

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 ARANGELOVSKI GORAN PETRE

地震力によって土構造物に発生する変形は近年、大いに注目を集めている問題である。従来の手法では、震度法と許容応力度の組み合わせ、すなわち安全率の計算に依存して破壊の有無を判定するだけであった。しかしこの手法では、90年代以降に設計で想定される地震荷重が強大化するにつれ、1より大きい安全率を確保することが困難になって来た。材料としてのせん断強度に限りのある土を使う限り、耐震設計が困難になって来たのである。

このような行き詰まりを打開するための戦略が、地震時の許容変形量に基づく設計思想である。土構造物には修復が比較的容易であるという特長があり、強大な地震動に見舞われても変形が一定の限度以下に収まれば、地震後の迅速な修復作業により、被害(社会への影響)を最小限に留めることが可能である。この変形の限度を地震時許容変形量と呼称し、残留変形量を予測して、これが許容変形量以内に収まれば可とするのが、新しい耐震設計法の考え方である。

本論文では重力式の護岸構造物を対象として、その地震時残留変形の発生と蓄積過程を実験的に調べた。実験は従来の模型振動実験ではなく、応力やひずみの状態が明確な中空ねじりせん断装置による非排水せん断試験である。実際の護岸の基礎に平静時に存在している応力状態及び地震時に発生する繰返し応力を単純化、理想化し、これを中空ねじりせん断試験の供試体に載荷した。したがって、供試体の圧密応力には静的なせん断の成分が含まれており、それに続く非排水繰返しせん断は、実際の地震時の応力に対応するものである。

本論文は八章から構成されている。第一章は研究の目的を説明し、論文全体の構成を概括している。第二章は、当該分野の既往の研究の紹介および護岸の地震被災例の解説である。

第三章では実験装置の構造や試験方法の説明をした後、第四章で予備的に行なわれた実験の結果を報告している。まず本研究の中で重要な位置を占める初期せん断応力が、非排水単調せん断時の砂の挙動に及ぼす影響を調べ、等方圧密供試体に比べて大きな荷重を負担できることを示した。また、ひずみ速度が繰返し非排水せん断試験結果に及ぼす影響についても議論があり、実地震に比べて本研究の装置が作動するひずみ速度がはるかに遅いことについて、検証された。それによると、初期せん断の影響でひずみが一方的に蓄積する挙動には、装置の能力の範囲内では、ひずみ速度の影響は無かった。

本研究の中心テーマは、初期せん断応力の作用する砂に繰返しせん断応力が重複した時の、変形の蓄積である。せん断変形が繰返し載荷回数とともに増加する様子を第五章で調べるために、ゆる詰め砂に、静的安全率にして2程度に相当するねじりせん断応力を載荷した。この時、鉛直と水平

応力の比率 $K = \sigma_h' / \sigma_v'$ は、実験毎に変化させるパラメータである。非排水条件でねじり応力を繰り返し繰り返し載荷した時のひずみ（ねじりせん断変形）を、載荷サイクル数毎に追跡した。一サイクル毎のひずみ増分が、応力振幅によって変わる事、大きな応力振幅ほどひずみ増分も大きいことは、当然である。しかし、サイクル毎のひずみ増分と繰り返しサイクル数との間には、両対数グラフの上で直線的な関係の存在することが応力振幅の大小によらず、見出された。圧密的の応力比 $K = \sigma_h' / \sigma_v'$ の影響についても実験があり、 K が小さい時（異方圧密の度合いがはなはだしい時）ほど、ねじりせん断変形は蓄積しにくかった。変形はむしろ、鉛直ひずみの蓄積に向かったものである。

変形蓄積について、より定量的な考察を行なったのが、第六章である。応力の振幅が大きい実験と小さい実験、及び振幅が大小不規則に変動する実験とを比較した。そして、不規則載荷であっても一サイクル毎のひずみ増分は、その時点迄に蓄積しなかったひずみによって定まるところが大きく、規則的な載荷実験の結果から不規則載荷の結果が予測できることが判った。振幅一定の載荷によって生じるひずみは、第七章の方法によって推定される。

本論文で考案した変形予測法は、第一サイクルのひずみ蓄積量を予測する経験公式と、第一サイクルでのひずみを使って後続サイクルでの増分を予測するモデルとから、構成されている。必要な入力データは、砂の相対的密度、繰り返し応力比、及び σ_v' と σ_h' の圧密応力である。また静的せん断応力の大きさは、現実を想定して、安全率=2に対応する値である。これからかけはなれた安全率の状態は、考慮されていない。予測と実測とを比較し、不規則載荷時の状況もよく再現することができた。第八章は、まとめと結論及び今後の課題を示している。

以上をまとめると本論文は、護岸に代表される構造物基礎地盤の地震時変形の予測という問題に向けて、非排水繰り返しせん断という立場から研究したものである。その成果は重力護岸施設の耐震性向上のために有用であり、地盤工学と耐震工学上の業績は大きい。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。