

直接基礎の旧式橋脚を模擬した剛体の地震時転倒に関する動的試験

JR 東日本研究開発センター 正会員 ○小林 薫

JR 東日本研究開発センター 正会員 鈴木 雄大

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 山下 修史

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がほとんどである。旧式橋脚基礎には、直接基礎だけでなく、木杭を有している場合もある。木杭は、フーチング底面だけでなく、フーチング底面外にも打ち込まれている場合もあり、地盤改良的な意味合いも示唆されている。

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擬地盤上に設置し、振動台による加振より剛体の転倒実験を行い、転倒に対する安定性評価手法構築に向けた基礎的検討を行なったので報告する。

2. 実験概要

動的転倒実験を行う前に、静的に徐々に剛体を傾斜し、重力の作用で回転運動が継続しない限界の回転角を限界転倒角と定義し、振動実験前に把握した。

(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。

(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 剛体の動的転倒実験は、剛体土槽を振動台に設置し地震波形で加振した。適用した地震波は、



写真-1 旧式橋脚の地震損傷例(大きく傾斜)¹⁾

表-1 剛体の寸法諸元

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



写真-2 実験状況

鉄道の耐震標準²⁾のスペクトルⅡのG1～G7地盤に適合した地震波で振幅調整して用いた。

地震波の振幅調整は、各地震波の剛体の転倒する最小の加速度を狙って設定した。計測は、剛体重心位置の加速度、振動中の剛体回転角を計測するため、加振方向の正

負方法の剛体下端部に、計測フレーム上から変位計を取り付けた。実験状況を写真-2に示す。

3. 実験結果

図-1(a)(b)に、剛体 No.6 における転倒時の試験体重心位置の加速度測定結果を示す。図-1(a)は、転倒した場合で、振動初期段階はほぼ振動台と同程度の加速度が作用している。振動開始 15 秒付近から転倒現象に移行し、5G 程度の最大加速度が発生した。これは、完全に転倒し衝撃防止用のクッション材にぶつ

かったためである。その後、重心位置の加速度計は、重力加速度を示している。図-1(b)は転倒しなかった場合の剛体重心位置の加速度を示したもので、図-1(a)の実験時の加振地震波の最大加速度より 50cm/sec^2 小さくした場合である。剛体重心位置の加速度は、振動台の最大加速度よりは大きくなっていない。時刻 25～30 秒付近の剛体の振動状態は、振動台の加速度より大きな振動加速度を発生しているが、時刻 30 秒以降は振動台とほぼ同じ加速度となっている。これは、剛体底部が浮き上がるような回転運動をしていたのが収まったためである。図-2(a)(b)は、剛体 No.6 における剛体回転角の時刻歴を示したものである。図中には、静的な転倒試験から求まる限界転倒角の値も示した。転倒しなかった場合は、限界転倒回転角には達していなかった。図-3に、実験に用いた剛体における限界回転角と転倒しない場合の動的な最大回転角を示す。振動実験結果から、剛体の転倒現象として、静的な限界回転角を超える場合は転倒メカニズムに移行しなかった。

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動的な転倒実験を行なった。実験は、振動台の加振加速度の最大振幅値を変化させ、転倒する、転倒しない境界をねらって行った。その結果、実験の範囲内ではあるが、限界転倒回転角に達しない場合は、転倒メカニズムに移行しなかった。

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

2)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・耐震設計編, 丸善, 1999.10

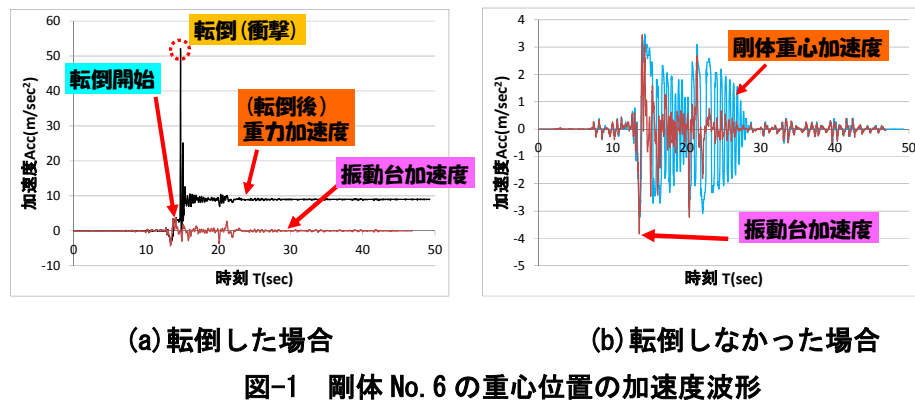


図-1 剛体 No. 6 の重心位置の加速度波形

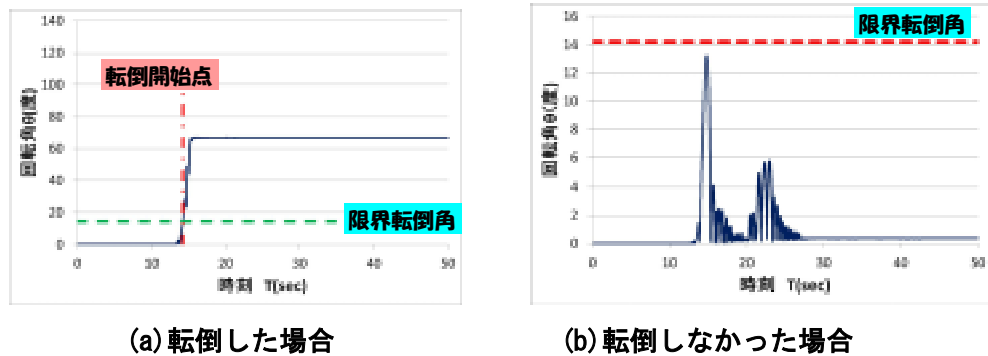


図-2 剛体 No. 6 の回転角の時刻歴波形

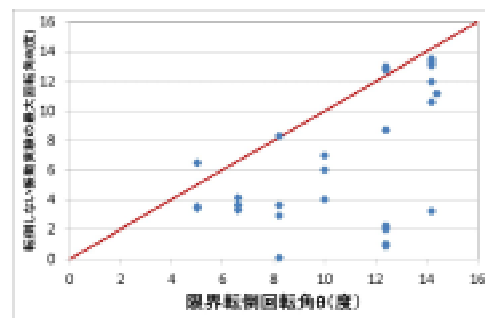


図-3 動的な最大回転角と限界回転角との関係