

35. 特殊オープンシュートを利用した 長距離・急傾斜地のコンクリート輸送システム

(株)熊谷組 *松 下 祐 輔・田 中 健 治 郎

1. まえがき

傾斜地でのコンクリート輸送法には、ポンプ圧送、大口径鋼管、オープンシュートなど各種あるが、本システムの開発のねらいは、オープンシュート輸送法で以前からの大きな問題とされている輸送（流下）中のコンクリートの材料分離をいかに抑制し、かつ経済的にコンクリートを輸送するかにいう点に主眼を置いて開発したもので、傾斜角度48°、全長300mの斜坑でのコンクリート輸送に採用し、好結果を得たのでここに報告する。

2. コンクリート輸送システム概要

施工現場は、今治水力発電所導水路斜坑内で全長600mのうち上段部300mについて全打設量6000m³のコンクリート輸送を行うもので、図-1に本システムの概要を示す。

本システムは、ミキサー車から生コンが投入される斜坑上方水平部に定量供給装置を付けたベルトコンベヤーを配置（水平輸送距離≒25m、写真1参照）し、ホッパーを通してコンクリートをシュートに輸送している。

シュートは、上部傾斜角30°（L₁≒7m、制御板取付角25°）の部分と、傾斜角48°（L₂≒300m、制御板取付角40°）部分の全長307m、落差223mである。（写真2参照）シュート下端には、コンクリート打面用フレキシブルホース（φ=8inch、写真3参照）に接続する受ホッパー

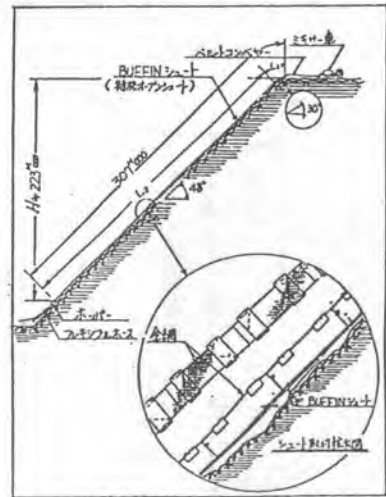


図-1. BUFFIN-シュート断面図



写真1 ベルトコンベヤーによる
コンクリート輸送状況



写真2 BUFFIN-シュート



写真3 フレキシブルホースによる
コンクリート打設状況

を設置し斜坑へのコンクリート打設をスムーズに行うシステムとした。

3 BUFFIN-シュートについて

本工事で使用したBUFFIN-シュートについて（BF-シュート）、形状・仕様を図-2に示す。BF-シュートの幅は、コンクリートの粗骨材最大寸法（本工事、40cm）と単位時間当りの流量から決定した。即ち、図-4の断面図に示すように、コンクリート流下仮想円断面の直径を粗骨材最大寸法の3倍以上あれば安定した流れになるとして、BF-シュートの仕様を決定した。

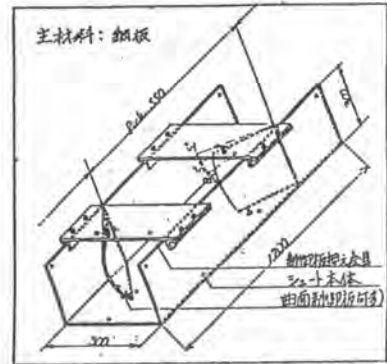


図-2 BUFFIN-シュート概要図

一般にシュート内を流下するコンクリートの枝料分離は、流速が著しく速くなるが、コンクリート流の層厚が小さ

くなった時に生じ易くなる。前者の要因については、シュート内に定間隔で制御板を取付けることで解決できるが、層厚安定について本シュートでは独特な曲面制御板を使用することで解決した。

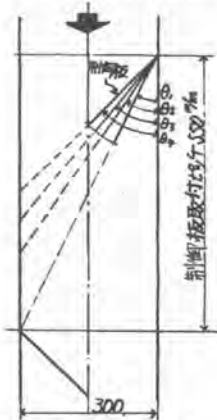


図-3 シュートの制御板取付角度

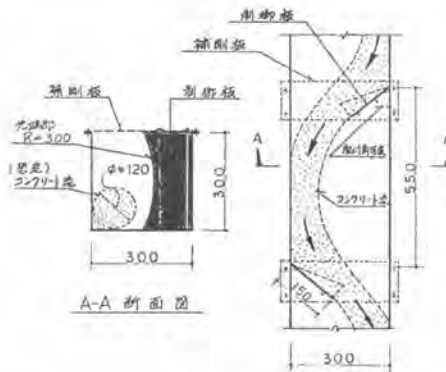


図-4 BFシュート断面図



図-5 流速状態の速度分布

3-1 BF-シュートの特長

(1) 取付角が自由に調整できる制御板；シュートへの取付角度は、最適コンクリート流下速度が得られるように図-3に示すように、 $\theta = 30^\circ \sim 45^\circ$ の範囲で調整できる。本装置は、シュートが設置される斜面の傾斜角度に応じて θ を調整し、図-4、5に示したようなコンクリートの定常流状態を作り出すことを目的としたものである。

また、シュート内を流れるコンクリートの流速は、コンクリートのスランプや単位時間当りの流量によっても著しく影響される。これは、工事以前に行った実験結果からも確認されている。実験で得られた、コンクリートの流速についてコンクリートの流量とスランプがどのように関係あるかについて、図-6、7に示す。実験からコンクリートの最適流速を $1 \sim 12 \text{ m/sec}$ とし、制御板の取付角について傾斜度 30° では $\theta = 25^\circ$ 、傾斜度 48° では $\theta = 40^\circ$ とした。この時のコンクリート流量は $0.01 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度（ $\approx 40 \text{ m}^3/\text{hr}$ ）、スランプは 10 cm 程度が最適であることが判った。

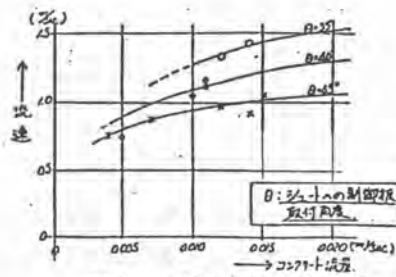


図-6 コンクリートの流量と流速の関係

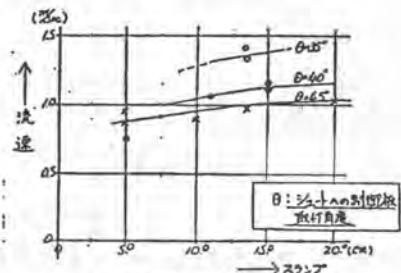


図-7 スランプと流速の関係

(2) 曲面板で構成された制御板;

図-8に示すように、流下コンクリートの層厚安定対策として制御板に曲面板を採用した。この作用は、流下するコンクリートをシュートに左右交互に取付けた制御板で繰り返し反転繰り返しを行い、コンクリートの材料分離を抑制しているものである。(4章 実験用コンクリートでコンクリート投入時と打設時で、その品質に変化がほとんどなかったことを実証している。)

なお本制御板は図-8の矢印のごとく、コンクリートと常にシュート内側にコントロールし、シュート外への骨材の飛散およびオーバーフローの防止効果をも併せ持つことが確認できた。しかし、当現場では高低差が200m以上と著大であったことから、シュート上面に全面金網を張って飛散防止の安全対策をとった。(写真4)

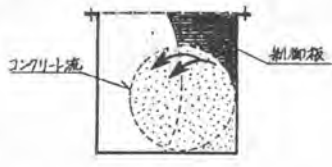


図-8 曲面制御板によるオーバーフローの抑制

3-2. BF-シュートの適用範囲

本BF-シュート 体の利点と適用範囲について表-1, 2に示す。

表-1 利点

- ・ 軽量 (18 kg/m)
- ・ 組立て、解体、メンテナンスが容易
- ・ 輸送動力が不要
- ・ 輸送による品質変化がない
- ・ 閉塞がない
- ・ 安全性が高い

表-2 適用範囲

コンクリートの最大骨材粒径	60 mm
・ 最少セメント量	200 kg/m³
・ スランプの範囲	5 cm ~ 18 cm
シュート取付傾斜角度	30° ~ 55°
コンクリート輸送能率	45 m³/h



写真4. BF-シュート飛散防止用金網

4 実験用コンクリート

実験用コンクリートの配合条件、配合を表-3, 4に示す。本工事で使用するコンクリートは、表-3に示されるように極めて低強度であるため、水セメント比は表-4のように過大となり、従って一般建築用のコンクリートに比べればかなり材料分離し易いと判断されたが、

表-3 配合条件

設計基準強度	$F_c = 120 \text{ kg/cm}^2$
最大骨材寸法	40 mm
空気量	$4 \pm 1 \%$
使用セメント	O社製普通ポルトランドC
骨材	川砂・川砂利

本実験では、生コン工場の実績に基づいた基準配合に対して、300mの輸送によるシュート内壁面へのモルタルの付着を考慮して α に1%の割増しを行なった以外には特別の調整を行っていない。

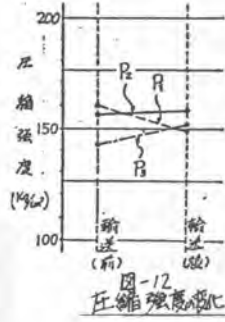
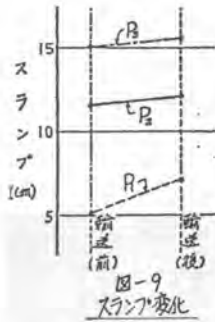
4-1 輸送によるコンクリートの品質変化

図-9~12に、本輸送システムによって輸送されたコンクリートの輸送前後の品質変化状況を示す。いずれの品質も管理目標許容値内にあり、曲面制御板によるコンクリート流の制御が期待通りに行なわれ材料分離が抑制できたことを確認した。なお本実験時、坑内では地下水の天井面からの垂れ落ちがあり、その一部がシュート内に流れ込んでいたため、低スランパのコンクリートほどその影響を強く受けた可能性はある。

表-4 配合表

配合	スランパ (cm)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad*
				C	W	S	A		
P ₁	5	75	46	193	145	904	1070	0.48	
P ₂	10	75	44	201	151	855	1096	0.50	
P ₃	15	75	42	209	157	807	1123	0.52	

* Poz.NaSL, c.a.0.25%



本工事においては、最初にモルタルを流しBF-シュート内面を湿らせた後コンクリート打設を行ない好結果を得ている。