

アーチダムの変位と応力に対する基盤弾性の影響  
*Water Power*/工藤 正・訳  
 流砂量と河床形態  
*Proc. of A.S.C.E., HY*/吉野 文雄・訳  
 汚水の生物処理と化学処理の併用  
*Jour. of W.P.C.F.*/大迫 健一・訳  
 遠隔山地での自動記録を目的とした  
 積雪等価水深測定の新方法  
*Jour. of Hydrology*/加藤 信夫・訳

アーチダムの変位と応力に対する  
 基盤弾性の影響

“Effect of Foundation Elasticity on Arch  
 Dam Deflections and Stresses”  
*Varshney, R.S.*, 外  
*Water Power* Vol. 24, No. 3, pp. 95~99, March (1972),  
 Vol. 24, No. 4, pp. 130~136, April (1972).

(1) ま え が き

アーチダムの挙動を解析するためには、載荷時の基礎岩盤の変形特性を知ることが必要となる。一般にはこの変形特性は岩盤のヤング係数  $E_f$  とポアソン比  $\nu_f$  によって定められるが、岩盤は非均質、異方性であるため節理や断層などの地質特性や荷重の方向、時間の経過などによって一義的に定められないものがあり、これを妥当な値に決定することは、アーチダム設計者のもっとも困難な問題の一つとなっている。この点にかんがみ本論文では、基礎岩盤の弾性係数の大小がアーチダムの諸挙動に与える影響について検討を行なっている。

(2) 検 討 方 法

この検討を進めるにあたって、薄いダムとして櫛俣ダム、厚いダムとして Kishau ダム、その中間として上稚葉の3種類の厚さの異なるダムを取り上げ、これらについて、 $\lambda = E_c/E_f$  ( $E_c$ : コンクリートの弾性係数) の値を1から8までとって、Crown Cantilever Method にて解析を行なった。これら3種類のダムのアーチ要素は図-1, 2, 表-1 のようである。

(3) 検 討 結 果

検討結果を図-3~5 に示す。これから次のようなことがいえる。

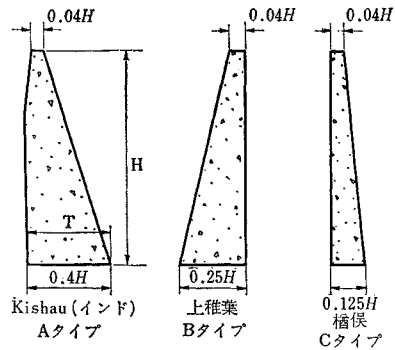


図-1 検討を行なったアーチダム断面図

表-1 検討に使用したダムの諸元

タイプ	A	B	C
ダム名	Kishau	上稚葉	櫛俣
高さ $H$ (m)	248	110	12.8
堤頂長 $L$ (m)	665	245	46
$L/H$	2.68	2.2	3.7
弾性係数比 $E_c/E_f$	1	3.5	4
クレスト中心角 $\phi_A$	57°	60°	70°
クレスト厚 $T$ (m)	9.3	7.0	0.6
ダム底厚 $T_b$ (m)	97.5	27.7	1.6

a) 荷重分配 (図-3)

1) 厚い A と B のタイプのダムでは、中央部より下はすべての  $\lambda$  に関してアーチによる荷重分担が片持ばりよりも大きい、底部はアーチの分担は0となる。また、上部は  $\lambda$  の増加に伴ってアーチの荷重分担は増加し、中央部ではこの傾向が逆転する点がみられる。C タイプダムでは逆転する傾向はみられない。

2) すべてのタイプについて、 $\lambda$  が2から4に増加したことに伴う片持ばりの荷重分担の増減は、4から8に増加した場合とほぼ同様の大きさとなる。

3) A と B タイプダムではすべての  $\lambda$  に共通して、荷重分配曲線の勾配は上で急で下でゆるやかとなるが、C タイプダムでは全体を通じてゆるい勾配となる。

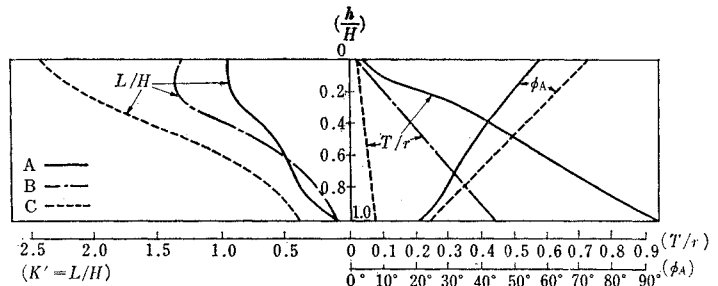


図-2 アーチ要素図

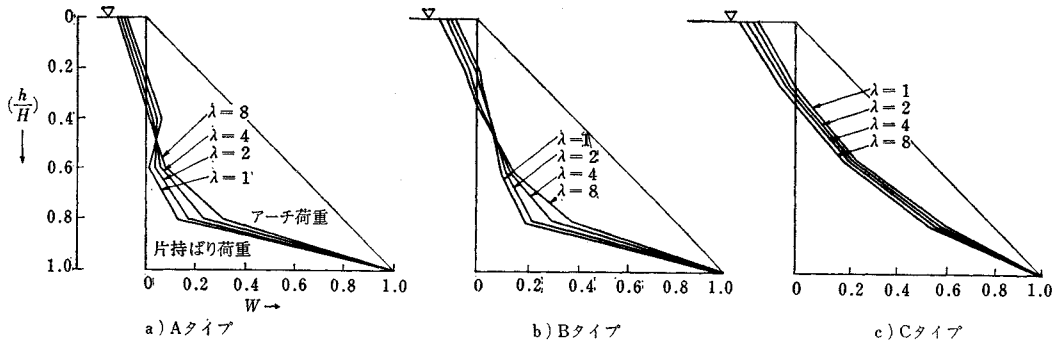


図-3 アーチと片持ばりの荷重分配図

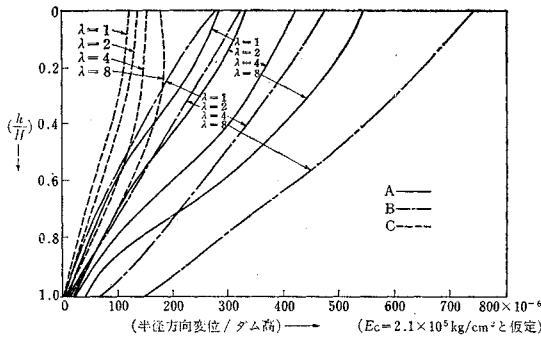


図-4 Crown Cantilever の半径方向変位

**b) Crown Cantilever の半径方向変位 (図-4)**

1) すべてのタイプについて  $\lambda$  の増加に伴って変位は増加し、最上部で大きな変位が生ずる。

2) 変位に対する  $\lambda$  の変化の影響は薄い C タイプよりも A, B タイプの方が大きい。

**c) 応力に対する  $\lambda$  の影響 (図-5)**

1) ダム上流面について、上部では  $\lambda$  の増加に伴って圧縮応力は増加するが、底部では引張応力が減少する。

2) 下流面について、 $\lambda$  の増加に伴って上部の引張り応力は増加し底部の圧縮応力は減少する。

3) 変位と同様に応力についても、C タイプの方が、A, B タイプよりも  $\lambda$  の変化の影響が少ない。

**d) 谷の形状と基盤弾性の影響**

応力と変位に対する谷の形状の影響をみるために、 $K' = L/H$  ( $L$ : ダム堤頂長,  $H$ : ダム高) の値を 1~5 にとり、 $\lambda$  を 1~4 として、変半径と、定半径のアーチダムについて解析を行なった。その結果次のことが明らか

かとなった。

1)  $\lambda$  を一定とした場合、谷幅の広い ( $K' = 5$ ) ダムでは、2つのダムタイプの間の変位の差はそれほど大きくないが、谷幅が狭い ( $K' = 1$ ) 場合には、定半径タイプの方が大きな変位を示す。

2) 谷幅 ( $K'$ ) と基盤弾性 ( $\lambda$ ) が同じ場合、変半径タイプの方が定半径タイプよりダム底部の応力は小さい。また、変半径タイプの方が  $\lambda$  の変化により受ける影響は小さい。

**(4) 結 論**

以上の検討により次の結論を得た。

1) 応力と変形に関して薄いダムは基盤弾性の変化の影響は少ない。

2) 解析を行なう場合に、 $\lambda = E_c/E_f$  の値を実際の状態よりも大きくとることは正しくない。

3) 厚いダムでは  $\lambda$  で、2~4の間、薄いダムでは  $\lambda$  が、1~2の間が、重要な点である。

4) 狭い谷では変半径アーチダムが適合しており、 $\lambda$  の変化の影響も少ない。

**流砂量と河床形態**

“Bed-Material Transport and Bed Forms”  
 Carstens, M.R. and Altinbilek, H.D.  
 Proc. of A.S.C.E., HY Vol. 98, No. 5,  
 pp. 787~794, May (1972).

粒子が流体によって運搬される力学についての知識は

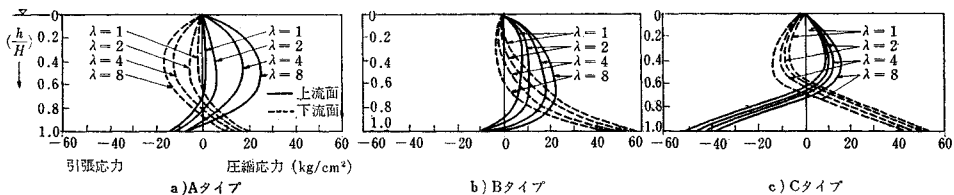


図-5 上・下流面応力

不十分なものであって、完全な理論を立てるに至っていない。この点を克服するためには、流砂関数の一般形に用いられている仮説に理論的な考察を加え、実験結果と比較検討をする必要がある。このようにして得られた流砂関数に次のものがある。

$$\frac{u_e}{u} = 1(10^{-3}) \left[ \frac{C_D'}{8.2 \cos \alpha} \frac{u^2}{(s-1)gD_g} - \tan \alpha - \tan \phi \right]^{s/2} \dots \dots \dots (1)$$

この式中  $u_e$  は粒子の pickup 速度、 $u$  はその粒子の位置での平均流速、 $s$  は比重の比、 $D_g$  は土粒子の平均径、 $C_D'$  は静止流体中を沈降する粒子に働く抗力係数、 $g$  は重力加速度、 $\phi$  は土粒子の安息角、 $\alpha$  は河床勾配である。式中の  $u/\sqrt{(s-1)gD_g}$  は sediment number  $N_s$ 、と呼ばれ、河床形態の形状を定める因子である。

sand waves の振幅  $\eta$  は流れの流送能を支配する要素であると考えられ、流速の増加とともに、sand waves はその振幅によって、(1) 振幅増加、(2) 振幅減少、(3) flat bed の3つの状態を示す。図-1 はこの3状態を示すものである。この図-1の実験は、4ft (= 1.2m)の幅で 100ft (=30m)の長さの水路に  $D_g=0.40$  mmの砂を用いて行なわれたものである。この実験中、水深はほぼ一様に保たれている。河床波は流れに対する障害となり、波高が大になるにつれて抵抗は大になり、境界面の抗力係数  $f_b$  は sediment number とともに変わる。図-2 はその変化を示すものであって、図-1 と同じ傾向を呈している。

振幅によって表現されるような dune の形状が流砂関数に支配的な因子であるという仮説を検証するため、Stein と Rathbun and Guy のデータを用いて流砂量を

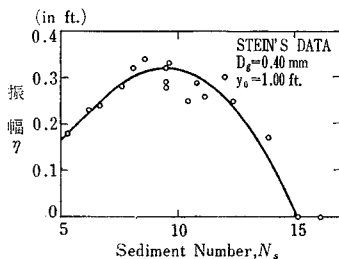


図-1 Sand Wave の振幅

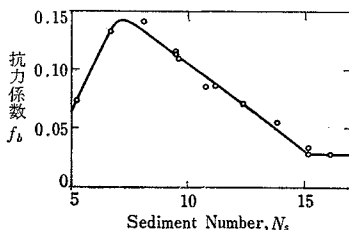


図-2 境界の抗力係数

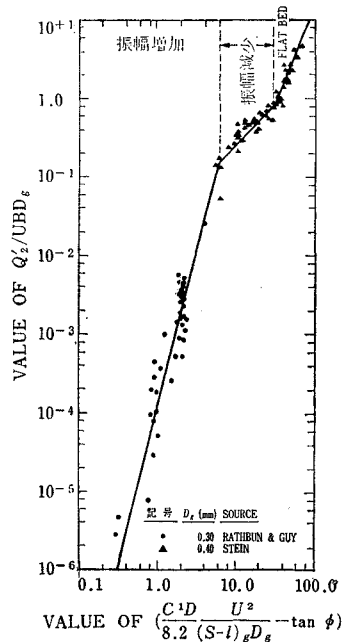


図-3 流砂量

検討した。図-3 はそれを示すものである。縦座標は式(1)の左辺の無次元形であり、 $u$  の代りに平均流速  $U$  を用いている。 $\tan \alpha$  は無視し、 $\phi$  は  $34^\circ$  であった。 $Q_s'$  は流砂量の体積、 $B$  は水路幅である。この図中の直線はそれらの振幅の状態によって、3つの部分に分けられることを示している。この3つ領域を定める限界は、フルード数の形をもつ sediment number の項で表現される。この3つの独立した解析から得られた3つの領域の限界がよく一致していることは、流砂量が浮遊砂と掃流砂として分割されるよりもむしろ、河床形態の形状によって分類されるべきである、という仮説を実証しているものと解釈される。

## 汚水の生物処理と化学処理の併用

“Biological-Chemical Wastewater Treatment”

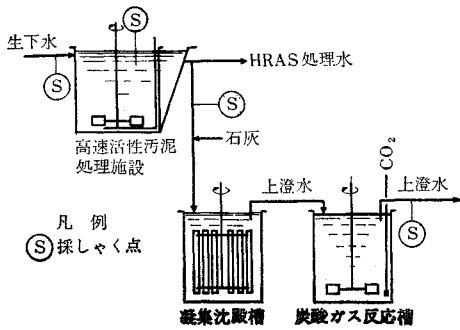
Stukenberg, J.R.

Journ. of W.P.C.F., Vol. 43, No. 9, pp. 1791~1805,

September (1971)

汚水を活性汚泥法等により2次処理し、さらに化学的、生物的不いしは物理的処理を加えて浮遊物質や有機物質あるいは窒素、磷等を除去する方法として3次処理が考えられてきた。ここでは生物処理である高速活性汚泥法 (HRAS) と化学的凝集沈殿を併用する。

HRAS の処理水は溶解性 BOD は低い全体の BOD は高い。そこで、凝集促進剤として石灰を利用すると BOD 浮遊物質の沈殿と同時に磷酸塩も除去できる。石



図一 生物的化学的処理システム

灰を投入した結果 PH は上昇し空中でのアンモニア除去も容易になる。

沈降した汚泥を焼却すると有機分は燃え石灰は再生される。この処理法にはまだわからないことが多いため室内実験を 5 か月、屋外実験を 4 か月行なった。

室内実験の曝気槽容量は 2.21 l で、流量 26.5 l/日 のとき曝気時間 2 時間、沈殿槽の水面積負荷は 46.9 m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup> で操作した。屋外実験装置は 13.6 m<sup>3</sup>/日の施設を用いた。実験条件として

処理水量	曝気時間	沈殿時間	水面積負荷
(a) 145.3 m <sup>3</sup> /日	2.25 時間	48 分	49.2 m <sup>3</sup> /日/m <sup>2</sup>
(b) 208.9	1.57	34	71.0
(c) 130.7	2.50	54	44.3

生下水と HRAS の処理水の試料採取は一週間に 5 日で、月曜日、火曜日は一点採取で、水、木、金曜日は 24 時間の混合試料とした。それぞれの試料について試料 15.1 l につき CaO 0.4 g/l を加え (a) については 15 分凝集、30 分沈殿とした。他の (b), (c) では 5 分凝集、15 分沈殿とし、上澄水の pH 調整は 45 分間とした。なお、試料分析は標準試験法によった。

実験結果

流入する汚水の BOD ならびに水量の変化によって BOD 負荷は 1.5~3.0 ポンド BOD/日/ポンド MLUSS にもなったが、処理効率は良好であった。曝気槽の SUI は 100 以下で、ときたま 200 近くなることもあったが、処理には影響なかった。他の活性汚泥法と比較し HRAS は MLSS の活性度が高いため BOD 負荷の変動に対し弾力性がある。生下水を石灰により凝集させると BOD 35 mg/l, COD 65~70 mg/l であり HRAS-石灰凝集処理水の COD は 25 mg/l 程度になるので、次に活性炭処理する場合に前表は微生物によるろ床の障害が心配される。

流入水の BOD は 図-8 に示す。また、その他分析値は 表-1~3 に示す。沈殿池からの返送汚泥量は実験条件 III では日平均流入量に対して 71%, 条件 II, IV に

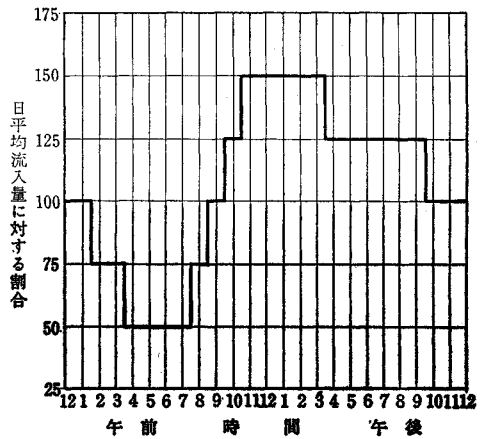


図-2 屋外実験の流入水量の時間変化

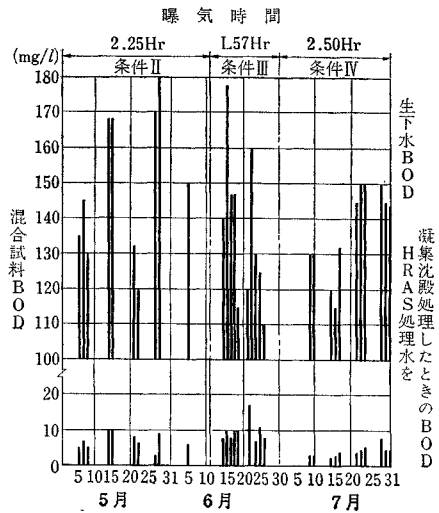


図-8 屋外実験での平均的 BOD

表-1 生下水の流入量と水質

条件	flow (gpd)*	BOD (mg/l)*	SS (mg/l)*	Phosphate (as PO <sub>4</sub> )	
				Ortho (mg/l)*	Total (mg/l)*
II	38 400 ± 2 780	148 ± 13	235 ± 48	—	—
III	55 200 ± 1 680	135 ± 32	185 ± 21	—	—
IV	34 530 ± 1 790	137 ± 14	152 ± 31	29.2 ± 5.4	44.1 ± 3.9

\* 95% confidence limits as indicated.

Note : Gpd × 3.785 × 10<sup>-3</sup> = cu m/day.

表-2 屋外における高速活性汚泥処理実験条件

条件	曝気時間 (hr)	曝気槽水温 (°C)	MLSS (mg/l)*	SVI*	処理水 Effluent SS (mg/l)*
II	2.25	16	3 260 ± 470	64 ± 5	270 ± 65
III	1.57	19	2 170 ± 630	64 ± 4	228 ± 44
IV	2.50	21	2 610 ± 350	110 ± 30	183 ± 40

\* 95% confidence limits as indicated.

おいては 100% とした。図-8, 表-2, 3 によると HRAS-石灰処理の有効性がわかる。特に温度が高い時

表-3 化学処理の水質

条件	BOD (mg/l)*	COD (mg/l)*	Color Standard Units	Phosphate (as PO <sub>4</sub> )	
				Ortho (mg/l)*	Total (mg/l)*
II	6.9±1.9	45±6	—	—	—
III	9.0±1.1	36±10	—	—	—
IV	4.3±0.6	26±3	15	0.31±0.13	1.01±0.35

\* 95% confidence limits as indicated.

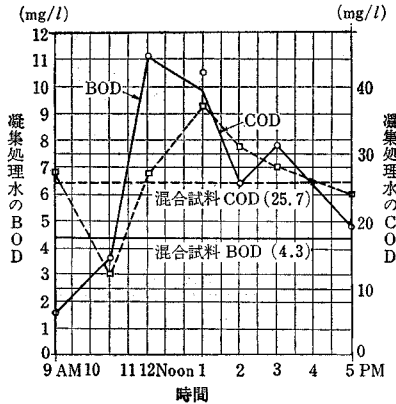


図-9 HRAS 処理水を凝集沈殿した後の BOD, COD の時間変化

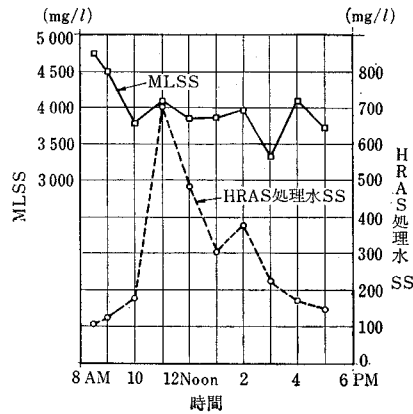


図-10 HRAS の MLSS と処理水の SS の時間変化

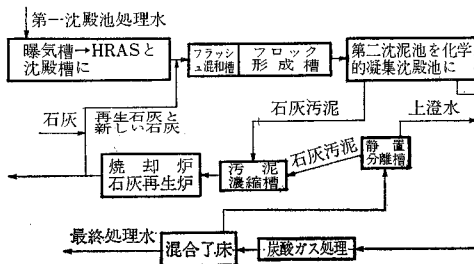


図-11 HRAS-石灰処理の応用例

(条件 IV) の除去率はよい。実験中の石灰投入量は 0.4 g/l(CaO として)であった。図-9 は一点採取試料の分析値であるが、これで条件 IV での HRAS 処理水を凝

集させたときの BOD, COD の変化がわかる。図-10 は HRAS の MLSS とその処理水の SS を示してある。これによると、水量負荷が増大すると処理水の SS は 700 mg/l にも達するが、すぐ平常の 100~200 mg/l に回復する。現在の活性汚泥処理施設を HRAS-石灰凝集処理施設に改良する方法の一例を 図-11 に示す。

物理的・化学的処理は濃度の薄い汚水に対して、また生物的・化学的処理は濃度の高い汚水に適しており、両者はほぼ同程度の建設、運転費用を要する。

### 結 論

すでに HRAS 処理法の技術が習得されていることもあいまって、実験は良好な結果を得た。流入水が BOD 230 mg/l 程度であっても一連の処理で 4 mg/l 程度の処理水は得られるであろう。この処理法の利点は

- 1) 比較的安価に 2 次処理よりさらに処理効率を上げられる。
- 2) 処理が安定しており凝集沈殿だけでも BOD 除去率 70% は確実である。
- 3) 操作が簡単で柔軟性がある。
- 4) 現存の活性汚泥処理施設を有効に利用できる。

HRAS 処理法は水量、水質の変動に強く石灰凝集作用は HRAS の処理水質にあまり影響されない。

### 遠隔山地での自動記録を目的とした積雪等価水深測定の新方法

“New Methods of Measuring Water Equivalent of Snow Pack for Automatic Recording at Remote Mountain Locations”

Warnick, C.C. and Penton, V.E.

Jour. of Hydrology, Vol. 13, pp. 201~215, July (1971).

#### (1) はじめに

アメリカ合衆国西部では、融雪洪水と流出を予測するため積雪の等価水深の測定が必要である。そのため、snow sampler を含んだ snow survey が約 60 年間実施されてきたが、それに代わる方法として、(a) 静電容量法、(b) ラジオアイントープ法、(c) 感圧袋法が実験された。

#### (2) 実験方法と結果

##### a) 静電容量法

2本の絶縁された電極の間の積雪の変化による静電容量の変化を用いた方法(図-1参照)。

図-2は、実験室で雪と氷について実験した等価水深と静電容量の関係である。良好な直線性が得られたが、雪質によって勾配が異なった。

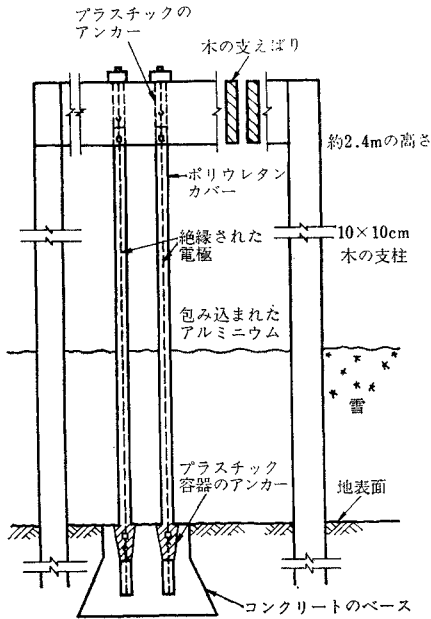


図-1 静雪容量雪量計

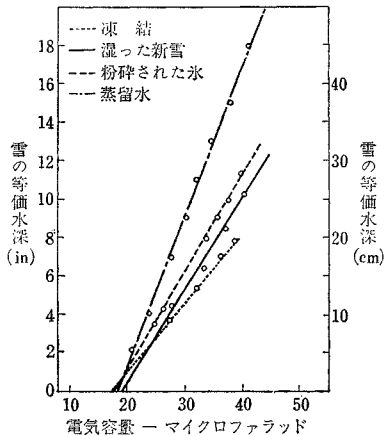


図-2 電気容量と等価水深の異なった水の状態における関係

b) ラジオアイソトープ法

積雪上のラジオアイソトープと積雪下のガンマー線カウンターとの間でのガンマー線の減衰によって積雪の等価水深を測定する方法である。周囲の温度変化によって生ずる電圧の不安定を最小限にするためガンマー線カウンターを雪面下に設置した (図-3 参照)。

図-4 に Moscow Mountain でカウンターにシンチレーション装置を、図-5 にガイガー・ミュラー管を使用した観測値と感圧袋法、snow sampler の観測値の比較を示す。その精度は snow sampler と同程度である。

c) 感圧袋法

不凍液で満たされた平坦な感圧袋の上に積もった雪荷重を計るものである。袋に作用する雪荷重は袋中の液体

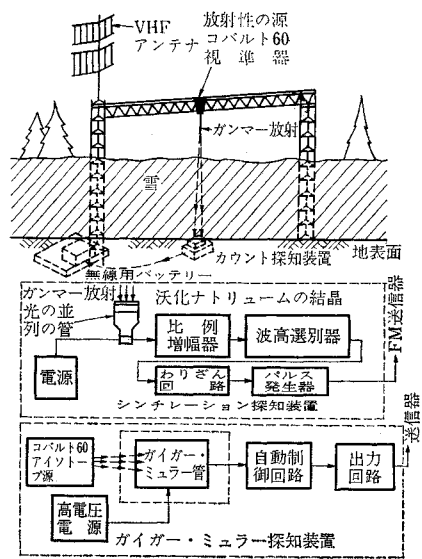


図-3 アイソトープ雪量計

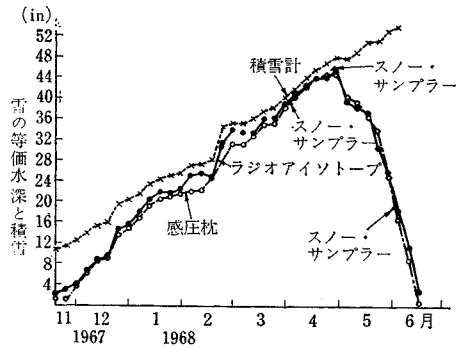


図-4 Idaho の Moscow Mountain におけるラジオアイソトープ、感圧枕、スノー・サンプラーによる雪の等価水深の測定値の比較

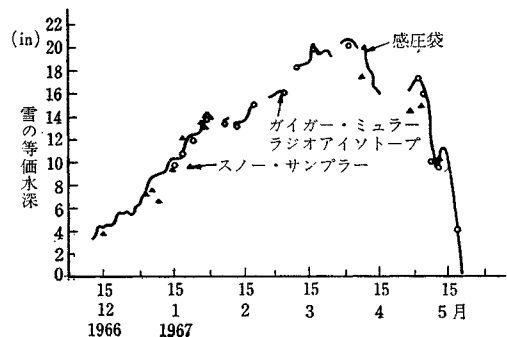


図-5 Moscow Mountain における G-M ラジオアイソトープ、感圧枕、スノー・サンプラーによる等価水深の測定値の比較

の圧力に変換される。当初プラスチック製の袋が使用されたが、穴があきやすいため強化ナイロンビニルが使用された。図-6, 7 は Idaho 大学で実験された感圧袋である。図-7 は、1967~1968年に研究の始まった貯水型

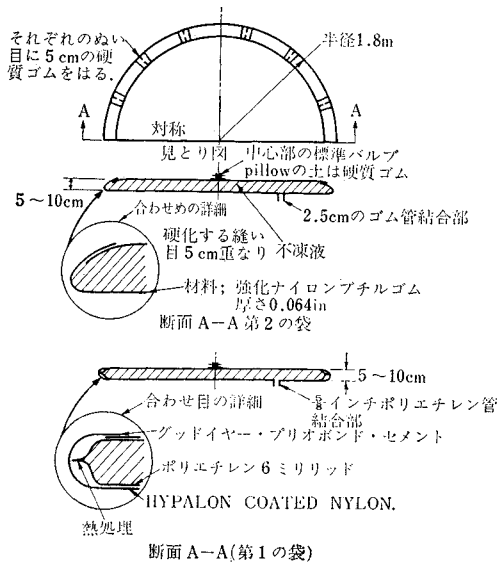


図-6 感圧枕の雪量計の設計

の感圧袋である。これは融雪期に融雪量の測定が可能である。

図-4, 5 に円形の袋の測定値を示す。現在合衆国西部では野外の100か所以上で使用されている。

(3) むすび

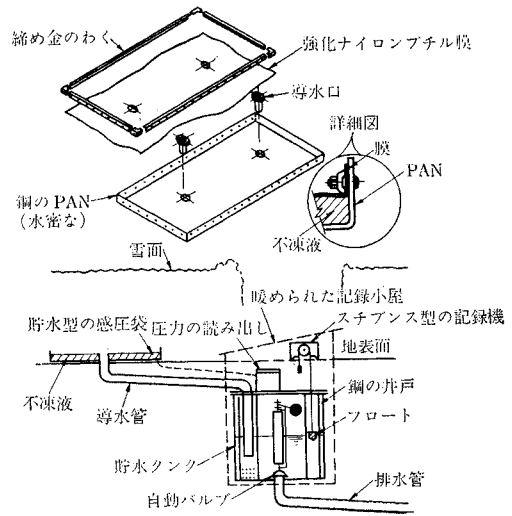


図-7 貯水型の雪量計

静電容量法は、雪質で静電容量の値が変化するため信頼できない。

ラジオアイソトープ法は、他の雪量計より精度がよいが、複雑、高価で取り扱いに注意を要する。

感圧袋法は、適当な経費で扱いが容易であるが、種々の環境で使用できるような実験と標準化が必要である。

## コンピュータによる骨組構造解析

F. W. ビューフェ他著 / 成岡昌夫訳 A5判544頁・¥3200 / 最新刊  
コンピュータを使って組織的に構造解析を行なう方法について解説したものである。不静定骨組構造解析の2つの基本的方法、すなわち、たわみ性法と剛性法、の完全な解析手順を簡潔に示し、両者を比較している。

コンピュータによる構造工学講座 日本鋼構造協会編 全11巻

II-4-A・B(第8回配本) A5判184頁・272頁・¥3400 / 最新刊

## 動的応答解析 河島佑男著

構造物の動的応答に正面からとり組んだもので、動的特性や構造物と外力との相対作用などを、運動方程式の行列表示から出発して説明する。

## 熱伝導と熱応力 藤野勉著

有限要素法の原理・方法をのべ、次に1・2・3次元の定常温度分布、非定常熱伝導、平板・軸対称の熱応力の解析に有限要素法をどの様に適用するかをとく。

II-5-A・B(第9回配本) A5判256頁・176頁 / 近刊

## 平板の曲げ理論 栖原二郎著

## マトリックス構造解析の誤差論 山本・山田共著

振替東京 44725

東京・九段南4-3-12 (102)

**培風館**