

氏名	にし やま たつ ろう 西 山 竜 朗
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2457 号
学位授与の日付	平 成 15 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	岩盤せん断試験による基礎強度評価の検討

(主 査)  
論文調査委員 教授 青山 威 康 教授 河地 利 彦 教授 水山 高 久

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、貯水ダムなど大規模構造物を建設する場合、基礎の耐荷力を評価するのに、構造物の建設を予定する地点において行う載荷試験法に内在している問題点を実験的、理論的に検討したものである。現実には遭遇する大型構造物の基礎は、構造物の寸法に匹敵する規模での亀裂や節理、さらには断層を含んでいることが多い。すなわち非均質性あるいはこの地点の局所的力学条件が全体を支配する。したがって比較的小寸法の均質な供試体を現場より採取し、これに対し室内で精緻な力学試験(要素試験)を行った結果を用いた設計は、均質な基礎地盤を想定した場合にしか実質的には有効でない。これが、様々の問題を有しながらも原位置試験が重要な役割を果たす理由である。

この論文では岩盤基礎を想定し、実用的に最も多く行われるブロックせん断試験法の問題点を指摘し、室内模型実験においてブロックと岩盤の一体性が崩壊するまでの載荷挙動を詳細に観察した。またこれを有限要素解析において解析面からも同様の立場から追跡した。これにより、原位置試験によって得られる数値が、基礎岩盤が全体として有している強さのどの部分を表しているのかを明確にしようとした。

論文の全体構成は次のようになっている。

第1章は上述のような問題の背景を述べ、研究の目的を示した。第2章においては、現在提案されている岩盤の力学強度評価の理論を網羅的に紹介している。モールの破壊包絡曲線をどのように表すかについては様々の提案があるが、特にここでは破壊時の垂直応力とせん断応力の値を破壊円の最大および最小主応力を媒介変数とする方法を入念に解説している。この結果、破壊包絡線はいくつかの実験値を用いて直線あるいは曲線の形で定義することが可能であることを示し、統計的にこれらを処理する例題を示した。さらに Hoek & Brown が提案する破壊時の最大・最小主応力に関する経験式を詳しく引用している。これは、後の章で用いるためである。

この Hoek & Brown の関係式は健全な岩石材料の1軸圧縮強度、岩盤内の不連続面の分布及び劣化の程度を意味する無次元の2つの定数により表されるものである。次いでブロックせん断試験法を解説しこの方法の不可避の問題点として、(1)破壊する面に作用する主応力の、大きさ・方向・破壊面上の分布が不明なこと、(2)破壊面に作用させ得る垂直応力の範囲が、試験装置の性格上3軸試験法にくらべて小さいこと、を挙げている。

第3章では模型実験によりブロックせん断試験を模擬し、載荷試験により、岩盤のどの部位にどのような破壊が生じるかを室内で観測した結果を示している。試験は平面ひずみと平面応力の2状態を近似するモデルを用いた。得られたデータは前章の Hoek & Brown 式によって整理し、一軸圧縮強度のモール円との対比で整理した。平面ひずみ近似試験がより大きな垂直応力を作用させられることが明らかとなり、これにより垂直応力の効果を論じた。

第4章では引張応力非負担の亀裂モデルを用いて前章の実験を有限要素法により追跡解析した結果を示している。その結果、解析結果が定性的にも定量的にもほぼ満足できる実験結果の近似を与えることを示した。また破壊面近例点のモール円の発達経過を論じた。

第5章では補助的問題として、3章に示した実験が2次元状態であり、現実のブロックせん断試験が3次元であることに

注意し、その差がどの程度のものかを、弾性論を用いた理論解で論じた。結果、その差は大きなものでないことを結論している。また実験領域が比較的限られた領域であることの影響についても考察を加えた。さらに実用問題として現実のブロックせん断試験から得られる岩盤等級が岩盤全体の破壊挙動のどの部分を用いて評価しているかを示した。

第6章ではこれまでの章から得た結論の要約であり、付録には第2章に用いた難解な数式展開の誘導を示している。

### 論文審査の結果の要旨

貯水ダムなど大型構造物の建設に際して、基礎岩盤の力学強度を評価するための原位置ブロックせん断試験は、基礎地盤の総合力学評価のためにはボーリング調査や弾性波探査法とともに不可欠の試験法である。しかしこの方法には破壊面に作用する主応力の大きさや方向、分布に関する情報が得られず、詳細な力学情報を得るためには多くの注意が必要である。この研究は要素試験からなるいくつかの既存の強度評価式の比較検討、模型実験による原位置試験の模擬化、解析による模型実験のシミュレーション、を通じてこの問題点を明らかにし、ブロックせん断試験から得られる結果をどのように評価すべきかを論じたものである。評価できる点は以下の4点である。

1. 岩盤の破壊基準式として破壊円の最大・最小主応力を媒介変数とする Balmer の表示が有用であることを示したこと。このことにより直線から任意の曲線までのモールの破壊包絡曲線を、多数の実験観測データの統計処理により合理的に強度定数を推定できることを示したこと。これに加えて Hoek & Brown の経験式を併用すると、より簡易に岩盤の破壊包絡線が、広い垂直応力の範囲で表示できることを示したこと。
2. 平面応力および平面ひずみ状態の2次元模型実験で原位置ブロックせん断試験を模擬し、岩盤に生じる破壊点の移動を詳細に調べたこと。その結果、破壊点が最初に生じる点や進行の様子は垂直応力に依存することを示したこと。また低垂直応力域では試験から得た強度定数は破壊包絡線が示す強度値より小さく、高垂直応力域においても得られる強度定数はやはり小さいが、中垂直応力域においては、強度定数はほぼ破壊包絡線の示す値に近くなることを示したこと。
3. 上記実験を、引張応力非負担の有限要素モデルによりシミュレートし、実験の結果を定性的、定量的に検証したこと。またこれにより試験中の岩盤内部のモール円が、上記2. の三つの領域に応じて破壊包絡線に接近するモードが異なることを示したこと。
4. 2. で示した一般的傾向は、現実の岩盤評価とも対応付けられ、高品位岩盤の試験値は低垂直応力域のデータを示し、低品位岩盤では高垂直応力域に属することを示したこと。

以上のように本論文は原位置ブロックせん断試験から得られるせん断強度の限界と特質を明らかにしたものであり、ダム工学、地盤工学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年11月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。