

### 鑄鉄線支承のサイドブロック破壊特性に関する実験および解析的検討

東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 ○平林 雅也  
 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 伊東 佑香

#### 1. はじめに

過去の地震時の桁構造の被害では、支承部で発生しているものが多く見られる。1978年に発生した宮城県沖地震においても、当社の橋梁は鋼製支承に多くの損傷が発生おり、桁の慣性力によりサイドブロックが破壊しているケースも見られている。今までに鑄鉄線支承の地震時耐力について、実験的検討や解析的検討が行われている<sup>1)</sup>。しかしながら、実験的検討では耐力の速度依存性が、解析的検討では解析的な最大耐力について論じられていない。そのため本検討において、静的・動的载荷試験により線支承サイドブロックの最大耐力に関する速度依存性の確認をするとともに、3次元FEM解析により破壊形態と最大耐力が再現可能かを確認した。

#### 2. 実験的検討

対象とする線支承は、新幹線用のFC250の鑄鉄を用いた支承で、桁長20m程度のコンクリート桁に利用されるものである。サイドブロックの水平断面形状は半円と矩形が合わさった形状で、アンカーボルト挿入孔が有る側と、挿入孔の無い側の2種類がある。この支承をコンクリートブロック上に埋め込み、写真-1に示す配置で、载荷版を介してアクチュエータにより、橋軸直角方向である支承の長手方向に、サイドブロックが破壊するまで静的および動的に载荷を行った。また、桁の自重を想定し鉛直方向に500kNの荷重を保持している。本試験はサイドブロックの強度確認のためアンカーボルトを設置しなかった。動的载荷の速度はサイドブロック衝撃時で7kine(cm/sec)程度となっている。東北地方太平洋地震などの大地震に比べて最大速度は小さいが、鑄鉄は速度依存性が少ないと考えられるので、試験的に確認をすることとした。

サイドブロックの荷重変位関係として、アクチュエータの荷重と载荷版の変位を図-1に示す。孔の有無で比較すると、孔の無い方の最大耐力が大きくなった。これは、孔が無い方の断面が大きいためと考えられる。载荷方法で比較すると、動的载荷より静的载荷の方の最大耐力が大きくなった。これは動的载荷より静的载荷の方の摩擦力が静止摩擦係数に近くなり大きい値となるため、摩擦力の差に起因すると考えられる。そのため、最大耐力を摩擦力、摩擦力を差し引いた最大耐力を比較すると、摩擦力を差し引くことで耐力が概ね等しいことから静的と動的のサイドブロックのみの耐力は同等であると考えられる。また、破壊形態は写真-2に示すように、孔の有無によらず、サイドブロックの付け根から発生した亀裂が水平方向に進展し、さらに半円箇所終わり付近から斜めに亀裂が進展した。

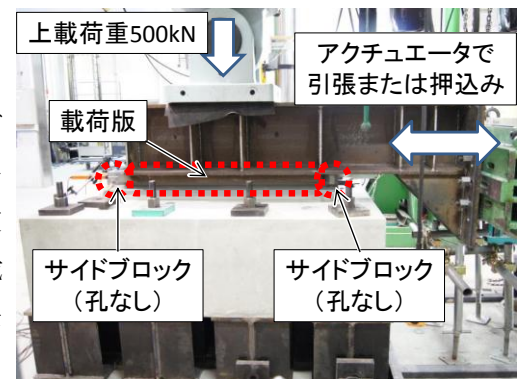


写真-1 载荷状況

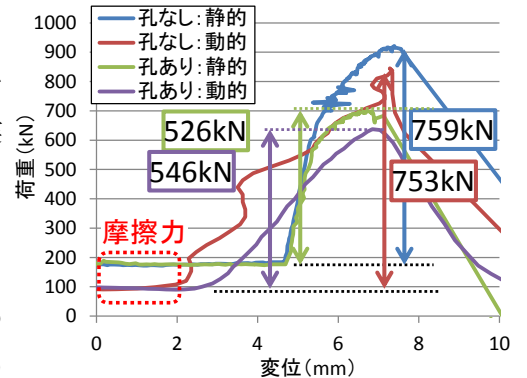


図-1 サイドブロック荷重変位関係

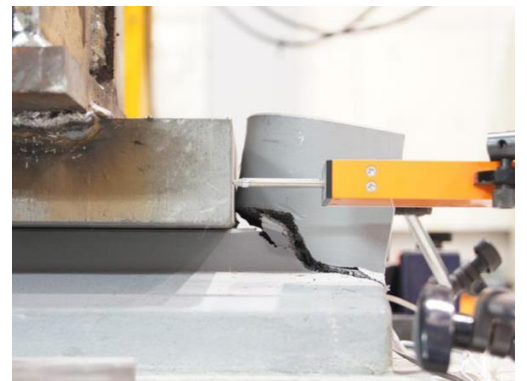


写真-2 サイドブロック破壊後の亀裂

#### 3. 解析的検討

キーワード 鑄鉄製支承, 線支承, 耐力力特性, FEM

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2丁目2-6 東京工事事務所 工事管理室 TEL:03-3379-4353

実験結果を解析的に評価できるかを3次元 FEM 解析により実施した。解析には汎用 FEM 解析ソフト MARC を用いた。解析モデルを図-2 に示す。メッシュサイズは亀裂基部を最小 0.3mm 程度とし、境界条件は支承下部の完全拘束および 1/2 対象境界面の直角方向の拘束とした。材料の応力ひずみ関係は、使用した支承と同時に製作したテストピースの引張試験から得た応力ひずみ曲線にフィッティングさせ、最大応力に達したのちに応力をほぼ水平としている。载荷試験を再現するため、サイドブロックと载荷版の境界面を接触条件とした解析により押し込むこととした。また、ポアソン比は 0.3、载荷版と支承間の摩擦係数は実験値から逆算して 0.33 とした。ここで、亀裂を発生させるための手法として、指定した値以上の最大主応力が発生した要素が消える設定とすることで、引張による疑似的な亀裂を発生させることとした。この手法を採用したのは、従来の亀裂進展解析では節点が分割され、さらにファインメッシングを繰り返すために相当な解析コストを要すると考えられるためである。また、材料の応力ひずみ関係で応力が最大値に達した後に低下させる方法も考えられるが、解析が不安定になりやすく、解析が進まないために要素消失が有効であると考えた。

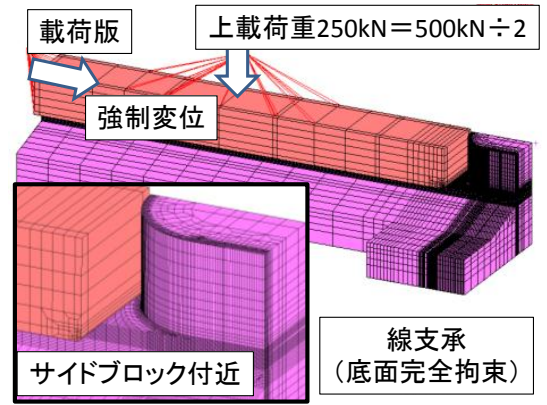


図-2 解析モデル(孔なし)

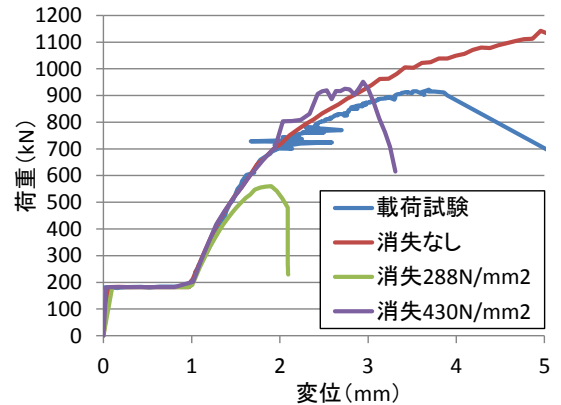


図-3 解析結果(孔なし)

図-3 に、実験結果に加え、亀裂発生手法を用いない場合(材料の弾塑性の構成則のみ)と亀裂発生手法を用いた場合の荷重変位曲線を示す。手法を用いずに要素消失しない場合、破壊荷重の半分程度である 700kN 程度までは概ね一致した一方、700kN 以上は実験より解析の方が荷重が上回るとともに荷重低下が見られなかった。これは材料の応力ひずみ関係において応力低下を設定していないことや、要素の消失やクラッキングによる応力解放がないために、要素が応力を負担して荷重が増えていることが原因と考えられる。亀裂発生手法を用いた場合は、要素消失する最大主応力を 288N/mm<sup>2</sup> と 430N/mm<sup>2</sup> とした結果を示す。要素消失の最大主応力 288N/mm<sup>2</sup> では、テストピースの引張試験より破断したときの公称応力を用いており、解析結果では立ち上がりの荷重変位は等しいが、最大荷重が実験より下回る結果となった。最大主応力 430N/mm<sup>2</sup> では、実験結果と荷重変位が概ね一致し、最大荷重も一致する結果となった。そのため、引張試験時の  $430 \div 288 \approx 1.5$  (倍) の最大主応力を指定することで最大荷重が再現できる結果となった。また、疑似亀裂の発生状況を図-4 に示す。サイドブロックの基部より斜めに要素が消失しており、亀裂の傾向が再現できていることがわかった。

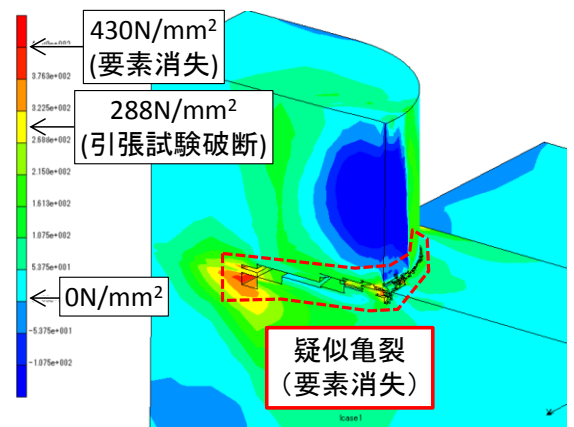


図-4 解析モデルの疑似亀裂(最大主応力)

4. まとめ

線支承のサイドブロックを静的・動的に破壊した結果、7kine 程度なら摩擦力を差し引くと最大耐力が概ね等しいことが確認できた。また、3次元 FEM 解析へ最大主応力により要素を消失させる簡易的な解析手法により、荷重変位曲線や最大耐力、亀裂の形状が実験と概ね同様となった。

参考文献

1) 安原, 藤橋, 市川, 水谷: 既設鋼鉄道橋の鋼製支承の水平耐力評価法に関する実験および解析的研究, 土木学会構造工学論文集, Vol. 49A, pp. 633-644, 2003. 3