

氏名	柴田徹 しば た さとる
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第10号
学位授与の日付	昭和34年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科土木工学専攻
学位論文題目	粘土のレオロジー的特性とその応用に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 村山 朔郎 教授 岡田 清 教授 成岡 昌夫

### 論文内容の要旨

本論文は、粘土のレオロジー的諸特性を同一原理から出発した単一の理論によって導くとともに、この理論を応用して基礎の支持力問題の解明をはかったもので、緒論、4編10章と結論からなる。

緒論では、粘土のレオロジー特性の究明には徹視的立場に立った理論的研究が必要であることを強調し、この主旨のもとに行なった本研究の内容を概述している。

第I編は粘土に先行圧縮応力以下の圧縮応力を与えたときのレオロジー特性の研究である。まず、粘土の変形挙動を表わすために、粘土の粒子構造を考慮した力学系を仮定し、この系の示す粘性に統計力学的に導いた構造粘性を導入することにより、粘土構造の破壊されない場合、すなわち、上限降伏値以下の応力の場合に対して、粘土の新たなレオロジー特性式を誘導した。また、この原式を展開して、繰り返し載荷ならびに除荷後のクリープの特性式を求めた。これらの理論式と対比するため、乱されない粘土試料を用いて一連の圧縮クリープ試験を行なったが、先行圧縮応力および上限降伏値以下の応力範囲では、ヒズミ—時間、応力—ヒズミ、繰り返し載荷によるクリープ、回復クリープ、ヒズミ硬化などの実験結果は理論の結果ときわめてよく一致し、解の妥当性が実証された。

また、上限降伏値は荷重制御式圧縮試験の応力—ヒズミ関係を両対数紙上に描いたときの初期直線部の第一折点により与えられることを理論的に証明し、この原理を上限降伏値の新測定法として提案するとともに、この方法で求めた上限降伏値が試験時の試料に加える側圧ならびに荷重速度には無関係であることを示した。

ついで、粘土に上限降伏値以上の一定応力を与えた場合生ずるいわゆるクリープ破壊について考察し、粘土構造の結合粒子が活性化する確率より、荷重強度と破壊発生までの所期時間の関係式を求め、これが実験値とよく一致することを示して、解の妥当性を実証した。また、上限降伏値、ならびに荷重制御式あるいはヒズミ制御式圧縮試験による破壊強度と含水比とは、前者を対数として半対数紙上に描けば直線関係があることを明らかにするとともに、これらの関係をもとにして、土構造物設計上の安全率の意義について考察した。

第Ⅱ編では、粘土の一次元圧密に関する研究を、圧密応力が先行圧縮応力以下の場合と以上の場合とにわけて考察した。

まず、圧密応力が先行圧縮応力以下の過圧密粘土については、前編で提案した力学系を側方拘束状態の条件で用いて、一次圧密部に対しては、その力学系の脱水量を圧密量と等置することにより、また、いわゆる二次圧密部に対しては、力学系の変形量を圧密量とすることによって解析した。

圧密応力が先行圧縮応力以上の正規圧密粘土では、粒子骨格のうけもつ有効応力が先行圧縮応力を越えるにともない、粒子骨格を形づくる粒子の整列配向度が増加すると考えて、この粘土の力学系中の弾性係数が圧密応力と先行圧縮応力の関数として表わされることを提案し、この力学系を用いて圧密の検討を行なった。すなわち、二次圧密過程の圧密量の時間的推移を解析するとともに、一次圧密過程においても有効応力が先行圧密応力を超過すると粘土のクリープ的な圧密量の様相が変化することを述べ、この圧密量と純粋弾性変形による圧密量とを分離する図式解法を提案した。また、上述の理論により、処女圧密曲線の直線性の理論的根拠、圧縮指数、圧縮係数の意義と内容、および、過圧密ならびに正規圧密粘土の二次圧密速度に及ぼす温度の影響を解明した。

ついで、大阪沖積層および洪積層より採取した二種類の乱されない粘土を用いて行なった多数の長期圧密試験結果、および沖積層粘土の温度効果に関する既往の資料は、いずれも上記の解析によって矛盾することなく説明できることを示して、解の妥当性を実証した。

第Ⅲ編は動的載荷に対する粘土の強度と圧密に関する諸特性の研究である。

まず、共振振動数よりもはるかに小さい振動数で、最大振動応力が先行圧縮応力以下の一定の垂直振動応力による動的クリープを実験的に調べた結果、最大振動応力が上限降伏値以下の場合、静的応力によるクリープと同様に、ヒズミと時間の対数が直線関係になることを明らかにした。

上限降伏値以上のこのような動的応力を載荷すると、粘土はやがて破壊するが、著者はこれを粘土の疲労破壊と仮称し、疲労破壊の機構を静的クリープ破壊と同じ観点から理論的に解析し、動的応力と疲労破壊にいたる繰り返し回数との対数が直線関係にあることを解明するとともに、緩急各種の速度の繰り返し載荷試験を行なって、理論の妥当性を示した。さらに、最大振動応力が先行圧縮応力以下の一定振動応力下で振動数を種々にかえて実験し、クリープ破壊にいたる時間を求め、これを静的クリープによる破壊時間と対比して、垂直振動応力によるクリープ強度の減少、ならびに、試作した装置を用いて動態時におけるせん断強度の減少を調べた結果、これらの動態時の強度は振動加速度の対数に正比例して減少することを明らかにした。また、粘性土よりなる鉄道路盤の静的強度と、その上を一定速度で走行する列車により発生する路盤の振動加速度の関係を実験的に調査した結果、路盤強度の低いものほど路盤の振動加速度が大きくなることを明らかにした。

ついで、第Ⅰ編で提案した力学モデルに動的荷重が載荷された場合の圧密沈下量と時間の関係を示す理論式を導いたのち、動的圧密の効果を支配する要素に対して考察を行ない、その主因子であるレオロジー的常数が圧密試験と別個のクリープ試験によって測定できることを示し、また、上述の理論の妥当性を実験によって確かめた。

第Ⅳ編は軟弱粘土層によって支持される摩擦グイや平板などの支持力特性の研究である。

まず、深い軟弱粘土層に打ち込まれた摩擦グイの沈下および支持力特性をレオロジーの立場から理論的に解明し、その成果を模型グイを用いた実験によって実証するとともに、摩擦グイの新たな支持力測定法を提案した。これは、一定荷重を等間隔に増加していく載荷試験の荷重—沈下量曲線を両対数紙上に描き、摩擦グイの降伏支持力を初期直線部の第一折点に対応する荷重によって与えるものであって、現地の実物試験によって、妥当性と実用性のあることを確かめている。その後、この新測定法は日本土質工学会発行の土質試験法解説（第2集）において紹介され、実用化されつつある。

つぎに、上述した摩擦グイの支持力に関する測定方法が、粘土層の上におかれた平板の沈下およびその支持力特性の解明にも準用できることを、模型実験によって確かめた。本測定法を実物の重油タンクの支持力判定のための現地載荷試験に適用した結果、このタンクの荷重—沈下量曲線は実用荷重以上の範囲にわたって両対数紙上で直線となったため、実用荷重に対して永続的な支持力を有することを判定したが、事実、このタンクは施工後約10か月後の今日もなんらの異常も認められず、したがって、著者の提案した方法は短期間の載荷試験をもって将来の安定性を判断することの可能性を明らかにした。

結論は以上各論の成果の要約である。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文は、土質力学の基本的問題でありながら、従来ほとんど未解決のまま残されていた粘土のレオロジーの特性を、粘土の粒子構造を考慮した力学系と、この系の示す粘性に統計力学的に求めた構造粘性を導入することにより、巧みに理論的に解析し、さらに、この理論を種々の理論的考察のもとに展開して、静的応力下のみならず、動的応力下における粘土のクリープ、強度、圧密あるいは温度効果などに関する各種の特性の解明を行ない、また、基礎の支持力特性への応用ならびに新たな支持力測定法の提案をはかったものである。しかも、これら理論結果はそれぞれの検照のため行なった実験ときわめてよく一致し、解の妥当性が実証されている。

このように、本研究は土質力学の基礎分野にも応用面にも貢献するところが少なくなく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

#### 〔主論文公表誌〕

- 第1編 土木学会論文集 第40号 (昭.31)  
Disaster Prevention Research Institute Bulletin, No. 26 (1958)  
土木学会誌 第40巻 (昭.30) 第3号
- 第2編 Proceedings of the Second Japan Congress on Testing Materials (1959)  
京都大学防災研究所年報 第2号 (昭.33)
- 第3編 京都大学防災研究所年報 第1号 (昭.32)  
土と基礎 (土質工学会) 第6巻 (昭.33) 第3号  
土木学会論文集第62号 (昭.34)
- 第4編 土木学会論文集第59号 (昭.33)  
京都大学防災研究所年報第3号 (昭.34)

#### 〔参 考 論 文〕

な し