

博士論文データ項目

論文題目：地盤・基礎・地下構造物の変形と環境上の諸問題に関する研究

著者：堀田洋之

研究科、専攻名：環境科学研究科、環境動態学専攻

学位記番号：環論第2号

博士号授与年月日：2006年3月23日

論文の要旨

本論文は第1章の序論から第8章の結論までの8章からなる。

第1章「序論」では、建設事業における環境問題への現実的で適切な対応は、必要十分な機能・性能を確保した上で、それ以上人為的な手を加えないことであるという考え方を示す。環境意識を持って設計・施工の合理化に取り組み、従来のQ・C・D・Sの価値基準に環境問題独自の評価指標を取り入れることで対応すべきことを述べる。具体的には、必要以上に地盤の変形に抵抗しない合理的な基礎・地中構造物を実現することにより過剰な設計・施工を防ぎ、省資源・省エネルギーを図る「環境にやさしいやわらかい基礎・地中構造物」の考え方を提示する。次に本論文を構成する5つの課題に関する既往の研究について述べ、最後に本論文の構成と概要について述べる。

第2章「構造物建設時の地盤の変形係数」では、最初に大規模逆打ち工事現場における施工時のリバウンド・沈下計測結果について述べる。計測結果より得られた地盤の応力-ひずみ関係の分析より、地盤掘削による除荷・構造物構築による載荷時の挙動を適切に表現するためには地盤のヤング係数の拘束圧依存性とひずみ依存性を同時に考慮する必要があることを示す。この問題の解決方法として一定拘束圧下における応力-ひずみ関係の概念(図1)を導入し、載荷・除荷時の挙動を統一的に表現できる砂の変形係数評価法を提案する。実測値の回帰分析により応力-ひずみ曲線のパラメータを決定し、地盤挙動を適切に表現できることを示す。次にこの方法を砂の三軸試験結果に適用し、同様に試験結果をよく表現できることを示す。最後にこの方法を施工時の挙動予測に用いることによる環境問題への貢献について言及する。

第3章「繰返し載荷を受ける基礎地盤の沈下挙動」では、繰返し載荷を受ける基礎地盤の沈下挙動に関して、構造物のロッキング振動による砂地盤の沈下と地震時の繰返しせん断による粘性土地盤の沈下に

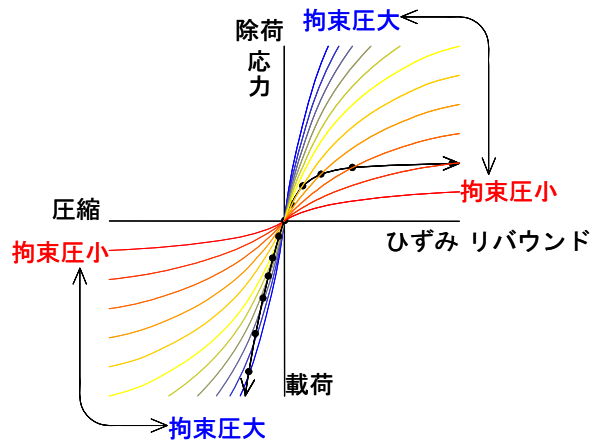


図1 一定拘束圧下における応力-ひずみ曲線概念図

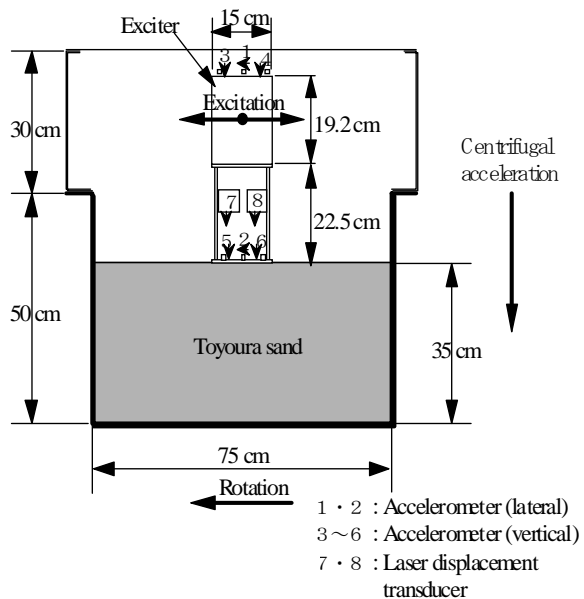


図2 遠心力場における起振機実験

関する遠心模型実験結果について述べる。前者においては遠心力場における起振機実験（図2）及びジャッキによる繰返し水平載荷実験を行い、基礎の沈下量と繰返し載荷回数、加振加速度振幅、有効拘束圧、基礎の根入れ、地盤の相対密度、載荷振動数、転倒モーメントとの関係について考察する。また、土質要素試験に基づく沈下量評価法の道筋を示す。後者においては粘性土地盤上のフローティング基礎構造物の遠心模型振動実験（図3）を実施し、粘性土地盤においても加振による繰返しせん断により間隙水圧が上昇し、それが消散するのに伴い圧密沈下が生じることを示す。また粘土の繰返しせん断後圧密試験より、生じる体積ひずみと繰返し載荷回数、有効拘束圧、繰返しせん断応力比との関係を導き、土質要素試験と数値解析に基づく沈下量評価法を提示する。最後にこれらの評価法を構造物基礎の設計に適用することによる環境問題への貢献について言及する。

第4章「地盤液状化後の基礎の沈下挙動」では、地盤液状化後の基礎の沈下挙動に関して、社本らによる砂地盤液状化後の残留変形理論に基づく沈下量評価法を詳細法と簡易法の2通り提示する。詳細法は地盤の液状化を考慮した数値解析より地震時最大せん断ひずみを求め、理論上得られる残留ひずみが得られるような等価な地盤定数を設定して自重による収束計算から最終沈下量を求める方法である。簡易法（図4）は地盤の補正N値と地震時の繰返しせん断応力比の関係より地震時最大せん断ひずみを求めて残留体積ひずみを計算し、一次元状態での等価な地盤定数を設定して構造物荷重による沈下計算を行う方法である。構造物、偏心荷重、地盤改良の有無の条件を変えた遠心模型振動実験を実施し、上記評価法の適用性の検証を行っている。最後にこれら評価法を基礎の設計に適用することによる合理化・省資源化に言及する。

第5章「地震時・地盤液状化時の杭基礎の挙動」では、地震時・地盤液状化時の杭基礎の挙動に関して、前半では張らの土圧理論に基づいた杭の水平地盤反力の評価法（図5）を示し、杭の水平載荷試験結果との比較検討より、ある程度の深度以深では良い対応を示すことを述べる。現状使われている計算式との対応についても述べる。後半では社本らの砂地盤液状化後の残留変形理論に基づく側方流動時の杭基礎の挙動・被災状況の簡易評価法を提示する。

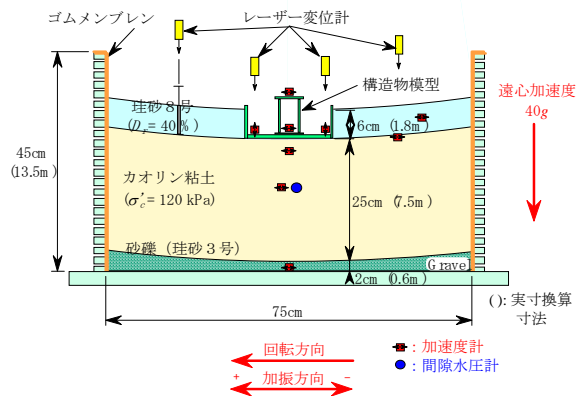


図3 粘性土地盤上のフローティング基礎構造物の遠心模型振動実験

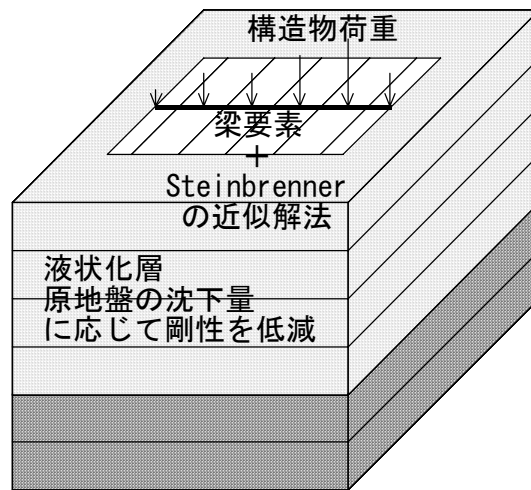


図4 液状化後の簡易沈下量算定法

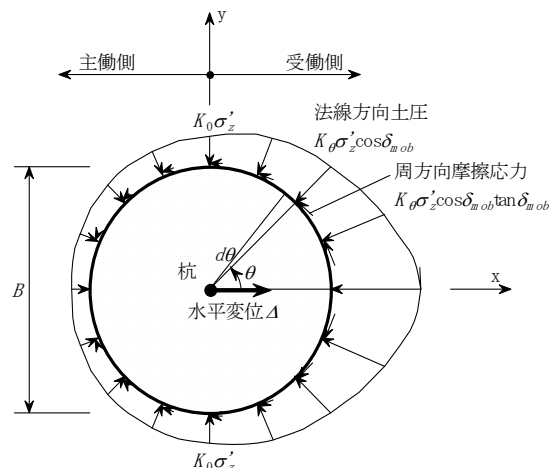


図5 杭周面に作用する土圧

地盤の補正N値と地震時の繰返しせん断応力比の関係より残留体積ひずみを計算し、側方流動による水平変位量を求めて、応答変位法（図6）により杭に生じる応力・変形を求めるものである。1995年兵庫県南部地震の被災事例3件による検証を行い、条件の単純なもの程対応が良いことを示す。最後に杭の設計に上述の方法を適用することによる最適化・省資源化に言及する。

第6章「積層導坑トンネルの挙動」では、大断面トンネル構築法として小口径のシールドトンネルを積み重ねる形で覆工構造体を構築する積層導坑トンネル（図7）の施工法・特徴について述べ、遠心模型実験により砂地盤・粘土地盤における構造体としての支保機構・安定性を検討する。トンネルは地盤種別に応じて構造体に作用する土圧・導坑間接触圧が異なる性状で安定するような変形・支保機構を有することを明らかにする。また、楕円形断面の場合の円形断面との違いについての検討を行い、更に内部掘削時の挙動に関する結果を提示する。最後に工法適用による資源・エネルギー消費量・産業廃棄物の低減効果について言及する。

第7章「環境負荷低減へ向けての成果の適用」では、第2章から第5章で提案した変形評価法を適用し、環境負荷を低減する道筋について2つの事例を想定し、どのような流れで検討を行い、どのような環境負荷低減効果が期待できるかについてその概略を示す。建物基礎の設計・施工を行う上で各種の評価により基礎形式が支持杭基礎から直接基礎の方向へ向かうにつれ、やわらかい基礎となって資源使用量・エネルギー消費量・CO₂排出量が低減でき、環境負荷低減効果は大きくなることを述べる。

第8章「結論」では各章の研究成果についてまとめた上で、必要以上に地盤の変形に抵抗しない設計・施工を行うことが従来の許容応力度法に代わる新たな方法へつながるものであり、さらには環境にやさしい構造物であることを述べて全体を閉じている。

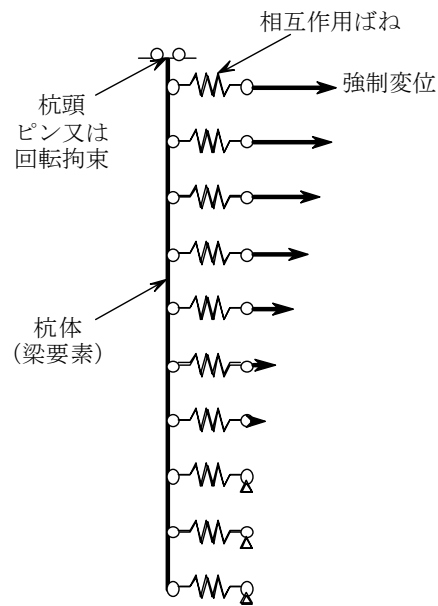


図6 応答変位法解析モデル

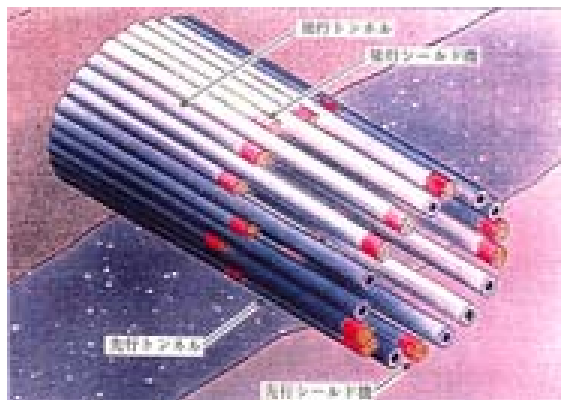


図7 積層導坑トンネル