

氏 名	日 比 野 敏 ひ び の さとし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 580 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	地下構造物および周辺岩盤の力学的挙動に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 平 松 良 雄 教 授 丹 羽 義 次 教 授 伊 藤 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地下構造物および周辺岩盤の力学的挙動を解明し、その結果をこれらの設計・施工に応用するまでに発展させたものであって、緒論および結論のほか、4章からなっている。

第1章の緒論では、まず著者が本研究を行なった動機と研究の必要性を述べ、つぎに従来の研究を紹介しつつ本研究の内容を説明している。

第2章は岩石および岩盤の力学的性質について論じたものである。まず、ひん岩の供試体について三軸圧縮試験を行ない、その結果とすでに発表されている実験結果とを参考にして、岩石の破壊の包絡線を $\tau^2 = (1 - \sigma/\sigma_t)\tau_R^2$ で近似的に表現している。ここで σ は直応力、 τ はせん断応力で、 σ_t および τ_R はそれぞれ引張強度およびせん断強度である。また岩石の変形挙動に及ぼす要因を分析し、応力レベル、載荷速度、周圧、含水率、間隙率などの影響について述べている。

ついで、岩盤の動的弾性係数を弾性波速度から求める方法は、測定時の応力レベルが低く、作用応力の周波数が高いため、地震時の岩盤の挙動を検討するための値を求める方法としては不適當であることを指摘し、地震時の岩盤内の応力レベルおよび周波数に近い周期的載荷ができる装置を試作し、これを用いて岩盤の動的弾性係数を求めている。その結果によれば、凝灰岩および粘板岩では、動的縦弾性係数は弾性波速度から求めた値の約0.5倍で、ジャッキ試験から求めた静的縦弾性係数の1.3～1.7倍である。

第3章では、空洞掘削時の周辺岩盤の力学的挙動の解析法およびその適用例について述べている。まず、空洞を順次拡大して行くたびに岩盤内の応力状態が変化し、岩盤の力学的性質も変化することを考慮した解析が必要であることを指摘し、このような条件を満たす解析方法としてつぎの方法を提案している。すなわち、掘削により自由面が形成されるのに必要な外力を算定し、この外力によって生ずる岩盤の変形および応力変化を求め、その新しい応力状態のもとでの岩盤の変形係数、ポアソン比、見掛けせん断強度、クリープ係数などを実験式によって決定し、これらの係数を用いて逐次近似的に岩盤の挙動を解析する方法である。これらの実験式は、モールの破壊包絡線と応力円との最短距離に相当する応力値の関数として

いる。

ついで、この解析法の適用例として、二三の地下空洞および半地下空洞について、掘削時の側壁のはらみ出し量、盤膨れ量、覆工に作用する地圧および緩み領域の形・大きさなどを計算し、その結果を弾性論による解析結果と比較して、両者の相違の程度を明らかにしている。さらに、岩盤のクリープ係数や覆工時期が覆工にかかる地圧に及ぼす影響ならびに空洞の形状や断層の存在などが岩盤の変形や緩み領域の形・大きさに及ぼす影響を検討している。

第4章においては、喜撰山地下発電所建設のため地下空洞が掘削されたときに行なった諸測定の結果と第3章で述べた方法で解析を行なった結果とを比較している。測定された項目は、空洞頂部の岩盤の沈下量、側壁のはらみ出し量およびアーチ部の覆工内の応力である。この比較により、計算値は測定値によく合うか、あるいはかなり近いことがわかり、この解析法により岩盤の挙動の推定がある程度まで可能であることを確かめている。

また、掘削の進行とともに側壁がはらみ出し、工事に困難を来たしたとき、水平の鋼製ストラットを築造するのが有効であることを理論的に示し、工事を成功させた経緯を述べている。

第5章においては、岩盤とその地表付近に存在する構造物からなる系の振動を取扱っている。まず、有限要素法を用いた振動解析における解の安定性に関する十分条件を求め、数値を当てはめて検討し、これを確かめている。また角棒の強制縦振動について、有限要素法による解析結果と理論解とを比較し、両者は良好な一致を示すことを示している。

つぎにこの解析法を用い、二三の項目について検討を行なっている。すなわち、地震の際、構造物のない地盤内の加速度の振幅は深部から地表下ある深さ(10~30 m)まではほぼ一定で、それより浅くなるとともに増加することを示し、この結果は松代地震などで実測された結果と一致すると述べている。また地表付近に構造物が存在するとき、地表での加速度の振幅が小さくなる程度を示している。さらに、種々の構造物の基礎の形式が構造物の振動を軽減させる効果について検討し、半地下水槽収納が最も有効で、コンクリートの基礎の幅を広くすることも効果があるという結果を得ている。また基礎の底面の端付近の地盤に応力集中が起こるから、この部分の排水およびしめかためによる補強が重要であることを指摘している。

結論は以上を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

近年、地下発電所の建設や塊状鉱床の採鉱などのため、地下に大きい空洞が開削されてきており、今後ますます盛んに開削される傾向にある。本論文は、このような地下構造物および周辺岩盤の安定な設計および施工に資するために、それらの力学的挙動を理論的ならびに実験的に研究した結果を述べたもので、得られた成果のうち主なものは次のとおりである。

(1) 岩石および岩盤の静的・動的力学特性、破壊を起こす応力条件およびそれらに及ぼす各種の条件の影響について広範囲な検討を行ない、空洞周辺の岩盤の挙動の検討に多くの基礎資料を提供した。とくに、岩盤の動的載荷装置を試作し、地震時に近い応力レベルおよび周波数のもとでも岩盤の動的弾性係数の決

定を可能にし、この条件のもとでの動的縦弾性係数は、凝灰岩および粘板岩では弾性波速度から求めた値の約0.5倍で、ジャッキ試験から求めた静的縦弾性係数の1.3~1.7倍であることを示したことは注目に価する。

(2) 空洞周辺の岩盤の安定は、空洞の形状・寸法だけでなく、空洞を順次拡大して行く過程によっても影響を受けることを指摘し、空洞拡大の各時期において、応力状態による岩盤の力学的性質の変化を考慮に入れて空洞周辺の岩盤の変形や応力を解析する一方法を提案した。この方法は、まず発破などにより岩盤中に新たな自由面が作られるときその面に作用する外力を決定し、つぎにこの外力の作用による岩盤の変形を計算し、新しい応力状態を求めるという手順を踏むもので、有限要素法により逐次近似的に解析を行なう方法である。応力状態による岩盤の種々の力学的性質の変化は、応力状態が破壊を起こす状態にどれほど近いかにによってそれらの性質を変化させることにより考慮されるようにしている。

(3) 喜撰山地下発電所の建設工事が行なわれた際、上記の解析方法により岩盤の変形やアーチ部の覆工内の応力を計算した結果とそれらの測定結果とを比較し、計算値は測定値とよく一致するか、あるいはかなり近いことを確かめ、この解析方法は、地下空洞開削時の側壁のはらみ出し量、盤膨れ量、ゆるみ領域の奥行および覆工に作用する土圧の推定の信頼度を一步向上させるものであることを実証した。

(4) 岩盤のゆるみは、従来主として発破によるものと考えられていたが、そのほかに地圧の解放にも起因し、しかも後者の効果の方が大きい場合もあることを指摘した。

(5) 地盤とその地表付近に存在する構造物とからなる系の地震による振動について解析を行ない、その結果を松代地震の際に測定された結果と比較して検討し、二三の知見を得た。たとえば、重量構造物がない場合と比べてそれがある場合に、地表における加速度が小さくなる程度を示した。

以上を要するに、本論文は応力状態による岩盤の性質の変化を考慮に入れて空洞周辺岩盤が示す力学的挙動を解析する一方法を提案し、この方法は実際に適用できることを示し、地下空洞開削時の岩盤の挙動や覆工に作用する地圧の推定の信頼度を一步向上させたもので、学術上、工業上貢献するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。