

遠心力模型実験による鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能

大林組 正会員 伊藤 浩二
 同上 正会員 大野 了
 同上 正会員 松田 隆

1. 目的

地中構造物の耐震性能評価では、構造物 - 地盤連成系での非線形応答特性を把握することが重要である。本研究では、鉄筋コンクリート（以下 RC）製ボックスカルバート縮小模型を用いて、RC 試験体および地盤の非線形域までを対象とした遠心力模型振動実験から応答性状を検討した。次に RC 試験体の主鉄筋が降伏したケースを対象に、RC 構造物の非線形性を考慮した地震応答解析を行い、地中構造物の耐震性能評価における実験手法および解析手法の適用性を検討した。

2. 遠心力模型実験

図1に模型地盤と計器配置を示す。RC 試験体は、模型縮尺比 1/20 に基づいて、主函体 1 体、ダミー函体 2 体（内空 200×200×400，190mm）を RC の構造性能を有することが確認されている鉄筋径 D1，D2 相当の極細異形鉄筋と粗骨材径 1mm 程度のマイクロコンクリートで製作し、引張主鉄筋比 0.38%，せん断補強筋比 0.22%とした¹⁾。振動実験では剛土槽（1900×800×600mm）を用い、覆土厚 150mm，遠心加速度 20G とした。

支持地盤では、珪砂 6 号を所定の層厚毎にバイブレーターで締固め相対密度 $D_r = 100%$ ，周辺地盤では所定のスリット幅，落下高さの撒出しにより $D_r = 84%$ ， $\rho = 1.462 \text{ t/m}^3$ となった。遠心加速度 20G におけるベンダー試験では、RC 試験体中央深度（G.L. - 295mm）で S 波速度 $V_s = 200 \text{ m/s}$ が得られ、実物の RC 試験体と周辺地盤の見掛けの初期せん断剛性比は $G/G_0 = 1.0$ に相当する。

振動実験では、正弦波 60 Hz，波数 20 波，振動台入力加速度 2G，5G，10G，20G，25G の 5 ケースを行った。

図2に 20G 入力の振動台平均加速度，上床版変位（下床版との相対変位），側壁隅角部の鉄筋ひずみの時刻歴を示す。鉄筋ひずみは，加振と伴に徐々に増加し加振後半で定常応答となり，上床版変位の時刻歴とも対応する。

10G までの入力では加振後の鉄筋の残留ひずみは小さいが，20G 入力の鉄筋ひずみでは，材料試験から得られた降伏ひずみ 2800 μ 相当まで生じ，明瞭な残留ひずみも

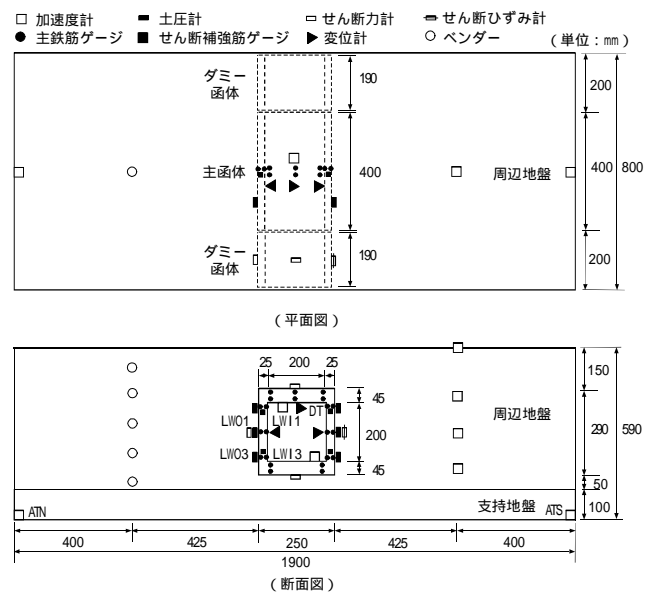


図1 模型地盤と計器配置

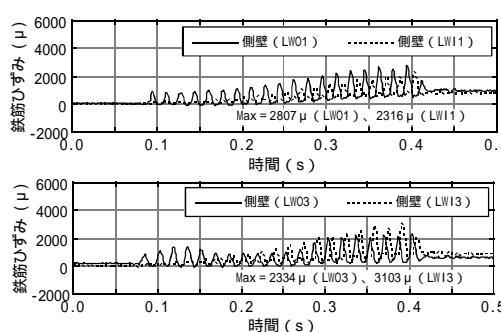
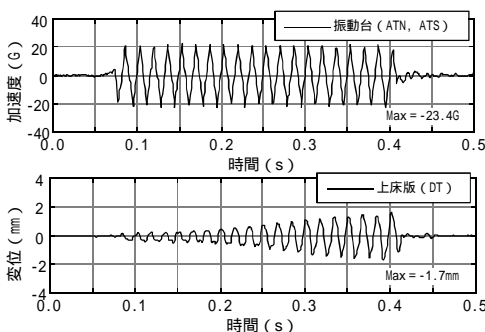


図2 時刻歴(20G 入力)

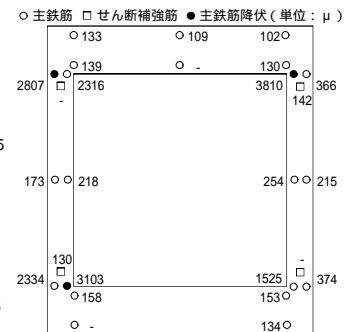


図3 鉄筋ひずみ(20G 入力)

キーワード 遠心力模型実験，地下構造物，地震応答

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 0424-95-1103

生じたことから側壁隅角部で主鉄筋が降伏したと推察される．図 3, 4 に 20G, 25G 入力時の最大鉄筋ひずみと主鉄筋降伏位置を示す．主函体では上下床版で弾性内，側壁隅角部で主鉄筋の降伏が生じており，25G 入力では，主鉄筋の降伏が 20G 入力よりさらに進展している．降伏ひずみ 2800 μ から評価される応答塑性率は 1.5 ~ 2.0 程度，上床版変位より算定される側壁の部材角は，20G 入力では $= 1.7\text{mm}/200\text{mm} = 0.0085$ ，25G 入力では $= 2.2\text{mm}/200\text{mm} = 0.011$ である．振動実験後の RC 試験体のひび割れは，主鉄筋降伏位置と対応して，主函体，ダミー函体側壁の外側，内側とも隅角部位置で生じていた．

3. 地震応答解析

図 1 の実物寸法を対象に，RC 試験体を隅角部で剛域を有するファイバーモデルの積層はり要素²⁾，周辺地盤を弾塑性モデル，RC 試験体と周辺地盤との境界を剥離・滑動を考慮したジョイント要素 ($= f$)，20G 入力時で得られた振動台平均加速度を入力波とした 2 次元 FEM 解析を行った．解析では，周辺地盤の側方境界で剛土槽および遠方地盤を想定した 2 ケースの比較から，RC 試験体の応答に及ぼす影響を検討した．表 1 に RC 試験体と周辺地盤の主な定数を示す．

図 5, 6 に上床版変位（下床版との相対変位），側壁隅角部の鉄筋ひずみの時刻歴，図 7, 8 に隅角部の最大鉄筋ひずみと主鉄筋降伏位置を示す．実験条件に相当する剛土槽のケースでは，実験で得られた上床版変位 鉄筋ひずみの漸増する非定常な応答性状まで対応しないが，最大鉄筋ひずみは概ね整合する．遠方地盤のケースと比較して，剛土槽のケースでは側壁隅角部内筋（LWI1, LWI3 等）の鉄筋ひずみが小さくなるものの，本実験手法および解析手法により地中 RC 構造物の材料レベルでの耐震性能を概ね評価できると考えられる．

4. まとめ

RC 製地中構造物の縮小模型を用いた遠心振動実験により，RC 構造物の降伏および地盤の非線形挙動を再現できること，RC の非線形性を考慮した構造物 - 地盤連成系解析法を地中構造物の耐震性能評価へ適用できることを確認した．

参考文献

- 1) 大野等：遠心振動実験による鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能に関する検討（投稿中），コンクリート工学年次論文報告集，2003.
- 2) 長沼：三軸圧縮下のコンクリートの応力～ひずみ関係，日本建築学会構造系論文報告集，第 474 号，pp.163-170，1995.8.

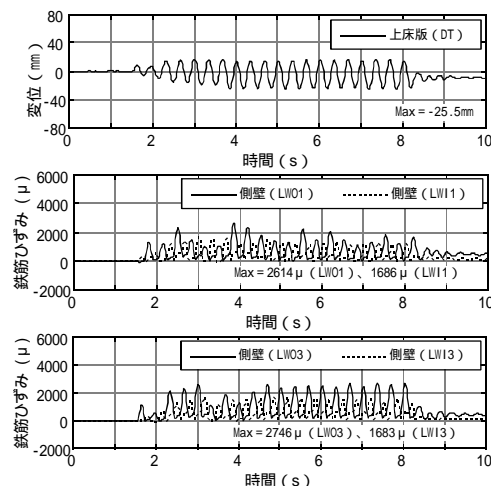


図 5 時刻歴(剛土槽)

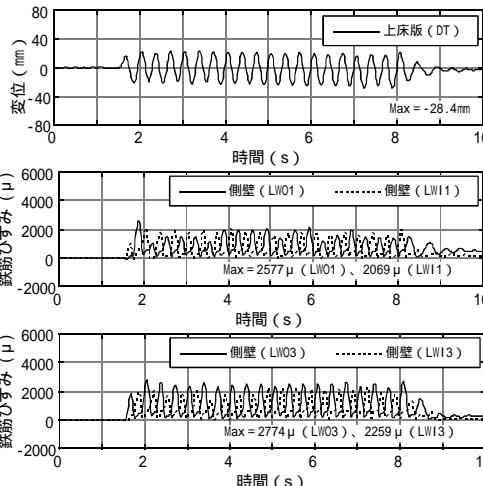


図 6 時刻歴(遠方地盤)

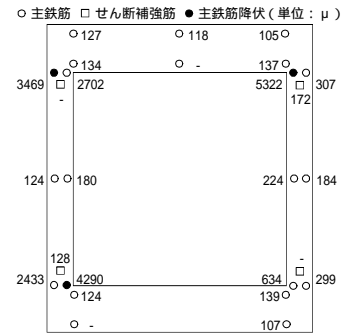


図 4 鉄筋ひずみ(25G 入力)

表 1 入力定数

		側壁	上下床版
コンクリート	ヤング係数	E_c	23800MPa
	ポアソン比	ν_c	0.2
	一軸圧縮強度	f_{cu}	31MPa
	一軸引張強度	f_{tu}	2.61MPa
	一軸圧縮強度時のひずみ	ϵ_{cu}	0.212%
鉄筋	ヤング係数	E_s	102700MPa 189700MPa
	ポアソン比	ν_s	0.3
	降伏点	f_y	292MPa 343MPa
周辺地盤	ヤング係数	E	160MPa
	ポアソン比		0.33
	硬化パラメータ	k_s	0.015%
	内部摩擦角	ϕ	44°
	ダイレイタンスパラメータ	μ	1.2 0.21

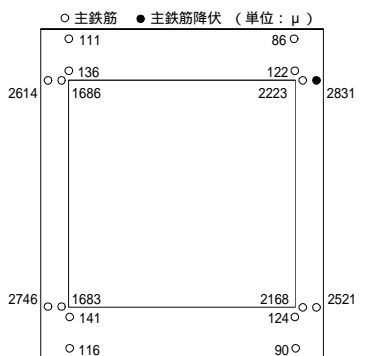


図 7 鉄筋ひずみ(剛土槽)

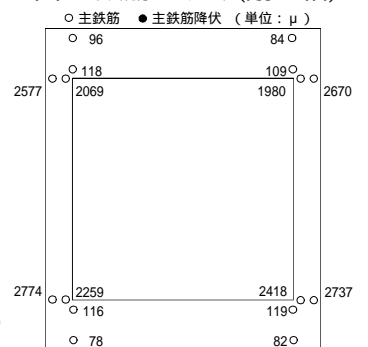


図 8 鉄筋ひずみ(遠方地盤)