

(株) 間組正員 大野 睦雄

“ 〇家永 清

合 户 修

I. まえがき

フィルダムの現地盛立試験において、三種の締固め機械により生ずる地中応力の測定を行なった。締固め機械の走行により締固め層中には動的な地中応力が発生する。この地中応力のうちで、土の締固め機構を支配すると考えられるのが最大垂直土圧 σ_{zmax} である。しかし、締固め機械により発生する地中応力の測定例は少なく、また締固め層中に発生する地中応力の分布が、かなり複雑であるため解明されていない点が多い。本報告は、コンパクトドーザー（825B）、被けん引式タンピングローラー（SR-6）、振動ローラー（RW-210）の三種の締固め機械により生ずる地中応力の測定を行ない、発生する土圧、実測値と理論値との比較、ならびに同時に測定した現場密度、粒度変化、沈下量の測定結果から、その締固め効果についても述べることにする。

II. 材料ならびに締固め機種

盛立試験に用いた材料は、黑色片岩の風化土でその物理的、力学的性質を表-1に示す。また締固めに用いた機種仕様を表-2に示す。

表-1 材料の性質

項 目		試験結果	
固 然 含 水 比 W_n		(%) 13.0~15.0	
土 粒 子 の 比 重 G_s		2.745	
粒 度 特 性	最 大 粒 径 D_{max}	(mm) 100.0	
	4.75" 244 通 過 率	(%) 65.0	
	0.075" "	(%) 30.0	
倍 性	液 性 限 界 WL	(%) 36.6	
	塑 性 限 界 WP	(%) 24.6	
	塑 性 指 数 Ip	(%) 12.0	
締 固 の 特 性	小 型	最 適 含 水 比 w_{opt}	(%) 13.5
		最 大 乾 密 度 ρ_{dmax}	g/cm^3 1.900
	大 型	最 適 含 水 比 w_{opt}	(%) 11.8
		最 大 乾 密 度 ρ_{dmax}	g/cm^3 1.946

表-2 各種乾圧機種の仕様

型 式	接付外式プロセ ス R-7 SR-6	固定式コンパ ス 825B	固定式振動ロー タ W210
製造メーカー	マイカイ貿易物 産(株)(メキシコ)	カパシラ社(USA)	ボートン社(西独)
総重量	20,000 kg	30,000 kg	8,800 kg
全 長	5.00 m	7.11 m	5.10 m
全 巾	3.85 m	3.81 m	2.50 m
全 高	1.85 m	3.63 m	2.20 m
ドラム数	2 個	4 個	1 個
ドラム径 ^(1個あたり) 径×長さ	φ145×1.46	φ130×1.13	φ145×2.10
フト長	20°cm	19.1°cm	—
有効耕田幅	2.80 m	2.20 m	1.90 m

Ⅲ. 試驗方法

盛立試験は25m×30mを1区画とし、これを3ブロックに分割し、各機種種の転圧レーンを設けた。地中応力の測定を実施した締固め機種、含水比、おき出し厚、埋設位置の組合せを表3に示す。計測に用いた土圧計は、差動トランス型のPA-2F-300とストレインゲージ型のBE-2KEの2種、加速度計はストレインゲージ型のAS-5Cである。計測は締固め機種の種類毎に、全締固めについて行なった。また締固め開始時には静的土圧の測定を行なった。

表-3 掃固め機種と測定器の組合せ

粘土含水比	土圧計型式 (管径・長さ)	測定範囲	締固め材料	埋設位置	メーカー
Wopt	PA-2F-300 (30cm)	5.0	BWZ10 825B	1層、2層、3層 "	飯田 (岩田材工社)
	BE-2KE (40cm)	2.0	825B	基礎 1層、2層、3層	共和 (岩田材工社)
Wopt + 3%	PA-2F-300 (30cm)	5.0	BWZ10 825B	1層、2層、3層 "	飯田 (岩田材工社)
Wopt + 2%	BE-2KE (20cm)	2.0	BWZ10 825B SK-6	1層、2層 " "	共和 (岩田材工社)
?	(注: 運搬不可) AS-5C (20)	5.0 (4)	BWZ10	?	?

Ⅳ. 測定結果

測定記録は、静的土圧、動的地中応力、地中応力の影響範囲、振動ローラーの加速度および振動数の項目について解析した。

(1) 盛土高と静的土圧の関係

盛土高と静的土圧との関係を図-1に示す。湿潤密度を $\gamma_t = 2.1 \text{ t/m}^3$ とし、高た計算値(左方、右: 盛土高)と比較すると、実測値の方がやや大きな値を示しており、盛土深部においてこの傾向が著しい。

(2) 転圧回数と地中応力

転圧回数と地中応力との関係を図-2に示す。地中応力と転圧回数との相関は認められない。なお転圧回数1回とは締固め機械走行1回をさす。

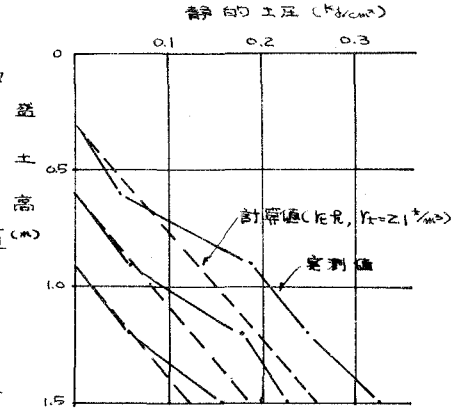


図-1 盛土高と静的土圧の関係

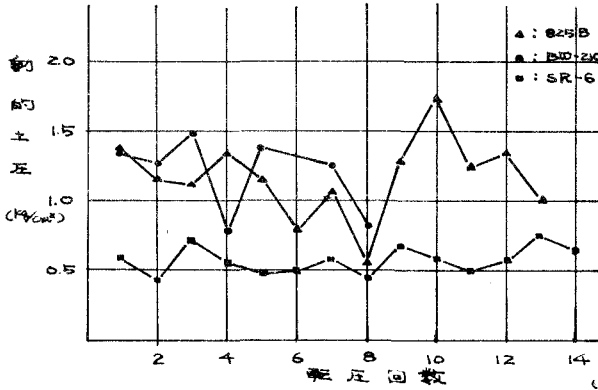


図-2 4番と転圧路における動的土圧と転圧回数との関係

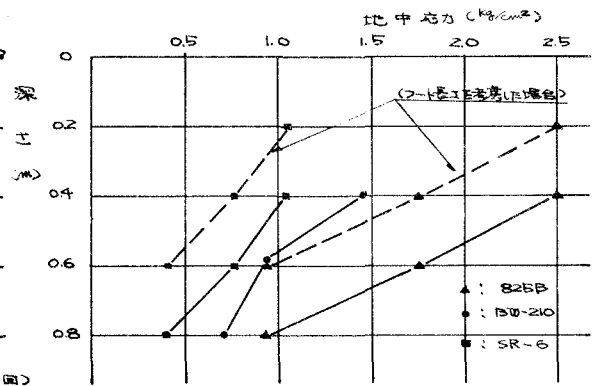


図-3 各機種の手圧方向の地中応力

(3) 地中応力の深度変化

各締固め機種の地中応力測定最大値の深度変化を図-3に示す。深度の増加に伴い地中応力は減衰する。特に深度1.0m程度までの減衰が激しく、3機種のうちでは、825Bの減衰が目立つ。

(4) 地中応力の影響範囲

オシログラフによる時間-垂直土圧の関係を図-4に示す。図-4より土圧計設置位置に対する影響(動的地中応力の変化が認められた時からまでの間)を転圧速度より範囲として描くことができる。図-5に各締固め機種の深度別水平方向影響範囲を示す。深度の増加に伴い、影響範囲も広くなるが、その増加割合は深度増加に伴い、減少する。

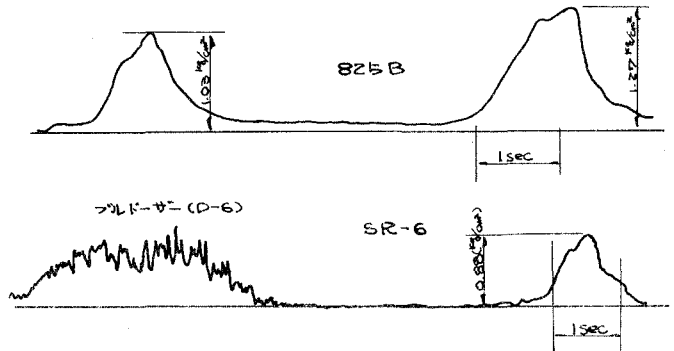


図-4 各機種、時間-垂直土圧の関係例

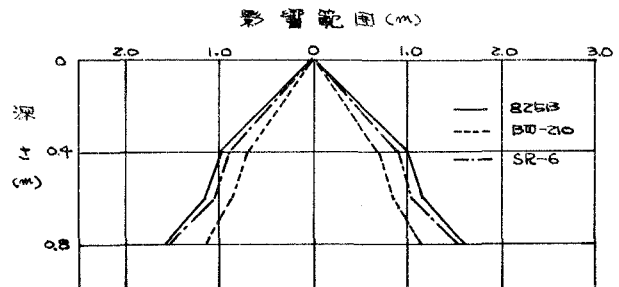


図-5 各機種と影響範囲の関係

(5) 振動ローラーの鉛直方向加速度

振動ローラーの鉛直方向加速度と転圧回数、加速度の変化を図-6に示す。転圧回数の増加に伴ない、加速度は増加し、また深度の増加により加速度は減少する傾向を示している。

(6) 振動ローラーの振動数

加速度計に伝達した振動ローラーの振動数を、オシロペーパーから読みとった。最高2,070 YPM、最低1,312 YPMで、ほぼ1,700~2,000rpmの範囲にあり、転圧回数の増加とともに振動数も増加する傾向がみられた。

V. 試験結果の考察

(1) 三機種種の転圧効果の比較

地中応力などの測定と同時に実施した現場密度の測定結果を図-7、締固めによる粒度変化・測定結果を図-8、締固めに伴なう地表面沈下の状況を表-4に示す。これらの図表ならびに図-図-3に示した最大地中応力(825B, SR-6のフートの長さも考慮しても)、影響範囲がらみても、締固め効果は、825B, BW-2/0, SR-6の順に小さくなるものと判断される。またフートのついた825B, SR-6の方が平滑な転圧面を有するBW-2/0よりも粗粒効果が大きく、フィルダムのコア材締固めに対してはより効果がある。

(2) 地中応力の実測値と理論値との比較

まず静的土圧は実測値の方が、計算値と比較し、高い値を示す傾向にあるが、これは計器設置時の締固めにより、埋戻し土の剛性が原地盤より大きくなり、この部分に応力集中が生ずるためと考えられる。

次に、動的地中応力の実測値と比較するためには各機種種の荷重が線荷重として働くものと仮定し、式1を用い実測値から地表面荷重を推定した。

$$\sigma_{smax} = \bar{f} \frac{P}{Z} \quad (1)$$

ここで σ_{smax} : 地中応力 (kg/cm²)

P : ローラーの線荷重 (kg/cm)

Z : 深さ (cm)

$\bar{f}$: 集中係数レによる与えられる係数

(粘性土レ=3, 砂質土レ=6)

レ: 奇数のとき $\bar{f} = \frac{1}{\pi} \frac{(1-1)(1-3)(1-5) \cdots 4-2}{(1-2)(1-4)(1-6) \cdots 5-3}$

レ: 偶数のとき $\bar{f} = \frac{1}{2} \frac{(1-1)(1-3)(1-5) \cdots 5-3}{(1-2)(1-4)(1-6) \cdots 4-2}$

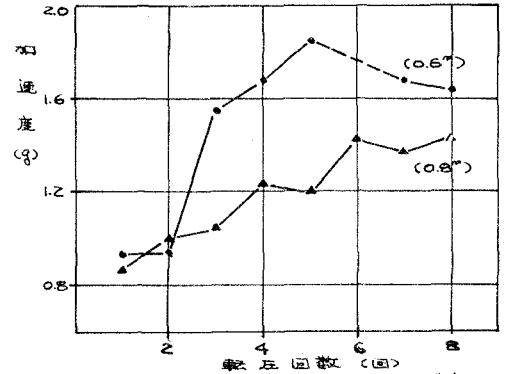


図-6 BW-2/0の転圧回数と加速度の関係

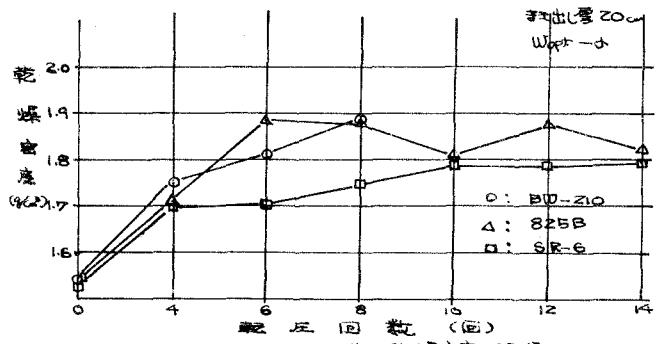


図-7 転圧回数と乾燥密度の関係

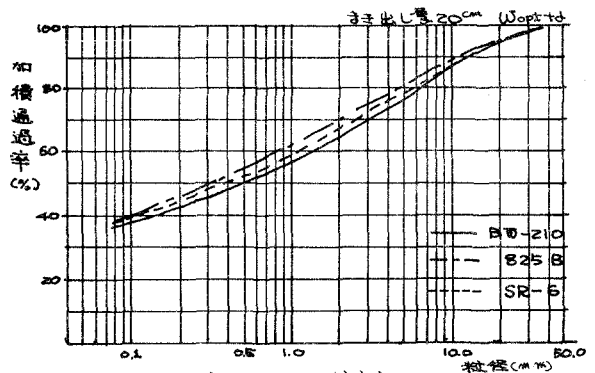


図-8 締固めによる粒度変化

表-4 沈下率 - 電表 (Wopt-d)

(A) 沈下し量 (cm)	締固め回数 (回)	(B) 沈下量 (cm)	(C) 沈下率 (%)	深さ (cm)	沈下率 (%)
20	BW-2/0	4	1.8	9	1.729
		8	2.3	11.5	2.121
	825B	8	3.6	18	1.744
		14	3.4	17	2.062
	SR-6	8	3.2	16	1.735
		14	3.5	17	2.023

この結果を表-5、図-9に示す。振動ローラーにおいては、現論値とほぼ一致するが、タンピング系のは、ローラー同志による干渉（825B-前後輪2個計4個、SR-6-2個）、フートの貫入などの問題で理論値と異なる結果がえられるものと思われる。また、自走式のもの、けん引式のものとも異なると思われるが、転圧荷重の締固め時のローラー荷重は、線荷重として取り扱ってもよいであろう。

表-5 各機種線の線荷重

機種	深度 (cm)	地中応力 σ_{cm} (kg/cm ²)	推定 地中線荷重 (kg/cm)	ローラー荷重より 求めた線荷重 (kg/cm)
BW-210	40	1.48	92.9	
	60	0.91	85.7	
	80	0.71	89.2	
	平均		89.3	96.6
825-B	40 (20)	2.44	156.4 (78.2)	
	60 (40)	1.76	145.8 (110.5)	
	80 (60)	0.88	110.9 (82.9)	
	平均		144.0 (90.5)	73.0
SR-6	40 (20)	1.03	64.7 (32.3)	
	60 (40)	0.76	71.6 (47.7)	
	80 (60)	0.38	47.7 (25.9)	
	平均		61.3 (38.4)	68.5

（ ）内はフート長と考慮した場合、1.2

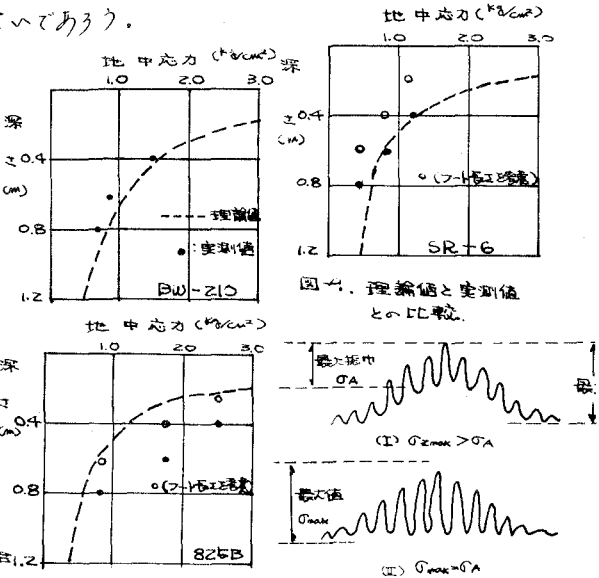


図-9. 理論値と実測値との比較

(3) 振動ローラーによる締固め特性

振動ローラーの σ - ϵ 曲線では、図-10に示すように、2つの代表的な波動が考えられる。(I) 振幅 σ_A の下限が0でない場合、(II) σ_A の最小値が0である場合である。

(I) は振動輪が地表面に常に接地している状態であり、(II) は完全に跳躍している状態である。図-11に σ_A/σ_{max} と転圧回数との関係を示す。今回の測定結果は、ほとんどが(I)型であるが、転圧回数の増加に伴ない(II)型に近くなっている。次に土圧計に伝達した振動ローラーの振動数および加速度と締固め度と転圧回数との関係を図-12に示す。振動系の振動数と締固めによる地中応力の要因は、自重のほかは振動数と振幅があげられる。この図からも締固め度の増加は振動締固めによって発生する振動数、加速度の増加としてもとらえることができるかと判断される。

Ⅶ. あとがき

最後に今回の測定にあたって多大の協力とえまいた水資源開発公団寺内ダム建設所、坂田電機(株)、共和電業(株)に深く感謝します。

参考文献

- 1) 久野信郎：土の締固め、技報堂全書、昭和38年3月
- 2) 渡辺、藤井、岡田：締固めの機械によって発生する地中応力、第6回土質工学研究発表会、昭和46年6月
- 3) 沢田、渡辺、藤井：締固めの機械の走行速度と地中応力、第7回土質工学研究発表会、昭和47年6月

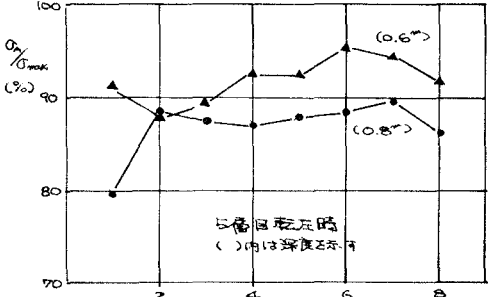


図-10 振動ローラーにおける σ - ϵ の関係

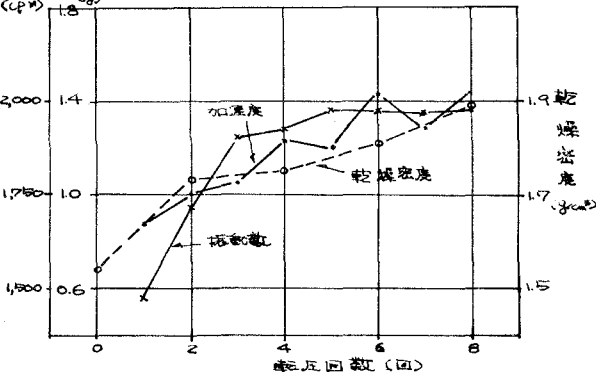


図-11 転圧回数と加速度、振動数、乾燥密度の関係