

河川堤防の液状化対策に用いる格子状地盤改良工法に関する動的遠心模型実験 (その4 限界水平震度の評価法に関する検討)

土木研究所 正会員 ○中島進、谷本俊輔、中田芳貴、佐々木哲也

1. はじめに 前報¹⁾では、河川堤防の液状化対策に用いる固結工法に関する動的遠心模型実験の結果から、基礎地盤条件と改良体の諸元が改良体の残留変位に及ぼす影響について報告した。それとともに、レベル2地震動に対する固結工法の設計の基本方針として、偏荷重の繰返し作用による改良体の累積水平変位を抑えるために一定の外的安定性を与えることと、その外的安定性を統一的に評価するための指標としての限界水平震度の概念について述べた。

本報では、実験結果より改良体の応答加速度に着目して限界水平震度を評価するとともに、震度法による安定計算から限界水平震度を算定し、両者の比較を行ったので、その結果について報告する。

2. 改良体の応答加速度と限界水平震度

図-1 に文献1) で説明した基準の基礎地盤条件で実施したCase4 から8 について、改良体天端の応答加速度の時刻歴を示す。図から明らかなように、左側の改良体では正側で、右側の改良体では負側で加速度が頭打ちになっている。本研究では土槽右方向への加速を正と定義しており、加速度と慣性力の向きは逆方向のため、これらの挙動は改良体を水平地盤側へと押し出す向きに作用する慣性力が加振中に頭打ちとなった事を意味している。前報図-3 のように、慣性力が頭打ちになったのは作用力が最大抵抗力和釣合った限界状態にある為だと考えられる。このことより、左右の改良体それぞれで、水平地盤側へ向けて作用する慣性力が最大となる瞬間の加速度を、重力加速度で正規化した値を限界水平震度とみなし、改良体の残留水平変位との関係を図-2 に整理した。ただし、残留変位については無対策のCase7 において左右ののり尻部の水平変位が異なっていたため、各ケースにおける左右の改良体の残留変位をCase7 におけるのり尻水平変位で正規化して示した。

Case5L については、図-1 に示した応答加速度の時刻歴を見ると明らかなように、計測値が負側にシフトしており正確に改良体の応答加速度を計測できていなかったため、限界水平震度が過少評価されている。これを除くと、限界水平震度が増大するにつれて正規化水平変位は概ね減少する傾向にある。これは限界水平震度が外的な安定性の程度を評価する指標として概ね妥当であることを示唆している。これに対して、改良体に損傷が生じたケースにおいては、同程度の限界水

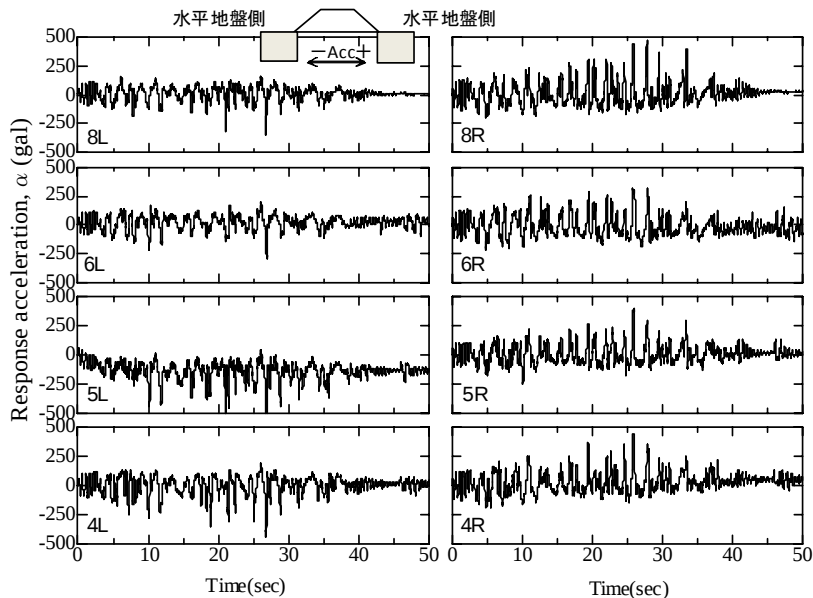


図-1 改良体の天端応答加速度の時刻歴

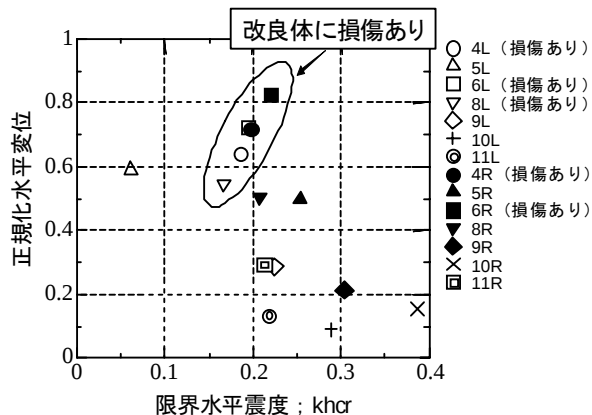


図-2 限界水平震度と改良体の残留水平変位の関係

キーワード：河川堤防、レベル2地震動、液状化対策、格子状地盤改良工法

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 材料地盤研究グループ (土質・振動) TEL:029-879-6771

平震度を有する改良体と比較した場合には水平変位が大きくなっていた。

これらのことから、内的安定を満たしつつ、ある一定以上の限界水平震度を確保する事によって外的安定性を高め、改良体の累積水平変位を抑制するという設計方針が成り立ちうると考えられる。

4. 限界水平震度の計算方法 次に、限界水平震度の計算方法について述べる。従来の設計法における滑動・転倒・支持

についての外的安定に関する検討において、いずれかの安全率が1になった段階の水平震度が、限界水平震度に相当する事は前報で述べた。従来設計²⁾での外的安定に関する検討に準じた方法で、限界水平震度を算定する手法の概要を図-3に示す。改良体に作用する荷重・抵抗を震度法に基づいて算定し、滑動・転倒・支持について、外的安定に関する検討を行う。その結果、安全率が1となり、かつ最も小さい水平震度が限界水平震度である。

改良体側面に作用する荷重・抵抗として主働側、受働側共に液状化層では土水圧の漸増成分および振動成分の合力を考慮した。根入れ部は、主働側で液状化層と同様に土水圧の合力を、受働側で受動土

圧を考慮した。これらに加えて、改良体及び堤防上載部の慣性力及び自重を考慮し、図-3に模式的に示した力の釣り合いのもとで、改良体底面における水平力、鉛直力、モーメントを算定し、改良体の滑動、つま先周りの転倒、支持力に関する安定の検討を行った。紙面の都合上詳細については割愛せざるを得ないが、図-3中に示した各々の荷重・抵抗の詳細な算定法や、模型実験における計測値と計算結果との比較などについては、追って詳しく報告する事としたい。

図-3で示した荷重・抵抗モデルによる限界震度の計算値と、図-2に示した改良体の応答加速度から評価した限界水平震度の実測値との比較を図-4に示す。基準とした基礎地盤条件であるCase4からCase6についてみると、前記した理由により限界水平震度が過少評価されたCase5Lを除くと、計算値と実測値とは比較的良好に一致しており、基準の基礎地盤条件の様に堤防直下の土層構成がさほど複雑でない場合には、図-3の方法で限界水平震度を概ね評価可能な事がわかる。しかし、Case8RやCase9、Case10については、計算値と実測値との間の乖離が大きく、これらの地盤条件については、限界水平震度を適切に算定する為の荷重・抵抗モデルに関して、更なる検討が必要である。

5. まとめ 前報で述べた限界水平震度の概念にもとづく挙動が、固結工法に関する動的遠心模型実験における改良体の応答加速度より確認できた。このことより、内的安定を満たしつつ一定の外的安定性を確保することで、偏荷重の繰返し作用による改良体の累積水平変位を抑制しうることが明らかとなった。また、提案する荷重・抵抗モデルによる限界水平震度の計算値と実験による計測値の比較を行い、概ね良好な一致を得た。ただし、液状化層の間に非液状化層が存在する場合や、液状化層の上に非液状化層が存在する場合など、互層となっている場合について、限界水平震度の算定法に改善の余地があることも分かった。

参考文献 1) 中田ら：河川堤防の液状化対策に用いる格子状地盤改良工法に関する動的遠心模型実験（その3）、土木学会第65回年次学術講演会講演概要集（投稿中）、2010 2) 松尾ら：河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）、土木研究所資料、No.3513、1997。

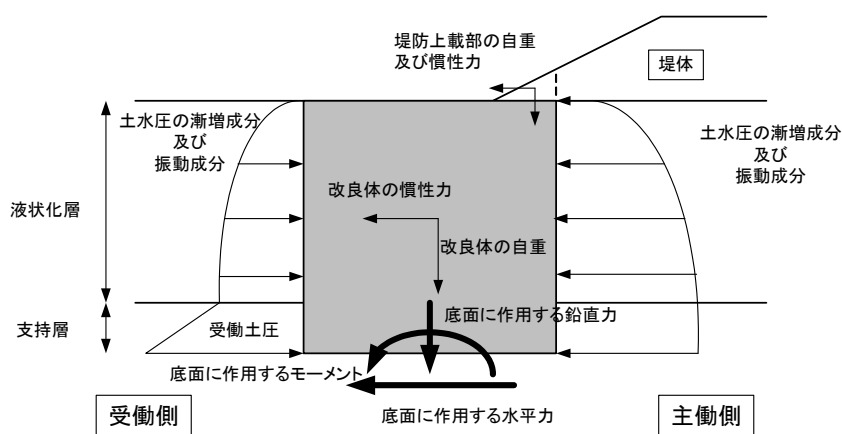


図-3 限界水平震度の算定において考慮する荷重の模式図

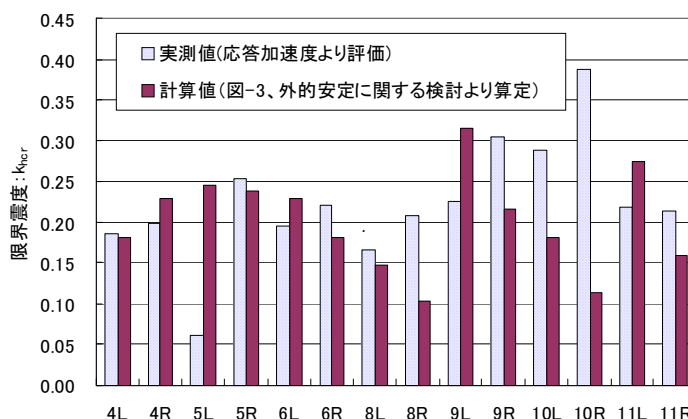


図-4 算定した限界水平震度と実測値との比較