

RC 地中構造物の耐震性能に関する大型振動台実験とその解析

(その1) RC 試験体の塑性変形特性

(財)電力中央研究所 正会員 ○大友敬三 末広俊夫 金津 努
関西電力(株) 正会員 松本恭明 岡市明大

1. はじめに 筆者らは鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の確立を目標として、実験と数値解析の両面から実証的な研究を進めている。本報はこのうち、科学技術庁防災科学技術研究所の大型せん断土槽を用いた振動台実験に基づき、RC 試験体(以下、試験体)の塑性変形特性について分析した結果を報告している。

2. 実験概要 図-1 に示すように試験体の埋設条件を変えることにより2ケースの実験を実施した。このうち、土かぶり厚さが3.0mのケースを岩着モデル(試験体は土槽底版を貫通して振動台に固定)、土かぶり厚さが1.5mのケースを非岩着モデルと呼んでいる。振動台加振波形には、1995年兵庫県南部地震における神戸大学観測波のNS成分¹⁾に基づいて、観測波の時間縮尺を1/2とした地震波を用いた。地震波の最大加速度振幅を数種類変化させて加振波形とした。以下では図-1における右手側を東側、左手側を西側と呼ぶことにする。図-2に試験体の諸元を示す。この試験体は岩着および非岩着モデルに共通している。主鉄筋に用いたD6筋の降伏強度を通常の鉄筋降伏強度(343MPa~392MPa)よりも低い強度(約245MPa)に加工した。これは、地盤との連成の動的載荷において試験体の降伏を確実にするためである。初期状態における試験体と地盤とのせん断剛性比は岩着モデルと非岩着モデルの場合それぞれで、約0.16、約0.22となった。

3. 実験結果と考察 以下で述べる振動台実験結果は、地震波の最大加速度振幅が岩着モデルと非岩着モデルでそれぞれ、1127Gal、1041Galの加振の場合である。

試験体の層間変位と地盤変位の時刻歴波形を図-3に示す。岩着モデルの場合、層間変位と地盤変位は位相と振幅ともに非常に良く一致している。試験体の見かけのせん断剛性は周辺地盤のそれに比べてかなり小さいので、試験体の変形は周辺地盤のそれに支配されたと考えられる。最大応答変位は岩着および非岩着モデルともに約50mmである。図-4で示すように両者の試験体降伏変位は約4mmなので、図-3に示した試験体の層間変位は充分塑性域に達している。非岩着の場合には、地盤変位が層間変位を上回る傾向にある。これは、非岩着モデルの場合、試験体埋設位置の拘束圧が小さいので、地盤ひずみが大きい領域では試験体よりもせん断剛性が著しく低下してより大きな地盤変位が発生したためと考えられる。図-4は加振後1.8秒までの範囲における層間変位と試験体頂版に作用した推定水平荷重の関係；荷重—変位曲線を示している。ここで、頂版水平荷重は試験体頂版で計測された平均的なせん断応力に頂版面積を乗じて推定した。岩着モデルと非岩着モデルともに初期載荷過程において、層間変位が約4mmの段階で明確な折れ点が生じている。この時点において、層間変位の向きは右(東)であり、西側壁下端の外側鉄筋が降伏ひずみ1450 μ に達したことを確認している。すなわち、両試験体の降伏変位は約4mmとなっていたことが示される。したがって、図-3に示した層間変位の最大値は応答塑性率でいうと約12~13と評価できる。図-5では、層間せん断変形角と地盤ひずみの関係を示している。岩着モデルの場合、層間せん断変形角と地盤ひずみは最大2.5%の範囲まで両者がほぼ一対一の対応を示している。一方、非岩着の場合には、おおよそ正側で1%程度の地盤ひずみのレベルまでは、層間せん断変形角と地盤ひずみがほぼ等しい。このことより、岩着モデルと非岩着モデルの試験体はともに弾性範囲から塑性領域に至るまで層間せん断変形角は地盤ひずみとほぼ等しいと見なせる。試験体の残留層間変位分布と地盤の残留変位分布を示すと図-6のようになる。加振波形の主要動後半に最大変位が生じたことから、水平地盤であるにもかかわらず地盤に残留変位が生じている。これに伴って、岩着モデルと非岩着モデルの場合に共通して試験体に非対称のせん断型の塑性変形を生じたことになる。

4. まとめ 埋設条件が異なる2ケースのモデルに対して最大加速度振幅を約1100Galと設定した地震波加振を行い、両者に共通して以下を明らかとした：1)隅角部において明確な断面降伏が生ずる。2)最大層間変位は約50mmとなり、応答塑性率で12~13となる。3)層間変位は弾性範囲から塑性領域に至るまで周辺地盤変位に追随する。4)試験体にはせん断型の残留変形が生ずる。

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。本研究の関係各位に謝意を表す次第である。

参考文献：1) 関西地震観測研究協議会における観測記録

キーワード：地中構造物，耐震，動的相互作用，変形性能，RC

連絡先：〒270-1194 我孫子市我孫子 1646 電話 0471-82-1181 FAX 0471-84-2941

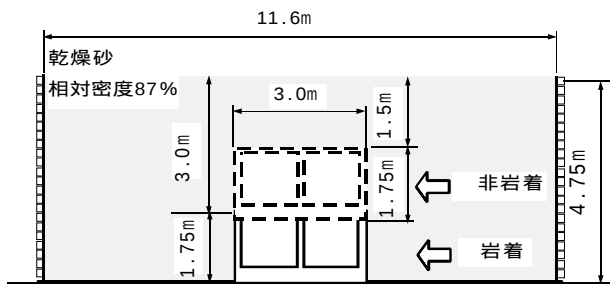


図 - 1 実験概要

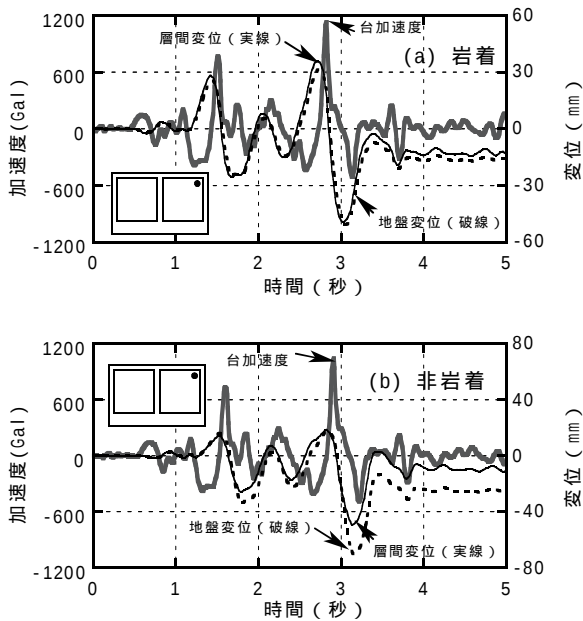


図 - 3 試験体層間変位と地盤変位の関係

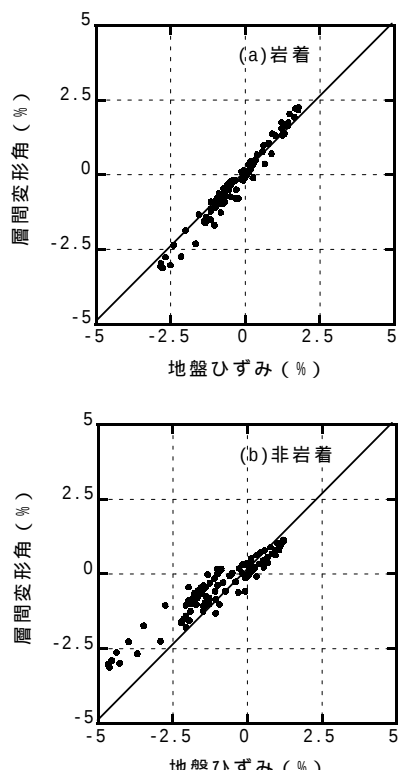


図 - 5 層間変形角と地盤ひずみの関係

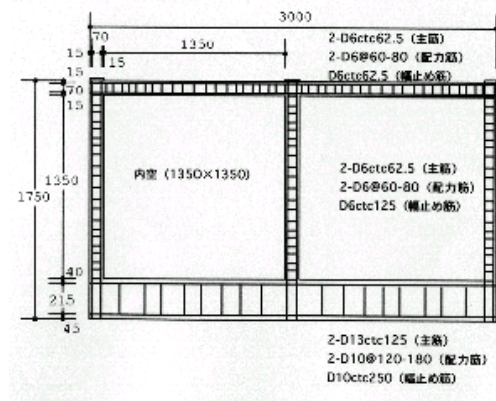


図 - 2 試験体断面図

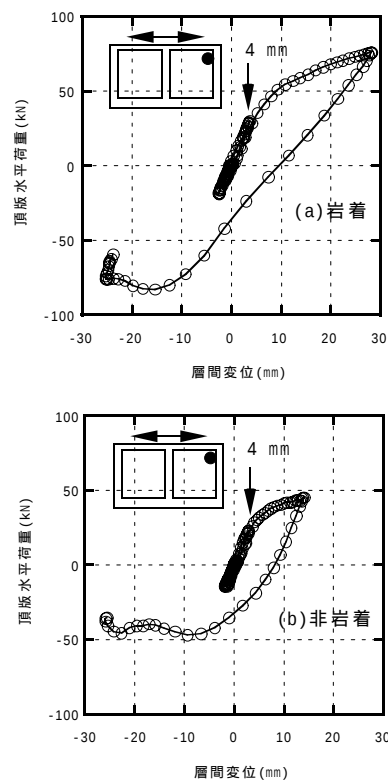


図 - 4 頂版水平荷重と層間変位の関係

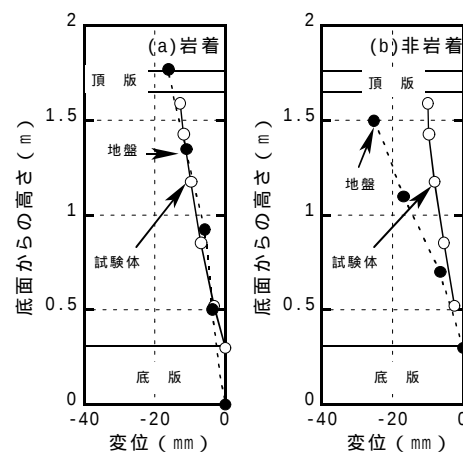


図 - 6 試験体および地盤の残留変位分布