

講演要旨・一般報告

134 はロックフィルダムのゾーンの境界部におけるセン断変位が実際に測定されたこと、それが有限要素法に若干の改良を加えることによって説明されること、このセン断変位が必ずしも堤体の不安定をひきおこすのではなく、かえって安定性を増すものであるとの解釈を下している。このような現象が見出されたことは全く興味深いことであり、

さらに詳細な研究の成果が積重ねられ、実測結果と計算結果の照合、解析がなされることを望みたい。

以上要するに斜面崩壊に関してはまだまだ研究が不足であり、セン断試験の方法に改良を加えるとともに実際の現象を忠実に観測し、資料を積重ねる必要がある。

岩の工学的性質 (発表論文 No. 144~151)

埼玉大学 小野寺 透

[現 況]

144 (F-1) ボーリングコアによる原位置岩盤の良好度表示 (小野寺・会田・高橋) 地質学的な岩体と工学的な岩盤は区別される。岩盤の良好度は割れ目ひん(頻)度によって大きく支配される。ことに、ある示方のボーリングによるコアの採れ方で、その位置の岩盤の工学的良好度を表現する RQD 表示の発想理由がある。RQD の簡便法としてコア長さによる CL 分類ができる。トンネルの先進ボーリングの例によると、ボーリング掘進速度、コア採取率、孔内ゆう(湧)水量は岩盤の工学的良好度については、ごく大局的にしか表現していない。また、路線上にない先進ボーリングでも、地域の地質構造による特質的な割れ目の主方向について補正すると、コアによる岩盤良好度表示は、対応する坑内の割れ目ひん度をかかなりよく表現している。

145 (F-1) 衝撃試験による岩石の破砕定数とその適用性について (第1報) (斎藤・芳賀・松尾・酒井) 従来の各種衝撃破砕試験の中で、岩石に適するものとしてプロトジャコフ衝撃破砕試験をとりあげ、わが国各地の花コウ岩についてプロトジャコフ係数 f と間ゲキ率、引張り強さ、弾性波 (P, S) 速度との関係を求めた。その他各種岩石について求めた f は試料の大きさ、衝撃回数によって変動が大きいが、破砕定数 $F_0 = E_0 \sqrt{D_0}$ (E_0 はもとの大きさから基準と考える十分に小さい D_0 まで破砕するときの比エネルギー) は f より変動が小さい。岩石の種類によって最小 F_0 を与える含水率が存在する。各種様式の掘削実績から求めた比エネルギーと F_0 とによって掘削速度を推定することができる。また F_0 から基礎岩盤のセン断強さの推定も可能と考える。

146 (F-2) 孔内物理検層による風化花コウ岩の 2, 3 の工学的性質の相関性について (高橋・石川) 広島型花コウ岩の岩盤を、ボーリングコアの観察によって通常のように区分し、孔内で行なったプレシオメーターによる変形係数 (E_{sp}) 試験、電気検層、速度検層 (V_p, V_s) など、および室内岩石試験とこの区分とを対比した。検層によってえられる物理量は大局的には通常岩盤区分と対応するが幅が広い。 V_p, V_s と E_{sp} との関係はある範囲で岩盤区

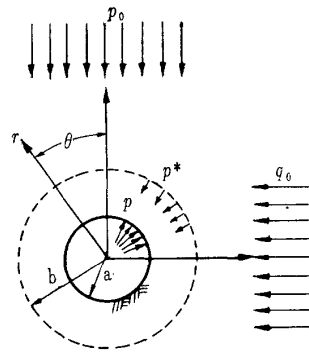
分と対応するが、 V_p の方が対応がよい。速度検層およびコアの V_p, V_s の検討から、 V_s のバラツキの程度が岩盤のキレツの程度を表わすと思われる。電気検層による比抵抗値と V_p との関係は岩盤区分に対応して区分可能のようである。

147 (F-4) ロックフィルダム材料の透水性の研究 (岩片・二重作・森) 貯水池の急激な水位降下によって生ずる堤体内の水位降下区間について、細管モデル実験によって求めると、堤体が十分に排水されるためには、 k は 10^{-1} cm/sec 以上、できれば 10^0 cm/sec 以上必要である。フィル材料の k に影響する要因を D_{10}, e, U_c としこれらを変化させて透水実験を行なった結果ロック材の D_0 は、急激な水位降下区間の k が 10^{-1} cm/sec 以下であるためには 1.5 mm 以上、 10^0 cm/sec 以上であるためには 4.8 mm 以上でなければならない。 k は細粒分に密接に関係するので、 k を大きくするためには、転圧時や将来の風化によって破砕されやすい材料は不適當である。

148 (F-6) ロック材の粒状体としてのセン断強度について (工藤・大野・中川) ロックフィルダム本体材料の試験として、現場設置の大型一面セン断試験を行なった。4 種類の材料について、突固め 3 種類、垂直荷重 3 種類の試験によってつぎの事項が求められた。1) ゆるづめ状態ではセン断初期に沈下が起こるが、密な状態ではダイレイタンスーが起こる。2) e と ϕ との間には試料の種類ごとに、ほぼ直線関係がある。また e と ϕ とを関係づける定数 K に対する $\log U_c$ は最上の与えた関係より小さく得られた。3) 同じ突固め程度の材料を比較すると、ロック材によるほかその間ゲキを満たす材料の粒度、材質によって c, ϕ が大きく異なる。

149 (G-2) ロックボルトの粘弾性論的考察 (桜井) 二次元平面ヒズミ状態にある線型粘弾性地山に図のように、ロックボルトが分布荷重として作用する場合の機構を理論的に解析した。まず地山の応力分布を求めると、ボルトの締めつけ力の増加に伴い ($p_0 \geq q_0$ のときは掘削直後)、トンネル内壁の $\theta=0$ の位置に最初の引張り応力が生ずる。こ

の引張り応力を生じない限界締めつけ力を求め図表に示した。つぎにポアソン比の経時変化はないと仮定した粘弾性解析により、トンネル内壁の r 方向の変位 δ_3 は地山のクリープ関数 $\phi(t)$ の関数で、定着部の r 方向の変位 δ_2 は $\phi(t)$ と定着部



のゆるみクリープ関係 $\varphi(t)$ の関数で表わされることから、 $p = p_0 E_s \cdot (\delta_3 - \delta_2) / (b - a)$ で与えられるロックボルトがトンネル内壁に及ぼす応力の経時変化は、 δ_3, δ_2 を $\phi(t), \phi(t)$ で表わすとボルテラ型第2積分方程式の形になる。定着部がゆるまないと仮定してこの解を求め、種々の数値計算を行ない地山の初期応力状態が静水圧状態の場合、二軸状態の場合のボルト効果の例をあげた。

150 (G-4) 欽明路有料道路建設に伴う斜面崩壊について (足羽・加治家) 粘板岩とチャートからなるもろい岩盤につくられた (第1次施工) 平均傾度 1:0.93 の長大斜面に約 20,000 m³ の第1次崩壊が生じ、その復旧のために平均傾度 1:1.35 の第2次施工が行なわれた後、斜面頂部を越す 65,000 m³ の第2次崩壊を生じた。その後も斜面内に第3次崩壊を生じた。これらの崩壊はすべて降雨に関係なく生じている。これら崩壊の頭部は円弧スベリと考えられるが、中・下部ではスベリ面は平面に近い。崩壊は頭部の荷重が大きいために生じたものと考えられ、第2次施工においては崩壊前後の検討から、 $c = 4.0 \text{ t/m}^2$, $\phi = 16^\circ$ を採用し、2,000 m³ の排土によって復旧を行なった。

151 (G-4) トンネル掘削による地表沈下現象について 一国道128号線嶺岡トンネル測定結果と解析一 (大塚・竹林) 破碎され地表沈下を生じやすい岩盤地山に、カブリの浅いトンネルを、側壁導坑先進上部半断面方式で掘削する際に、各切端の進行に伴って生ずる沈下を地表において方眼状に測定した。沈下速度 $\Delta S / \Delta t$ の経時変化は共鳴曲線に近似し $\Delta S / \Delta t = kt_0^2 / [(t - t_1)^2 + t_0^2]$ で表わされる。切端の通過時点を t の原点にとると、 t_1 はそれから最大沈下速度を示すまでの時間を与え、定数 k, t_0 はそれぞれ最大沈下速度、沈下継続時間に相当する。任意時における沈下量は $\Delta S / \Delta t$ を沈下開始時から任意時まで積分して求められる。実測から得られる k, t_1, t_0 の値はトンネル横断方向に大きく異なるが、グラウンドアーチの形状を

$$\phi = \frac{B}{2} \cdot y / \left(x + \frac{y^2}{4} \right)$$

にとると (B は掘削最大幅)、これらの値はそれぞれのある幅の中にほとんどおさまる。これらのことから導坑掘削時の地表沈下を測定することによって上部半断面掘削時の地表沈下量を推定できる。

〔研究動向〕

岩の工学的性質関係の発表論文は IGC 分類の F-1 (岩の分類と判定) に関するもの2編, F-2 (岩の物理化学的性質) に関するもの1編, F-4 (岩の透水性と毛管現象) に関するもの1編, F-6 (セン断特性と強度特性) に関するもの1編で、F (岩の性質と室内・現地試験) 関係の論文小計5編; G-2 (岩の変形問題) に関するもの1編, G-4 (斜面、掘削およびトンネルの安定) に関するもの2編で、G (岩の工学的問題の解析) 関係の論文小計3編であり: 岩の問題をとりあげた論文の合計8編であった。この数は、他の領域特に D, E に比べると少ないが、前年 (第6回) の F 関係1編, G 関係2編に比べれば3倍に近い。また、B, C に分類されている論文と内容的に分類区別をし難いものがあり、IGC 分類に表われているように、土質工学が岩の工学と連続して広く地盤の工学に発展しつつあることを物語っていると同時に、研究発表会の会場区分にも一考を要する点であろう。以下各論文に関連して所見を述べることにする。

144 は岩石地盤の現地調査に関するもので、IGC 分類の C-0 (現地調査の計画を含む一般) または C-5 (ボーリングの方法または結果の記載) に分類される内容を持つものである。地盤調査としてのコアボーリングの主目的の一つは地質状態とその連続性をつかむことであり、他の一つは地盤の力学定数を知る材料をとることであるが、この論文は前者の目的に重点が置かれていた従来のボーリング記録、コアの扱い方を、後者の目的のために見直す方向づけをしたもので、まだ多くの問題点を含んでいるが、岩盤調査特に岩石トンネルの先進ボーリングによる調査において関心を持たるべきものであろう。

145 は試験片による岩石試験結果と現場状態での岩盤の力学的性質との関連という岩の力学の基本問題のうち、衝撃かたさについてとりあげた論文である。岩石・地層の物性にはそれらの成因に基づく本質的なバラツキがあることは古くから地球物理学、地質学の方面で知られているところであり、このため岩石のかたさ、強さを少数の精密な室内試験で求めるよりも、簡易な方法でなるべく数多く試験することが、現場状態での岩盤の力学的性質を知る上に有効であるが、この論文は衝撃かたさについてこのことを行なったもので、発展が望まれる。試験片による数値と掘削実績との相関を求める際に、施工上の諸元の変動幅が問題になるから、この点の記録について現場の協力を切望したい。146 は種々の程度に風化した花コウ岩に行なったボーリング孔内での、種々の物理検層結果を総合的に組合わせて、経験的記述的に発達してきた岩盤の等級区分と対比することによって、記述的な岩盤区分に定量的な裏づけを行ない、さらにこれらの物理量から他の工学的性質を知ることを試みたものであるが、肉眼による区分を岩盤区分の基

講演要旨・一般報告

本としている点に一考を要する必要がなからうか。また検層において物理量を与えた岩盤の部分と同一部分について対比しているかどうかの点で、論議の精度も結果の利用度も限定されてくる。この論文も、基本的には岩石の力学的性質と岩盤の力学的性質の相関をとりあげたものである。

透水性をも含めて、土に比べて岩の力学的数値をつかむことが困難な主要点は、普通に工事または構造物の対象となる大きさの中で、不均一性と異方性の問題が、常に大きくはいつてくることにある。これは実験において、実物の不均一性と異方性をどう取入れるか、モデルをどうゆがめるかの問題になる。粒状態についてもこの問題は重要であるが、この点を考慮に入れることができれば147の成果はさらに実際的に貢献することが大きいと期待される。148は粗大粒の粒状体についての大型一面セン断試験として貴重な実験結果である。講演集のあとがきにも述べられているように、種々の問題はあがるが、このような実験が示方化されることが望まれる。この論文の場合も、異方性と不均一性の問題は上の場合と同じ問題が残る。

149はトンネルロックボルトの設計の基本として、その作用機構を秩序立てて明快に解明したもので、この論文の分布荷重として解いたもののほか、すでに集中荷重の問題も解いてあるということで、今後、上に述べたような岩盤

の問題をとり入れた種々の境界条件での解析を発展されることを期待するとともに、現場測定による裏づけについて、現場の協力を希望するものである。

150はB-3(マス運動と地盤沈下の土木地質)に区分されるべき問題を扱ったものであり、ここでの主眼点は安定解析と対策施工とにあるが、この論文がとり上げた問題は一般問題としては地盤の問題は自然であると人工であるとを問わず、土から岩までの連続、あるいは土と岩との混合した問題として、現象解析に立脚して力学的検討を加え、設計施工に進むべきであることの示唆的な問題である。この論文では、もっと力学的な説明をして欲しかった。151も、土質地盤と岩石地盤との中間的地山の問題と見られ、土質工学が地盤工学を対象に進んでいることの例である。この論文で述べられた結果と利用方法は、地盤条件と施工条件とによって変わることは当然で、多くの条件についてこのような測定成果が集積することによって普遍的なものとなる。この点でこの論文で述べられたような現場測定とその公表が、全体の地盤工学と地盤施工技術の推進に大きく貢献するものであることを思い、現場第一線において学問的根拠に基づいて施工を推進される技術者に敬意を表し、この状態が普遍化されるよう各方面の協力を望むものである。

土の安定処理 (発表論文 No. 88, 172~175)

千葉工業大学 清水英治

[今までの研究動向]

近年、土木建築工事があらゆる場所で活発に行なわれているが、すでに良好な地盤のところは少なく、軟弱地帯や火山灰地帯などの不良地盤の所を施工することが多くなってきた。このように工事に不都合な不良地盤を(1)経済的に安く、(2)短時日の工期で迅速に、(3)気象条件に影響されことなく、施工能率をアップし、(4)強度が大きく、(5)処理土が浸水、凍結融解、耐薬品、摩耗に安定であるように処理することが、この数年間いろいろと研究されてきた。安定処理に用いられる安定剤は、従来は石灰、セメント、水ガラス、リグニンなどが多かったが、最近は高分子系レジン類を使うものが現われてきた。石灰、セメント系のように安定剤が土中の水を使って水和反応を行ない、土を固結させるものは経済的でしかも有効である。しかし、合成樹脂系の安定剤は土中に水が存在すると固結しない場合があり、値段も高いので、まだあまり実用的ではないようである。ただ土の表面をコーティングして、エロージョンの防止とか降雨の防水の目的に使われているが、耐候性が低いようである。

昨年(1978)の第6回土質工学研究発表会では、土の安定処理に

関して5件の発表があり、今年も同様に5件の発表があったが、産業廃棄物の利用や電解固結などの変わった内容のものがあった。

[現況]

今年の研究発表では浅層地盤改良として88, 172の2件、深層地盤改良としては173, 174, 175の3件である。安定剤の種類別では高分子系樹脂を用いた88と、石灰系を用いた172, 173, 174と食塩水を用いた電気分解法によるもの175と大別して3種類であった。

88(D-10)プラスチック廃棄物利用による土壌安定剤について(小椋)はプラスチック(ポリスチレン樹脂)廃棄物を粉碎したものをキシレン溶剤で溶かし、乳化液にした水溶液を土壌に混入して(混合比0~2%)突固めて安定処理した試験例である。その結果は、(1)非浸水の場合の一軸圧縮強さ(q_u)は樹脂を入れない方が大きい。しかし(2)水浸を行なったものは樹脂の混入比が増加するに伴って q_u が大きくなる。(3)スレーク時間は樹脂のはいった方が