

10. 振動ローラによるRCDコンクリートの締固め特性について

建設機械化研究所 根本 忠
 磯 上 一 男
 藤 本 義 二

1. まえがき

この報告は、昭和49年度から建設省が中心となつて推進している「コンクリートダム合理化施工に関する研究」の一環として、昭和52年度に当研究所が(財)日本国土開発技術研究センターの依頼を受けて実施した「RCDコンクリート締固め実験」結果の一部を、関係方面の御了解を得てここに発表させていただくものである。

RCD工法とは、コンクリートダムの合理的な施工法として、低セメント量、低スランプのコンクリートをフィルタイプのダムや道路の路盤材の締固めに用いられているような大型の振動ローラにより締固めたものをもつてダム本体を築造しようとするもので、間もなくコンクリートの打設が開始される建設省の島地川ダムでは我が国で初めてこのRCD工法が採用される筈である。

しかし、RCD工法の対象としているコンクリートは従来のダムコンクリートにくらべてはるかに低セメント量、低スランプであることから、その配合、品質、施工性などに不明の点も多く、特に振動ローラによる締固め作業に関しては、生コンクリートの硬さや撤出し厚さ及び振動ローラの性能諸元並びに締固め回数等の締固め度に及ぼす影響をあらかじめ解明しておく必要がある。

この実験は上記諸条件のうち、主として振動ローラの性能すなわち振動輪の重量、起振力、振動数締固め速度等とRCDコンクリートの締固め度との関係を明らかにすることを目的として行われたもので、コンクリートの配合及び撤出し厚さを一定とし、振動ローラの種類並びに締固め回数を変えた実験が行われている。

2. 実験の概要

実験はテストピット(長さ1.5m,幅3.5m,深さ0.5m)内に敷均らされたRCDコンクリートの振動ローラによる締固め試験を主体としたもので、低スランプコンクリートのコンシステンシをあらわすVB値の測定や、実験毎のコンクリートの性質のバラつきを消去するための標準締固め機による大型供試体の作成、振動輪及びコンクリート中の振動加速度の測定などがあわせて行われた。

2.1 コンクリートの配合

実験に用いられたRCDコンクリートの示方配合を表・1に示す。粗骨材は富士川産の川砂利で、粒度調整のため砕石を一

表1 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水+セメント比 $\frac{W}{C+F}$ (%)	フライアッシュ比 $\frac{F}{C+F}$ (%)	細骨材率 $\frac{S}{G}$ (%)	単位量 (kg/m ³)							
						水 W	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	粗骨材G			水和剤
										5mm / 2.5mm	20mm / 4.0mm	40mm / 100mm	
80	0	—	79	0	347	95	120	0	793	665	222	591	—

なお、コンクリートの製造は最寄りの生コンプラントで行われ、ダンプトラックで運搬された。

2.2 実験用振動ローラと振動条件

現在市販されている自走式の大型振動ローラ（機械重量5～11トン）の中から、表.2に示す5機種を選び、締固め効果に関係すると思われるトータル線圧（単位締固め幅当りの自重と起振力の和）及び振動数等を勘案して試験時の振動条件を同表のように決定した。

表.2 振動ローラと振動条件

機 種	トータル線圧(kg/cm) (起振力TON×振動輪の数)	振 動 数 cpm		
サカイ SV90	103(17×1)	1,700	2,500	
ボマーダ BW200	103(8×4)		2,500	
ダイナパック CC41	93(10×2)		2,500	
サカイ SV100	90(13×1)		2,600	
サカイ SV100	76(10×1)		2,600	
ダイナパック CC41	63(5×2)		2,500	
ダイナパック CC20	59(5×2)			3,000

2.3 実験条件と実施要領

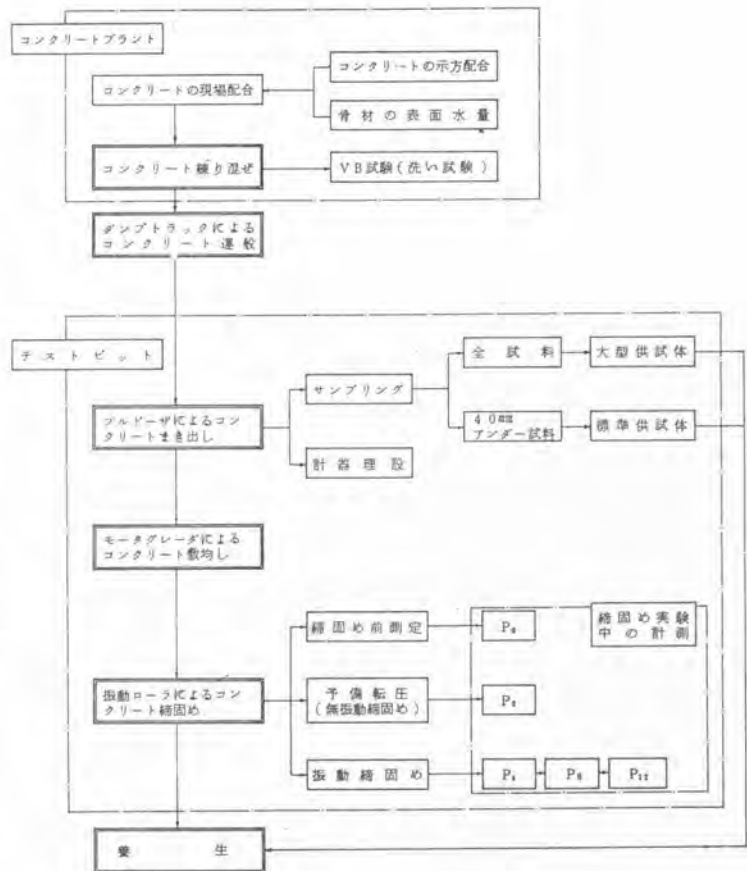
コンクリートの配合は前記の1種類とし、締固め厚さは原則として仕上り50cmとした。また、振動ローラの締固め速度は1km/hに統一し、締固め回数は、予備転圧として無振動2回、振動締固めは12回までとした。ここで、締固め回数とは転圧輪の通過回数をいう。従つて、両輪振動の機械の場合には1往復で4回締固めを行つたことになる。

締固め実験中には、振動輪及びコンクリート中の振動加速度をはじめ、締固め速度、表面沈下量、R1による密度及び水分の計測等が行われた。

締固め完了後のコンクリートは直ちに養生マットで覆い、適宜に散水して湿潤状態を保持した。

コアの抜き取りはコンクリート打設後28日経過してから行い、水中養生後材令91日で密度及び圧縮強度等の測定を行つた。コア寸法は直径180mmを原則とし、比較のため密度用として直径300mmのものも若干抜き取つている。なお、打設後のスラブの温度変化についても計測が行われた。

図.1 締固め実験のフローチャート



注 P₀はコンクリートまき出し後の状態、P₁は、予備転圧（無振動2回締固め）後の状態を表す。また、P_{2,4,12}は振動ローラの振動輪の通過回数4,8,12回後の状態を表す。

2.4 大型供試体

この種の実験ではたとえ十分な品質管理が行われたとしても、実験毎にコンクリートの性質がある程度変動することはどうしても避けられない。そこでこの実験においてはこのような変動の影響をできるだけ少なくするため、各実験毎にその実験に用いられたものと同じコンクリートを一定のエネルギーで締固めた供試体を作成し、その密度及び圧縮強度を基準としてローラによる締固め度及び強度を評価することにした。具体的には、内径500mm、高さ450mmの円筒形モールドにコンクリートを詰め、これを上から加振機（重量230kg、振動数1,870回分）で締固めるもので、締固めの時間は60秒である。

3. 実験結果とその検討

3.1 コンクリートの密度と圧縮強度

締固められたRCDコンクリートからランダムにサンプリングされたコアの密度と圧縮強度の関係を図.2に、また大型供試体の密度と強度を基準としてあらわした締固め度と圧縮強度比の関係を図.3に示す。実験の範囲ではいずれも直線的な関係が認められるが、後者の方が相関がよいようである。

3.2 ローラの振動条件と締固め効果の相関

コンクリートの配合や撤出し厚さ、締固め回数及び速度等の条件を一定にした場合に、振動ローラの振動条件すなわち静線圧や起振力、振動数、振幅などがRCDコンクリートの締固めにどのような影響を持っているのかということは最も興味のあるところであるが、これらの振動特性は相互に関連していることもあつて、今回の実験結果からはそれぞれの振動条件単独には締固め効果との明確な相関は認められなかつた。すなわち

(1) 起振力単独では締固め度との相関は認められなかつた。ただし、同一機種同一振動数の場合には起振力が大きくなれば（加速度、振幅も大となり）締固め度は大きくなる。

(2) 振動数単独では締固め度との相関は認められない。ただし、同一機種同一起振力の場合には振動数が小さい方が（振幅が大きくなり）締固め度は大きくなる。

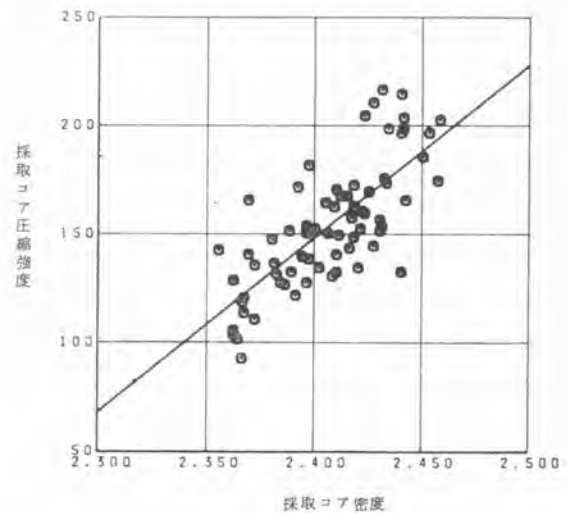


図.2 採取コア密度と圧縮強度

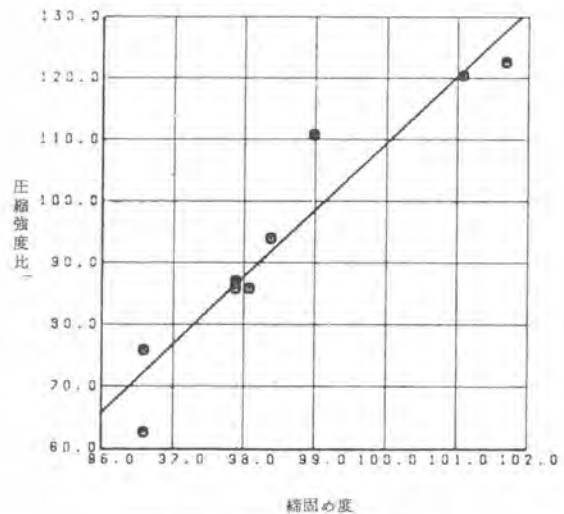


図.3 締固め度と圧縮強度比

(3) トータル線圧単独では締固め度との相関は認められなかつた。

(4) 振動輪加速度単独では締固め度と良い相関は示さなかつた。

以上のように個々の振動条件単独ではRCDコンクリートの締固め度とは相関が認められなかつたが、これらを総合した締固めエネルギーと締固め度には強い相関のあることが明らかとなつた。

振動式締固め機の締固めエネルギーの表現法としては種々のものが考えられるが、次の4者について検討した結果を図.5～8に示した。

(a) TDM (Total Down Movement)

TDMとは、コンクリート舗装の分野でロードフィニッシャの振動締固めにおいて締固め効果を示す1つの経験式として用いられているもので次式で与えられる。

$$TDM = \frac{n \cdot a \cdot L}{V} = n \cdot a \cdot t \quad (\text{cm})$$

ここで、 n :振動数(epm), a :振幅(cm), V :締固め速度(cm/min), $t = L/V$ (min) なお、振動輪の接地長さ L は右図で近似した。

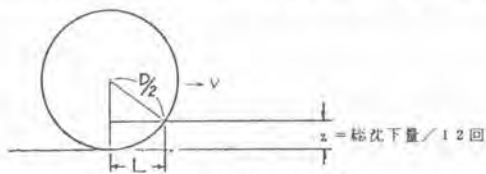


図.4 振動輪の接地長さ

(b) 振動系の運動エネルギー

$$T = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a^2 \cdot \omega^2$$

ただし、 m :バネ下質量(kg・s²/cm), v :振動速度(cm/s),

a :振幅(cm), ω :角速度(rad/s)

(c) 谷本の式(谷本喜一「土の締固め機構と締固め機械の理論」昭和35年9月)

$$E_1 = a \left(W + \frac{F}{2} \right) \quad (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

ここで、 a :振幅(cm), W :振動部重量(輪荷重)(kg), F :起振力(kg)

(d) 谷本式の修正式

谷本の式は時間のファクターが入っていないので、締固め時間を考慮した締固めエネルギーとして谷本の式を次のように修正したもの考えた。

$$E_2 = E_1 \cdot \frac{V_0}{V} \cdot \frac{n}{n_0} \quad (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

ここで、 V_0 :基準締固め速度=1ka/h, V :実験時締固め速度 (ka/h),

n_0 :仮の基準振動数=2.600 epm, n :実験時振動数(epm)

これらの中では、(b)と(d)式が比較的良好に合うようである。

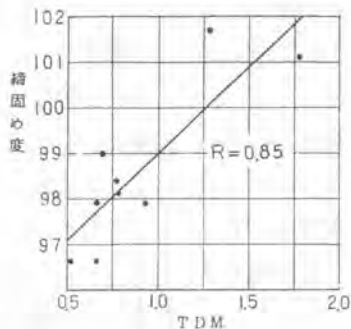


図.5

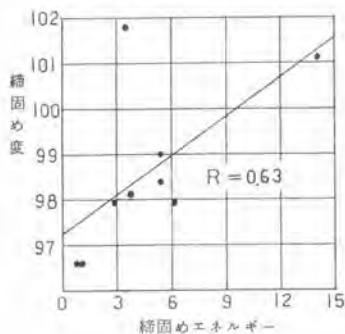


図.6

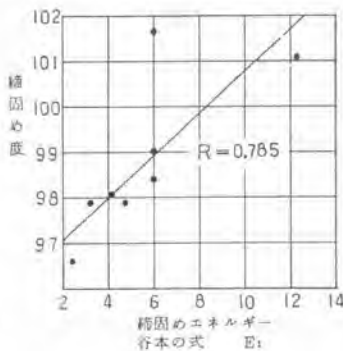


図.7

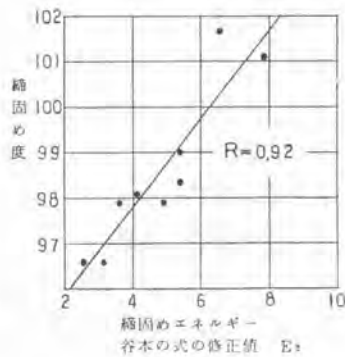


図.8