

## 特殊グラウトによる湧水の処理

“Chemical Groute Stops Water in Dump fill with 70, Percent Voids”, *Behre, M.C.*, Civil Engineering, September (1962)

これはトンネル工事で遭遇した大量の湧水を処理するためにセメントグラウトに薬液を混ぜて注入し、止水に成功した例である。この工法は John F. Casey 社が、ペンシルバニア州、ピッツバーグの Monongahela 河の南堤の下を通すトンネル工事で初めて採用したものである。

工事現場はブリキ製造工場跡で、最近スラッグの捨場になっていた。そのため土質はごく粗いシグダーとスラッグの混じった盛土であり、空げき率は 70% にも達していた。このように悪い土質に加えて、トンネルは現在使っている鉄道線路の下を掘進しなければならず、また勾配も 17.2% という急なもので低い部分では河の水面より約 6.9m も低くなっているなど悪条件が重なって、工事をますます複雑にした。水面以下の部分における湧水に備えて、掘削に先立ってグラウティングを行なった。グラウトは空げきを満たす必要からかさばるものを選び、その構成はセメント 2 袋 (188 lb $\approx$ 85.28 kg) に対し、ショベル一杯の砂と水 17.5 gal(66.24 l) であった。最初はこれで十分効果をあげていたのであるが、トンネルが水面より 1.5m 下がってからは、湧水がはげしくなりセメントグラウトは凝結する前に流されてしまうようになり、凝結時間短縮のために加えた塩化カルシウムもほとんど効果がなかった。このように湧水がはげしくなったため、グラウトは容積特性が良いというだけでなく、急結性ということも必要になり、この条件に対して American Cyanamid 社の AM-9 薬液グラウトが選ばれた。これは水中で容易に溶ける 2 つのアクリル単量体の粉末の混合物で、専用の触媒 [DMAPN (ディメチルアミノプロピオニトリル: Dimethylaminopropionitrile の略), AP: (過硫酸アンモニウム: Ammonium Persulfate の略)] を併用すると、あらかじめ決められた凝結時間で固まって鎖式重合体を作り、土やその他の地層を不透水性にする。

凝結時間は 3 秒から数時間の範囲で変化させうるものであり、現場条件のもとで、AM-9 を単独で使う場合、他のグラウト材料と併用する場合のいずれでも正確かつ自由に調節ができる。現場で行なった試験の結果 AM-9 がこの工事の地下水問題を解決するのに役立ちそうであることがわかったので、これを採用することになった。グラウト溶液は粘性と密度を増し凝結する前に希釈され

るのを防ぐために AM-9 にセメントが加えられ、これは AM-9 の使用量を減らすことにも役立った。AM-9 の使用により湧水の問題が解決したのでトンネル工事は予定通り完成することができた。この例でもわかるように AM-9 はセメントグラウトにくらべて粘性が低いから、セメントグラウトの注入が困難のような地質においても使用が可能であり、また湧水量が多くてセメントグラウトでは流されてしまって役に立たない場合でも、この急結性薬液グラウト (凝結時間 3~8 秒) とセメントとを混合したものを使用すれば問題を解決することができるなど、土質安定の分野でのその優秀性が証明されている。(大野 善雄)

## 道路建設の各種計算および資料整理の機械化について

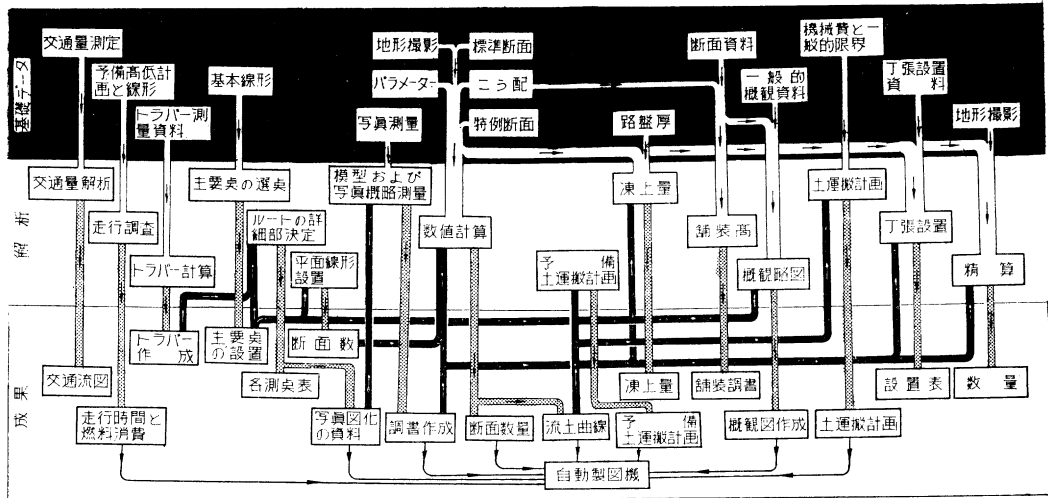
“Automatische Datenverarbeitung im Strassenbau”, *Waerner, G. und Nordin, H.*, Strasse und Autobahn Heft 9 (1962)

道路の計画、設計および施工に関する各種の計算図面を、基礎データをもとに自動計算機および図化機を使用して合理的に速く行なうことを述べている。現段階ではこの方法はまだ完全なものではないが、将来の道路建設の指針を示している。

この機械的計算を実施するには各種の補助機械が必要である。資料整理は長さ 9.0m のマグネット帯が用いられ、そこには 4km の道路資料が保管されている。また数量計算や工事費積算に電子計算機が用いられるが、これらの結果は計算過程において相互に必要なとなるので 図-1 に示すような組織が必要である。

一般に道路の線形を決定するには、平面的縦断的にみて 5~10 の比較線がなされる。これらの線形はクロソイドを基本とし、円および直線も用いられてその主要点 (B.C., E.C., M.C.) は簡単に求めることができる。またその他の測点やパラメーターなどの変更があった場合は機械的に算出される。地形図作製には、地上または空中撮影によって数量計算に十分役立つ精度をもった特殊な機械が用いられている。したがって機械計算を行なうに必要な資料は、地形撮影、道路の基本幅員および特例幅員、勾配、その他のり勾配、流土曲線の補正係数などである。この計算と併行して道路の設計に必要な図面が自動製図機によって速く作成される。以上は計画設計上のものであるが、施工者は工事費の積算をはじめ工程計画、すなわち工期に対応する建設機械の台数、労働者数さらに使用材料、土の運搬計画などにこの方法を用いて

図-1 組織図



いる。施工者は常にこの方法を工事完成まで行なって積算の資料とする。(村上 巳里)

### 剛塑性体の動的変形

“The Dynamic Plane Deformation of an Ideal Plastic Rigid Solid”, *Spencer, A.J.M.*, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Vol. 8, No. 4, (1960) pp. 262~279.

“Perturbation Methods in Plasticity-II, Plane Strain of Slightly Irregular Bodies”, *Spencer, A.J.M.*, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Vol. 10, No. 1, (1962) pp. 17~26

“Perturbation Methods in Plasticity-III, Plane Strain of Ideal Soils and Plastic Solids with Body Forces”, *Spencer, A.J.M.*, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Vol 10, No. 2 (1962) pp. 165~178

同一著者によって取扱われた類似の問題に関する3論文をとりまとめて抄録することにする。半無限体の表面に力を加えた場合の塑性変形の問題は、いままでしばしば議論されてきたが、いずれも準静的な変形を仮定し、inertiaの影響を無視した取扱ばかりであった。以上の3論文においては、非線型問題に対する近似法である摂動法(Perturbation method)を塑性流動の問題に適用して、inertiaを加味したパンチングの問題を解いている。近來、構造物の動力学的研究がさかんになった折から、特に基礎構造に対して興味あるアプローチを提供したといえよう。

第一の論文は、純塑性体のパンチングの問題をinertiaを考慮して解いている。運動方程式、破壊条件式、非圧縮性の条件式、および応力とひずみ速度の主軸が一致するという条件式を考え、これを通例のように特性曲線

$$\frac{\partial(p+2k\phi)}{\partial S_\alpha} + \rho f_\alpha = 0, \quad \frac{\partial(p-2k\phi)}{\partial S_\beta} + \rho f_\beta = 0$$

$$\dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial v_\alpha}{\partial S_\alpha} - v_\beta \left( \frac{\partial \phi}{\partial S_\alpha} \right) = 0, \quad \frac{\partial v_\beta}{\partial S_\beta} + v_\alpha \left( \frac{\partial \phi}{\partial S_\beta} \right) = 0$$

$$\dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $p, \phi$ は破壊常数  $K$  によって、 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ と次式によって関係づけられている。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -p - k \sin 2\phi, & \sigma_y &= -p + k \sin 2\phi, \\ \tau_{xy} &= k \cos 2\phi \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)$$

また  $f_\alpha, f_\beta$  は  $S_\alpha, S_\beta$  方向の加速度成分で、ひずみ速度成分  $v_\alpha, v_\beta$  によって次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} f_\alpha &= \frac{\partial v_\alpha}{\partial t} + v_\beta \left( \frac{\partial v_\alpha}{\partial S_\beta} - v_\beta \frac{\partial \phi}{\partial S_\beta} - \frac{\partial \phi}{\partial t} \right) \\ f_\beta &= \frac{\partial v_\beta}{\partial t} + v_\alpha \left( \frac{\partial v_\beta}{\partial S_\alpha} + v_\alpha \frac{\partial \phi}{\partial S_\alpha} + \frac{\partial \phi}{\partial t} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

いま式(1),(2)の解をPerturbationの考えから、次のように仮定する。

$$\left. \begin{aligned} p &= p^0 + \epsilon p' + \epsilon^2 p'' + \dots\dots \\ v_\alpha &= \epsilon^{1/2} (V_\alpha^0 + \epsilon V_\alpha' + \epsilon^2 V_\alpha'' + \dots\dots) \\ \phi &= \phi^0 + \epsilon \phi' + \epsilon^2 \phi'' + \dots\dots \\ v_\beta &= \epsilon^{1/2} (V_\beta^0 + \epsilon V_\beta' + \epsilon^2 V_\beta'' + \dots\dots) \\ f_\alpha &= f_\alpha^0 + \epsilon f_\alpha' + \epsilon^2 f_\alpha'' + \dots\dots \quad t = \epsilon^{1/2} \tau \\ f_\beta &= f_\beta^0 + \epsilon f_\beta' + \epsilon^2 f_\beta'' + \dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots(5)$$

式(5)の形でえられた解の中で  $p^0, \phi^0, f_\alpha^0, \dots\dots$  などを初期解と称し、 $\epsilon p', \epsilon \phi', \epsilon f_\alpha', \dots\dots$  などの解を初期解に加えることによって、第一次の“摂動された”近似解がえられるわけである。 $\epsilon$ は微小なパラメータである。さらに  $\epsilon$ に関する高次の項を加えることによって次第に近似度が高まることになる。さて問題になるのは、初期解  $p^0, \phi^0, f_\alpha^0, \dots\dots$  などをいかに選ぶかである。この論文では初期解として、静的パンチングに対するPrandtlの解を採用している。すると  $p^0, \phi^0, f_\alpha^0, \dots\dots$  などの値とそれに対する滑り線場は既知のものとなる(ただし  $f_\alpha^0 = f_\beta^0 = 0$  とする)。静的な問題に対する滑り線場を  $S_\alpha^0$ ,

$S_\beta^0$  で表わし、式 (1),(2) を  $S_\alpha^0, S_\beta^0$  なる座標軸に変換しておく。この座標変換された式に式 (5) を代入し、 $\epsilon$  の各ベキに対する項を取りまとめておくと、 $\epsilon$  の各ベキの係数が独立して 0 にならなくてはならない。

$$\left. \begin{aligned} \text{したがって、まず } \epsilon^0 \text{ の項が 0 になるという条件から、} \\ \frac{\partial(p^0+2k\phi^0)}{\partial S_\alpha^0} + \rho f_\alpha^0 = 0, \quad \frac{\partial(p^0-2k\phi^0)}{\partial S_\beta^0} + \rho f_\beta^0 = 0 \\ \frac{\partial V_\alpha^0}{\partial S_\alpha^0} - V_\beta^0 \left( \frac{\partial \phi^0}{\partial S_\alpha^0} \right) = 0, \quad \frac{\partial V_\beta^0}{\partial S_\beta^0} + V_\alpha^0 \left( \frac{\partial \phi^0}{\partial S_\beta^0} \right) = 0 \\ f_\alpha^0 = \frac{\partial V_\alpha^0}{\partial \tau} - V_\beta^0 \left( \frac{\partial \phi^0}{\partial \tau} \right), \quad f_\beta^0 = \frac{\partial V_\beta^0}{\partial \tau} + V_\alpha^0 \left( \frac{\partial \phi^0}{\partial \tau} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

の諸式がえられる。 $f_\alpha^0, f_\beta^0$  が 0 になるのは、塑性流動が定常的で、

$$\frac{\partial V_\alpha^0}{\partial \tau} = \frac{\partial V_\beta^0}{\partial \tau} = \frac{\partial \phi^0}{\partial \tau} = 0$$

の場合、または非定常的であっても、その影響が  $\epsilon^1$  以上の order で表われてくる場合である。したがって、 $f_\alpha^0 = f_\beta^0 = 0$  とした初期解には、上述の 2 つの場合がふくまれていると解すべきである。

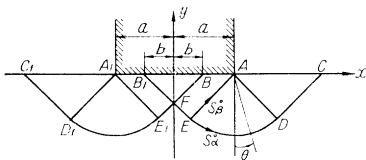
次に式 (1),(2) に式 (5) を代入した式の中で、 $\epsilon^1$  の order の漸近解を与える式は、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(p'+2k\phi')}{\partial S_\alpha^0} + \phi' \frac{\partial(p^0+2k\phi^0)}{\partial S_\beta^0} + \rho f_\alpha' = 0 \\ \frac{\partial(p'-2k\phi')}{\partial S_\beta^0} - \phi' \frac{\partial(p^0-2k\phi^0)}{\partial S_\alpha^0} + \rho f_\beta' = 0 \\ \frac{\partial V_\alpha'}{\partial S_\alpha^0} - V_\beta' \frac{\partial \phi^0}{\partial S_\alpha^0} - V_\beta^0 \frac{\partial \phi'}{\partial S_\alpha^0} \\ + \phi' \left( \frac{\partial V_\alpha^0}{\partial S_\beta^0} - V_\beta^0 \frac{\partial \phi^0}{\partial S_\beta^0} \right) = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(7)$$

となる。

$\epsilon^2$  の order の漸近解を与える方程式も容易に導けるが、ここでは省略する。式 (7) を初期解を用いて積分すれば、所望の  $p', \phi', f_\alpha', \dots$  などが求まるわけであるが、初期解は無限に多くある。そこで最も一般的な解と

図一 初期解として選ばれた準静的塑性流動



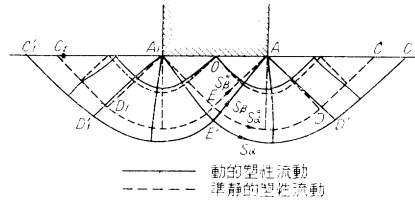
して図一のとき塑性流動を初期解として採用することにする。図一で  $b=0$  とすれば Hill の解がえられ、 $b=a$  とすれば Prandtl の解がえられるわけである。初期解は既知であるから、 $p^0, \phi^0, f_\alpha^0, \dots$  などを式 (7) に代入すると  $p', \phi', V_\alpha', \dots$  などに関する微分方程式がえられる。これを dynamic な塑性流動に対する境界条件に合わせて積分すればよい。その結果次の関係式がえられる。

$$R(t) = 2aQ_0 + 2\rho \left( 2 + \frac{\pi}{2} \right) \left[ \int_0^b (a^2 - x^2) (2a)^{-1} \frac{\partial W(x,t)}{\partial t} dx \right]$$

$$+ \int_b^a (a-x) \frac{\partial W(x,t)}{\partial t} dx \dots\dots\dots(8)$$

上式で  $Q_0 = k(2+\pi)$  で、これは静的な場合のパンチの支持力である。また  $R(t)$  は  $AA_1$  に加わる外力、 $W(x,t)$  は  $AA_1$  の沈下する速度である。式 (8) はパンチの外力と速度との関係を表わす式である。さて塑性の一般論によれば、実際に生じうる塑性流動の型は、理論上は無限に存在する解のうちで、 $R(t)$  を最小にするようなものである。いま式 (8) で  $R(t)$  を最小にするのは  $b=a$  のときである。式 (8) は式 (7) を直接積分することによって得られたものであって、滑り面を組み立てて、その結果、導かれたものではない。したがって dynamic な場合の滑り面の様子を知るには、別な考察をせねばならない。この滑り面の式の導き方も原文には詳述されているが、ここでは省略する。一次の Perturbation までとった場合の滑り面の様子が図二にえがかれている。

図二 動的塑性流動の型



以上が冒頭にあげた 3 つの論文のうち、最初の論文に対する抄録である。第

2 の論文はパンチの表面がいろいろな形状をしている場合を取扱っているが、その方法は第 1 の論文と同じである。第 3 の論文では物体力を考えた場合の、土の塑性論に対して Perturbation 法を用いている。ただし、速度場の考察がなく、statically determinate の場合のみを取扱っている。(石原 研一)

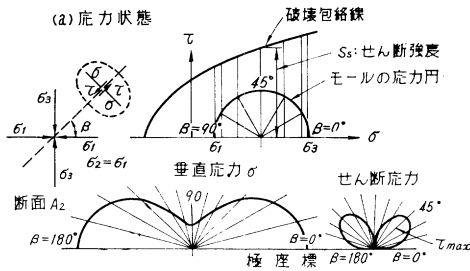
## 岩盤力学へのアプローチ

“An Approach to Rock Mechanics”, John K.W., Proc. of A.S.C.E. SM, Vol. 88, No. 4, August (1962)

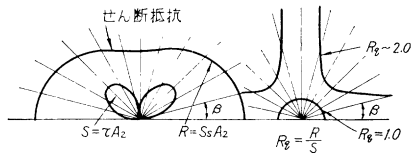
ダムがますます高くなり、良地盤のダム サイトが少なくなるにしたがって、岩盤の取扱いに関する岩盤力学の要請が高まってきた。岩盤力学は、主として、1951年オーストリアのザルツブルグで結成された研究グループ(1962 年以降国際岩盤学会に継続)によって開発された新しい分野の学問である。この論文は、土木技術者に対し、岩盤力学の一般的概念を与えるために書かれたものであり、岩盤力学の特質、熟語解説、理論、現位置試験、応用について述べたものである。

岩盤力学は、多くを土質力学の手法から学んだが、岩盤力学の土質力学に対する最も大きな相違は、土質力学が連続媒体の力学であるのに反し、岩盤力学は、岩盤が節理をもつため、不連続媒体の力学になっていることに

図一 せん断破壊に対する抵抗係数の概念



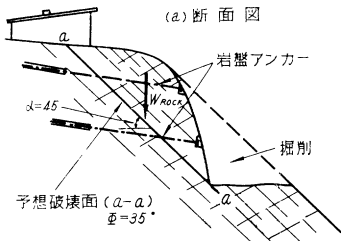
(b) 抵抗係数の決定 (節理のない場合)



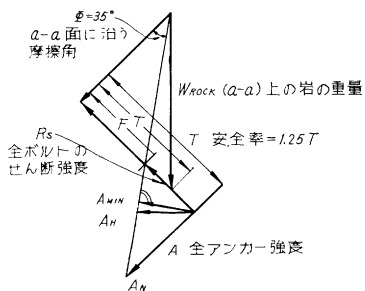
ある。岩盤の破壊の解析は、引張およびせん断による破壊について行ない、いずれも仮定する面の抵抗力と応力の比  $R_q$  の限界値を求めることによってなされる。図一1は、せん断破壊に対する  $R_q$  を求める例を示す。岩盤調査は、均一岩盤の広がり、岩盤のタイプ、地質的分類、地層の方向、節理、地下水などについて行なわれる。岩盤の強度を求めるための試験は、原位置において、一辺40~80 cm 程度の供試体を用いて、三軸圧縮試験または直接せん断試験によって行なわれる。

次に岩盤力学の簡単な応用例を示す。

図二 アンカーによる岩盤の補強



(b) 力の三角形



は、岩盤の節理のために計画掘削断面通りに掘削することは困難で余分の掘削をとまうのが普通である。これは岩盤のオーバーブレイクと呼ばれ、これの多いほど掘削は不経済となる。岩盤力学の知識によってオーバー

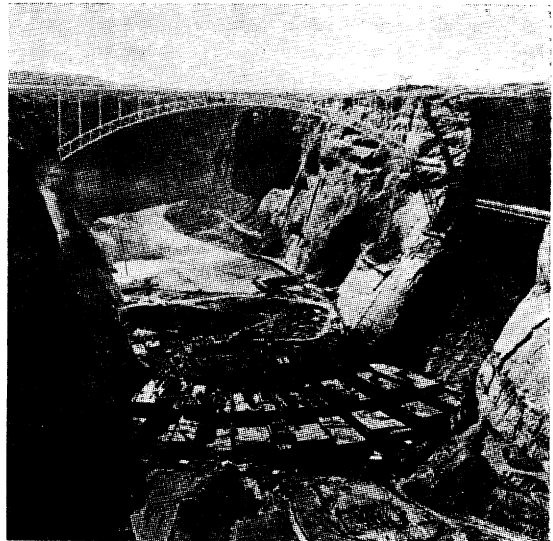
ブレイクの量もある程度予測することができる。同じ箇所でも掘削面の方向が異なるとオーバーブレイクが異なり、硬岩では軟岩よりオーバーブレイクが大きくなる。(駒田 敬一)

## Glen Canyon ダムの設計について

“Design Features of Glen Canyon Dam”, Schultz E. R., Proc. of A.S.C.E., PO, Vol. 88, No. 2, July (1962).

本ダムはコロラド河貯水計画の中核をなすもので、高さ約 217 m, 容積 3 650 000 m<sup>3</sup> のアーチダムである。1964 年初頭に完成すると、西半球では Hoover ダムにつぐ高さのダムとなる。総貯水容量 34 億 6 000 万 m<sup>3</sup>, 90 万 kW の電力を供給する。1957 年 4 月, 388 億円の契約で着工され、現在仮排水、掘削を終り、約 525 000 m<sup>3</sup> のコンクリート打を終っている。

写真一 建設中のダム



**基礎の地質:** 基礎岩盤は総じて良好な砂岩層で、普通のダム サイトに見られるようないわゆる弱点は全くないといって良い。1947 年以降の諸調査により、地質図、岩石の強度、弾性係数、その他必要なデータが得られた。ダム サイトは岩石の強度によって、上中下の3つの区域に分類できる。それぞれの区域で圧縮強度の平均値は 200, 254, 268 kg/cm<sup>2</sup> であった。また岩石の Secant Modulus を計算すると表一1の結果を得、強度の場合と高さとの関係が逆になる。アバットメントの岩盤に関しては、物理探査によって弾性係数の測定を行なったが、総じて本ダム サイトはモノリシックである。

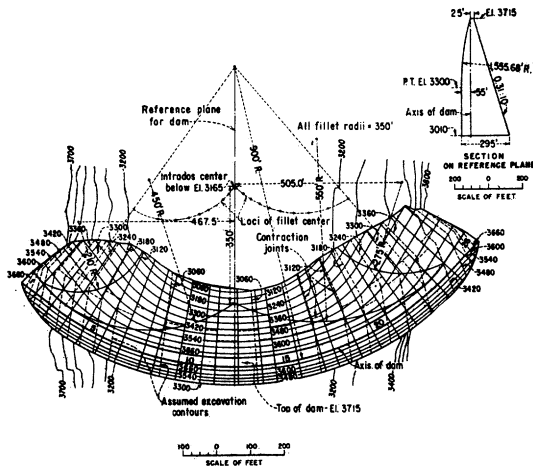
**形状と設計の研究:** 谷の形、材料の軽減、経済的な安全率などを考慮の上アーチダムを採用した。U.S.B.R. の試し荷重法を I.B.M. 650 を用いて、20 以上の形状につ

表-1 岩の割線弾性係数

応力範囲 荷重行程	割線弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>5</sup> )					
	0 ~ 14 (kg/cm <sup>2</sup> )		0 ~ 23 (kg/cm <sup>2</sup> )		0 ~ 42 (kg/cm <sup>2</sup> )	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
上部区域	0.34	0.38	0.41	0.45	0.47	0.51
中部区域	0.30	0.34	0.35	0.39	0.40	0.45
下部区域	0.25	0.29	0.28	0.32	0.32	0.36

いて、50を越す設計計算に適用した。計算値は1:720, 1:240の2つの模型でチェックし、アバットメントの応力分布は光弾性実験により確かめた。これらを総合して、図-1のようなごく簡単な形状を採用した。アーチはすべて同一軸を有するため、上流側でのオーバーハングや、急激な面の変化がない。アバットメントにはフィレットをつけて応力分布を一様にした。一般に考慮され

図-1 ダムの形状

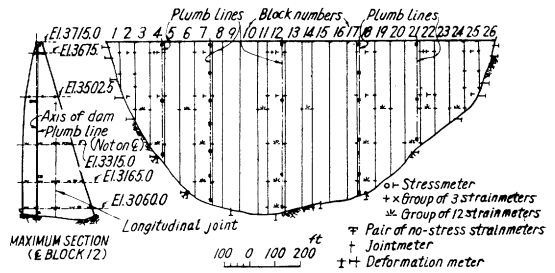


ている設計条件を満足するように計算を行ない、安全率は5とした。許容応力はアーチアバットメントで42kg/cm<sup>2</sup> (圧縮応力)、コンクリートで70kg/cm<sup>2</sup>とする。計算圧縮最大応力はトップアーチアバットメント下流側での52kg/cm<sup>2</sup>で、この点には特に継目処理を行なって応力緩和を行なう予定である。

**実測の装置:** ダムに埋設する計器はひずみ計1142本、応力計60本、抵抗温度計74本、継目計264本、変位計(岩盤用)118本で、このほか三角測量用の標的がダム下流面に68個、アバットメントの基礎に17個設けられる。また堤頂から基礎まで下げ振りが5本通され、たわみの測定が行なわれる。基礎においては監査廊よりの立坑を利用して、揚圧が41箇所測定される。地震計はダムの北方約17kmの地点に設置し、地震動を測定する。これら計器の配置は図-2に示した。これらにより、実際のダムの温度条件、応力状態、基礎の変形、収縮継目の開閉などが明らかにされる。

**ダムの開口:** ダムにあげられる監査廊、立坑、エレバ

図-2 測定計器配置図(上流面より)



ーターシャフトなどは最小限に止めるようにした。穴の近傍は鉄筋で補強されるが、すべて光弾性実験によってその所要量を求める。特に大きな開口や、収縮継目近傍のものについては入念な研究を行なった。

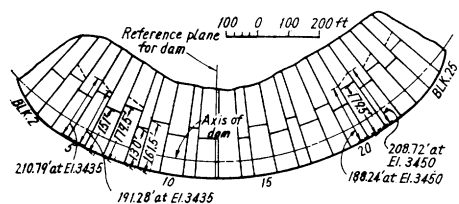
**基礎処理:** 目的とするのは、グラウティング、排水、それと水止めの3つが大きなもので、岩盤の細かい割れ目をふさぐための低圧グラウトは岩盤面に直接または、第一リフトが打ち終わったあとに行なっている。止水のためのカーテングラウトは、ほぼ35kg/cm<sup>2</sup>の圧力で行なわれる予定で、3mおきに30m, 45m, 30m, 75mというパターンである。排水孔は電気的な類似模型を用いて研究され、カーテングラウトのすぐ下流側に25mの孔を3mおきに掘った。

**収縮継目:** 横方向、縦方向にそれぞれキーの入った継目を設ける。ブロックは2.3mリフトで打ち上げてゆき、偶数ブロックを先行させる。継目の形は図-3に示したが、ジョイントグラウトはできるだけ早目に行なう。なおグラウト最大圧は3.5kg/cm<sup>2</sup>で、特にアバットメント端ではあらかじめ14kg/cm<sup>2</sup>の水圧を与え岩盤が十分変形したあとグラウトする。

**温度管理:** ジョイントグラウトの時期、マスコンクリートの初期ひび割れ、あるいは引張初期応力などを考慮し、定格4000tの冷却プラントを使う。打設コンクリート温度を10°C以内に保つためのプレクーリング用に2400t、打設後のポストクーリング用に1600tを使用する。ポストクーリングは約60日間継続され、温度管理は、熱電対式ないしは抵抗線式温度計で行なう。

**ペンストック:** 発電所ビルディングは196m × 38mの鉄筋コンクリートおよび鋼構造で112500kWの発電機8基を収納する。ダムを通して直径4.5mのペンス

図-3 収縮継目の形状



トックがタービンに連絡している。ペンストックは全吐出圧、水撃作用を考慮して設計され、周辺のコンクリートは引張応力温度応力などに備えて鉄筋で補強される。

河川放水口：2.4 m の鋼鉄管 4 本を用いて、430 t/min を下流河川へ供給する。取水口はベルマウス型で、放出側にホロー ジェット バルブを備えており、ダムから約 210 m 下流に噴出し、発電所よりの放流を乱さないようになっている。なおバルブの位置、運転法については、水理実験が行なわれ、流量、摩擦損失などはピエゾメーターで測る。

洪水吐：春先の雪だけによって生ずる尖端放流量が最も危険で、ダムより約 180 m 上流から直径 12 m のトンネルを 2 本掘り、これで 7 800 t/sec、河川放水口より 425 t/sec、発電所から 255 t/sec、合計 8 480 t/sec を吐かせることができる。洪水吐は 1 : 63.5 の水理模型で実験しその形状が定まった。洪水吐内の最大流速は 49.4 m/sec である。

河川の分流と保守：建設中は左右両岸からそれぞれ 915 m、806 m、直径 12.3 m のトンネルで分流させる。両者とも下流側で洪水吐と合流する。両者の取入口の標高には 10 m の差をつけてあり、工事進行状況に合わせて閉そくする。ダム完成後は、河川放流管、洪水吐、発電所タービンよりの放流と 3 つを使って、河川の管理を行なえる。

(北原 義浩)

## 衝撃荷重を受けるプレストレスト コンクリート橋桁の研究

“Работа балочных пролетных строений мостов под динамической нагрузкой”, канд. техн. наук. Э.А. СЕХИАШВИЛИ, инж' И.Е. БЮС канд. техн. наук. САРКИСОВ, Ю.С. БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН (コンクリートおよび鉄筋コンクリート) 11 (1961)

この論文はソ連において行なわれたプレストレストコンクリート (PC) 道路橋用桁の自動車荷重による衝撃試験の結果を考察したものである。その結果、大スパン (30~60 m) の PC 桁は、振動の面から衝撃に対し十分考慮する必要性が認められた。

表-1

自動車台数	速度 (km/h)	自動車間隔 (m)	衝撃率 (1+μ)	備考
4	18.7		1.55	第 2 番目の自動車を通った後振動が減衰した
	17.4	13.7	1.61	
	16.3	16	1.35	
	20.5	14.9	1.3	
5	25	13.3	1.15	第 1 および第 2 のトラックによる振動が重複し増幅され 1+μ = 1.76 になった
	25		1.30	
	27	23.6	1.36	
	30	23.2	1.34	
	25.8	38.4	1.37	
第 1 および第 2 の自動車の間	25	13.3	1.76	

一例としてレーニン記念グルジャ総合工学研究所橋梁研究部において行なわれた PC 桁の衝撃試験結果を表-1 に示す。実験された PC 橋は 4 主桁並列式 3 径間連続で、両側に 0.75 m 幅の歩道がある。コンクリートの規格強度は 400~425 kg/cm<sup>2</sup> であった。衝撃荷重は 3 ИП-585 型トラックを一台ずつ数台連続して走らせ、それらの間隔および速度を変えた。荷重による動的たわみをオッシロ グラフにより測定し、 $1+\mu = \frac{\text{動的たわみ}}{\text{静的たわみ}}$  を衝撃率とした。また荷重が去った後のオッシロ グラフの波形により、この桁の固有振動周期は 0.263~0.293 sec、および対数減衰率は  $\delta=0.11$  であった。

この実験結果ならびに他の実験結果を考察することにより、衝撃率はかなり大きく、許容値を越えている場合が多いことがわかった。また衝撃率がかなりばらついてはいるが、これは先行のトラックによる振動が後のトラックによる振動によって、増幅されたり減衰されたりするためであると考えられる。

これらの結果は鉄筋コンクリート (RC) 桁と比較することによって説明される。すなわち同一スパンの場合、PC 桁の桁高は RC 桁にくらべかなり低い。そのため PC 桁の断面 2 次モーメントは RC 桁にくらべ相当小さくなり、たとえ高強度のコンクリートを用いてヤング係数が増大しても曲げ剛さ EI は RC 桁より小さい。また  $\frac{ql^2}{EI}$  値も PC 桁の方が大きい。すなわちスパンが同一なら、PC 桁は RC 桁にくらべ固有振動周期が大きくなり、スパンが 30~60 m になるとトラックのパネ上振動周期 (0.3~0.4 sec) に近づき、共振を起こす可能性が大きくなる。

また振動を減衰させる要素はおもに、コンクリートの内部ひずみによるものと、支点の摩擦によるものが考えられるが、内部エネルギー減衰係数  $\phi=2\delta$  は PC 桁の方が RC 桁より小さく、大スパンの橋に用いられる回転支承は小スパンの橋にくらべエネルギーの逸散が小さい。

このことから、大スパンの PC 桁橋は、振動を受け、共振する点から、また振動エネルギーの減衰の点から、自動車による衝撃作用の影響を強く受けることがわかる。このためスパンの大きい PC 桁橋を設計する場合、その固有振動周期を計算し、自動車のパネ上振動周期と一致させないことが必要であり、内部ひずみによる振動エネルギーの減衰の大きいコンクリートを使うことが必要である。

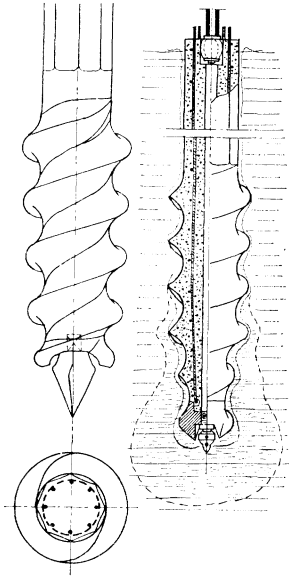
(青柳 征夫)

## フランス式スクリューぐい

“French Types of Screw Piles”, Concrete and Constructional Engineering., Vol. LVII, No. 7, July (1962)

このコンクリートらせんぐいはフランスの設計による

図-1 プレキャスト型スクリーグ  
い



もので、かつプレキャスト式と現場打式の2つがある。

図-1のようにいずれもスクリーは複らせんになっていて、駆体の直径の1.8倍に等しいピッチを有する。シューは鋳鉄またはコンクリート製で、図-1は6角ぐい形で、外接円の直径が30 cmにおよぶぐいを示し、これを若干修正したものが、より大きいぐいやウォータージェットでねじこむぐいである。ぐいのねじ込みは機械

で行なうが、この機械は寸法や長さのことになった両形式のぐいのいずれをも施工でき、回転を逆にして、仮ステージングに用いたスクリーグいの引き抜きにも用いられる。

### (1) プレキャストぐい

プレキャストぐいは土の圧縮力にもとづく塑性的な土にねじ込むか、ウォーター ジェットまたは、水と圧縮空気の混合物を用いるか、全然これらを用いないで非塑性の土の中にねじ込むことができる。砂や砂利のごとき土質では、ぐいやスクリーの軸を通してのびているジェット パイプによって注入されるセメント グラウトによってかなり圧密できる。ぐいの強化は垂直方向の鋼棒とらせん鉄筋でなされ、後者はねじ込み中のねじり力に抵抗するように設計してある。ジェットでねじ込んでいるとき、圧力水はぐいがねじ込み作業中まわっている間に、その場所にまわらないで、しかも耐水ゴム継ぎ目を用いてぐいの先端と連結しているホースを通して流れる。ウォーター ジェットまたは圧縮空気と混合した水はぐいの先端から放出され、ぐいの打ち込みのあと土中にセメント グラウトが注入されれば、同じホースを用いて送り込んだグラウトが固結した土の球をぐいの先端のまわりにつくる。大直径のプレキャストぐいはおそらく空洞式で、ねじ込み終了後、この部分は砂がコンクリートで満たされ、あるぐいはたくさんの空洞か、あるいは充填された形のプレキャストブロックの組立式のもの

もある。かかるくいは打込み深さが大きいか、くいのすえつけの余裕空間が制限されているときに好適である。この場合には、各ブロックの上面、下面に鋼板があって、補強鋼棒がこの鋼板に溶接されており、ブロックの接合は溶接で行なうし、また、防錆材が塗られ、せん断力に耐えるために、鋼板に突起があり、他の鋼板にはへこみがあって、たがいに接合のときはかみあって抵抗する。

### (2) 現場打ちぐい

塑性土に打込むぐいを作るために、ぐいの下端にとりはずしが可能なパイプが土の中にねじ込まれ、そこで土を抑えつけてからひき出される。非塑性土では、スクリーがチューブとスクリーの内側から土を取り出すことによって貫入がなされるように、スクリー内部が空洞になっている。コアを引き出すための装置としてボーリング装置がついている。もう一つのチューブをひき出す間、コンクリートを打設する装置として地中にぐいの長さだけのびたスクリー内部ぐいがある。チューブの貫入は特別のシューで行なうが、これはコンクリート注入がなされる前にとり出され、チューブがコンクリート注入に都合よいように入ると、もう一つのチューブがスクリー チューブの中にそう入され、内側、外側のチューブがまわって、内側チューブの中にコンクリートが注入されながら一緒に上ってくる。なお、チューブの内側にはコンクリートの付着するのを防ぐために振動が加えられ、かつ、ぐいのらせん形の溝はぐいの支持力を非常に増大させるし、現場打ちの方がプレキャストぐいより補強鉄筋量が半分ですむのはねじれ力を受けないからである。

### (3) ねじ込み機械

地中にぐいをねじ込む機械は土質の状態によって若干異なるが、原理は同じで、機械には回転盤がついていて、その横のラックとピニオンが減速ギアボックスによって動かされる。ぐいの頭はその回転盤の中央にあるソケットに固定され、貫入が進むにつれてぐいと一緒に沈んで行く。この回転盤はぐいがわくの外に出たときには、ぐい打わくのリーダーに沿ってすべり落され、ぐいがわく内にあれば4つのわくの垂直部材に沿ってすべりおろる。また、回転盤は全面半ヒンジ式なので、半分回転してぐいがそう入されるようになり、半分ずつ両側にはねあげられたものがぐい頭をはきんで、ロックされてねじ込みが始められる。なお、ぐいは今のところフランスのグリモー社が作っている。

(竹下 貞雄)