

I-417 枠で囲むことによる液状化現象の遅延効果

榎奥村組筑波研究所耐震研究課 正員○吉川正昭 荒野政信

1. まえがき

東京湾横断道路では、人工島を海中に造り、周囲を鋼管セルで囲う工法が考えられ、振動台を用いた実験により、耐震安定性が求められている¹⁾。この結果、セルで囲まれた地盤はセル周辺地盤と一体となって振動し、セルが独立して大きく振動する現象は見られないとしている。このとき生じる液状化現象に関して、多くの研究が行われ、筆者らも液状化過程時の杭基礎構造物—地盤全体系の動的相互作用により生じる現象の研究^{2), 3)}を行っている。この結果、地盤単一系と異なり、杭基礎近傍地盤では応答加速度がすぐにゼロにならず、液状化抵抗領域があることがわかっている。液状化時に枠で囲んだ効果を模型振動台実験で求めた研究⁴⁾から、枠のある地盤では、上載圧による液状化発生の遅延効果が枠内の地盤であられる。さらに枠により地盤のせん断変形が拘束されると、液状化の発生はかなり遅れるとしている。そこで、本研究は枠で囲むことによる液状化発生の遅延効果を求めるため、枠先端の境界条件を変えて、振動台実験を行い、枠内と枠外近傍地盤の応答加速度、過剰間隙水圧などを比較し、考察を加えた。

2. 実験の方法

対象構造物として枠の形状は縦、横、深さ30mの正方形枠とし、上部構造物は剛性が大きく、基礎と同一挙動する単純構造物を取り上げる。相似則²⁾により求めた1/50模型を図-1に示す。枠先端を振動台に固定したときと自由の場合の枠内外の加速度、過剰間隙水圧などの経時変化や最大値を比較し、枠で囲むことによる液状化現象の遅延効果を求める。枠頭と基礎は剛結したので、枠内地盤への基礎質量による押え効果はない。測定位置は図-1に示すように、せん断土槽の中央に設置した枠に対し、枠内と枠外近傍地盤の液状化現象を求めるため、加速度計、間隙水圧計、せん断ひずみ計、土圧計、変位計を設置した。入力波は100ガルの正弦波50波を用い、水平方向に加振した。液状化を完成するときと液状化進行中の状態は、入力振動数によって異なるため、結果の考察には、液状化を完成する振動数15Hz時の応答結果を示す。

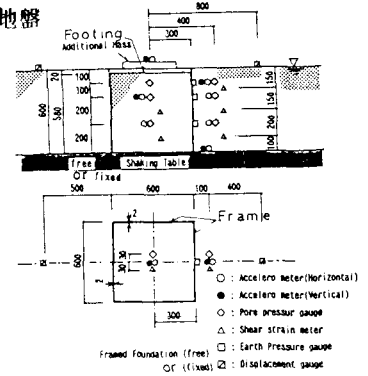


図-1 枠で囲った基礎の模型振動実験

3. 実験結果

3.1 地盤単一系

各深さの加速度、せん断ひずみと過剰間隙水圧の経時変化を図-2に示す。

3.2 枠で囲んだ基礎—地盤全体系

先端固定と自由のフーチング頂部と枠内、外地盤の応答加速度、過剰間隙水圧と枠外側の振動土圧を図-3に示す。

4. 考察

4.1 最大値分布

枠内、外の近傍地盤の最大応答加速度倍率の深度分布図-4と変位モード図-5を用いて、地盤単一系の結果と先端固定、自由とを比較する。最大変位はGL-20cmの地点で、固定枠の内側、地盤単一系、自由枠の内側、外側地盤の順に大きくなることからわかる。次に、過剰間隙水圧が最大値に至る時刻と減少すなわち消散を開始する時刻を図-6に示す。過剰間隙水圧の上昇は上層から下層部へと進行するのに対し、減少は逆に下層から上層へと進行する。地盤単一系に比べて、固定枠は過剰間隙水圧の最大値に至る時刻が遅く、消散を開始する時刻が早い。一方、図-5からもわかるように自由枠では、表層部での振動が大きいため、地盤単一系に比べて、液状化を生じる時刻が早く、液状化を終了する時刻が遅いことがわかる。

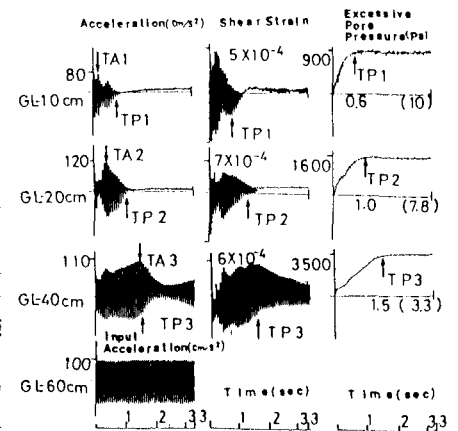


図-2 地盤単一系の経時変化（15Hz）

次に、振動土圧と振動土圧から過剰間隙水圧の最大値を引いた動土圧分布を図-7に示す。最大せん断ひずみの深度分布を図-8に示す。全応力表示の振動土圧の深度分布は底辺の大きな台形を示し、これから過剰間隙水圧の最大値を引いた動土圧分布は逆3角形となる。

4.2 液状化抵抗特性

枠内外地盤の液状化完成に至る過程を非線形な動的相互作用により生じる現象とみなして考察する。地盤単一系は図-2の過剰間隙水圧曲線から、TP1, TP2, TP3に各層が至ると、各層の応答加速度、せん断ひずみはゼロに接近する。一方、全体系の経時変化図-3から固定枠は、TP₀₁, TP₀₂, TP₀₃に至っても、応答加速度が急激にゼロに至らず、液状化抵抗領域を有する。自由枠では枠内地盤の応答加速度が急激に半以下に減少し、固定枠に比べて液状化抵抗領域がほとんどないといえる。枠の振動が地盤単一系より大きい自由枠は枠内の方が枠外近傍地盤より早く液状化する。

5. まとめ

(1) 先端固定枠のように、支持層に枠を根入れした状態では、枠内と枠外近傍地盤の加速度、せん断ひずみとも枠外より枠内の方が小さく、枠内地盤は枠外地盤より過剰間隙水圧の最大値に至る時刻が長く、液状化が生じにくい。

(2) 先端自由枠のように、中間層で枠をとめた状態では、枠内の加速度、せん断ひずみは枠外近傍より大きい。枠内地盤は固定枠より大きく振動するため、反射波動の複雑な干渉により、液状化を枠外より早く生じる。枠で囲ったため、逆に液状化を促進するといえる。

なお、入力振動数25Hz時、枠で囲んだ場合は杭基礎に比べて制振効果が大い。各層の過剰間隙水圧が有効上載圧に至らず、液状化進行中にある。

参考文献

- 1) 荒川直土, 川島一彦, 松本秀彦: 大型海中人工島の耐震性に及ぼす側面セルの拘束効果, 土木技術資料No.26-12, 1984, 12, PP. 672~677
- 2) 古川正昭, 荒野政信, 山田善一: 模型砂層地盤の液状化現象, 土と基礎, Vol. 34, NO. 12, Ser. NO. 347, 1986, 12, PP. 45~51

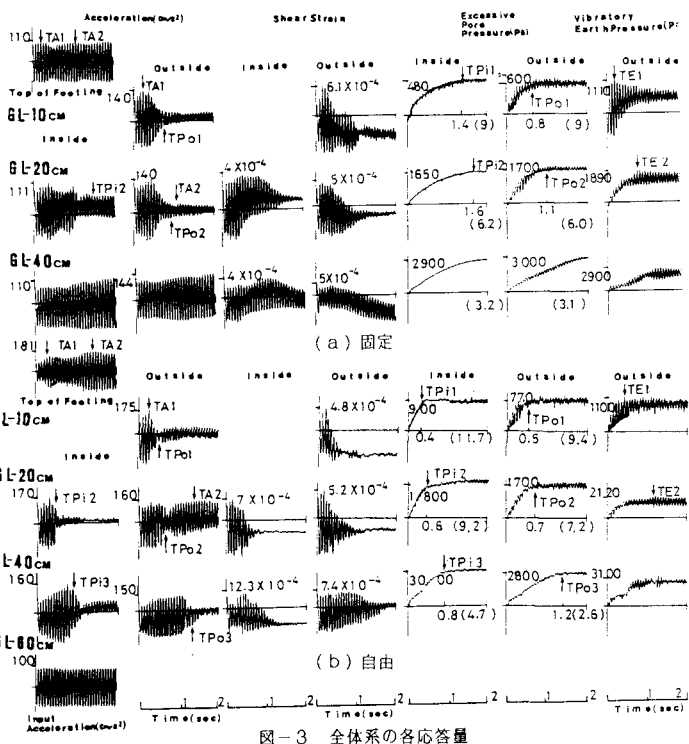


図-3 全体系の各応答

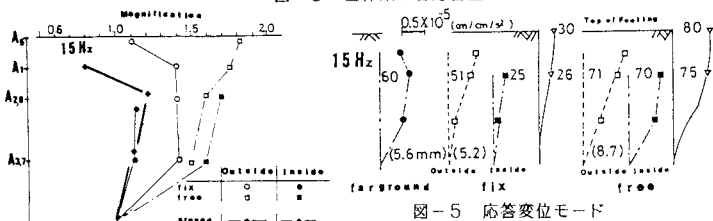


図-4 応答加速度の最大値分布

図-5 応答変位モード

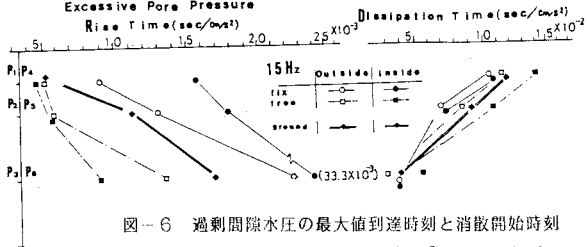


図-6 過剰間隙水圧の最大値到達時刻と消散開始時刻

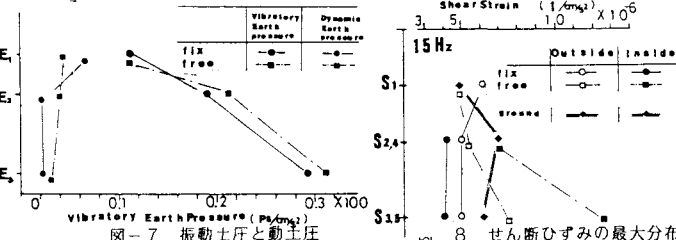


図-7 振動土圧と動土圧

図-8 せん断ひずみの最大分布

- 3) 古川正昭, 荒野政信, 山田善一: 模型杭基礎と液状化現象, 土と基礎, Vol. 35, NO. 4, Apr. NO. 351, 1987, 4, PP. 107~112
- 4) 金谷祐二, 石井雄輔, 時松孝次: 連続地中壁に囲まれた地盤の液状化抵抗, 第21回土質工学研究発表会, 1986, 6, PP. 753~754