

直接基礎の旧式橋脚を模擬した剛体の地震時限界転倒角に関する静的試験

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 山下 修史
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター フェロー会員 小林 薫
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター 正会員 鈴木 雄大

1. はじめに 橋脚の耐震性能を確保するため、一般にはRC構造、鋼構造などが採用される。しかしながら、RC構造や鋼構造が一般化される以前は、石積みやレンガ積みの組積構造、無筋コンクリート構造で橋脚（以下「旧式橋脚」という）が構築されていた。このような旧式橋脚は、現在も供用されているものもある。

旧式橋脚の地震被害の代表的な例として、関東地震、新潟県中越地震で旧式橋脚く体の目地切れによる損傷が発生し、福井地震では旧式橋脚が転倒に近い状況まで大きく傾き鋼桁が落橋した事例¹⁾ (写真-1)がある。旧式橋脚の保有性能を評価し、耐震性能が劣る場合は適切な耐震補強を実施する必要がある。

旧式橋脚の耐震診断を実施する場合、橋脚く体については、材料のサンプリングなどから材料強度を調査し、耐震補強の必要性を判断することが可能である。旧式橋脚基礎については、施工時期とも関連するが、基礎の設計法が確立する以前に構築されている場合もある。

旧式橋脚基礎の現有性能として、特に、転倒に対しては、評価する適切な手法が確立していないと思われる。旧式橋脚の転倒に関しては、構造全体系の安定に対して重要な意味を持つ。

そこで、直接基礎を有する旧式橋脚を模擬した剛体を模型土地盤上に設置し、剛体を傾斜させたときに、重力の作用で回転運動が継続しない限界の角度（以下「限界転倒角」）を探るための静的転倒実験を行なったので報告する。

2. 実験概要

(1) 模型土地盤 模型土地盤として、2000mm×2000mm×800mmの剛体土槽を準備し、最適含水比となるように調整した稲城砂を4層にわけてまき出し、各層をプレートコンパクタで締め固めた。土地盤は、剛体の転倒実験実施毎に、地盤表層部の200～300mmの範囲を掘り返し、プレートコンパクタで締め固めた。プレートコンパクタでの締め固め度は、小型FWD試験を行い、地盤反力係数がほぼ同等となるようにした。剛体を設置する土地盤面は、レーザーレベルで平坦さを確認しながら整正した。

(2) 剛体試験体 表-1に、実験に用いた剛体の形状寸法を示す。剛体は、直方体形状の鋼殻にコンクリートを充填し、製作した。

(3) 実験方法 剛体の静的転倒実験は、剛体土槽上に試験体を、奥行方向が載荷方向と直交するように設置し、試験体上部に取り付けた吊り金具にワイヤをつないで牽引し、試験体を傾斜させて行った。ワイヤには荷重計

キーワード 剛体転倒、旧式橋脚

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552



写真-1 旧式橋脚の地震損傷例(大きく傾斜)

剛体No.	加振方向の幅 B(mm)	剛体高さ H(mm)	奥行 L(mm)
1	200	600	400
2	200	800	400
3	300	900	400
4	200	1000	400
5	300	1200	400
6	400	1200	400

表-1 試験体(剛体)寸法



写真-2 実験状況

を取り付けた。ワイヤ等の重さを計測上無視するために、ワイヤを張った状態で荷重のゼロ値をとった。また、試験体の上部と重心高さの水平方向に、変位計を設置した。

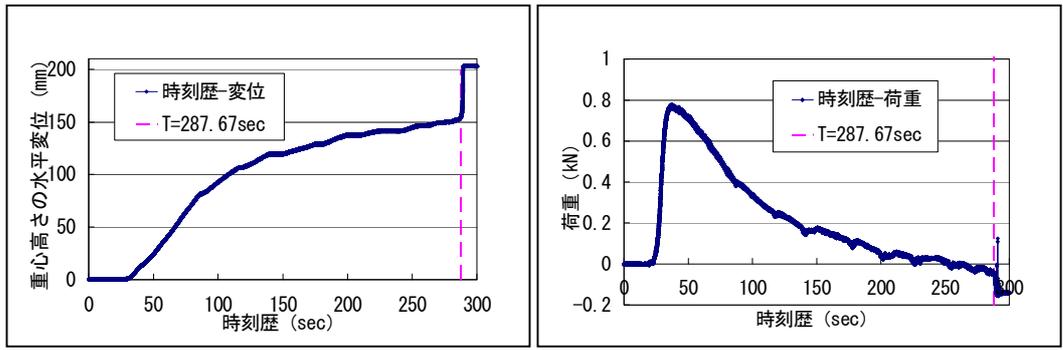
写真-2 に実験状況を示す。

3. 実験結果 図-1 (a) (b) に剛体 No.6 における測定の結果を示す。図-1 (a) は荷重開始からの時刻と変位の関係で、ワイヤを牽引していくと、287.67 秒付近で急激に変位が進行している。また、図-1 (b) では、荷重は、最大荷重後徐々に低下し、287.67 秒付近で急激に低下している。図-1 (a) (b) から、剛体 No.6 は、287.67 秒を境にして転倒メカニズムに移行したと考えられる。転倒メカニズムに移行しない限界の回転角を限界転倒角として、水平変位の測定値から整理すると、剛体 No.6 の限界転倒角は 14.6 度であった。図-1 (a) (b) より、剛体 No.6 における回転角と抵抗モーメント（荷重×試験体高さ）の関係を整理した（図-2）。剛体 No.6 では、回転角 0.8 度付近以降、抵抗モーメントが徐々に低下している。これは、傾斜角がある程度増加すると、土が塑性化して変形し、合力の作用点が移動し、地盤反力中心位置との距離が短くなったことで、抵抗モーメントが減少したと考えられる。全試験体における限界回転角の結果を表-2 に示す。一般に、剛床上では剛体は、重力の作用位置が底面をこえると転倒するといわれていることから、表-2 では、剛床を仮定した地盤上での限界転倒角を計算し、土地盤上での限界転倒角との比を計算した。土地盤上での限界転倒角は、剛床上の 50～80%であった。

4. まとめ 直接基礎の旧式橋脚基礎を対象に、地震時の転倒現象に着目した静的な転倒実験を行なった。実験は、模型土地盤上で剛体を牽引して傾斜させ、転倒メカニズムに移行しないぎりぎりの回転角の計測をねらって行った。実験の範囲で得られた事柄を下記に示す。

- 1) 抵抗モーメントは最大値となった後、徐々に低下していく挙動を示した。
- 2) 模型土地盤上の限界転倒角は剛床上を仮定した値の、50～80%であった。

参考文献 1) 久保村圭助, 菅原操, 仁杉巖: 鉄道を巨大地震から守る, 山海堂



(a) 時刻歴-変位の関係 (b) 時刻歴-荷重の関係

図-1 剛体 No. 6 における測定の結果

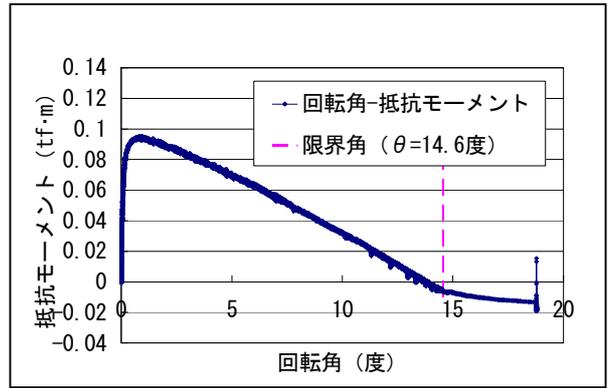


図-2 剛体 No. 6 における回転角-抵抗モーメントの関係

剛体 No	剛体寸法			θ1 (度)	θ2 (度)	θ1/θ2
	B(mm)	H(mm)	B/H			
1	200	600	1/3	9.2	18.4	0.5
2	200	800	1/4	6.7	14.0	0.5
3	300	900	1/3	13.2	18.4	0.7
4	200	1000	1/5	5.2	11.3	0.5
5	300	1200	1/4	10.4	14.0	0.7
6	400	1200	1/3	14.6	18.4	0.8

θ1: 模型地盤上での転倒限界回転角

θ2: 剛床を仮定した場合の転倒限界回転角

表-2 実験結果