

飽和地盤に埋設されたダクト構造物に作用する荷重について

（財）電力中央研究所 正会員 河井 正
関西電力（株） 正会員 福本彦吉

地中構造物の性能照査型耐震設計を実施するためには、地震時の地盤・構造物の変形量を予測することが重要となる¹⁾。そのため、これまでに乾燥砂地盤に埋設されたほぼ実大のRCダクト構造物に関する振動台実験²⁾およびその結果を対象としたFEM解析などが実施され、構造物の変形量予測手法の精度や地盤から構造物に作用する荷重などについて明らかにされている。本研究では、飽和地盤に埋設された構造物を対象として同様な検討を実施することを目的とし、ここでは、その一部の小型模型振動台実験について報告する。

1. 実験条件

図1に示す実験模型の地盤は、珪砂5号 ($G_s: 2.676$, $e_{max}: 1.076$, $e_{min}: 0.711$, $D_{50}: 0.3mm$) を用い水中落下法で作製した地盤を、相対密度約90%に締固めた。

地盤から構造物に作用する荷重を詳細に計測するため、コアとなるヒンジで結合した4枚（頂・底板、側壁）の金属板と、摩擦係数を調整するために金属の型枠とモルタルで作製した荷重受版との間に、法線方向と接線方向の荷重を計測できるロードセルを設置した。構造物内部に水が浸入しないようにモルタル部を除いて構造物表面はすべてゴムで覆っている。

構造物の変形抵抗は中央の金属製の柱が負担し、厚さ4.5mm、奥行き100mm、スパン120mmの柱では、構造物の見かけの剛性と地盤のせん断剛性との関係は図2のようになる。ここで、構造物の見かけの剛性は、構造物のみを用いた水平載荷試験によって求めており、水平荷重を頂版面積で除した見かけのせん断応力と頂版変位を構造物高さで除した見かけのせん断ひずみとの比を表す。

一般に地盤のせん断剛性は拘束圧に依存するが、 $\sigma_m' = 10kPa$ は、模型地盤の底部付近の有効拘束圧に相当する。せん断ひずみ0.6%より小さいひずみ領域では地盤の方が剛であり、0.6%より大きな場合は構造物が相対的に剛となっている。

加振実験では、図3に示す正弦波の振幅や周波数を変えて、一つの模型に対して複数の加振を実施した。いくつかの加振では、水平加速度のみならず鉛直加速度も入力したが、その場合は図3の下図に示すように、鉛直動の位相は水平動に対して1/4波遅らせた。

2. 実験結果

図4に地盤と構造物の最大水平変位の関係を示す。地盤の変位は土槽枠に設置した変位計によって計測し、ここでは構造物の頂版高さの結果を示している。横軸は加振番号であり、各加振の加振周波数と加速度振幅を図

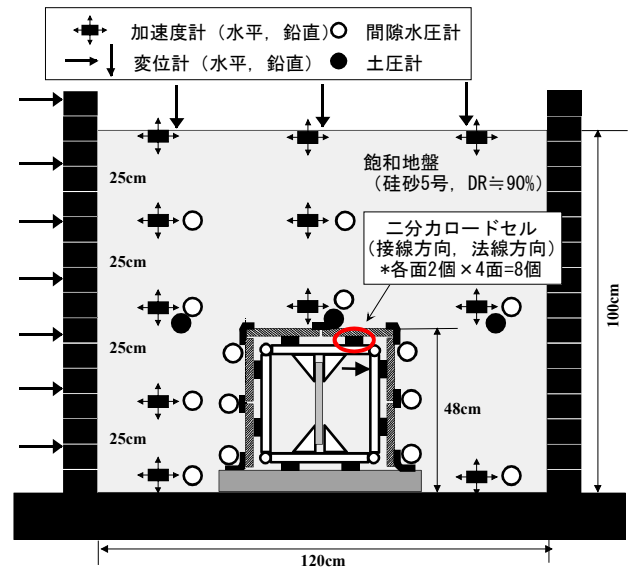


図1 模型断面図

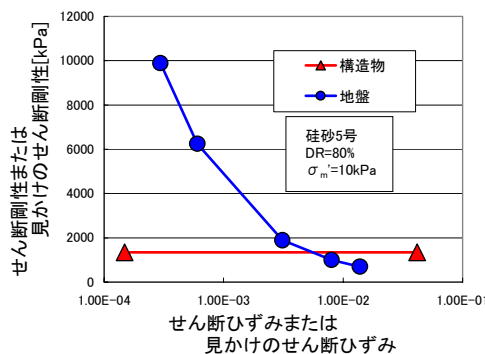


図2 地盤と構造物の剛性関係

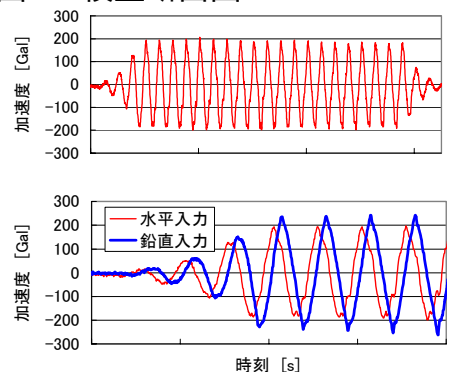


図3 入力波形

キーワード：飽和地盤，地中構造物，振動台実験

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 04-7182-1181 FAX 04-7184-2941

中に示す。加振3では、平均的なせん断ひずみ（水平変位 / 地盤厚さ）は約2%に達し、この領域では構造物が相対的に地盤よりも剛であるため、構造物の変形は地盤変位の6割程度に留まっている。それに対して他の加振では、地盤変位が小さいこと、加振履歴の影響を受けて地盤が密（剛）になったことなどにより、構造物と地盤の変位はほぼ等しい。ところで、加振5～7と加振8～10は水平入力加速度の振幅がほぼ等しく、鉛直入力の有無が異なるが、鉛直入力も水平変位応答にほとんど影響していない。

図5は構造物各面で計測した水平荷重（頂版：接線方向、側壁：法線方向）に計測高さを乗じて得られた転倒モーメントの最大値を加振ごとに示している。ほとんどの加振で両側壁のモーメントがキャンセルされているため、主に頂版に作用する荷重によって構造物の層間変形が生じていることがわかる。地盤と構造物の最大水平変位に大きな差が生じた加振3では、変形後側の側壁に作用するモーメント荷重が変形前側のそれより若干大きく、側壁に作用する荷重も構造物の変形に寄与しているが、やはり頂版に作用する荷重の影響が最も大きい。

図6には水平荷重と変位や過剰間隙水圧の位相関係を明らかにするため、時刻歴の一部を示している。大きな地盤変位によって負の過剰間隙水圧が発生した際に頂版水平荷重も最大となっており、過剰間隙水圧が構造物の変形と密接に関係していることが予想される。土被りのない、すなわち頂版に地盤のせん断力が作用しない場合の矩形構造物に関する既往の実験結果³⁾では、側壁に作用する土圧合力の最大値の発生時刻は、負の過剰間隙水圧の最大値のそれと一致していたが、ここでの結果もほぼ同様であった。

3. まとめ

飽和地盤に埋設した構造物に関する振動台実験を実施して、飽和地盤においても、構造物の変形に寄与する荷重は主に頂版に作用する地盤のせん断力であることを把握した。

謝辞： 本研究は電力9社と日本原子力発電（株）による電力共通研究の一部として実施した。研究の実施にあたって、指導・助言いただいた関係各位に感謝の意を表したい。

参考文献： 1) 土木学会原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針，2002。
2) 大友敬三，末広俊夫，河井正，金谷賢生：強震時における鉄筋コンクリート製地中構造物横断面の塑性変形に関する実証研究，土木学会論文集，No.724/I-62，pp.157-175，2003。 3) 溜幸生，東畑郁生，高橋誠：液状化地盤と地下構造物の動的相互作用に関する一考察，土木学会第56回年次学術講演会，III-A102，pp.204-205，2001。

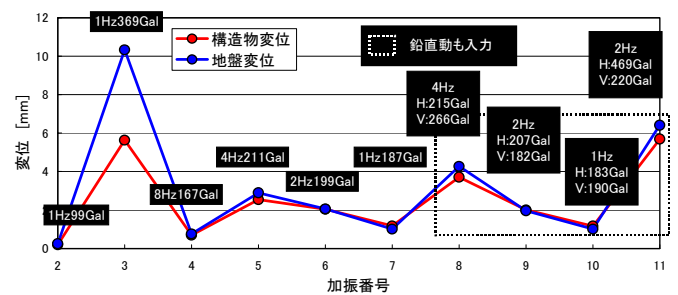


図4 地盤と構造物の最大水平変位

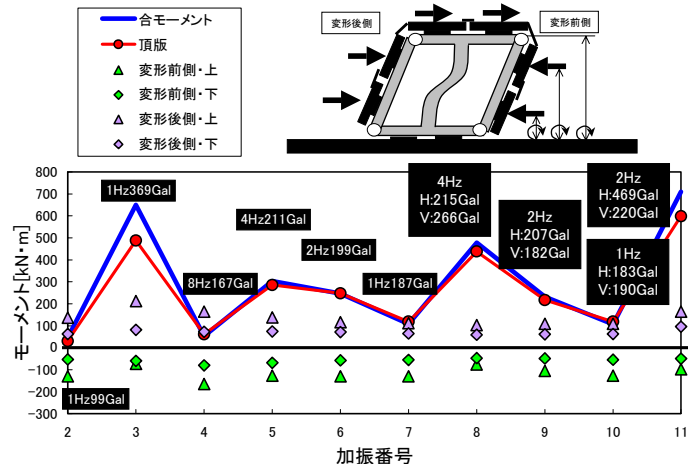


図5 構造物各部に作用する荷重（転倒モーメント）

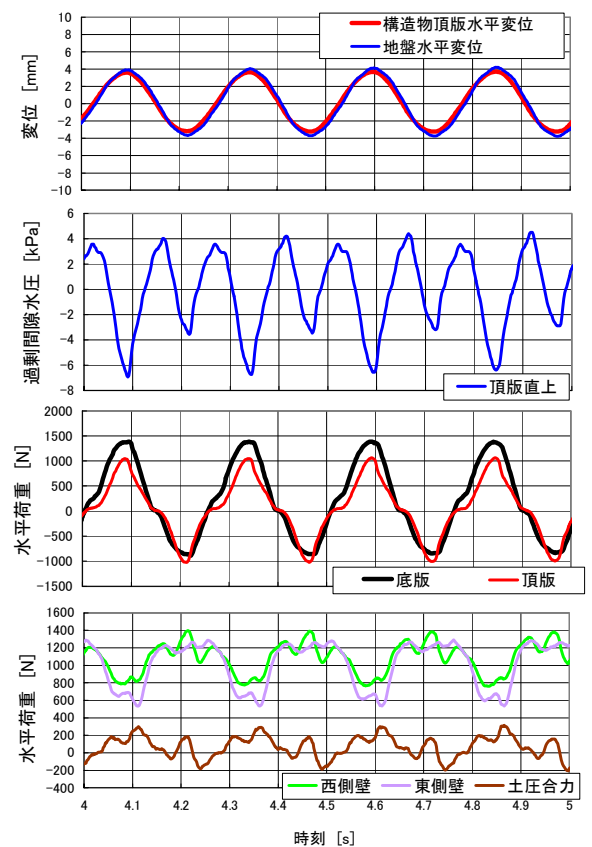


図6 各種時刻歴の位相関係