

### Ⅲ - A143 砂地盤上の既設タンクの液状化対策としての薬液注入固化工法の効果

東京工業大学 学生会員 ○溝口 敦司 東京工業大学 正会員 高橋 章浩  
 東京工業大学 正会員 竹村 次朗 西松建設 正会員 平野 孝行

#### 1. はじめに

液状化発生の危険性が高い砂地盤に既設されている石油タンクの液状化対策工については、現在までに数多くの研究が行われ成果が得られている。また、粒度や透水性がほぼ均一な地盤における薬液注入工法は効率的でかつ経済的で、さらに狭隙部でも施工性が良い。本研究では、既設タンクの液状化対策工として地盤改良を伴う薬液注入固化工法を取り上げ、地盤改良幅やタンク重量(油の貯蔵量)の大きさによりその効果がどのような影響を受けるかを調べるために、遠心模型振動実験を行い、その実験方法と結果概要についての報告を行う。

#### 2. 実験概要

実験は、遠心加速度 50g で行い、実験のモデルの概要を図-1 に示す。実験で用いた試料は表-1 に示す物理特性を有する珪砂 8号である。これを用いて、幅 440mm、奥行 150mm のせん断容器内に相対密度約 50%、厚さ 150mm の液状化層を空中落下法で作成した。その地盤上に 50g の下で約 10kPa となるサーチャージとしてジルコン砂を加えた。タンク構造物であるが、せん断箱の奥行が 150mm という制約から、本来は 3 次元的構造物あるタンクを今回の実験では 2 次元とし、外枠は厚さ 0.7mm のアルミ板で、タンク底部は実タンク底板のフレキシビリティを再現するためにゴム膜で構成され、枠の内部には、接地圧力が 50g の下で所定の圧となるように鉛散弾を入れている。改良地盤は、予めコンテナ内で珪砂 8号に超微粒子シリカ系のエコシリカを注入して作成したもので、1 軸圧縮強度は約 150kPa、所定の大きさにトリミングしたものを容器中央に設置している。作成した地盤に、二酸化炭素を充填させ、充填後に、底部から間隙流体である水を浸透させ地盤を飽和させた。地盤内には所定の位置に間隙水圧計、加速度計を設置している。

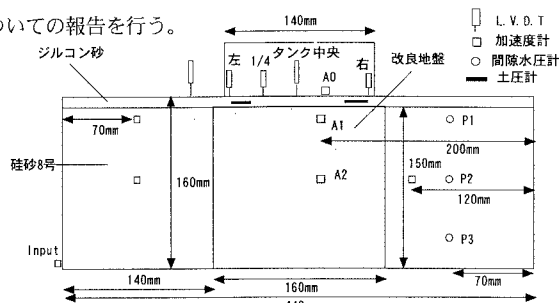


図-1 実験モデルの概要図

表-1 珪砂8号の物理特性

土粒子密度	2.650
D50 (mm)	0.100
D30 (mm)	0.069
D10 (mm)	0.041
均等係数 $U_c$	2.927
曲率係数 $U_c'$	0.968
最大間隙比 $e_{max}$	1.333
最小間隙比 $e_{min}$	0.703

表-2 実験条件

実験ケース	改良幅	タンク接地圧	1軸圧縮強度
未改良	0mm	50kPa	—
全面改良	440mm	50kPa	153kPa
直下改良1	160mm	50kPa	168kPa
直下改良2	160mm	100kPa	141kPa

各実験ケースは、表-2 に示すように未改良、全面改良、タンク直下改良(その1)、タンク直下改良(その2)の4ケースで、その2ではタンクの接地圧力を 100kPa とし、他のケースはいずれも 50kPa とした。入力地震波は、図-2 に示すような卓越周波数 100Hz の正弦波(水平加速度振幅:約 13g)を、20 波、振動時間 0.2 秒である。

まず改良地盤の静的安全率を確認するために、直下改良 2 倍荷重のケースでの遠心加速度増大による液状化、既設タンク、沈下

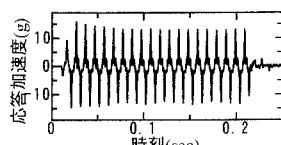


図-2 入力地震波

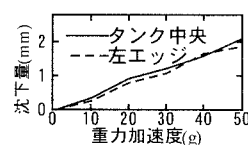


図-3 直下改良でのタンク自重による沈下

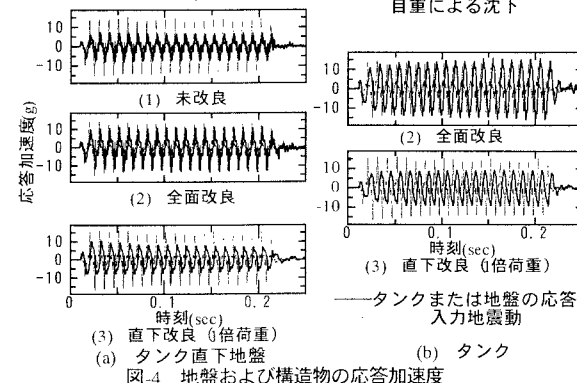


図-4 地盤および構造物の応答加速度

液状化、既設タンク、沈下

連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-2592 FAX03-3729-3577

自重沈下を図-3に示す。遠心加速度に比例して弾性的に沈下が起きており、改良地盤はタンク荷重による降伏はないと考えられる。

図-4は振動により生じたタンク下70mm付近(A2)の液状化層およびタンクの加速度応答を示している。地盤の応答について着目すると、未改良と直下改良のケースで減衰してしまうのに対し、全面改良では増幅する。タンクの応答については、全面改良で大きく増幅し最大で15g強と入力波よりも大きく、直下改良では最大で10g強と振幅を抑えることができています。また、深さ方向の増幅率をみるために、振動終了直前の応答を入力加速度で割ったものを応答倍率と定義し、構造物および直下地盤の応答倍率を図-5に示す。全面改良地盤では増幅しており、とくにタンクでの増幅が激しい。一方、直下改良においては、地盤内で増幅が見られない。これは、改良体の周りが液状化層であるために、構造物を含めた地盤の固有周期が入力振動に比べて、長期化し振動が抑制されているが、全面改良では長周期化しないので振動が減衰しない。図-6にタンク外側の過剰間隙水圧を初期有効鉛直圧で除した過剰間隙水圧比の経時変化を示す。2倍荷重の直下改良のケースでは地表面付近(P1)の測定ができなかったが、その他のケースもP1、P2の過剰間隙水圧比が1となり、少なくとも地表面下70mmまで液状化している。

次にタンクの沈下について、振動によるタンクの沈下分布を図-7に示す。未改良の場合沈下量と約4mmと大きく、既往の研究例<sup>9)</sup>から振動による構造物直下地盤の側方流動が激しいことによるものだと考えられる。一方、直下改良では1~2mm程度に抑えることができています。しかしいずれのケースも、両エッジが中央部より大きく沈下している。各ケースのタンク中央および左エッジでの沈下の経時変化は図-8のようになっており、未改良のケースでは振動終了まで時間に比例して沈下しているが、改良地盤のケースでは振動開始直後にタンクは未改良のケースとほぼ同程度に沈下するものの振動後半は緩やかに沈下している。さらに、沈下が緩やかになると同時に、地盤の加速度応答の減衰もおきている。いずれのケースも振動終了とほぼ同時に沈下も終了しており、沈下は地盤の剛性の低下のほかに構造物から受ける繰り返し荷重、すなわち構造物の応答加速度に大きく依存していることが考えられる。

4.あとながき

タンク直下の地盤を改良することで振動による沈下を抑えることができ液状化対策として効果が発揮されることがわかった。今後は、改良体の力学特性の詳細を調べるとともに、改良深さを変化させることでより効率的な地盤改良について研究を行っていく予定である。

<参考文献>

<sup>9)</sup>郭ら：砂地盤上の既設タンクの液状化対策工に関する研究、第30回上質工学研究発表会,pp1061~1064,1995年。

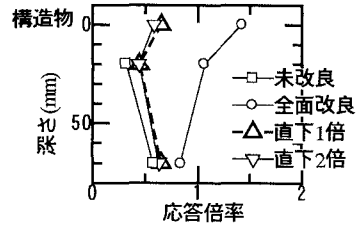


図-5 加速度応答倍率

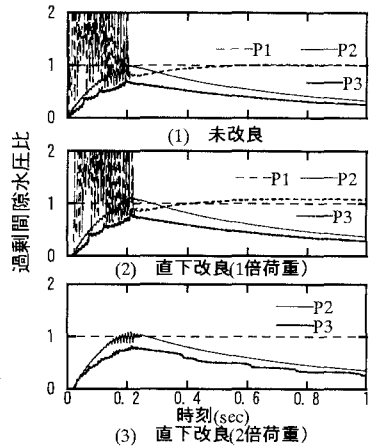


図-6 過剰間隙水圧比の経時変化

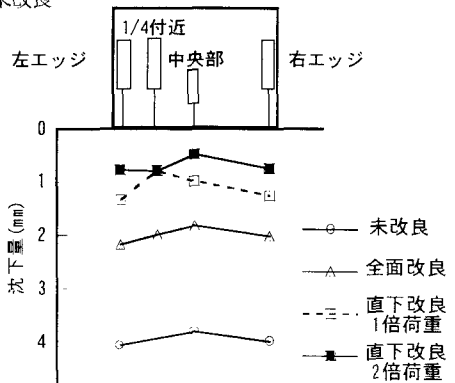
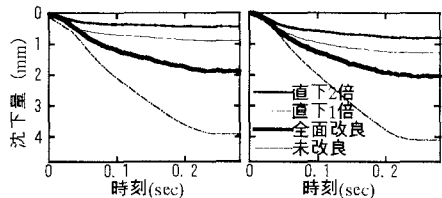


図-7 タンク沈下分布



(1) タンク中央 (2) タンク左エッジ  
図-8 タンクの沈下挙動