

I-A5 極大地震時の円形断面鋼製橋脚の挙動に関する研究

名古屋大学 学生員 森 正樹 名古屋大学 フェロー 伊藤義人

1. 序論

阪神・淡路大震災における鋼製橋脚の被害例の中には、橋脚基部ではなく、橋脚の柱長さの中間点付近で局部座屈を生じた例が見られる。今回の地震では、水平方向の地震動だけでなく、鉛直方向の地震動についてもその影響について大きな関心が寄せられている。本研究では、実際に被害を受けた円形断面鋼製橋脚をモデル化し、鉛直方向の衝撃力または実際の地震動を入力することによって動的応答解析を行い、実際の円形断面鋼製橋脚の極大地震時の挙動を明らかにする。

2. 解析モデル

解析の際にモデル化した橋脚は、阪神高速道路3号神戸線・神下P584橋脚である。この橋脚は高さ約16mで、下端から4mの位置に鋼材変化点、下端から8mと12mの位置に板厚変化点があり、板厚は下から28mm, 21mm, 19mmとなっている。また、下端から高さ約3.4mの高さまで内部に車両の衝突変形防止用のコンクリートが充填されている。震災では、ちょうど柱長さの中間位置にあたる8mの板厚変化点のすぐ上方で局部座屈が生じ、山側へ大きく傾いた。図-1に橋脚とその被害の概略図を示す。

動的応答解析は、汎用有限要素コードLS-DYNA3Dを用いて行った。メッシュサイズは、基本的に1辺20cm程度の正方形を、局部座屈等の変形が考えられる部分はさらに高さ方向に細かく分割し、縦6.7cm、横20cmの長方形とした。材料の構成則は、鋼については道示に示されている公称降伏応力を用い等方性完全弾塑性体とし、コンクリートについては、一軸圧縮強度を $150\text{kgf/cm}^2$ とし、Drucker-Pragerの降伏条件によって定義した。

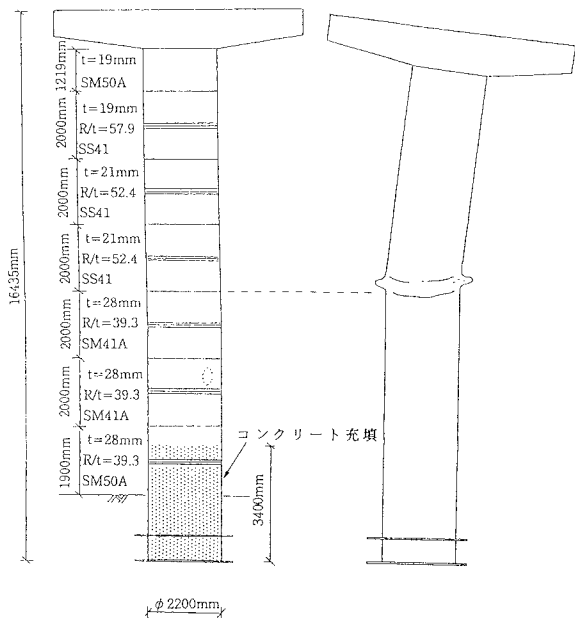


図-1 橋脚概略図・被害図

3. 解析内容

解析は、以下の2つに大別できる。1) 鉛直方向の衝撃荷重のみを考慮したモデルとして、支承が破壊し、橋桁が橋脚上に落下し、衝撃荷重が橋脚に加わったと考えたもの(モデル1)、2) 橋脚基部に実際の地震動を入力し、応答を見るもの。さらに、2)では、水平方向の地震動のみを入力したもの(モデル2)と、水平方向に加え、鉛直方向の地震動も同時に入力したもの(モデル3)の2つのケースについて解析を行った。

橋脚に作用する上部荷重は482tで、1)ではこれに相当する鉄重錘を橋脚の上方から高さを変えて自由落下させ、2)では相当する質量を橋脚上端部に静的に載荷している。2)で橋脚基部に入力した地震波は、同一の地盤種と考えられるJR鷹取駅で観測されたものを使用したが、橋軸方向は橋桁によって隣り合う橋脚と連結されていることを考慮し、水平方向の波形については橋軸直角方向に相当する南北方向の地震波形の

みを用いた。

#### 4. 解析結果

モデル1(鉛直方向の衝撃荷重載荷)では、鉛直荷重に相当する質量の落下高さが40cm以上になると、図-2に示すように、下端からの高さ12mの板厚変化点のすぐ上方、すなわち板厚が最も小さい部分で提灯座屈変形が見られた。

2)の地震動を入力したモデルでは、鉛直方向の地震動の入力の有無によって局部座屈の発生位置に違いが見られた。図-3に示すように、モデル2(水平方向の地震動のみ)では、下端からの高さ4mの鋼材変化点のすぐ上方で局部座屈が発生し、左右に繰り返し曲げを受けることによって両側の局部座屈がつながり、提灯座屈形状を示した。水平動による曲げモーメントは橋脚基部が最も大きくなるが、基部は鋼材が異なる(SM50系、他はSS41系)のに加え、コンクリートが充填されているので、その上の鋼材変化点で先に部材が降伏に達する結果となった。一方、モデル3(水平方向と鉛直方向の地震動を同時に入力)では、下端からの高さ8mの板厚変化点のすぐ上方で局部座屈が発生した。これは位置的には実際の被害と一致する。局部座屈変形は片側に顕著に現れ、全体の傾きも大きくなった。図-4にモデル2,3の水平方向の入力加速度、水平応答変位を示す。

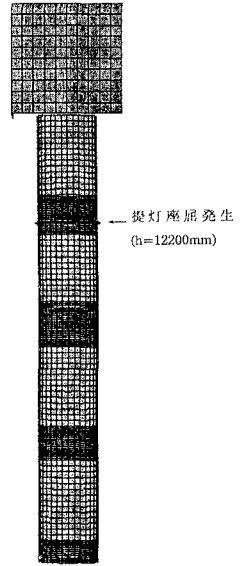
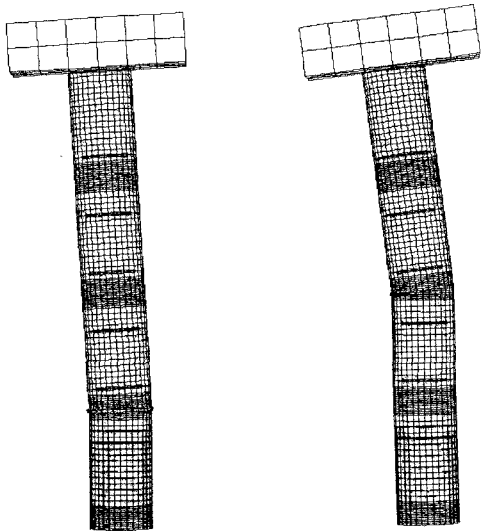
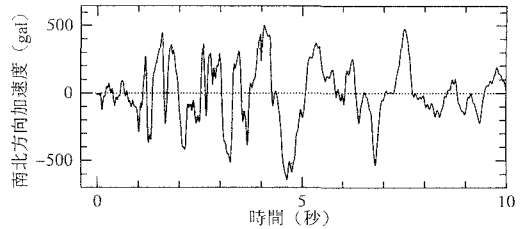


図-2 モデル1の変形  
(鉛直の衝撃)

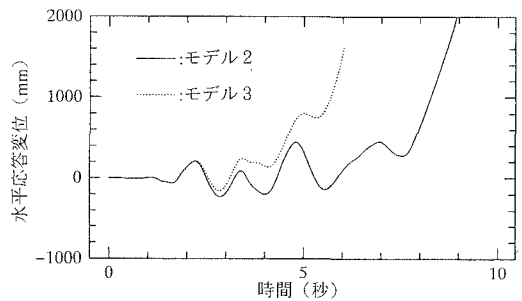


モデル1(水平のみ)      モデル2(水平+鉛直)

図-3 地震動を入力したモデルの変形



(a) 入力加速度



(b) 応答変位

図-4 入力加速度、応答変位

#### 5. 結論

本研究では、阪神・淡路大震災の鋼製橋脚の被害における鉛直地震動の影響について、汎用有限要素コードLS-DYNA3Dを用いて動的応答解析を行った。その結果、対象とした橋脚の変形については、水平方向の地震動によるものが支配的ではあるが、鉛直方向の地震動が局部座屈の発生位置に影響を与えた可能性を示した。