

# 11. 振動転圧機によるノースランプコンクリートの締固めについて

株式会社 間 組 中 蘭 清 治  
松 垣 光 威

## 1. まえがき

最近、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振動転圧機（従来のフィルタイプダムの施工ではロック材、フィルター材、砂質系のコア材などの転圧に使用）で転圧締固めたものを使用し建設する方法が考えられる。海外ではすでに2, 3の例もある。

しかしながら、対象としているコンクリートが従来のダムコンクリートよりもほかに低セメント量、低スランプとなることから、その配合、品質、施工性などに不明確な点が多く、具体的計画にあたり、その問題となるところである。にもかかわらず、振動転圧機による転圧に適したコンクリートの配合および転圧機種の選定にあたり、現場試験による確認が必要である。

本文はこれらの問題点を解明する資料を得るために行なった試験工事について述べるとともに若干の考察を加えたものである。

## 2. 試験概要

試験は試験用ピット内に敷均したコンクリートの振動転圧機による締固め試験を主体としたもの。コンクリートとしては単位セメント量80~120<sup>kg/m<sup>3</sup></sup>、スランプ0cmのコンクリートを使用した。

実験においちはまだ固まらないコンクリートの諸測定、低スランプコンクリートにおけるコンラステンシの測定方法の開発や、低セメント量コンクリートにおけるコアの採取と肉眼観察、強度試験、透水試験などを行なった。

試験用ピットは、巾30~39m、長さ75m、深さ0.7mのものを9箇所作り、約300<sup>m<sup>3</sup></sup>のコンクリートを用いた。また振動転圧機は振動数、重量などが異なる3種類の転圧機を用い、転圧回数とコンクリートの敷均し層厚を変化させ、振動転圧機による締固め効果を確かめることにし、合わせてコンクリートの薄層打継ぎに伴う転圧締固めコンクリートの打継目試験や、目地切試験なども同時に行なった。

## 3. コンクリートの配合と品質

転圧試験に用いたコンクリートの示方配合を表-1に示す。

表-1 転圧試験に使用したコンクリートの示方配合

自己合 No.	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 w/(c+f) (%)	細骨材率 s/a (%)	フライアッシュ 混入率 F/(F+c)(%)	単 位 量 (kg)							
							水 w	セメント c	フライアッシュ F	細骨材 s	粗 骨 材			混和材
											150~ 40mm	40~ 20mm	20~ 5mm	
1	150	1±1	3±1	70	23.5	30	84	84	36	517	854	342	513	0.300
2	*	*	*	*	25.5	*	*	*	*	559	829	332	497	*
3	*	*	*	76.7	28.0	*	92	*	*	609	794	318	477	*
4	*	*	*	71.7	*	*	86	*	*	613	800	320	480	*
5	80	*	*	79.2	34.0	*	95	*	*	736	508	435	508	*

コンクリート配合については試験練りの結果から一応最大粗骨材寸法 150 mm、水セメント比 %CF = 70%、細骨材率 % = 23.5% としたが、転圧試験では転圧時の作業性などを観察しながら修正を加え、細骨材率 % を 23.5、25.5、28.0% と変化させた。なおコンクリートの分離の程度を観察するために粗骨材の最大寸法を 80 mm にしたものについても試験を行った。

試験の結果、今回のコンクリートのスランプは 0 であり、振動式コンシステンシ試験機の改良によるものは 15~25 秒の範囲のものが施工性がよかった。

またコンクリートの諸性質のうち単位体積重量は、標準供試体で  $23 \sim 24 \text{ t/m}^3$  であり、コアではこの値より 4~5% 上まわり、つまり、一軸圧縮強度では  $\sigma_{91} = 150 \text{ kg/cm}^2$  以上であり、静弾性係数は従来のコンクリートに較べやや小さく、動弾性係数は  $25 \times 10^5 \sim 5.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、コアによる室内透水試験の値は  $1.9 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$  以下であった。

#### 4. 使用機械

使用機械としては、合理化施工の意味からできるだけ一般的に施工機械を用いることにより、施工機械の有効的な運用を図ることとした。

コンクリートの混練には、通常の 25<sup>号</sup> × 2 型全自動式バッチャープラントを使用し、練り混ぜ時間は 3 分とした。

バッチャープラントより実験場までのコンクリートの運搬（運搬距離約 1 km）には、11 種類のダンプトラックを使用し、コンクリートは各ピットに直接ダンプした。コンクリートの敷均しは、自重 5 t 級のブルドーザ（接地圧  $0.45 \text{ kg/cm}^2$ ）を用いて分離が少くしかも層厚が不均等にならないように注意しながら実施した。

コンクリートの転圧には、表-2 に示すような重量の異なる 3 種類の振動転圧機を用いてそれぞれの転圧性能を確かめた。なお型枠付近の転圧には自重 1 ton の小型振動転圧機を使用し、転圧面が一樣になるようにした。また一般にマスコンクリートに必要とされる目地を切断するための目地切機を試作して使用した。この試作機は 15 kW のバイブレーションハンマの起振機を目地切板に取り付け、その振動を利用して目地切板をコンクリート中に貫入させるもので、目地切板を引玉抜くために 2 本の油圧シリンダを装着しているものである。

#### 5. コンクリートの転圧

##### 1) 転圧エネルギー

振動転圧機で締固めるコンクリートに必要な転圧エネルギーの値を推定する方法は、現段階ではまだ確立していない。表-3 は、締固めエネルギーに関する式により、振動式コンシステンシ試験における振動締固めエネルギーを推定し、土の締固めエネルギーと

表-2 振動転圧機の仕様

型 式	BW 200	CC 41	CH 60	
メーカ	ボマー(西独)	グイナバック (スウェーデン)	同 左	
走行方式	自走式	同 左	被けん引式	
自 重	8000 kg	9200 kg	13400 kg	
起振力	32 ton	20 ton	38 ton	
振動数	2600 cpm	2500 cpm	1500 cpm	
動線圧	$105 \text{ kg/cm}$	$87 \text{ kg/cm}$	$247 \text{ kg/cm}$	
寸 法	全 長	1980 mm	5000 mm	5615 mm
	全 幅	2520 mm	1885 mm	2465 mm
	全 高	2400 mm	2990 mm	2140 mm
	軸 距	980 mm	3440 mm	—
ローラ (径×幅)	前輪	$\phi 800 \text{ mm} \times 950 \text{ mm} \times 2$	$\phi 1220 \text{ mm} \times 1675 \text{ mm}$	$\phi 1620 \text{ mm} \times 2080 \text{ mm}$
	後輪	同 上	同 上	—
エン ジ ン	型 式	4L-912	D3145	F6L-514
	メーカ	ドイツ	キャタピラ	ドイツ
	出 力	56PS/ 2300rpm	125PS/ 2400rpm	110PS/ 1500rpm

比較したものである。

この表では、コンクリートの方が土に較べると土はエネルギーで締固められるという結果が示されている。しかし試験結果では同一転圧機種で土は150~200cm厚を締固めることが出来るのに対し、コンクリートの場合70cm厚でもやや無理があると思われる。採取したコアの状態から見ても層厚50~60cmが適当であった。この原因としてはつぎのことが考えられる。

表-3 '土とコンクリートの締固めエネルギー

	締固めエネルギーを計算する式	計算に使用する値	締固めエネルギー-E	備考
土	$E = a(W_v + F/2)$ E 締固めエネルギー(kg-cm) a: 振動振幅 (突固めにかかわる高さcm) W <sub>v</sub> 振動部重量 (突固めにおいてランマ重量kg) F: 最大起振力	(モールドφ10cm) a = 50 cm W <sub>v</sub> = 2.5 kg F = 0	(モールドφ10cm) 75 kg-cm	JIS A 1210 (突固めによる土の締固め試験方法)参照
		(モールドφ15cm) a = 45 cm W <sub>v</sub> = 4.5 kg F = 0	(モールドφ15cm) 202.5 kg-cm	
コンクリート	(上記の土に関する式を流用)	F = 317 kg Q = 0.5 mm W <sub>v</sub> = 5.7 kg $F = \frac{Wv^2}{900g} \cdot an^2$ W: 重量 63 kg n: 振動数 3000	8 kg-cm	ロストクリークダムにおいて會合コンクリートの供試体成形にあたり振動式コンスタンス試験機を改造して用いたもの

- ① 土の締固めが土粒子の小規模な移動で達成されるのに対し、コンクリートでは粒子の移動距離が大まかというように、締固めの性格がやや異なる。
- ② コンクリート中のペーストが、締固めエネルギーの伝達を阻害している。また従来のコンクリートの締固めに使用されている棒状バイブレータと、本試験の転圧機の振動数を比較すると、前者のほうが後者に較べ5~7倍大きい。この振動数の差はコンクリートの締固め効果に大まか影響を持つ、というものである。この種のコンクリートの締固めには、振幅が小さくても振動数の大きい転圧機が適当であると推定される。

(2) 転圧機種

図-1に圧縮強度と転圧機種の関係を示す。

これによれば、圧縮強度の大きい順にCH60, BW200, CC41となるが、このうちCC41は機械の調子が悪く、転圧効果を十分調査することができなかった。CH60とBW200では、CH60のほうがやや圧縮強度が大きい。採取したコアの表面観察の結果やコンクリートの性質(単位体積重量、圧縮強度、弾性係数)からみてもあまり顕著な差は見られない。したが、実作業では、作業性を考慮して自走式のBW200のほうが有利と思われる。

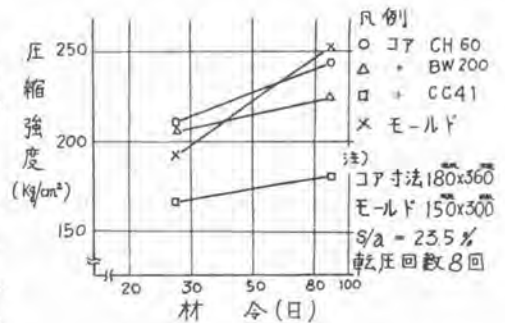


図-1 圧縮強度と転圧機種の関係

(3) 転圧回数

図-2に転圧回数と転圧効果(コアの単位体積重量/モールドの単位体積重量)の関係を示す。いずれの転圧回数でもダムコンクリート標準示方書の基準値2.3%を満足しており、転圧回数4~6回(片道回数, 以下同様)の間は転圧回数が増すに従って、やや増加する傾向にあるが、6回転圧後は、

コンクリートの沈下量も少ない。またコンクリート表面は転圧回数が増すに従、マブリージングが増加する傾向が見られた。

以上より、転圧回数は6〜8回が適当であると思われるが、8回の場合にはやや過転圧となる場合もある。

#### 6 目地切

1層70cmの目地切作業における目地切板の貫入所要時間は20〜100秒<sup>2</sup>。大体の傾向は転圧完了後の経過時間が増すに従、マ貫入所要時間も長くなるが、コンクリート転圧完了後の経過時間は3時間程度が適当と思われる。しかしこの時期については、目地充填の施工法やその填充材料によ、マも変、マくるものと思われる。

また、今回使用した試作目地切機械がもう一応実用に供し得る見通しがついた。

#### 7 あとがき

以上、振動転圧機を用いたノースランプコンクリートの締固めについての実験の概要と結果ならびに若干の考察を述べたが、今回の試験工事から締固めコンクリートの品質や振動転圧機械、目地切機械の仕様について、一応の目安がえられたと考えられている。

しかし、この種のコンクリート打設方法によ、マダム合理的な施工を行なうためには、材料や施工機械、設備、施工方法ほまだまだ多くの問題を解決しマいかほければならないと同時に、施工機械の有機的な運用をさらに検討しマ、経済的で合理的なダムの施工法を早急に確立する必要がある。

おわりに、今回の試験工事に際し、御指導をいただいた各位に紙上を借りマ謝意を表します。

#### (参考文献)

- 1) Robert, W. Cannon: Compaction of Mass Concrete with Vibratory Roller, ACI Journal, Oct. 1974 pp. 506~513
- 2) Tennessee Valley Authority: For Roller-Compacted Concrete, General Construction Specification No. G-48 Division of Engineering Design All Projects
- 3) 国分正胤: ダムコンクリートの経済的施工、大ダムNo. 69, 1974年9月, pp1~12.
- 4) 山住有巧: コンクリートダムの省カ化についてマ-R.C.Cコンクリートの施工マ、第1回ダム施工技術講習会テキスト, (財)日本ダム協会, 昭和52年7月, pp7~17.
- 5) 谷本吾一: 動的締固めの特性, 土と基礎, 工質工学会, Apr. 1974, pp.11~16.
- 6) 阪西徳太郎: R.C.C (Roller Compacted Concrete) についてマ、建設の機械化, 1976年12月, pp.26~40.
- 7) 中藪清治, 松垣光威, 花谷育雄, 沖政和: 振動転圧機により締固めたダムコンクリートに関する2・3の考察, 間組研究年報, 1976年, pp.39~46.

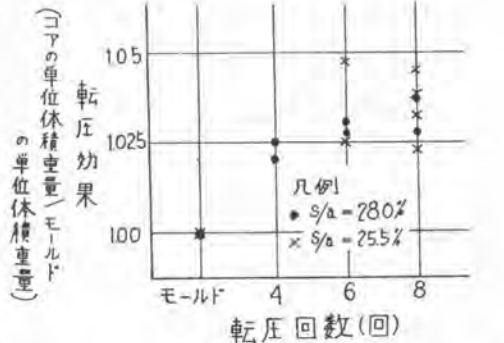


図-2 転圧回数と転圧効果の関係 (転圧機種: BW200)