

(Ⅲ-27) 線状地中構造物の液状化対策について

東京電力株式会社 福田 聡之 安保 秀範

1. はじめに

火力発電所が建設される軟弱な埋め立て地盤等における構造物の設計に際しては、地震時の液状化に対する検討がなされ、地盤改良が行われる場合が多く、工法としては、締固めによって液状化抵抗を増大させる工法が一般的に採用されている。地盤改良範囲の設定方法については、主働および受働崩壊角による方法¹⁾等が用いられているが、厳密に言えば、改良範囲の設定手法は、構造物の種類、規模およびその構造物の破壊形態等によって変化するものと考えられる。

火力発電所における埋設取放水管路やガスパイプライン等の見掛けの比重の軽い線状地中構造物の液状化による被災例は、新潟地震や日本海中部地震によると、地盤の大変形による被災以外は、浮き上がりによる被害が顕著であった。本文は、これら埋設管の浮き上がりに対して安全な改良範囲の設定手法について、実験および解析した結果の一部を報告するものである。

2. 実験概要

実験は、プロトタイプとして液状化層厚5mの砂地盤に燃料用ガスパイプ(φ600、土被り1.5m、見掛けの比重1.0)2条を想定し、この1/5モデルとして、幅6m、高さ1m、奥行1mの大型土層に、締固め部(埋設管設置)、およびその両側にゆる詰め部からなる模型地盤を作成し、大型振動台による加振実験を行い、埋設管の浮き上がりと締固め幅(地盤改良範囲)との関係を調べた。実験の概要図は、図-1に示す通りであり、締固め幅が0.60.90.120cmの4ケースを実施した。

試料は、利根川砂を用いた。基本物性を表-1に示す。地盤の締固め度は、相対密度が締固め部で80%、ゆる詰め部で20~30%を目標に作成した。

実験ケースは、締固め幅が60cm.90cm.120cmおよび無対策の4ケースを実施した。

入力振動は、25波の正弦波とし、振動数は、まず10Hzにて5段階(40gal~200gal)、次に5Hzにて4段階(100gal~300gal)のシリーズで実験した。

計測は、締固め部中央、締固め部とゆる詰め部の境界付近、ゆる詰め部において、間隙水圧、加速度、埋設管直下の間隙水圧、および埋設管と地盤の変位等を計測した。

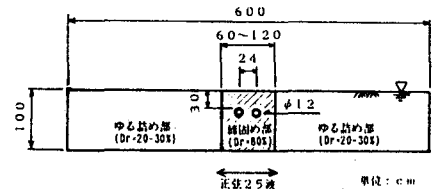


図-1 実験概要図

表-1 利根川砂の基本物性

土粒子比重	2.72
最大粒径(㎜)	2.00
50%粒径(㎜)	0.32
均等係数	2.50
最大間隙比	1.045
最小間隙比	0.645
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.652
最小乾燥密度 (g/cm ³)	1.329

3. 実験結果

実験結果の一例として、締固め幅60cm、入力振動数10Hz、入力加速度177galの結果を示す。

図-2は、締固め部とゆる詰め部の深さ40cmでの加速度および過剰間隙水圧の変化図であるが、ゆる詰め部が完全に液状化しているのに対し、締固め部は、過剰間隙水圧は発生するものの液状化には至っていないことが確認できる。このときの埋設管および埋設管直下の過剰間隙水圧の挙動は、図-3に示すように若干の浮き上がりは示すもののほとんど変

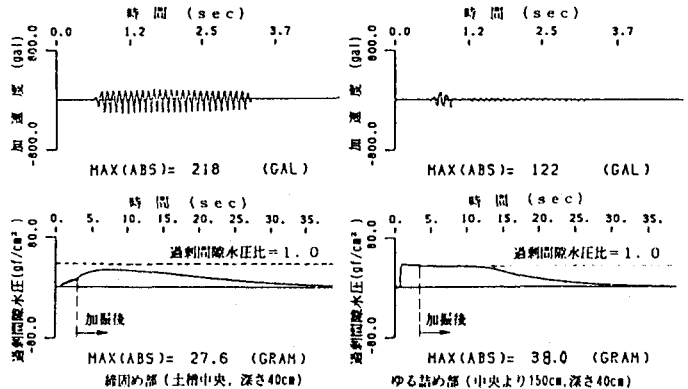


図-2 地盤中の加速度および過剰間隙水圧

位していない。特徴的なことは、埋設管直下の過剰間隙水圧は、加振後も上昇（ゆる詰め部からの間隙水の流入による）するのに対し、埋設管の浮き上がりは、加振中に発生し、加振後はそれ以上浮き上がらないことであった。これは、加振中と加振後で埋設管の浮き上がりに対する地盤のせん断抵抗のメカニズムが異なることによるものと考えられ、同様の現象は全ケースについて確認された。

また、締固め部の境界部は、ゆる詰め部の液状化によって連鎖的に液状化に至ったり、崩壊等は、観察されず、ゆるみ等は考えられるものの比較的健全であった。

埋設管の浮き上がり量に対する締固め幅および埋設管直下の過剰間隙水圧比（振動直後）の関係を図-4および図-5に示す。浮き上がり量は、締固め幅が大きくなるに従い、埋設管直下の過剰間隙水圧比が小さくなることにより小さくなっている。締固め幅では、60cmから90cmの間で、過剰間隙水圧比では、およそ0.7で浮き上がり現象が顕著になっている。鉛直方向の力の釣り合い式より埋設管直下の過剰間隙水圧比を算出すると約0.7となり、実験結果と合致した。

以上の結果より、埋設管の浮き上がりを防止するには、埋設管直下の加振直後の過剰間隙水圧比が釣り合い式より算出した値以下となるような締固め幅を設定すればよいことがわかった。

4. 地盤改良範囲の設定方法

設計において、埋設管の浮き上がり防止に対する地盤改良範囲を設定するには、埋設管直下の過剰間隙水圧比が所定の値（今回は0.7）以下となるような改良範囲を解析により求める必要がある。

解析方法は、地震動による地盤内の過剰間隙水圧の上昇、消散を考慮した2次元浸透流解析²⁾³⁾を用いた。図-6に解析例として、埋設管直下の過剰間隙水圧比と締固め改良幅との関係を示すが、これにより、所定の過剰間隙水圧比に対する改良幅を求めることができる。

5. まとめ

見掛けの比重の軽い埋設管の地震時液状化の浮き上がりに対する、地盤改良（締固め）範囲の設定方法について検討した結果を報告したが、解析におけるパラメータの問題やプロトタイプの締固め部の安定性の問題等が今後の検討課題として考えられる。

なお、本実験は、電力中央研究所の大型振動台より実施したものである。

<参考文献>

- 1) 井合通、小泉勝彦、森田栄一：液状化対策としての地盤の締め固め範囲に関する基礎的検討、1987年6月、港湾技術資料
- 2) H. B. Seed and J. R. BOOKER: Stabilization of Potentially Liquefiable Sand Deposits Using Gravel Drains. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, VOL. 103, No. GT7, July 1977, pp757~768
- 3) 田中幸久、四生剛治、江村利行、松井繁行：グラベルパイルによる液状化防止効果（その5）水平地盤の液状化防止のための設計法、1984年9月、電力中央研究所報告

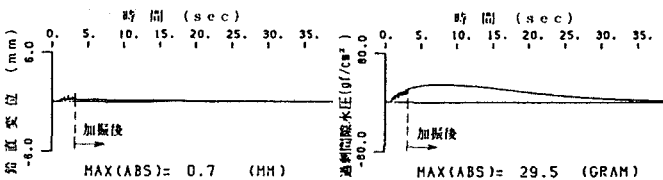


図-3 埋設管の鉛直変位および直下の過剰間隙水圧

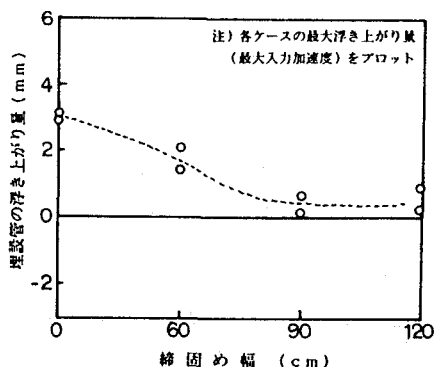


図-4 締固め幅と浮き上がりの量の関係

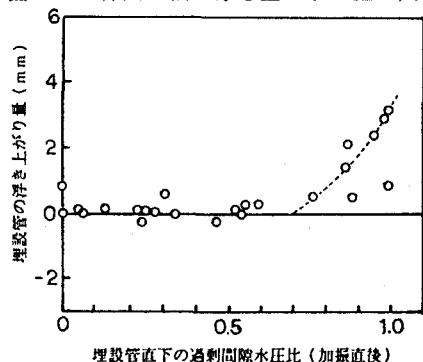


図-5 埋設管直下の過剰間隙水圧比と浮き上がりの量の関係

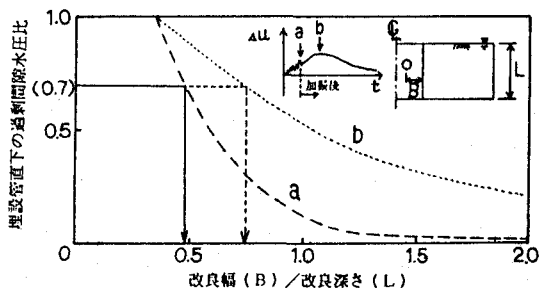


図-6 埋設管直下の過剰間隙水圧比と改良幅の関係