

小名浜港湾を対象とした地盤の地震時挙動について

福島工業高等専門学校

伊藤聡志

1. はじめに

日本は港湾を通じて大量の物資を輸出入している。そのため、地震等により港湾施設の機能が停止すると経済は甚大な影響を与える。また、港湾施設は被災時に陸上交通が麻痺した場合に被災者の支援等に大きな役割を果たす。被災時の経済活動・国民生活を保護するために港湾機能の防護は重要である。

本研究では、港湾施設の被災対策の観点から、港湾地域において地質等の地盤条件が地震時の地盤変形にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。

2. 研究手法

2.1 研究概要

本研究では、港湾地域を対象として有限要素法を用いた数値解析を行う。用いた解析プログラムは、液状化発生時の地盤内の間隙水圧の上昇を考慮できる有効応力解析プログラム「FLIP」である。

2.2 解析モデルの作成

小名浜港を対象として解析モデルを作成した。地表面から工学的基盤までの 11.05m の地層を、32 の要素に分割し、土質柱状図¹⁾からパラメタを設定²⁾、モデルを作成した。表 1 に対象地盤の土質、図 2 に N 値を示す。地下水面は深度 1.3m である。

表 1 地盤の性状¹⁾

深度(m)	地質名
0 ~ 1.3	盛土, 瓦礫
1.3 ~ 3.5	中砂
3.5 ~ 7.05	中砂
7.05 ~ 11.05	固結シルト

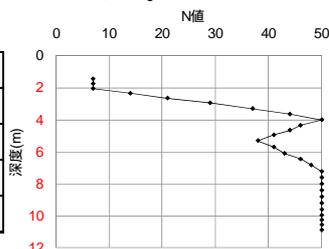


図 1 地盤の N 値¹⁾

解析モデルは、観測された地表面加速度と解析で得られた地表面での応答加速度を比較し、整合性を確認した。

表 2 入力波の性状³⁾

	発震日時	震源地		深さ (Km)	マグニチュード	震源地名	震央距離 (Km)	観測地点
		緯度	経度					
入力波A	2008/6/14 8:43	39° 01.8	140° 52.8	7.8	7.2	岩手県内陸南部	231.6	小名浜港湾事務所-GB
入力波B	2005/1/1 5:13	36° 47.0	140° 59.0	89.4	5	茨城県東方沖	19	小名浜港湾事務所-GB
入力波C	2003/5/26 18:24	38° 49.3	141° 39.0	72	7.1	宮城県北部	218.2	小名浜港湾事務所-GB

3. 解析

作成した解析モデルに異なる特徴を持つ地震波を入力し、波形によって地盤に与える影響に差異が生じるか検討した。使用した地震波を表 2³⁾に示す。

入力波の時刻歴波形およびそのフーリエスペクトルを図 2~7 に示す。なお、フーリエスペクトルは横軸を周波数の逆数を取り周期で示した。入力波 A は周期 1 秒と 4 秒に卓越した振幅を示す比較的長周期な波、B は周期 0.2~0.6 秒にピークを示す短周期な波、C は卓越周期がその中間に在る波である。

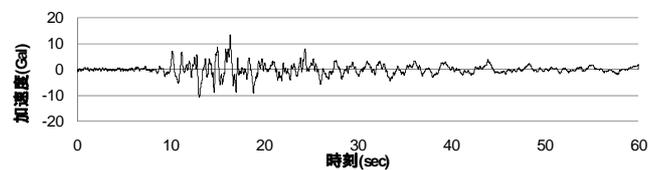


図 2 入力波 A 時刻歴波形

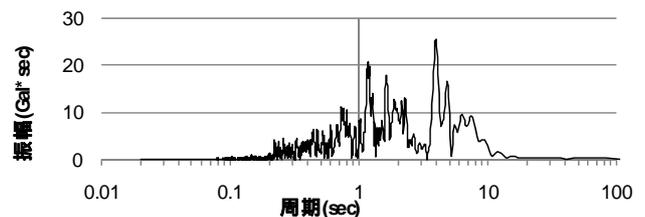


図 3 入力波 A フーリエスペクトル

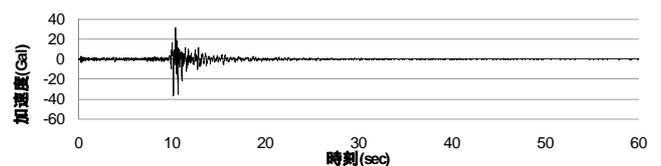


図 4 入力波 B 時刻歴波形

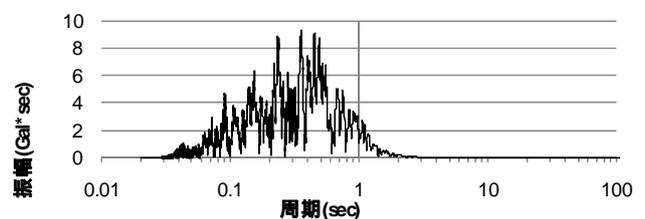


図 5 入力波 B フーリエスペクトル

キーワード：周期、継続時間

連絡先：福島県いわき市平上荒川長尾 30 TEL：0246-46-0827 FAX：0246-46-0843

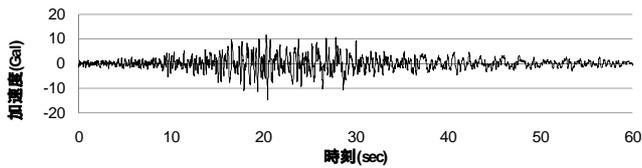


図 6 入力波 C 時刻歴波形

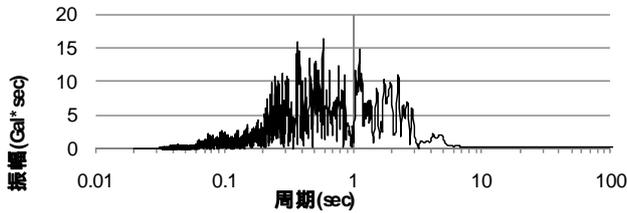


図 7 入力波 C フーリエスペクトル

4. 解析結果

何れの入力波においても深度 2m 前後の最も N 値の低い砂層で最大の変形が生じた。

図 8 は解析モデルにおいて、最も変形が大きかった要素(深度 1.9~2.2m)ついて、横軸に入力加速度(Gal)、縦軸にせん断ひずみをとった図である。図 9 は縦軸に入力加速度($\times 10^2$ Gal)、横軸に図 8 で変形を示した要素の応答加速度($\times 10^2$ Gal)をとった図である。

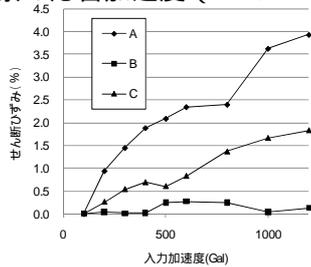


図 8 各加速度におけるせん断ひずみ

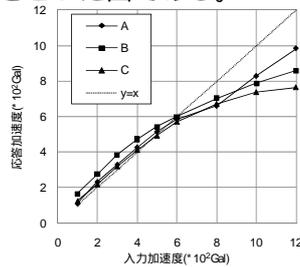


図 9 各加速度における応答加速度

図 10、図 11 は、N 値の低い深度 1.3~2.5m の層を改良した地盤に入力波 A および C を入射した場合の地盤の挙動を示している。N 値は 7 (ボーリング試験の値)、15、20 の三段階であり、横軸が入力加速度、縦軸が過剰間隙水圧比である。

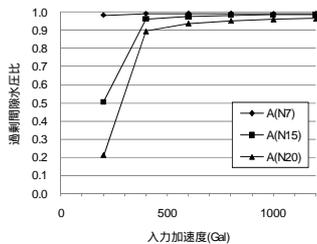


図 10 改良地盤の過剰間隙水圧比 (入力波 A)

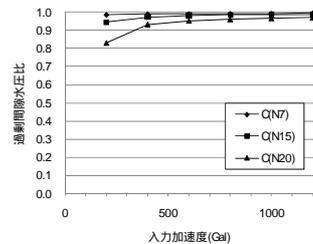


図 11 改良地盤の過剰間隙水圧比 (入力波 C)

軟弱層を改良した場合、入力波 A は過剰間隙水圧比が大きく低下したが、入力波 C の場合は水圧比の減少はわずかだった。

5. 考察

入力波 A は、入力波 C の約 2 倍のひずみが生じているが、応答加速度は入力波 C より大きな値となった。したがって入力波 A による液状化の進行は入力波 C と比較して小さく、入力波 A による変形は液状化に加え地震力そのものによる変形が生じていると考えられる。

入力波 B はほかの二つの地震波と異なり、入力加速度を上昇させても、ほとんどせん断ひずみに変化がない。これは入力波 B が継続時間の短い瞬間的な波であるためと考えられる。

時刻歴波形を比較した場合、入力波 C は入力波 A と比較して高い加速度が持続しているが、変形量は入力波 A の半分程度であった。入力波 A のような卓越周期が 1 秒から 4 秒の範囲にある波は地盤変形に与える影響が大きいとされる。また、入力波 C は入力波 A とは異なり、改良した場合でも過剰間隙水圧比の低下がほとんど見られない。したがって、入力波 C のような継続時間の長い波は液状化を起こしやすい性質を持つと考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究において以下の結果が得られた。

- 1) 周期 1~4 秒の波は地盤変形に大きく影響する。
- 2) 瞬間的な波が地盤変形に与える影響は小さい。
- 3) 継続時間の長い波は液状化を発生させやすい。

今後は小名浜港以外の地盤を対象に同様の解析を行い、今回の地盤で見られた波形による影響が他の地盤においても生じるか、小名浜港に特有のものであるか検証する。地盤により、地震波形が変形にもたらす影響に違いが見られた場合には、その差異が地盤のどのような性質によって生じるのか検討する。また、今回の結果は解析上のものであるので実地盤の事例分析も行っていく。

7. 参考文献

- 1) 一井康二ほか、港湾地域強震観測地点資料(その 6)、港湾技研資料 NO.953, p.226-232, 1999 年
- 2) 森田年一ほか、液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法、港湾技研資料 No.869, 1997 年
- 3) 港湾地域強震観測, 国土交通省: <http://www.milt.go.jp/>