I—11　コンクリートアーチダムの模型実験について

北大工學部　工博　正員　横道英雄
札幌土木現業所　准員　○大橋宏志

現在アーチダムを設計するのに、種々の計算方法が考へられている。それ等の計算より得られた計算値は、ダムが重直中心線と対称である時及び岩盤の物理的性質の仮定が妥当な時は良い結果が得られるが、非対称又は岩盤性状仮定値が異なるに従つて可成り違つた結果を与へているのが実状である。上述の計算上の不備の点を補い応力解析又は設計上の参考に資するため模型実験を行う様に方つて来たが、当国にては殆んどその例がないので、最近行つた模型実験及び模型用材料の性質について報告する。

1. 模型材料及びその物理的性質

模型試験に用いられる材料としては、ゴム、セルロイド、コンクリート、コルク石膏・硅藻土モルタル　セメント・硅藻土モルタル、アルカゼイン等があるが、ポアソン比がコンクリートと類似し、低い弾性係数を有し、かつ広範囲に弾性係数の値を調節し得ることが大縮尺の模型実験に適当である。以上により本実験では石膏・硅藻土モルタル、セメント・硅藻土モルタルを選び又配合及び水量は表～1の様にした。石膏・硅藻土モルタルには、凝結遅滞剤として第2燐酸曹達を混入するものとし（凝結遅滞効果は図～1．参照）、かつ温度の影響をさけるため養生はすべて温度36%温度23℃の恒温室にて行つた。セメント・硅藻土モルタルでは、予備実験よりフロー140～220の範囲のもので弾性係数の変化範囲の大なるものを選んだが、その結果砂の混和は不適当であること　ポゾリスを1.5%混和すると良いことが分つた。養生期間は乾燥緩結と認められる6週間をとつた。圧縮・引張強度及び圧縮・引張弾性係数試験は、φ15cm×30cmのシリンダーにてストレインゲージを添附して行い、又同試験からポアソン比ももとめた。曲げ引張試験はモルタル試験用供試体にて行つた。以上の実験から石膏・硅藻土モルタルでは20～30cm厚さでは気乾状態となるのに約6週間を要し、又特別に強制乾燥しない限りひびわれは生ぜず、第2燐酸曹達を石膏の0.4%（重量比）混和すれば凝結開始時間を約1時間以後となし得ること　又遅滞剤の混和が材料の性質に及ぼす影響は余りないことが分つた。

表～1　配合表　（重量比）

石膏	硅藻土モルタル		セメント・硅藻土モルタル		
石膏	石膏/硅藻土	水/石膏	セメント	セメント/硅藻土	水/セメント
1	1/2	2.0	1	1	3.3
〃	〃	1.8	〃	〃	3.0
〃	〃	1.6	〃	〃	2.7
〃	〃	1.5	〃	〃	2.4
〃	1/3	1.5	〃	2/3	2.45
〃	〃	1.3	〃	〃	2.25
〃	〃	1.1	〃	〃	2.05
〃	〃	1.0	〃	〃	1.85
〃	1/4	1.5	〃	2	1.8
〃	〃	1.3	〃	〃	1.6
〃	〃	1.2	〃	〃	1.4
〃	〃	1.1	〃	〃	1.25
			〃	3	1.2
			〃	〃	1.1
			〃	〃	1.0
			〃	〃	0.9

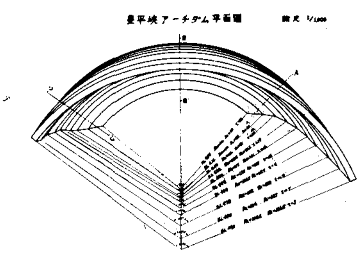
又強度は、硅藻土及び水量の増加と共に減少するが、材令6週で圧縮強度は12～50kg/cm²、引張り強さ係数は3～8kg/cm²、曲げ引張り強度10～25kg/cm²で実験に供し得ること　圧

縮弾性係数は配合を調節すると図～2の如くになり、ポアソン比は0.15～0.24でコンクリートに近似した値であることが分った。　セメント・硅藻土モルタルにおいては、圧縮強度は8～150 kg/cm²、引張強度2～15 kg/cm²、弾性係数は図～2の如くになり、ポアソン比は0.18～0.25となったが、乾燥後の供試体の表面に網状のも細ひびわれの発生したものが多く、養生方法に注意を要することが分った。　以上により本実験では石膏・硅藻土モルタルを使用することにした。

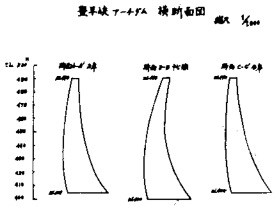
2. 模型実験

本実験の対象は計画中の豊平峡ダムである。（図～3,4参照）
岩盤の弾性係数は試験の結果60～50 t/cm²が大部分で、一部に40 t/cm²位の箇所がありポアソン比は0.25であった。

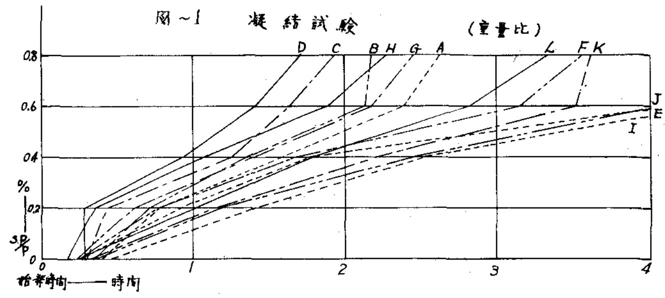
図～3　ダム平面図



図～4　ダム断面図



図～1　凝結試験　（重量比）

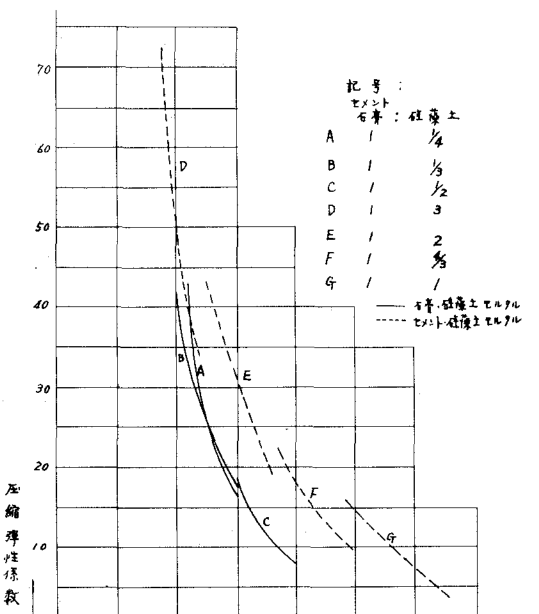


	石膏	硅藻土	水		石膏	硅藻土	水
A	1	1/2	2.0	G	1	1/5	1.1
B	〃	〃	1.8	H	〃	〃	1.0
C	〃	〃	1.6	I	〃	1/4	1.5
D	〃	〃	1.5	J	〃	〃	1.3
E	〃	1/3	1.5	K	〃	〃	1.2
F	〃	〃	1.3	L	〃	〃	1.1

記号
S.P：燐酸曹達
P：石膏

（水温：10～15°C）

図～2　弾性係数（材令6週）



実物堤体のコンクリートのポアソン比は今迄に行われた実験結果から0.15～0.23としても差支へなく、又弾性係数は豊平峡ダムの設計に使用した値の240 t/cm²を基準とした。
模型の縮尺、模型材料の配合、弾性係数、相似値は表～2の様である。

表～2　弾性係数，相似値及び使用材料の配合

	弾性係数	基礎岩盤弾性係数 / 堤体コンクリート弾性係数	模型製作に使用せる配合 石膏	石膏 / 硅藻土	水 / 石膏	模型相似値 応力	歪	変位
堤体コンクリート	240,000 kg/cm²	1	1	1/3	1.0	14.705	2,555	511.0
基礎岩盤	60,000 〃	1/4	1	1/2	1.8	〃	2.574	514.8
〃	50,000 〃	1/4.8	1	1/2	2.0	〃	2,441	488.2
〃	40,000 〃	1/6	1	1/2	2.1	〃	2,684	536.8

ポアソン比はすべて同一とする。　　λ＝ 200　　δ＝ 13.6

相似律

$K_\sigma = \frac{\lambda}{\delta}$，　$K_\varepsilon = \frac{E_m \cdot \lambda}{E_d \cdot \delta}$，　$K_u = \frac{E_m \cdot \lambda^2}{E_d \cdot \delta}$

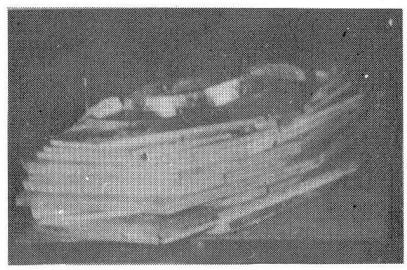
K_σ：応力，K_ε：歪，K_u：変位

$1/\lambda$：縮尺　　δ；載荷材料比重

E_m；模型材料の弾性係数

E_d；実物　の弾性係数

写真～1　模型堤体型枠



石膏・硅藻土モルタルが気乾状態に達するには、非常に時間がかかるため、岩盤模型の巾及び厚さを過大にして製作するのは不適当なので、本実験ではこれを堤体最大厚の2～3倍とし、これに接してコンクリート製の型枠状支台を作つた。

地形の製作は針金を円筒座標状に鉛直に下し、ラッカーにてマークをつけ、これに合せて作つた。　配合の区分はボール紙を本型につけたもので区切り、岩盤模型の製作、打込みは連続して一度に打設した。　堤体型枠は写真～1の如く、25㎜厚板材を重ね、勝とボールトで締めつけ、型枠内面には錫箔を貼つて、モルタルが附着するのと模型の表面が油脂類で汚損するのを防いだ。

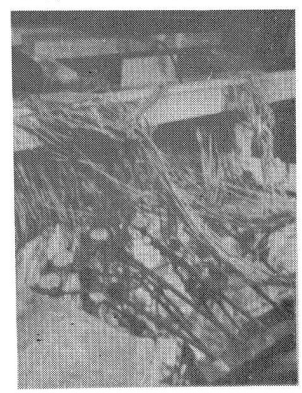
堤体模型を岩盤模型にとりつける時は、接着面に予めラッカーを塗つて防水し、水溶性ビニール塗料と軟練りの石膏ペーストを用いて接着させた。

載荷材料には相似律からいつて方るべく比重の大きいものが良いので水銀を用いた。　水銀は本製型枠と模型堤体面間に入れたゴム袋内にビニール管で送り、有害ガスが漏れない様にした。

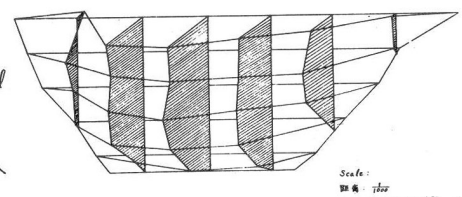
測定は堤体のみについて行い、変位はダイヤルゲージにて水平方向36点、鉛直方向3点、歪は Static electrical strain meter にて3成分ロゼット型歪計を上・下流面36点に貼布して行い、上流面は載荷の影響を考慮に入れてパラフィンでコートした。（写真～2参照）

測定結果の一部を示すと図～5～11の如くである。

写真～2　測定状況

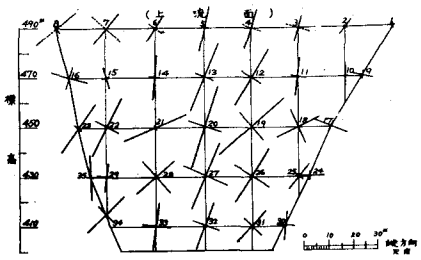


図～5.　撓み分布図

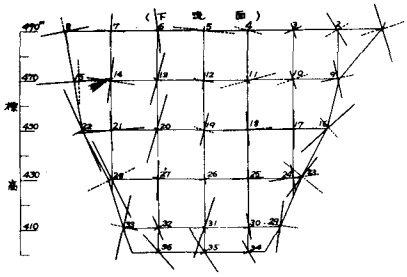


最後に、本実験の大部分は北海道開発局官房調査課の依嘱によって行われたが、その一部は昭和32年度文部省科学試験研究費の補助を受けた。

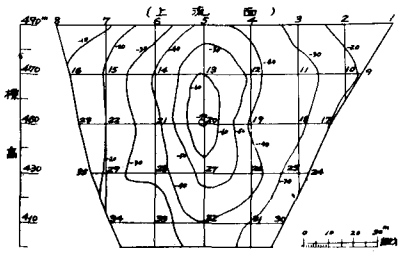
図～6. 主応力分布図



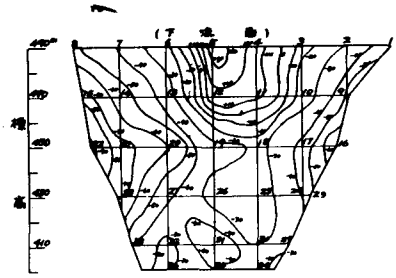
図～7. 主応力分布図



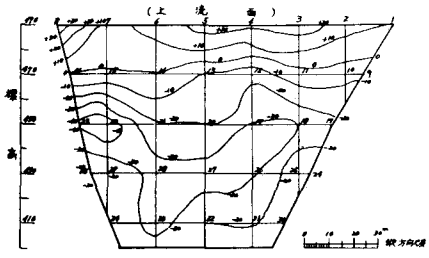
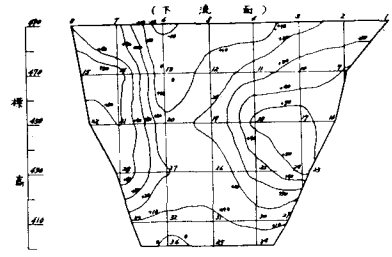
図～8. 水平方向歪分布図



図～9 水平方向歪分布図



図～10 鉛直方向歪分布図



図～11 鉛直方向歪分布図