

R C地中構造物の損傷過程に関する実験的研究

(その2) 小型振動台実験で得られたR C試験体挙動について

末広俊夫¹・大友敬三²・松本恭明³・岡市明大³

¹正会員 工修 (財)電力中央研究所 我孫子研究所 構造部 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

²正会員 工修 (財)電力中央研究所 我孫子研究所 地盤耐震部 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646)

³正会員 工修 関西電力(株) 土木建築室 土木課 (〒530-8270 大阪市北区中之島 3-3-22)

強震時におけるR C地中構造物の変形性能に関する実証データを得ることを目的として、一連の実験的研究を進めている。本論文はこのうち、鉄筋コンクリート製ボックスカルバート構造物をせん断土槽内に埋設した小型振動台による加振実験の結果について述べたものである。

R C構造物について、主に側壁の変位、土圧やせん断力等の作用荷重および鉄筋ひずみを計測した。結果として、振動台加振により、地盤に埋設したR C構造物を塑性変形させることが可能であることを実証し、R C構造物の損傷過程を説明する荷重および変形に関するデータを得た。

Key Words : in-ground RC structures, shaking table test, plastic deformation, laminar soil box

1. はじめに

筆者らは強震時における地中構造物の変形性能に関する実証データを得ることを目的として、一連の実験的研究を進めている。本報は主に、鉄筋コンクリート製ボックスカルバート構造物(以後、R C試験体と呼ぶ)をせん断土槽内に埋設した小型振動台による加振実験の結果について述べたものである。(図-1 参照)

2. 実験方法

本実験で用いた試験体は、高さ 150cm、幅 80cm、側壁厚さ 6cm、頂版厚さ 10cm の縦長なR C構造であり(図-2)、本研究の(その1)¹⁾で示したように側壁隅角部断面が降伏しやすいように設計した。主鉄筋には、降伏点強度 3790kgf/cm² の D6 を用いた。せん断土槽(内空寸法:高さ 3.0m、幅 4.35m、奥行き 2.85m) 底版にボルトでR C試験体を緊結し、底面固定条件とした。加振波形は図-3 に示す漸増正弦波(3Hz)とし、最大加速度振幅 45Gal から 703Gal まで、9 ケースの加振を行った。地盤-構造物系の計測では、図-1 に示すように、加速度計とせん断ひずみ計をR C試験体から離れた地盤と試験体直上の地盤にそれぞれ設置した。R C試験体の計測では、図-2 に示すように、側壁に変位計、加速度計、土圧計、せん断力計を設置し、側壁主鉄筋にひずみゲージを貼付

した。底面固定部に試作のロードセルを設置し、R C試験体に作用する動的荷重の総水平反力を計測した。また、R C試験体を破壊させるような大きな加振をした場合、頂版と上載土の接触面における相対変位量を計測するために、工夫を施した簡易な相対変位計測器を設置した。

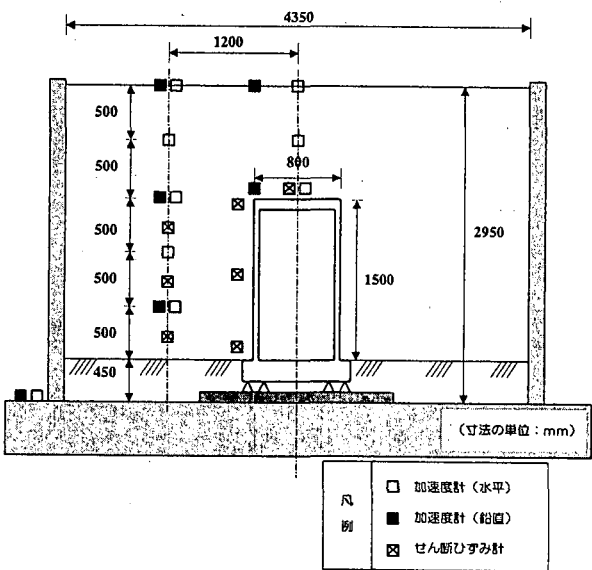


図-1 せん断土槽内へのR C試験体の設置状況と地盤-R C試験体系の計測

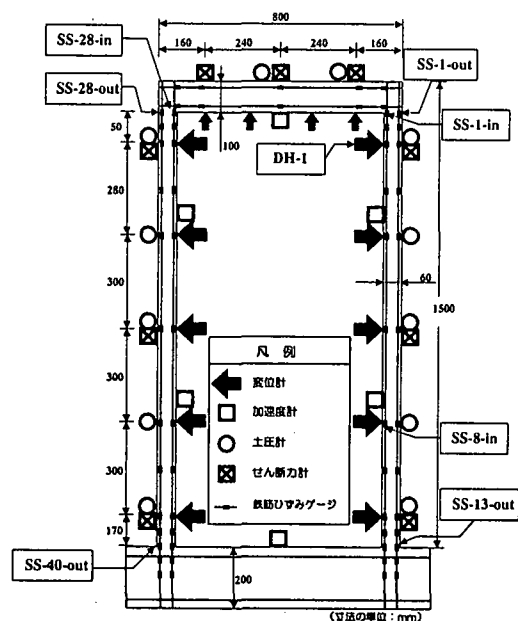


図-2 RC試験体の計測

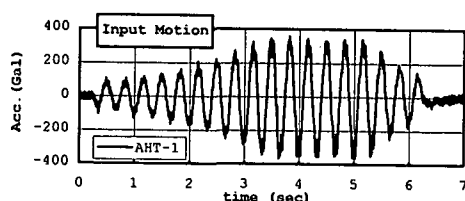


図-3 加振波形 (漸増正弦波: 3Hz)
(最大加速度振幅 366Gal の例)

3. 実験結果および考察

(1) 地盤-RC試験体の最大加速度, 最大相対変位分布

地盤-RC試験体の最大水平加速度と最大水平相対変位の分布 (366Gal 加振のケース) を図-4.5 に示す. RC試験体の応答は地盤とほぼ同様であり, 周辺地盤に追従して挙動する地中構造物としての応答特性を示している. 図-5 に示すように, 加速度波形を積分した変位 (凡例; ■) と変位計で直接計測した変位 (凡例; ◇) が非常によく一致しており, 変位計測結果が信頼できるものであることがわかる.

(2) RC試験体の側壁鉄筋のひずみ

図-6, 図-7において, 鉄筋ひずみが引張り側に急増する様子が認められることから, 加振に伴ってひび割れが発生し, 繰り返し加振により, 徐々に開口した様子が読みとれる. 366Gal 加振のケースでは, 図-9 および図-10 に示すように, 側壁隅角部の外側の鉄筋が降伏ひずみに達し, 塑性領域に至った. その直後, 側壁中央部の内側にひび割れが発生したことが, 鉄筋ひずみの時刻歴波形

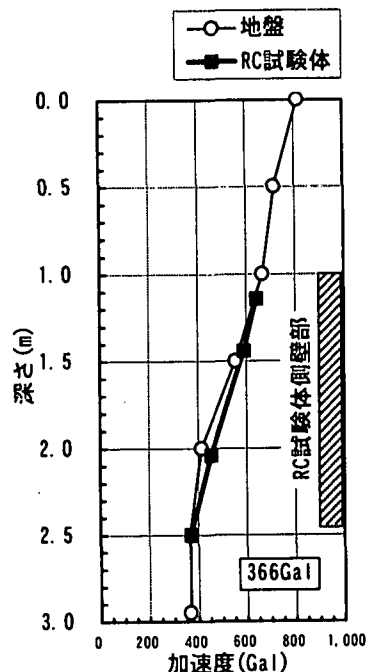


図-4 地盤-RC試験体系の最大水平加速度分布 (366Gal)

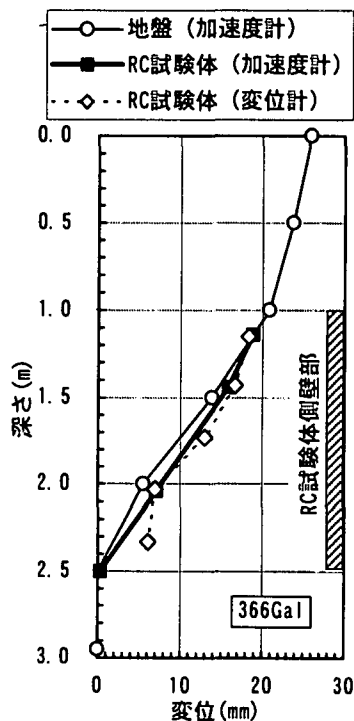


図-5 地盤-RC試験体系の最大水平相対変位分布 (366Gal)

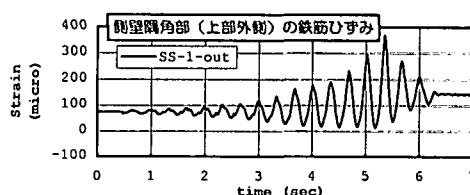


図-6 側壁隅角部の鉄筋ひずみの時刻歴波形 (235Gal)

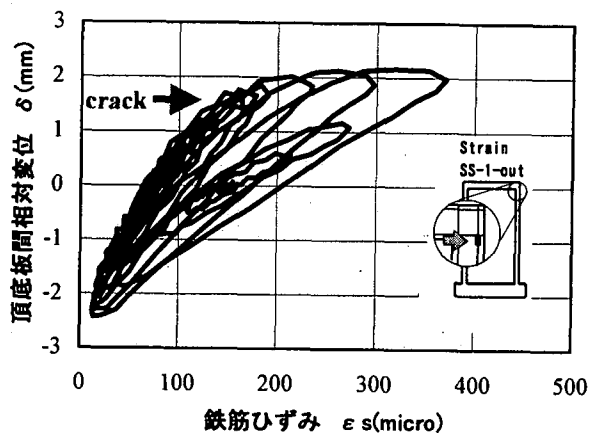


図-7 RC試験体の頂底板間相対変位と側壁隅角部の鉄筋ひずみの関係 (235Gal)

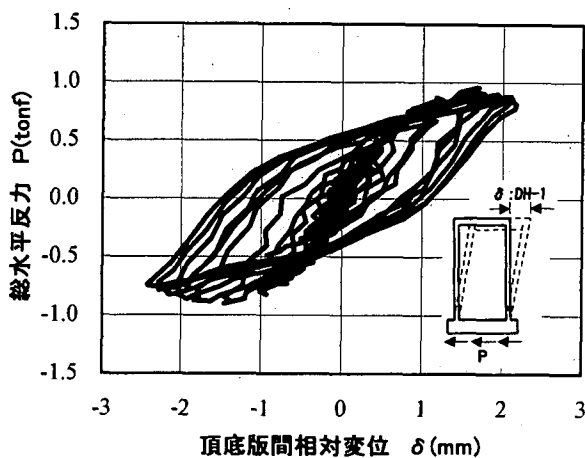


図-8 RC試験体に作用する総水平反力と頂底板間相対変位の関係 (235Gal)

から推定できる。側壁の上下隅角部の外側の鉄筋が降伏ひずみに達したことで、側壁が両端ヒンジの梁の構造になったために、中央部で曲げひび割れが現れたものと考えられる。

(3) RC試験体の作用荷重と頂底板間相対変位の関係

図-8 に示す 235Gal 加振のケースにおいて、側壁隅角部のコンクリートのひび割れによると考えられる非線形挙動を計測した。また、図-11 に示す 366Gal 加振のケースにおいて、側壁隅角部の鉄筋が降伏したことによる試験体の変位の非線形挙動を計測した。このとき、最大水平荷重（反力）は約 1.5 tonf であり、これ以後実施し

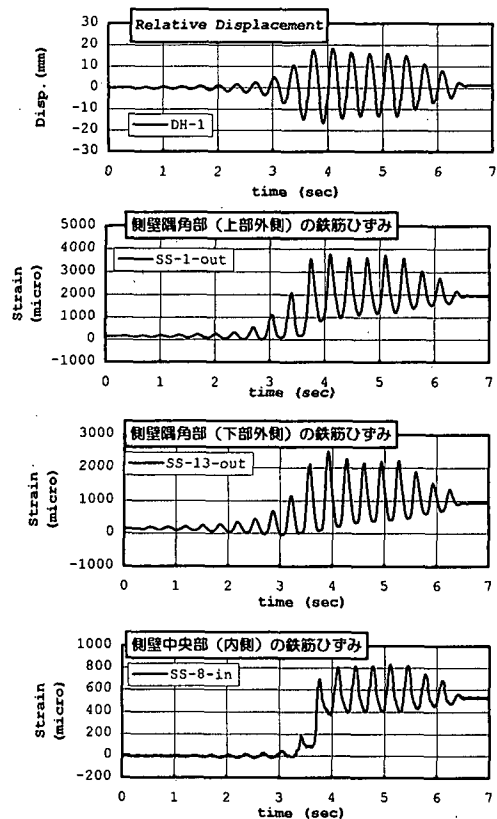


図-9 頂底板間相対変位、側壁隅角部の鉄筋ひずみの時刻歴波形 (366Gal)

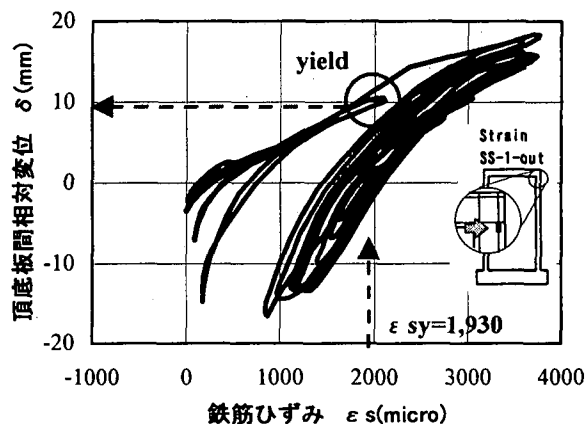


図-10 RC試験体の頂底板間相対変位と側壁隅角部の鉄筋ひずみの関係 (366Gal)

た 307Gal および 703Gal 加振の場合にも、1.5 tonf 以上の反力は生じていない。図-10 から、側壁隅角部の鉄筋が降伏したときの試験体頂底板間相対変位は約 10mm であるが、図-11 の荷重-変位関係では、試験体頂底板間相対変位が 2～5mm 程度のときに勾配が変化している。

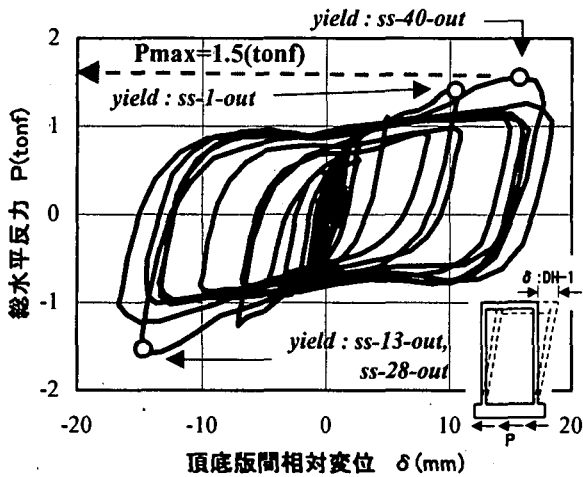


図-11 RC試験体に作用する総水平反力と
頂底板間相対変位の関係 (366Gal)

(4) RC試験体の頂版に作用するせん断力と相対変位

図-12 に 703Gal 加振のケースにおける、頂版と上載土の接触面に作用するせん断力と相対変位量の関係を示す。また、これらの時刻歴波形を図-13 に示す。せん断力がピークを示す時刻で、側壁の上部隅角部の内側の鉄筋が降伏ひずみに達していることから、上部隅角部が内外ともに降伏し、完全なヒンジ構造になったことと関連があると考えられる。なお、ここで示したせん断力は、受圧面が 25mm 四方の正方形のセンサーの計測値であり、頂版全面に作用するせん断力を示しているものではないことを断っておく。

4. まとめ

本研究の(その1)で想定した通り、振動台加振により、地盤に埋設したRC試験体を塑性変形させることが可能であることを実証し、RC試験体の損傷過程を説明する荷重および変形に関する時刻歴データを取得した。RC地中構造物の断面降伏以後の挙動を評価するための数値解析手法の検証データを得ることを目的として、より大型の振動台実験を計画しており、本実験結果を反映させる予定である。

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る次第である。

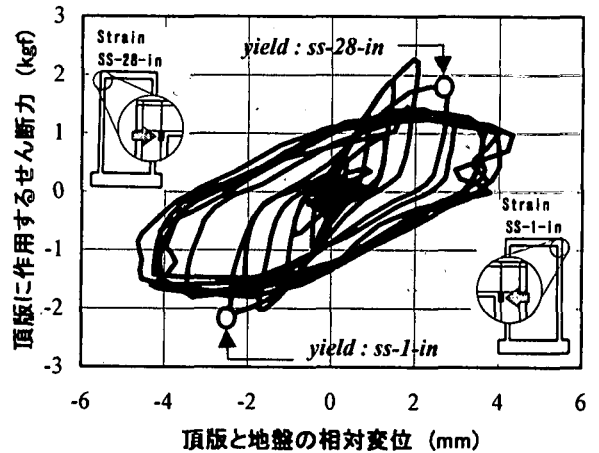


図-12 RC試験体の頂版に作用するせん断力と
頂版-上載土間の相対変位の関係 (703Gal)

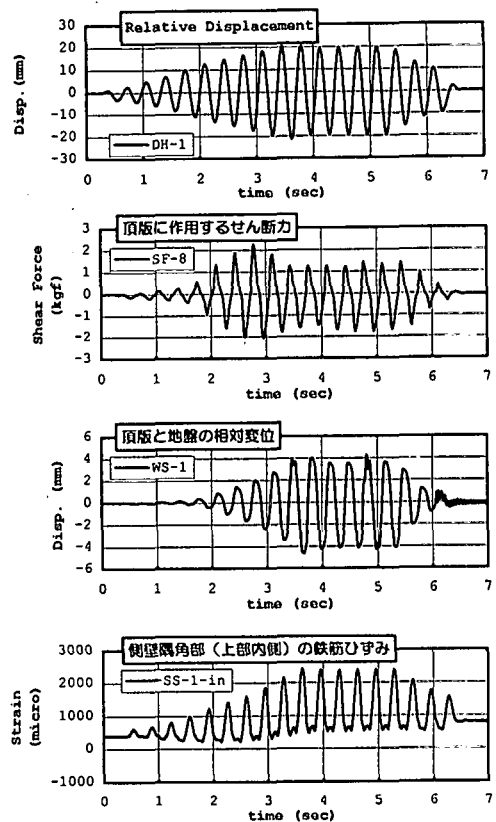


図-13 頂底板間相対変位、頂版に作用するせん断力、
その相対変位、側壁隅角部の鉄筋ひずみの
時刻歴波形 (703Gal)

参考文献

- 1) 松本他: RC地中構造物の損傷過程に関する実験的研究(その1) 小型振動台実験におけるRC試験体の挙動予測と設計, 第25回地震工学研究発表会