

I - B106

地盤の地震応答と液状化現象

八戸工業大学大学院
八戸工業大学構造工学研究所
建設技術研究所
建設技術研究所

学生員 ○橋詰 豊
正会員 塩井幸武
正会員 谷 和宏
正会員 松尾隆志

1. はじめに

飽和された砂質地盤の液状化現象について、これまで数多くの研究者によって調査研究がなされている。しかるに、その研究成果と現実の構造物や地盤に生じている現象との関係を調べると必ずしも良い対応がとれているとは言い難い。地震波の主な構成要素は波形・振幅・周期・継続時間であり、地震波動は地殻に蓄積されたエネルギーを、地殻の破壊現象を介して可変な動的エネルギーとしてあらゆる方向に伝播させる現象としてとらえることができる。伝播する波動は堅い地層から軟らかい地層へは容易に伝達されるが、軟らかい地層から堅い地層には通りにくく、その多くが反射して軟らかい地層に戻るることとなる。こうして地震エネルギーは最終的に比較的軟らかい地表付近の軟らかい地層に集まり、種々の地震被害をもたらすことになる（図-1）。この軟らかい地層は、地震エネルギーを吸収するために自らの固有周期で振動し、振動周期が長周期化する。従って剪断歪みも大きくなり、破壊限界を超えると大きな地滑りや液状化現象を引き起こす。

このような観点から過去の地震における液状化現象の見られた地点の地層を調べると、そのほとんどが例外なく粘土層やシルト層のような歪み追従性の良い地層が下部に分布していることが判明した。本研究では液状化現象が上記のメカニズムに沿って発生していることを検証する。

2. 三陸はるか沖地震における液状化現象と応答解析

本地震における液状化現象は主に港湾地区に集中し、港湾施設に大きな被害を与えた。しかし、その発生状況は港湾地区でも異なり、1971年以降の埋め立て地盤である第二工業港には大小の噴砂、埋め立て時間の沈下などの被害が分布し、1950年代に馬淵川河口の浚渫、埋立て造成された第一工業港の地盤では小さな噴砂が散見される程度であった（図-2）。



図-2 液状化の影響箇所

両港の地盤の代表的な柱状図を図-3、図-4に示す。第二工業港の基岩層は弾性波探査により、約400m付近にあると推定されているが、地表からの堆積層は80m付近までしか確認されていない。ただし、表層から15mまでは埋め立て土、15～45mは洪積層の互層、45m以下は第三期層の互層である。第一工業港の基岩（砂岩）は浅く、表層から約50mである。その上の堆積層の大部分は洪積の砂層である。

双方の地盤の基岩層に八戸工業大学の地下20mの古世層の泥岩の中で記録された地震波動の東西方向の記録（図-5）を入力して各々の応答を計算した。計算は重複反射理論に基づく次元計算（Shake）で、そ

キーワード：液状化、三陸はるか沖地震、八戸港

連絡先：〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学構造工学研究所 Tel0178-25-3111

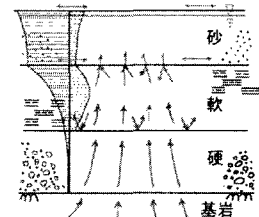
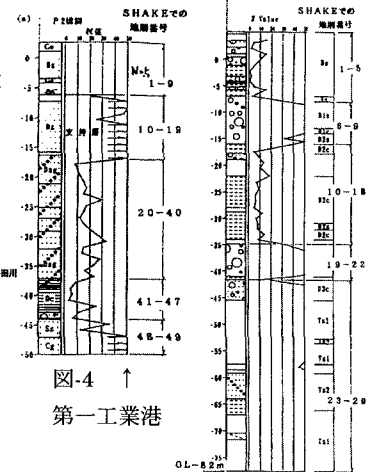
液状化発生メカニズム
図-1

図-3 第二工業港

図-4 第一工業港

の結果を図-6、図-7、に示す。

第二工業港においては基岩に入力した地震波の最大加速度148 gal は地表で 182gal に留まり、そのときの速度は約27 kine である。第一工業港では地表で 112gal、約 14kine である。いずれも構造物を破壊するほどの力にはなっていないが、表層付近での変位と剪断歪みに注目すると、第二工業港では最大変位 5cm、最大剪断歪み 0.6%となり、地盤が液状化するに十分な値になっている。また、計算は表面の剪断歪みがゼロという条件に強制的に結びつけていることなどから、実際の変位量、歪み量はこれらの値の数倍に達するものと考えられる。これに対し、第一工業港では最大表面変位 2.4cm、最大剪断歪みが地下の 9m の地点で 0.08%で地表に向かって減少している。これらの値は液状化が発生する限界付近のものであり、地震時に見られた現象と対応する。各地層の応答を見るといずれも表層付近で加速度の増幅が見られるが、振動自体は途中の軟質層のところで大きく増幅している。しかし、上層の硬質砂層の拘束によって剪断歪みは一旦小さくなり、表層の緩めの砂層で再び増幅する。この傾向は図-6 でも見られる。

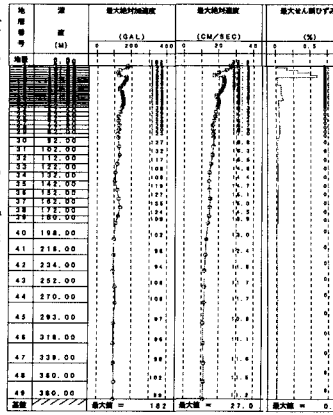


図-6 第二工業港地盤応答

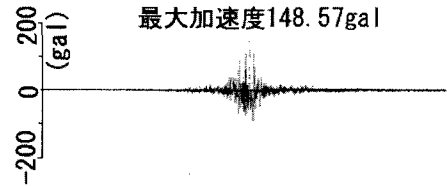


図-5 三陸はるか沖地震地震動

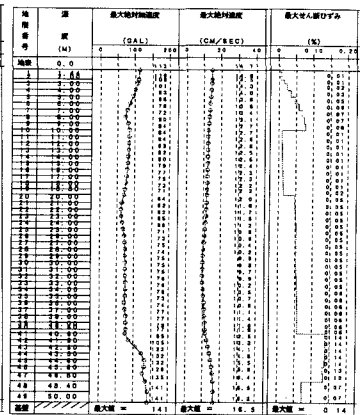


図-7 第一工業港地盤応答

地表面と基盤の加速度波形の応答スペクトルと比較すると、図-8、図-9 の通りとなる。第二工業港では応答加速度の最大値の周期は基盤での 0.35 秒から地表では 0.8 秒に移行し、基盤では見られなかった 2.5 秒の波が大きく増幅している。これらから表層地盤でのエネルギーの蓄積が大きくなっていること、変形量や剪断歪み量が大きくなることが推定でき、入力エネルギーの規模によって液状化が生じやすいことを示している。

第一工業港では入力波形に対して最大加速度の値は減少し、波形も小型化しており、周波数成分の拡大も顕著にはみられない（図-9）。基盤と地表での応答スペクトルを比較するとその形状は似たものになっているが、地表では長周期側の値が幾分か大きくなっている。このことは第二工業港と比べて長周期成分の伝達が悪く、短周期成分の伝達が良いという良好な地盤の特徴と、エネルギーの吸収も良くないことを示しており、第一工業港は液状化現象の生じにくい地盤とすることができる。

3. まとめ

以上から、液状化しなかった方の地盤では長周期の振動成分の伝達が悪く、大きなエネルギーの蓄積は見られず液状化の起こりにくいという結果が得られた。本研究で仮定した液状化メカニズムに即した結果と考えている。

参考文献：

- 1) 塩井幸武、光家康夫、山本洋司、軟弱地盤上の砂層の流動化に関する模型実験、土木技術資料、21-10、1979.10

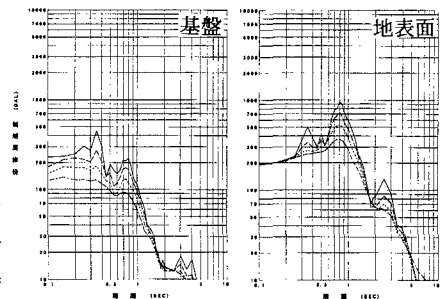


図-8 第二工業港加速度応答スペクトル

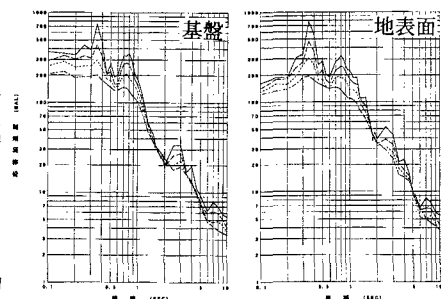


図-9 第一工業港加速度応答スペクトル