

新冠ダムの計測概要について

北海道電力株式会社 正員○阿部 英夫

1. まえがき

新冠発電所は、日高水系一貫開発計画の中核貯水池となるもので、新冠川の中流部に高さ102.8mの道内で初めてのロックフィルダムを築造して、有効容量117×10⁶m³を貯水し、ダム直下に設けた地下発電所で最大出力200MWを発電する揚水式の発電所である。ダムの主な諸元および標準断面図を表-1および図-1に示す。

2. 計測計画

新冠ダムにおける計器による挙動の観測計画は、保安上の要求も含め、築造～湛水時～満水以降の静的挙動の観測に重点をおくこととした。この場合寒冷地における年間施工日数、堤体材料の施工性などに対する配慮から、コア部に観測の重点をおき、特に向題の提起された事項については、新たな計器を開発して観測を行なった。観測計画は大別して

- 1) 静的観測（堤体の変位、変形、コア部の間隙水圧、土圧、土歪、沈下、ゾーン境界部の剪断変位、漏水量）
- 2) 動的観測（地震時の加速度）
- 3) 特殊観測（洪水吐コンクリート壁と、コアとの接合部における静的・動的挙動）の3つに分けることができる。

3. 計測設備

表-2および図-2に、新冠ダムの計測設備一覧表および計測設備配置図を示す。静的計測の回数としては、湛水開始後、表-3に示す計画に従って実施中である。また動的観測については、ダム監視室が完成した昭和48年11月から計測態勢に入っている。

(1) 差動トランス式間隙水圧計、土圧計

差動トランス式計測器は、測定しようとする機械量の変化を、それに比例した電圧の変化に変換するもので、出力電圧が高く、他の電氣的影響を受けることが少なく、長時間にわたって安定であることなどから、新冠ダムでは、差動トランス式の計器を主に使用した。表-4に各計器の仕様を示す。

間隙水圧計については、コア部の計測に重点をおき、基盤中3個を含め、24個を、更

型 式	中央コア型ロックフィルダム	
高 さ (m)	102.8	
頂 長 (m)	326.0	
堤体体積 (m ³)	3,091,100	
法 勾 配	内 訳	コ ア 372,879
	フィルター	180,011
	ロ ッ ク	2,538,210
上流面 1:2.3		下流面 1:1.9

表-1 ダム諸元

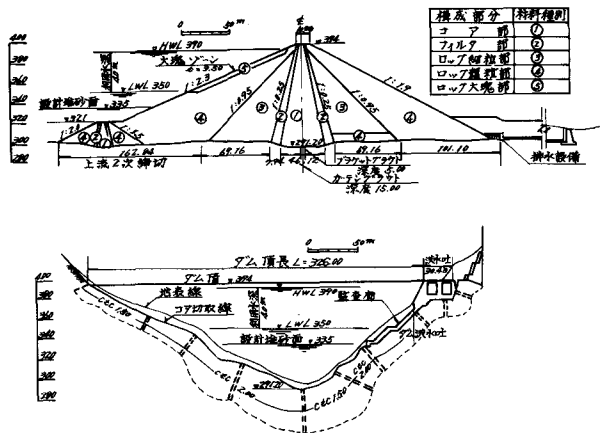


図-1 ダム標準断面図

種 類		測 点 数 又 は 感 分 数			備 考
		設置数	故障数	稼働数	
間隙水圧計	差動トランス式	32	6	26	
土 圧 計	差動トランス式	4	2	2	
土 歪 計	差動トランス式	4	2	2	
地 震 計	表面型加速度計	9	0	9	
	埋設型加速度計	5	0	5	
層 別 沈 下 計		1	0	1	EL 356 m以下測定不能
剪 断 変 位 計		1	0	1	一部測定不能
外 部 変 形 用 測 点		17	0	17	
漏 水 計		1	0	1	
沈 下 板		5	0	5	

表-2 計測設備一覧表

計測設備一覽表

名 称	型 号	尺 寸	使 用	標 准
土 压 計	$E-1$ $E-2$ $E-3$ $E-4$	$S-1$ $S-2$ $S-3$ $S-4$	●	差動、加、×型
土 垂 計	$S-1$ $S-2$ $S-3$ $S-4$		●	差動、加、×型
同 源 水 压 計	1 5 22		●	差動、加、×型
測 試 荷 載 計				
原 則 波 下 計			主	
比 震 計	$A-1$ $A-2$ $A-4$ $A-5$ $A-6$ $A-7$	Δ	測振器 (3 級重) 比 震 重 (2.0) “ (2.0) “ (2.0) “ (2.0) “ (2.0)	加 速 度 計
可 動 標 的	$D-1$ $D-17$	○	× 2.0 - 比 震 重	
固 定 標 的	$F-1$ $F-3$ $F-5$	●		
觀 測 台	$L-1$ $L-3$ $L-5$	▲		
固 定 標 的 測 震 器	$F-1$ $F-5$	●		

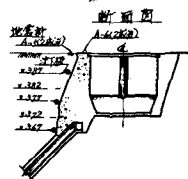
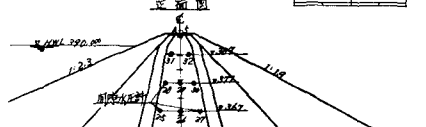
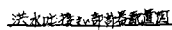
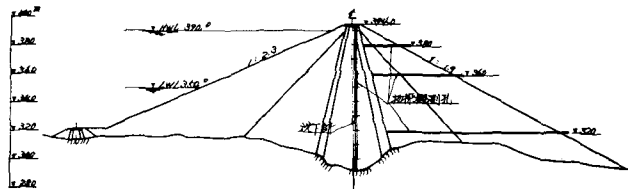
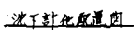
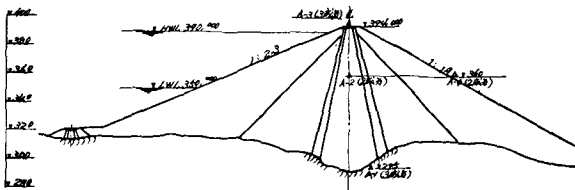
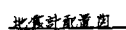
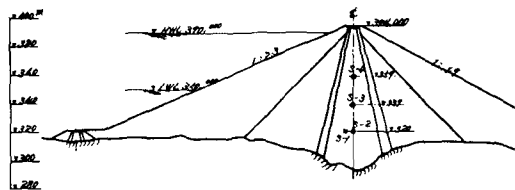
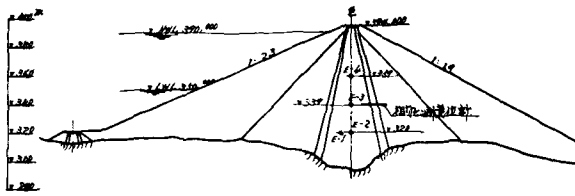
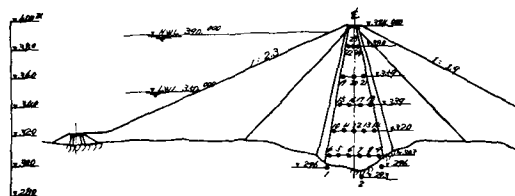
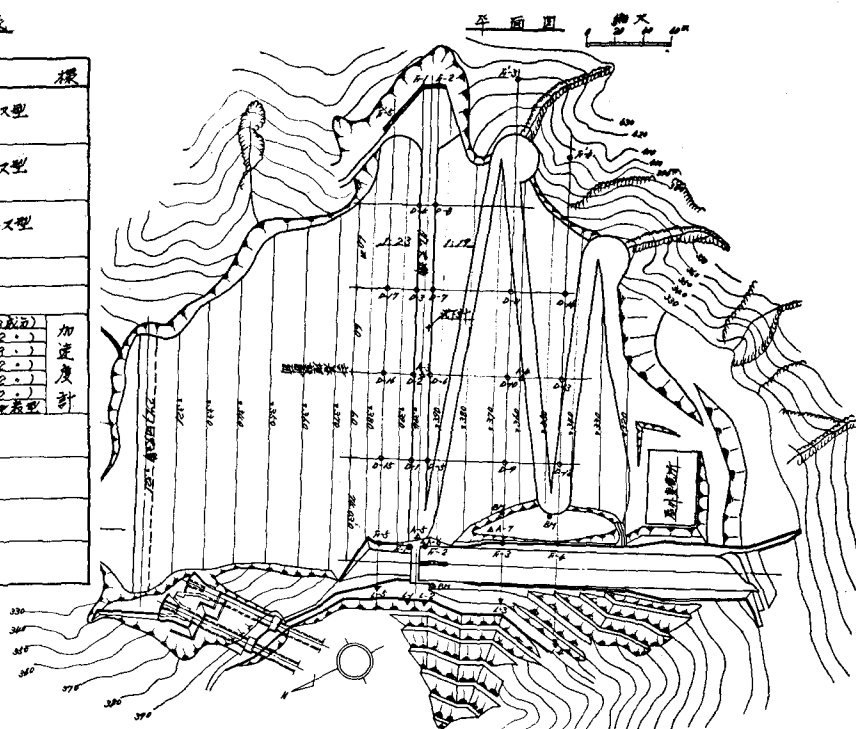


図-2 計測設備配置図

に、洪水吐ウオールとコアとの接さい部に8個を埋設した。

土圧計は、鉛直土圧を測定するため、1箇所/成分として、向隅水圧計および土歪計と

同一箇所計4個を埋設した。

(2) 差動トランス式土歪計

土歪計については、特殊な設計のものを試作し、室内実験的に性能を確かめてからコア部に埋設した。原理的には、図-3に示すように、差動トランス型変位計を内蔵したものであり、埋戻し土の剛性をそのまま計器のパネとして利用してある。

(3) 差動トランス式漏水計

漏水計（水位計）はダムのコアや基礎岩盤を通して集水ゼキに集まる水を測定用水路に設けた四角ゼキにより流量に応じた水頭を計るもので、ダム下流に1箇所設置し、リード線でダム監視室まで引込み、漏水計記録装置により、連続自記されている。

(4) 剪断変位計

剪断変位計については特殊な設計のものを試作し、本体に先立って築造された2次メ切堤の観測結果で、異種材料間の相対変位がかなり明瞭に実測されており、再度確認の意味と、フィルター部の過剰転圧をさける意味をもたせ、傾斜計方式（ポテンシオメーター）のものを1成分埋設した。図-4に剪断変位計の外観図を示す。

これらコア部に埋設した計器のリード線は、各標高毎に、コア部に掘られたトレンチを経て、ダム右岸側に設けた監査廊に導き、監査廊のダクトを通して、ダム監視室内の切替器に継がれている。測定は切替器と指示計を接続して行なう。

図-5に計測設備総合系統図を示す。

なおコア部に布設したリード線は、すべてタブレックスコードを用い、トレンチはリード線布設後丁寧に埋戻した。

(5) 層別沈下計

層別沈下計は図-6に示すような構造で、測定はピックアップ（発信子）をパイプ内に下げていき、堤体内に約5mの鉛直間隔で埋設した検出部に達した時に、ピックアップからの磁気線が変化する、その状態を地上の指

区 間	期 間	測 定 回 数								備 考
		気象及び水象	漏水量	貯水量	間隙圧	土 圧	土 歪	相対沈下	コア沈下	
第一期	49. 1. 19 ～ 49. 2. 19	毎 日			1 回 / 週 （水曜日）			1 回 / 月	但し地震があった時はそのつど。	
	2 回 / 週 （月、木曜日）				1 回 / 週					
	1 回 / 週 （水曜日）									
第二期	49. 2. 20 ～ 満水位迄 満水位～以降 3 ヶ月				1 回 / 週		1 回 / 月			
第三期					1 回 / 月		1 回 / 3 ヶ月			

注） 気象：天候、気温、気圧、風向、風速、雨量
水象：流入量、貯水量、使用水量、放流量
なお、揚水量、放水量はそのつど。

表-3 湛水後の計測計画表

型 式	種 類	仕 様
差 動 ト ラ ン ス 式	間隙水圧計	測定範囲：3、5、6、8、10、15 % 精 度：±0.5 %以下 感 度：0.05 %以下 温度誤差：±0.2 %以下（5℃～25℃）
	土 圧 計	測定範囲：20、25 % 精 度：±0.5 %以下 感 度：0.05 %以下 温度誤差：±0.2 %以下（5℃～25℃）
	土 歪 計	測定範囲：10 % ゲージレングス：250 % 精 度：25 μ ベローズ剛性：全土圧の0.1 %以下
	漏 水 計	測定範囲：300 % 精 度：±1 % 直線性及びヒステリシス：±1 %以内 温度誤差：±1 %以内（10℃の変化に対して） 出力電圧：50 mV ± 0.5 %
傾斜計方式	剪断変位計	測定範囲：±20° 以内（可動範囲±170°） 精 度：±0.2 %以下 非直線性：0.5 %FS以下

表-4 計器の仕様

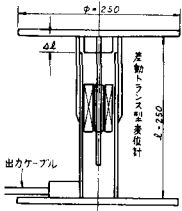


図-3 土歪計の原理

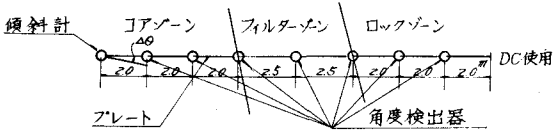


図-4 剪断変位計外観図

示計で探知し、その時の深度をコードに取付けた目盛から読みとる。

(6) 外部変形

外部変形の計測は、ダムの水平変位を求めるための視準測量と、鉛直変位を求めるための水準測量とに大別される。視準測量および水準測量とも図-2に示す測線を対象にし、測点数にして17点の上下流方向の水平変位および鉛直変位を計測している。

(7) 洪水吐接さい部沈下板

洪水吐ウォールとコアとの相対変位（ズレ）の測定のため、図-7に示すような沈下板を試作し、洪水吐ウォールの立上りから高さ5m毎に5個設置した。計測は監査廊の堅坑部に引出したワイヤーを使い、スケールで計っている。

(8) 地震計

新冠ダムでは地震基盤からダム頂部までの地震波の伝播および増巾の状態をチェックする目的から、基盤中も含め10成分を設置した。埋設箇所、計器数は必要最小限とし、各標高で測定値の比較対照が可能なよう加速度計のみを選択した。また洪水吐コンクリートとコア接さい部に夫々水平2成分を設け、堤軸方向およびそれと直角方向の地震力に対し、挙動を観測することとした。表-5に地震計の仕様を示す。加速度計は地震基盤からの増巾を考慮し、測定最大加速度を200～600 galとした。これらのピックアップはシールドキャップタイヤコードによつてダム監視室内の感度調整器を経て、電磁オシシログラフに繋がっている。記録装置はスターター制御器による設定感度以上の地震が発生すると、スターターが作動しその出力によつて電磁オシシログラフ、感度調整器、同期マーク発生器、タイムスタンプなど一斉に作動して地震が設定感度以下になって5秒後停止するまで連続的に記録される。地震終了後はすべての機構が元の状態に復帰し、次の地震を待期することになる。

4. 計測データーの解読とその利用方法

築造中および湛水後において得られた静的な計測結果は、その測定量に応じて相關連する外的条件との関係で表わし、ダムの安定性の照査に用いるほか、動的計測データーと併せて使用される。地震計によつて記録される加速度曲線からは、基盤に伝わる地震波の性質とその分布、ダムの加速度応答とその分布、両者の位相の関係お

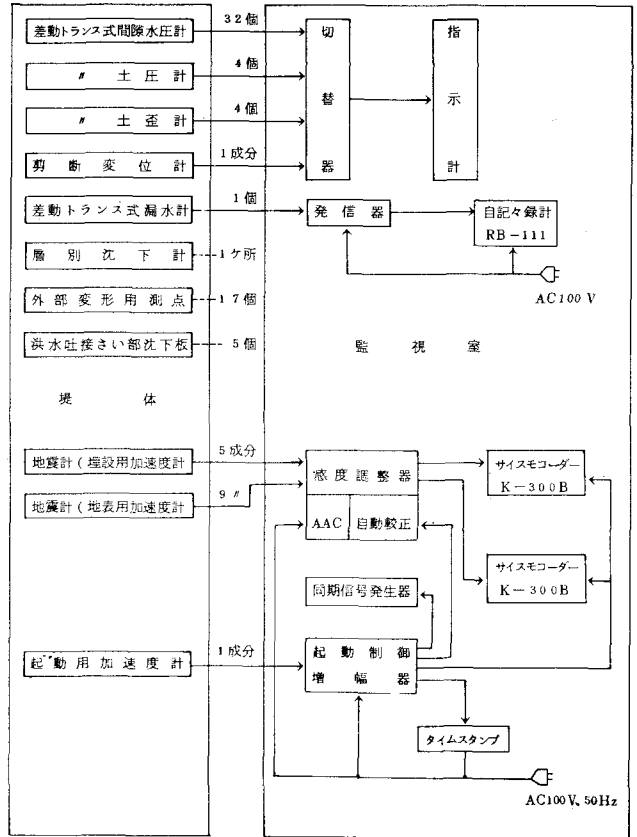


図-5 計測設備総合系統図

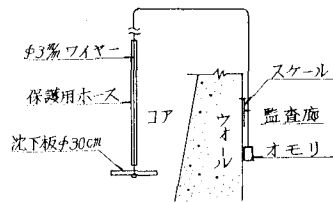


図-7 沈下板

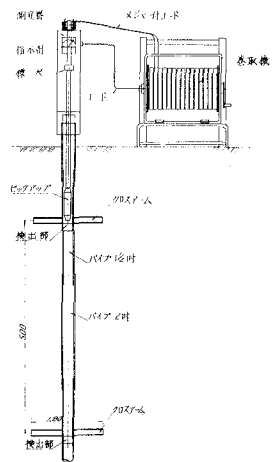


図-6 層別沈下計

よび増巾率などが求められる。また、これらのデーターを解析することによってダムの固有周期、減衰定数、振動モードなどが算出される。また、動的計測以外に、地震直後に静的計測を行なって、地震荷重による残留変形や応力状態の変化などを知ることができる。

このように計測データーから得られる知識は、数値解析や材料の物性についての研究と相まって、将来更情に即したフィルダムの設計法の確立に役立てられることになる。

5、計測結果

築造中および湛水後において得られた計測データーの一部を以下に示す。

	加 速 度 計		
	表 面 型	埋 設 型 (6' 型)	埋 設 型 (20' 型)
固 有 周 波 数	3.0 %	H 3.0 % V 5.0 %	3.0 %
測 定 周 波 数 範 囲	0.3 ~ 30 %	H 0.3 ~ 30 % V 0.5 ~ 40 %	0.3 ~ 30 %
測 定 可 能 最 大 加 速 度	600 gal	200 gal	400 gal
基 準 感 度	5.0 μ A/gal	H 1.20 μ A/gal V 6.0 μ A/gal	1.20 μ A/gal
コ イ ル 抵 抗 値	1000 Ω	90 Ω	90 Ω
減 衰 方 法	電 磁 制 動	油 制 動	油 制 動
減 衰 係 数	1.4	1.1	1.1
傾 斜	—	H $\pm 6^{\circ}$ V $\pm 20^{\circ}$	$\pm 20^{\circ}$
外 形 寸 法	H 260 $\times$ 220 $\times$ 190 V 260 $\times$ 220 $\times$ 220	ϕ 140 $\times$ 400	ϕ 450 $\times$ 450
重 量	H 1.05 Kg V 9.5 Kg	1.6 Kg	約 100 Kg

表-5 地震計の仕様

図-8 築造一湛水過程における向陳水圧

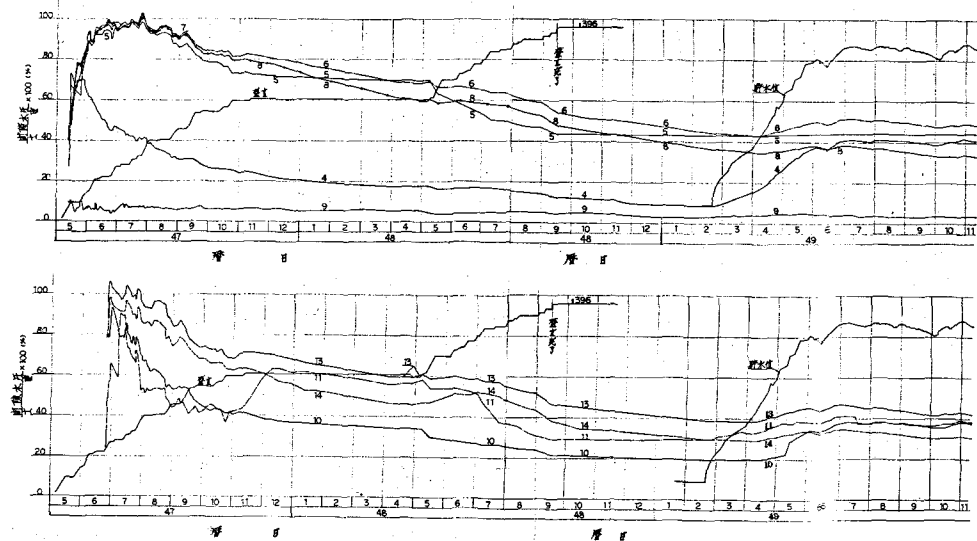


図-9 蓋土高一測定土圧

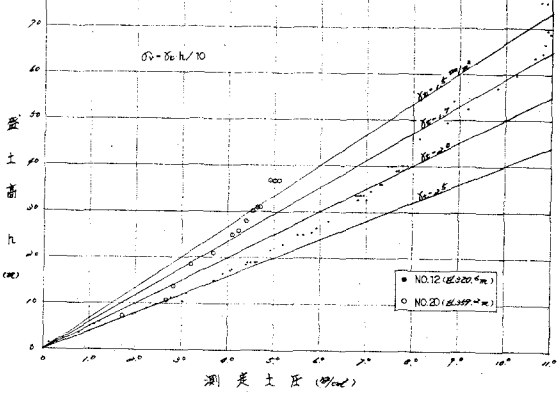


図-10 土圧一土質測定値 (kg/cm²)

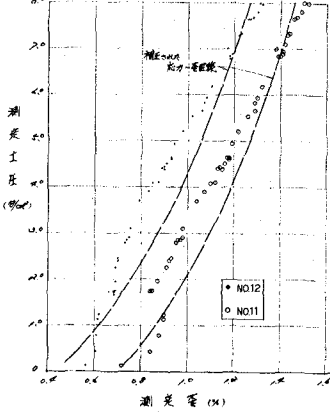


図-11 築造-湛水過程におけるコア部の沈下状況

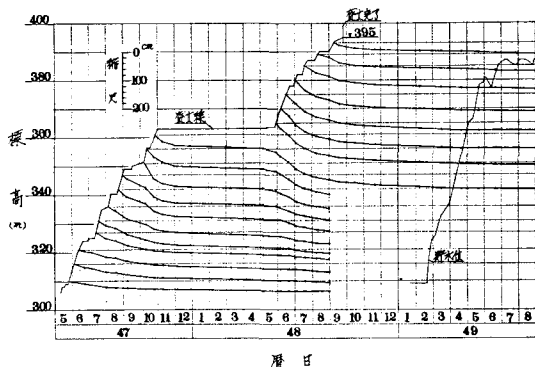


図-12 築造-湛水過程におけるコア部の沈下

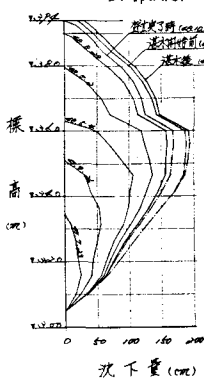


図-13 コア部の鉛直方向の圧縮率

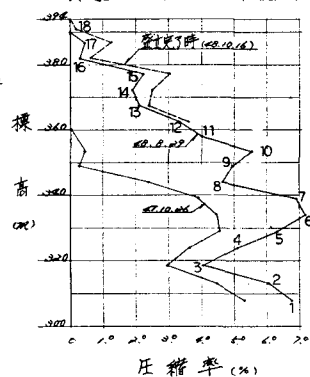


図-14 ダムの外部変形

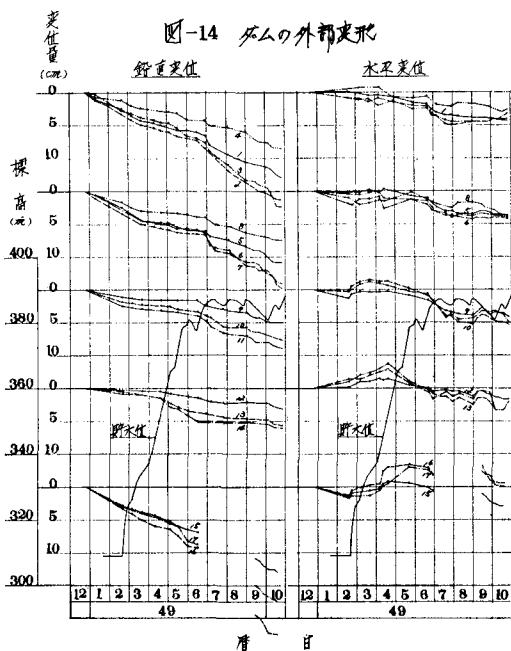


図-15 築造後-湛水開始時のダム沈下の沈下量(5月10日～5月11日)

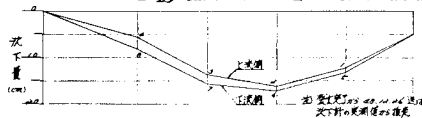


図-16 湛水43日間の沈下量(5月10日～5月11日)

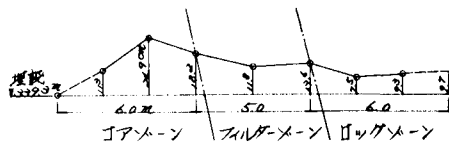
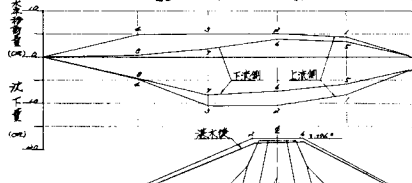


図-17 メン境界部の断面変化(49.8.1測定)

6. あとがき

以上、計測概要と実測値の一部を報告したが、今後、実測値をもとに、解橋を行ない、ロックフィルダムの設計・施工に役立てたい。

参考文献

1. 第14回電力土木研究発表会、検討会講演概要集 S47.11
2. 発電水力 NO.123 1973.3
3. 電力中央研究所技術第2研究所報告 72012 S48.4