

飽和地盤に埋設されたダクト構造物の地震時挙動に関する遠心力载荷模型実験

(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、その一部の遠心力载荷模型振動実験について報告する。

1. 実験条件 図1に示す実験模型では、硅砂5号(G_s : 2.676, e_{max} : 1.076, e_{min} : 0.711, D_{50} : 0.3mm)を用い空中落下法で相対密度約90%の地盤を作成した。図2に示す模擬地震波および周波数や振幅を変えた各種正弦波による加振実験は、株式会社大林組技術研究所所有の大型遠心模型実験装置を用いて、遠心加速度30G場で実施した。以下では、物理量は全て相似則に基づき30G場の値に換算して示している。

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・底版、側壁)の金属板と摩擦係数を調整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構造物間や荷重受版間はゴムで覆った。構造物の変形抵抗は中央の金属製の柱が負担し、柱の厚さで構造物の見かけの剛性を変えた。CASE1では図3に示す地盤の初期剛性よりも剛な構造物を使用し、CASE2では地盤の初期剛性よりも剛性が小さく、せん断ひずみが 5×10^{-3} 程度になると周囲の地盤よりも相対的に剛になる構造物を使用している。地盤剛性は構造物埋設深さの鉛直有効応力に相当する120kPaの初期平均有効応力の下で等方状態で実施された動的変形試験および液状化試験の結果である。液状化試験結果によるせん断剛性は、せん断ひずみ-せん断応力関係におけるピークとピークを結ぶ直線の勾配を示す。

2. 実験結果 図4、図5には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および地表面の値を示している。地震波を用いた加振実験では、入力波形の加速度振幅を段階的に約800Galまで加振しているが、構造物・地盤ともに最大水平変位は入力加速度に対して単調に増加

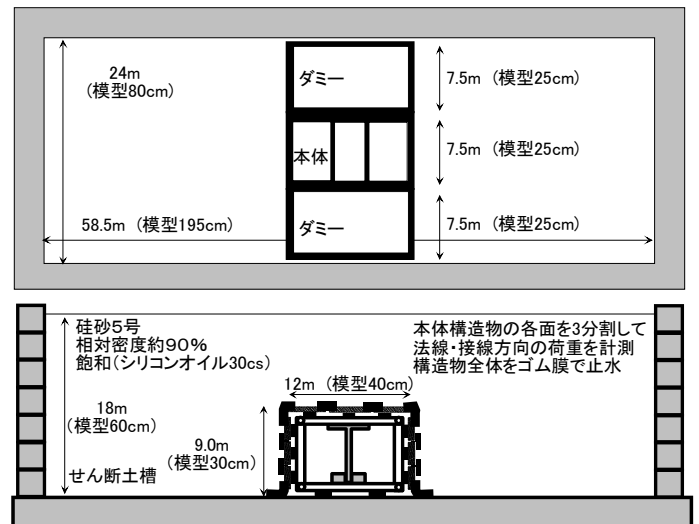


図1 模型断面図

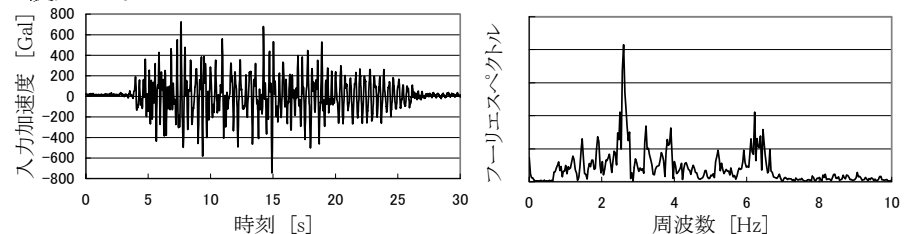


図2 入力波形

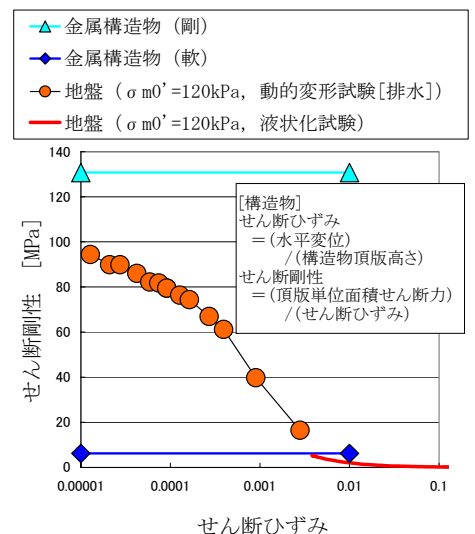


図3 地盤と構造物の剛性関係

キーワード：遠心模型実験、飽和地盤、地中構造物、地震時挙動

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

している。CASE1 とCASE2 の地盤変位を比較した場合、入力加速度が同じであれば構造物の剛性によらず地盤変位はほぼ同程度である。

CASE1 ではいずれの加振においても構造物変位はほとんど生じていないが、CASE2 では地盤変位が大きくなるほど大きな構造物変位を生じている。CASE2 の地震波加振における地盤変位と構造物変位の関係を見ると、構造物剛性が地盤剛性よりも小さい600Gal以下の加振では、構造物と地盤の変位はほぼ等しいが、約800Galの加振では、構造物の変位は地盤変位の2/3程度となっている。約800Galの加振では、地盤のせん断ひずみが1.1%となり、構造物の剛性が地盤のそれよりも相対的に大きくなるため、構造物の変位が小さくなったものと考えられる。

それに対して正弦波加振では、最も大きな地盤変位が発生した加振10の構造物変位は、その2/3程度の地盤変位しか生じていない加振9の構造物変位よりも小さく、加振9では約800Galの地震波加振よりも大きな地盤変位を生じているにも係らず、地盤と構造物の変位の大きさはほぼ等しい。

図6、図7には、各種時刻歴波形をそれらの最大値発生時刻とともに示している。これらの図を見ると、加振9では地盤・構造物の最大水平変位は加振初期の大きな負の過剰間隙水圧が発生している時刻に生じているのに対し、加振10では加振後半の過剰間隙水圧が蓄積しその変動がほとんど認められない部分で最大水平変位を生じている。すなわち、加振9では平均有効応力が負の過剰間隙水圧によって初期状態よりも大きくなった時点で最大水平変位を生じているため、ひずみレベルによる地盤剛性の低下と拘束圧の増大による地盤剛性の増大の影響を受け、地盤剛性は構造物剛性と同程度かそれ以上であったと考えられる。

3. まとめ 飽和地盤に埋設した構造物に関する遠心模型実験により、過剰間隙水圧が地盤－構造物の最大変位関係に及ぼす影響を把握した。

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。また、実験に際しては株式会社大林組の樋口氏をはじめ関係者に多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

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。

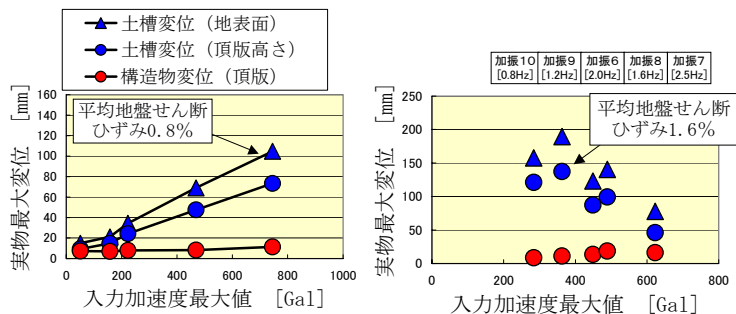


図4 地盤と構造物の最大水平変位 (CASE1：構造物剛)

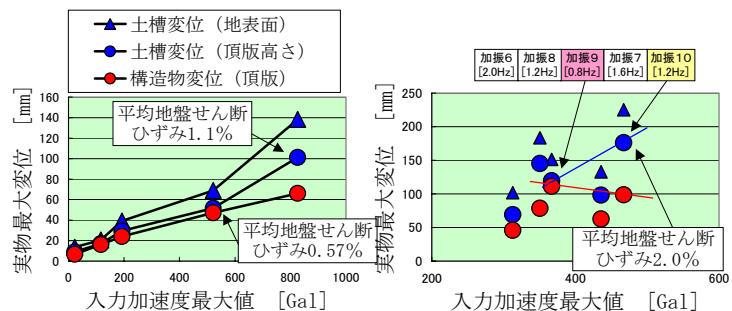


図5 地盤と構造物の最大水平変位 (CASE2：構造物軟)

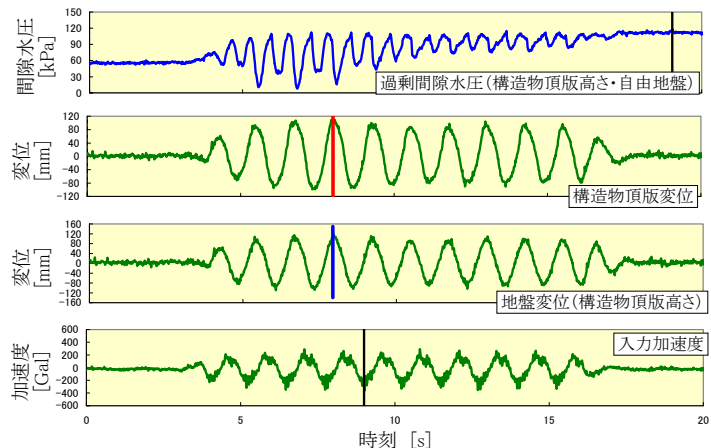


図6 最大値発生時刻の関係 (CASE2 加振9)

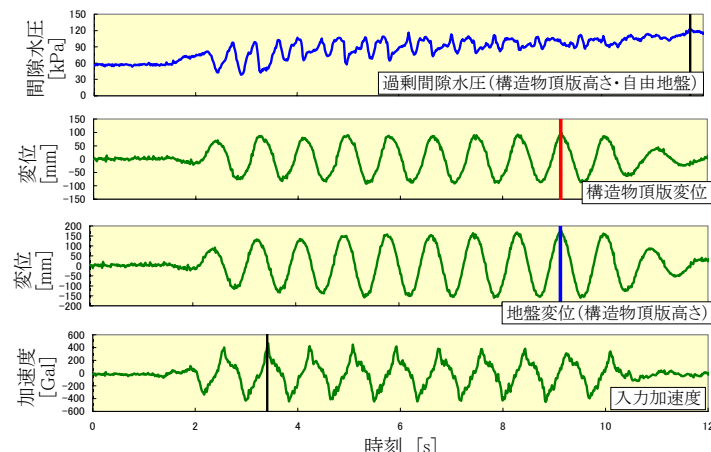


図7 最大値発生時刻の関係 (CASE2 加振10)