

固化体上の橋梁の直接基礎に関する遠心模型実験—その4：設計地盤面に関する検討—

(独) 土木研究所 正会員 ○谷本俊輔, 杉田秀樹, 河野哲也, 原田健二
非会員 白戸真大
秋田県 非会員 佐藤洋

1. はじめに 強度・剛性が不足する地盤に固化材を混入させて形成された人工物である固化体は、固化範囲が平面的に限定的であるため、十分な広がりを持つ周辺地盤とは異なった挙動を示すことが考えられる。固化体上または固化体を貫通する形で橋梁基礎を設置するときに懸念される固化体の地震時挙動の例として、図-1 に示すように、杭式固化体の各杭が一体的に挙動しないこと、ブロック式固化体が回転振動することが考えられる。橋梁基礎の設計では、固化体上面を耐震設計上の地盤面とすることが考えられるが、その前に、固化体単体としての地震時挙動を調べておく必要がある。そこで、本報では、固化体の地震時挙動に着目した動的遠心模型実験の結果を示す。

2. 実験方法 実験は、独立行政法人土木研究所の大型動的遠心力载荷試験装置にて行われた。遠心加速度は 70G である。図-2 に実験概要を示す。幅 300mm、奥行き 1,500mm、高さ 500mm の剛土槽内に、固化体形式ごとに、加振方向に 3 パターンの幅を有する固化体を作製し、同時に地震動を与えた。以下、全ての物理量を実物スケールに換算した値で示す。

相対密度 $Dr=90\%$ の支持地盤(層 2)を作製し、その上に固化体を設置した。その後、固化体の周辺地盤を $Dr = 60\%$ になるように作製し(層 1)、水の 70 倍の粘性を有するメトローズ水溶液で模型地盤を地表まで飽和させた。これは、層 1 に液化が生じることで、固化体の地震時挙動が不安定となりやすいような条件を想定して設定したものである。層 1、2 地盤試料は東北硅砂 7 号であり、固化体は東北硅砂 7 号に早強ポルトランドセメントを混合させることで作製した。固化体形式は、杭式とブロック式の 2 パターンとした。杭式固化体は、直径 $\phi 1.4\text{m}$ 、高さ $H=10.5\text{m}$ の円柱を、加振方向に 11 列(CaseC4-S1)、7 列(Case C5-S1)、5 列(Case C6-S1)、奥行き方向に 6 列並べたものである。ブロック式固化体は直方体であり、高さ $H=10.5\text{m}$ 、加振方向の幅 B は 15.4m (CaseB4-S1)、9.8m (CaseB5-S1)、7.0m (CaseB6-S1)の 3 通り、加振直角方向の幅を 8.4m とした。入力地震動には、図-3 に示すような道路橋の設計で考慮するレベル 2 地震動(タイプ II) に相当する基盤地震動波形を用いた¹⁾。ただし、振動台の加振能力等を勘案し、振幅を 75%としている。

3. 杭式固化体の地震時挙動 図-4 に示す加振後の固化杭の残留変位のスケッチによれば、杭群中の各杭に異なる
キーワード：固化体、液化化、動的遠心力模型実験

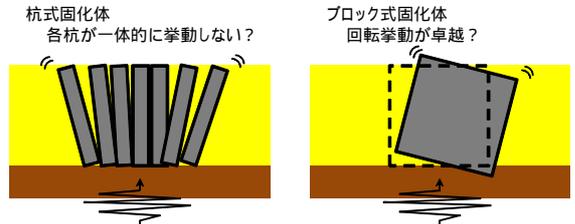
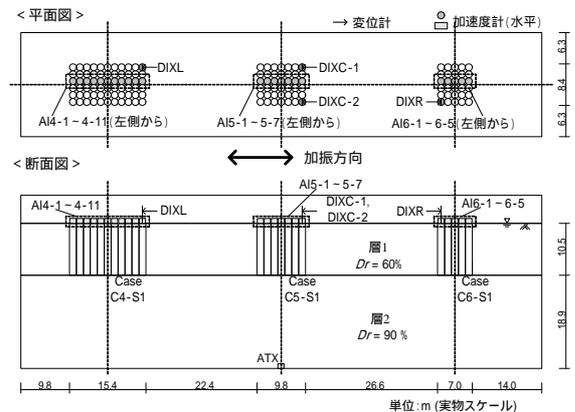
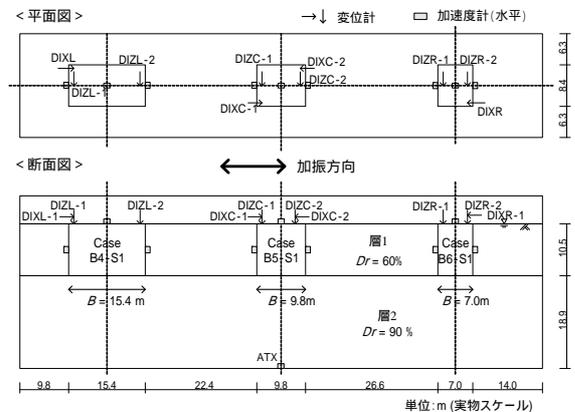


図-1 懸念される固化体の地震時挙動の模式図



(a) CaseC4-S1、CaseC5-S1、CaseC6-S1



(b) CaseB4-S1、CaseB5-S1、CaseB6-S1

図-2 実験概要

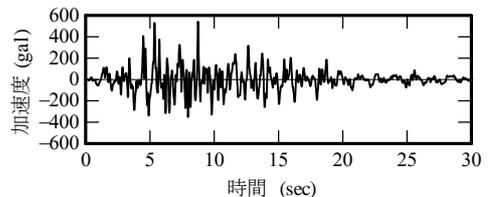


図-3 入力地震動波形 (振動台上の計測値)

残留変位が生じている。各杭の上部で計測された変位波形を図-5 に示す。うち、DIXL、DIXC-1、DIXR は変位計により計測された固化体と剛土槽の相対変位であり、その他は、加速度計計測値の2回積分から算出された固化杭上部と土槽底面の相対変位である。加速度から算出された変位波形は、ローパスフィルタにより残留成分が除去されているが、それを除けば振幅特性、位相特性が概ね再現されている。加速度から算出された杭群中の各杭の変位は見分けがつかないほどに一致しており、地震中でも杭群の挙動が一体的であることが分かる。

4. ブロック式固化体の地震時挙動 図-6 に、ブロック式固化体について、幅 B を高さ H で除した寸法比 B/H と、水平変位および回転角の最大応答値の関係を示す。同図上の水平変位は、固化体上部位置における固化体と剛土槽の相対変位であり、同図下の回転角は、固化体上面の左右に設置した鉛直方向の変位計計測値から剛体運動を仮定して算出された値である。図-7 は、固化体の左右端に設置した鉛直方向の加速度計から剛体運動を仮定して算出された固化体の回転加速度である。寸法比 B/H が小さいほど地盤面との相対水平変位および回転角が増加したり、回転加速度が増加したりするなど、固化体自体の振動が基礎の挙動や橋の挙動に与える影響が懸念される。したがって、固化体上や固化体を貫通して橋梁基礎を設置するためには、「改良地盤」を単にいわゆる「地盤」として扱うべきではなく、改良深さに対して必要な改良幅を設定するなど地盤とみなすための固化体自体の照査法を開発するか、固化体の地震時挙動が橋に与える影響を考慮した橋全体の設計地震力や基礎及び固化体の安定照査及び部材照査法を開発することが考えられる。

5. まとめと考察 橋梁の直接基礎をセメント混合土に支持させる場合、設計地盤面となる固化体上面位置での地震時挙動に着目した動的遠心力模型実験を行った。実験では、固化体の地震時挙動が不安定となりやすいように設定した地盤条件下で強く加振した。その結果、杭式固化体については、地震中あるいは地震後においても杭群内の各杭が一体となって挙動することが確認された。また、ブロック式固化体においては、高さに比して幅が小さいほど固化体単体としての回転挙動が卓越する傾向が確認されたが、どの程度の回転角が許容されるか、基礎に対する入力動の回転成分を考慮する必要性の有無などについて、今後さらなる検討を加える必要がある。

参考文献 1) 国土交通省土木研究所耐震技術研究センター振動研究室：大規模地震を考慮した地中構造物の耐震設計法に関する試験調査，平成12年度振動研究室調査試験研究成果概要報告書，第22号，pp.19-20，2001.3 2) 原田ら：固化体上の橋梁の直接基礎に関する遠心模型実験(その2，その3)，第44回地盤工学研究発表会，2009. 3) 原田ら：固化体上の橋梁の直接基礎に関する遠心模型実験(その5，その6)，第64回土木学会年次学術講演会，2009.

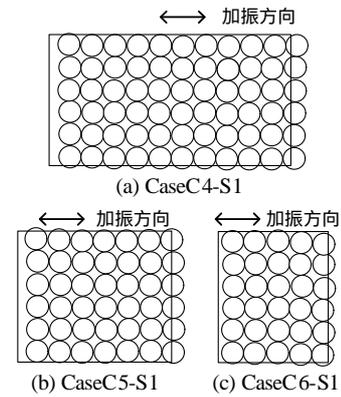


図-4 加振後の固化杭上部の残留変位

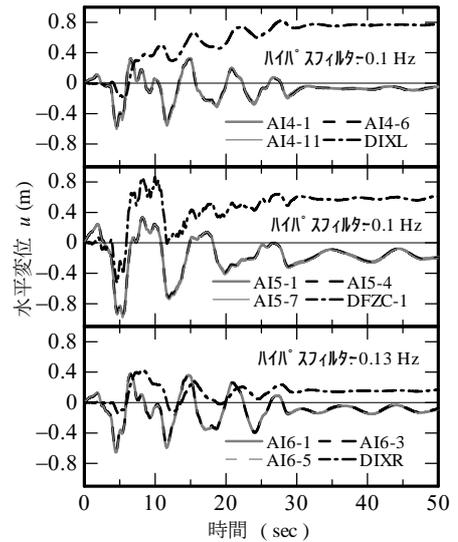


図-5 固化杭上部の水平変位

(上: CaseC4-S1, 中: CaseC5-S1, 下: CaseC6-S1)

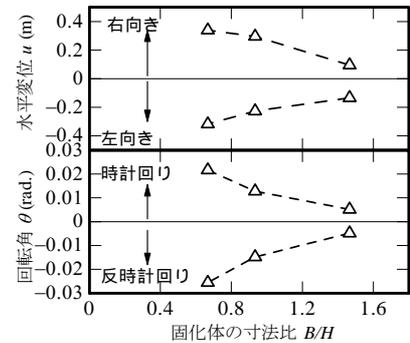


図-6 ブロック式固化体の寸法比と最大応答変位

(上: 水平変位, 下: 回転角)

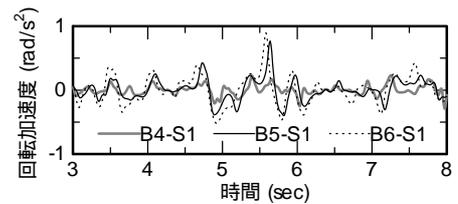


図-7 ブロック式固化体の回転加速度