

液状化時の地盤反力係数の低減に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮

1. はじめに

深い基礎などの耐震設計において、地盤の液状化の影響を考慮する場合、一般的には液状化の程度に応じて地盤反力係数など支持力に関する土の諸定数を低減することとしている。鉄道構造物の耐震設計においても既往の研究成果に基づいて、液状化抵抗率に応じた低減率を用いている¹⁾。しかし、現在の低減率は液状化状態における地盤や構造物の動的応答特性を考慮して検討されたものではなく、地震動の継続時間や卓越振動数の影響などが考慮されていない。レベル2地震のような大規模地震を考慮する場合、液状化判定手法の精度に加えて、液状化程度に応じた土の諸定数の低減程度を精度よく評価することが、経済的で合理的な構造物の設計に反映される。

そこで、本研究では以前に実施した模型振動実験より、液状化状態における地盤および構造物の動的応答特性を考慮した土の諸定数の低減程度について考察し、大規模地震における液状化を考慮した耐震設計法の精度向上を目的とした検討を実施した。

2. 現状における課題

現在の鉄道構造物の耐震設計における液状化の影響を考慮する方法は、液状化の程度に応じて地盤反力係数などの支持力に関する土質諸定数の低減することで行っている¹⁾。この場合の低減程度は、図1に示すように液状化抵抗率に応じて決定される低減係数を乗じて行っている。この手法では、液状化抵抗率の他に拘束圧に応じて低減程度が異なっている。しかし、レベル2地震を考慮する場合、ほとんどの場合で液状化抵抗率が0.6を下回り、浅い範囲では支持力に関する土質諸定数を考慮することができない条件となる。この場合、基礎は突出条件となるため、非常に厳しい条件で設計を行うことになる。これは、一般的に液状化程度が大きくないと考えられる密な砂についても同様であり、過度に安全側の評価を行っていることが指摘される。

ここで、液状化抵抗率に応じた低減係数は、過剰間隙水圧の状態に応じた静的載荷試験結果を反映させたもので、構造物の動的応答特性を考慮して設定されたものではない²⁾。しかし、レベル2地震など大規模な地震を考慮する場合においては、液状化状態での構造物の動的応答特性を精度よく説明できるような液状化程度と土質諸定数の関係を把握することが、経済性および施工性を考慮した耐震設計を行う上で極めて重要である。また、従来から液状化強度に及ぼす外力の動的特性、特に振動数に関しては影響がないことが報告されているが、土質諸定数の低減程度に関してその影響程度は議論されていない³⁾。

よって、以下には液状化程度と土の強度の低下程度に影響を及ぼす要因に関して、模型振動実験より液状化状態における構造物の挙動から検討を試みた。

キーワード 液状化，地盤反力係数，低減係数

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-28（財）鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL 042-573-7261

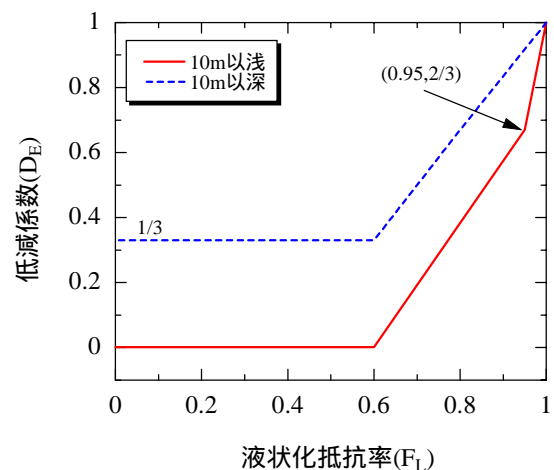


図1 現行の耐震設計で考慮する低減係数

3. 液状化程度と土の強度低下の関係

模型振動実験結果より液状化程度と土の強度の低下程度に影響を及ぼす要因について検討した。ここで、検討に用いた模型振動実験は、これまでに鉄道総研で実施した円形大型せん断土槽（ $\phi=1200\text{mm}, h=750\text{mm}$ ）の中央に基礎模型（4本杭）を配置し、異なる振動数の正弦波で加振した実験とした。なお、実験の詳細は文献4）に詳しい。

図2には過剰間隙水圧と構造物の固有振動数の変化との関係について示す。構造物模型は実験の加振レベルでは弾性挙動を示す材料で構成されているため、固有振動数の変化は地盤のばね定数（地盤反力係数）の変化が要因と考えられる。図2からは入力波の振動数が低いほど水圧の上昇程度が小さい範囲から固有振動数が低下する傾向にあることがわかる。また、2.24Hzについては2通りの相対密度で実施したが、相対密度の小さい方が水圧の上昇程度が低い範囲で固有振動数が低下する傾向にあることがわかる。

図3には、土槽のせん断枠に設置した加速度計と変位計から得られた地盤のせん断弾性係数と過剰間隙水圧の関係を示す。これについても図2と同様の傾向が確認され、過剰間隙水圧の上昇による地盤のせん断弾性係数の低下傾向は入力波の振動数及び地盤の相対密度に影響されることが示唆される。

したがって、液状化により地盤反力係数などの支持力に関する土質諸定数の低減を考慮する場合には、従来のように拘束圧のみではなく、入力地震波の卓越振動数及び地盤の相対密度に応じた低減係数を設定することが合理的であると考えられる。

4. おわりに

液状化程度と土の強度の低下程度に影響を及ぼす要因に関して、模型振動実験より液状化状態における構造物の挙動から検討を試みた。その結果、土の強度の低下程度は外力の振動数及び地盤の相対密度に影響されることが確認された。よって、液状化抵抗率を用いて液状化の影響を考慮した耐震設計を実施する際に、レベル2地震のような大規模地震を考慮する場合は液状化抵抗率による液状化判定精度向上に加え、液状化程度と土の強度の低下程度との関係を精度よく把握することが、経済性及び施工性を考慮した構造物の耐震設計を実施する上での重要な課題と考えられ、今後さらに検討を継続する予定である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)，丸善，平成11年10月
- 2) 岩崎敏男，常田賢一，木全俊雄：地震時における砂質地盤の液状化判定法と耐震設計への適用に関する研究，土木研究所資料，土工資料第1729号，昭和56年9月
- 3) 安田進，曾我誠：液状化特性に与える振動数等の影響，第19回土質工学研究発表会，pp.549-550, 1984.
- 4) 澤田亮，西村昭彦：液状化地盤中の基礎構造物の挙動に関する実験的研究，第24回地震工学研究発表会，pp.597-600, 1997.7.

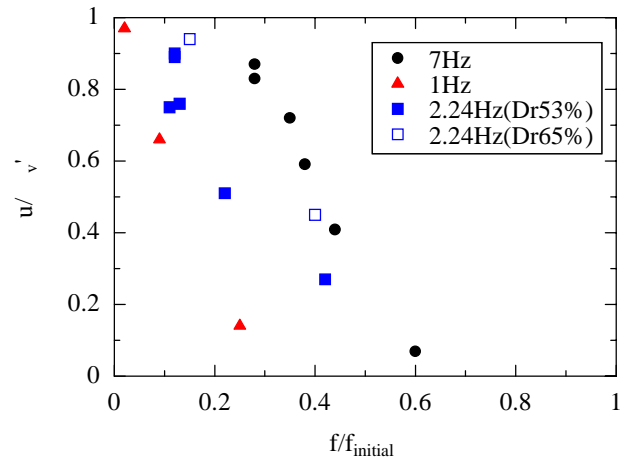


図2 過剰間隙水圧と構造物の固有振動数の関係

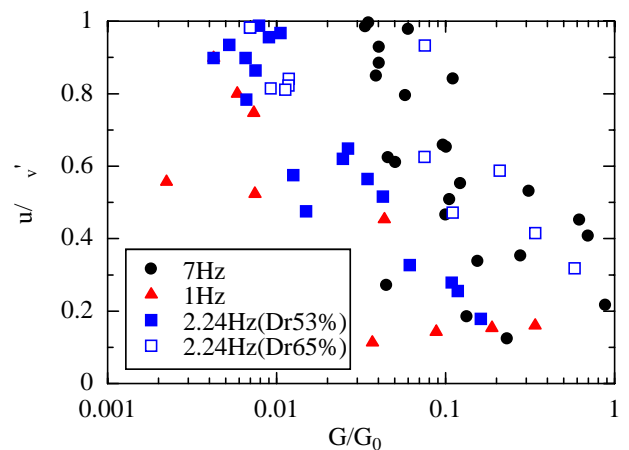


図3 過剰間隙水圧と地盤のせん断弾性係数の関係