~40					

※BP: バッチャープラント CH: 堤体打設現場

表-6 A配合における空気量測定結果

期間 (H.6.7.12~H.7.7.26) ベルト延長: L=364.4m

空気量 (%)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
5~6	5.5	5.0	0.5	15.8	60.5	15.8
6~7	6.5	5.0	1.5	19.9	61.2	21.1
7~8	7.5	5.2	2.3	18.4	62.0	18.9
8~9	8.4	5.4	3.0	16.5	63.0	15.5
9~10	9.2	5.4	3.8	19.0	65.9	18.4
平均	7.8	5.1	2.6	17.5	47.8	17.2
規格値	5±1			5~25		

期間 (H.7.7.27~H.7.11.23) ベルト延長: L=285.0m

空気量 (%)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
6~7	6.4	5.1	1.3	13.7	61.6	11.2
7~8	7.4	5.1	2.3	15.9	63.5	13.8
8~9	8.5	5.3	3.2	19.3	63.5	19.2
9~10	9.4	5.3	4.1	19.4	61.7	18.2
平均	8.1	5.2	2.9	17.8	62.6	16.5
規格値	5±1			5~25		

※BP: バッチャープラント CH: 堤体打設現場

るに従って、空気量の減少量も大きくなる傾向が認めら

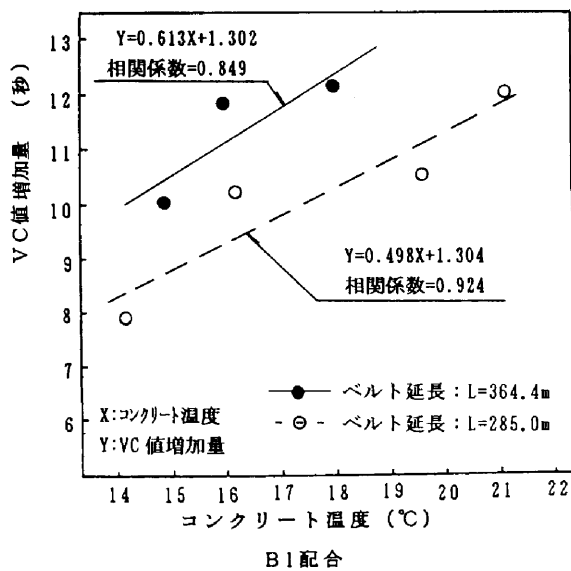


図-5 B1 配合におけるVC値増加量とコンクリート温度の関係

れる。しかし、現時点における測定データでは、ベルト延長の長短による空気量の減少量には、特に相関は認められなかった。

(3) 気泡形状

空気量については、前記のようにその量が出荷時に対して減少するが、打設された硬化後のコンクリート中の

表-7 B2 配合における空気量測定結果

期間 (H.6.7.12~H.7.7.26) ベルト延長: L=364.4m

空気量 (%)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
5~6	5.4	5.2	0.2	17.1	68.6	16
6~7	6.4	4.6	1.8	20	67	19.4
7~8	7.5	4.9	2.6	15.9	64.3	14.8
8~9	8.4	5.2	3.2	16.3	61.6	15.6
9~10	9.2	5.7	3.5	17.9	64.3	17.4
平均	7.8	5.1	2.7	16.8	37.7	16
規格値	5±1			5~25		

期間 (H.7.7.27~H.7.11.23) ベルト延長: L=285.0m

空気量 (%)				コンクリート 温度	湿度	気温
BP範囲	BP	CH	BP-CH			
6~7	6.4	4.7	1.7	13.4	61.3	11.9
7~8	7.4	4.9	2.5	17.5	61.2	17.3
8~9	8.4	5.1	3.3	20.2	61.9	20.1
9~10	9.3	5.1	4.2	20.7	63.3	21
平均	6.8	3.4	3.4	18.1	61.9	17.8
規格値	5±1			5~25		

※BP: バッチャープラント CH: 堤体打設現場

気泡についても調べた。試験は、製造時と運搬後で供試体を作成し、その気泡組織を測定した。

試験の結果、気泡直径には変化は見られなかったが、

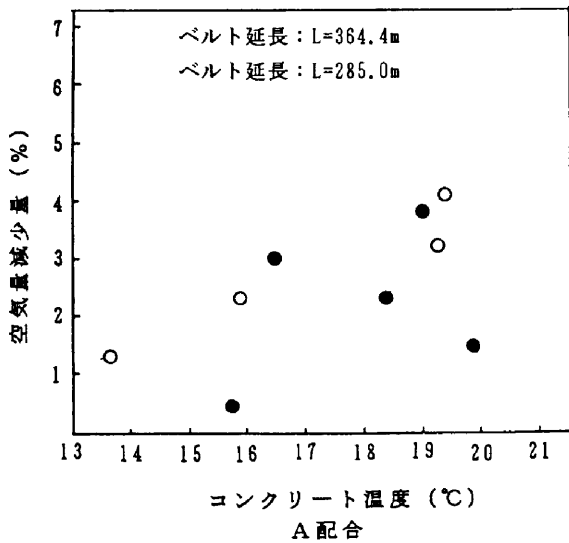


図-6 A配合における空気減少量とコンクリート温度の関係

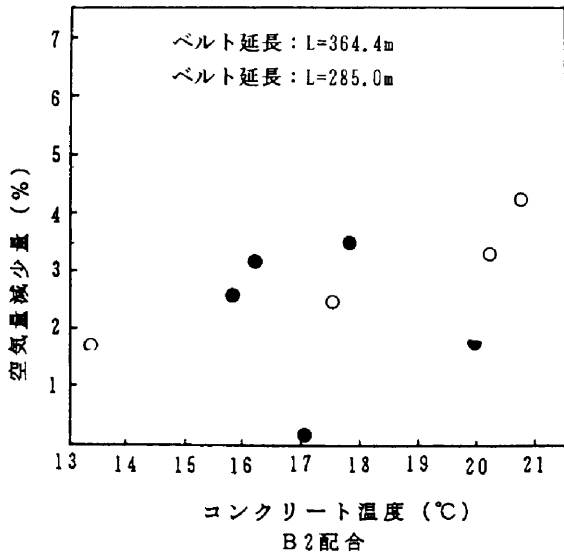


図-7 B2配合における空気減少量とコンクリート温度の関係

気泡間隔係数は、出荷時に対して運搬後が大きくなる結果となった。気泡間隔係数は、一般に200 $\mu$ m以上となると凍結融解試験に対する抵抗性に問題が生じると言われている。

今後とも定期的に試験を行い確認するとともに、連行した空気量が減少しにくい混和剤の開発を、建設省およびメーカーとともに進めていく予定である。

(4) 材料分離

ベルトコンベアにより運搬されたコンクリートは、程度に差はあるが材料分離が生じる。特に、コンクリート中の骨材の粗粒率が変動するとその分離の程度も異なり、

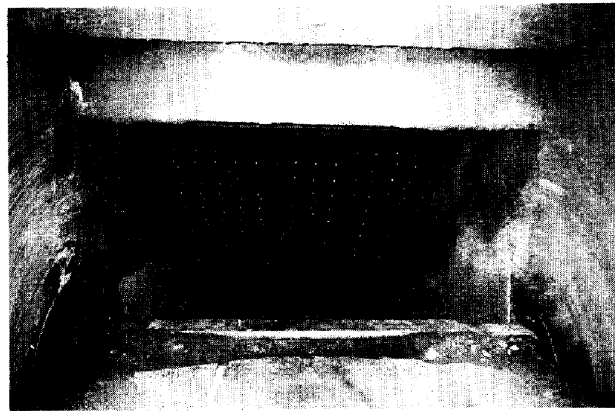


写真-3 ホッパー改善例

表-8 モルタル量の損失量試験結果

コンクリート運搬量 (m <sup>3</sup> )	6.0
コンクリート中の細骨材量 (kg)	2992
採取した細骨材の重量 (kg)	16.035
細骨材の損失比 (%)	0.55

粗骨材のFMが減少したり細骨材のFMが増大した場合など、コンクリートの分離が激しくなる。また、分離は、セメント量の少ない内部配合 (B1・B2配合) に目だって発生した。

コンクリートの材料分離は、ベルトコンベア乗り継ぎ部やコンクリートホッパーの落下時に、粗骨材がベルトにより飛ばされ分離するため、機械設備の改善によりある程度抑えることができる。具体的な改善方法として、ベルトコンベア乗り継ぎ部やコンクリートホッパーに鋼材や大型チェーンを取り付け、コンクリートの落下スピードの低減を図った。写真-3にコンクリートホッパーの改善例を示す。また、骨材粒度の変動に敏感に反応し分離が発生するため、コンクリートの分離が認められた場合、迅速な現場配合の修正を行うことが必要である。

また、一般的にダムコンクリートの品質管理試験は、ウェットスクリーニングを行った骨材寸法40mm以下のコンクリートを用いて行うため、分離したコンクリートの品質を測定することができない。分離したコンクリートは、再度、打設現場で練り返して打設するが、均一にすることは困難であるため、モルタル分の片寄りが発生し、品質に影響がでると推測される。

今後は、設備計画時に極力乗り継ぎ部を減らし、上下落下距離を小さくすることが効果的であると考えられる。

(5) モルタル量の減少

コンクリートが、ベルトコンベアにより運搬された場合、モルタル分がベルトやホッパー等に付着し、モルタル量が不足することが予想された。このため、実際にコン

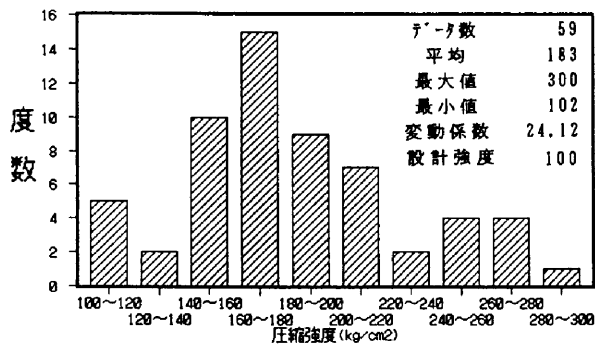


図-8 圧縮強度試験結果

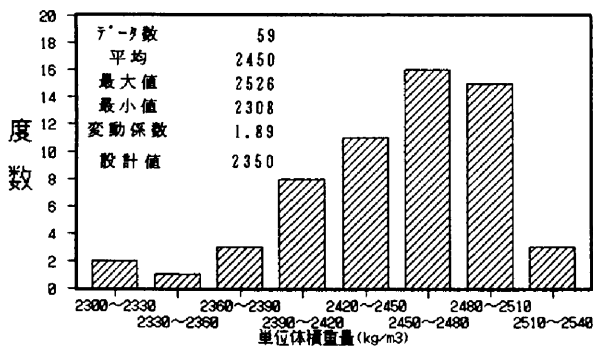


図-9 単位体積重量試験結果

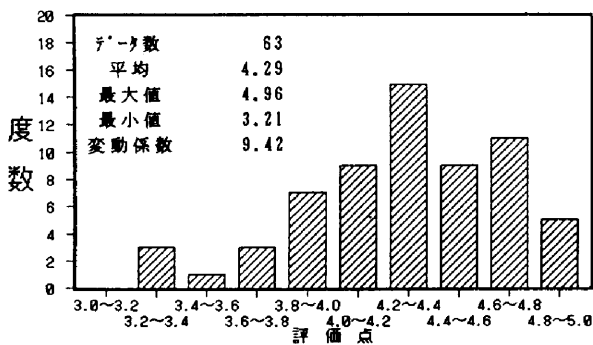


図-10 コア評価点結果

クリートを運搬し、ベルトに付着したモルタル量を測定した。試験は、コンクリート運搬後、ベルトの洗浄水を採取し、その中に含まれている細骨材の量によりモルタルの損失量を求めた(表-8参照)。

その結果、失われたモルタル量は、各骨材の許容計量誤差以下であり、コンクリートの品質に影響を与えるものではなかった。

#### 4-2 硬化したコンクリートの品質

ベルトコンベアの運搬にともない、フレッシュコンクリートの品質の変化や分離等の問題が発生しているため、硬化後のコンクリートが所要の品質を有しているかを確認するために、平成6年度に打設したRCDコンクリート(B1)のコアを採取し種々の試験を実施した。

試験の結果、所要の品質を有していたが、これによりすべてを判断することは困難であるため、今後とも試験を行い、硬化前と硬化後の品質の関係を調べていく必要がある。図-8~10に圧縮強度・単位体積重量・コア評価点の試験結果を示す。

### § 5. おわりに

月山ダムは、まだ、全体の1/4程度の打設が完了した初期の段階であり、この結果によりベルトコンベアによる影響を判断し、結論を出すことはできない。しかし、現段階までの結果を使用し、今後の品質管理の参考とすることは、可能と考える。

今後とも、品質変化の原因追求とコンクリートの品質の安定確保のために、データの収集、解析およびその対策を行って行きたい。