

斜め方向の荷重に対する鋳鉄製線支承の耐荷特性の把握

J R九州コンサルタンツ (株) 正会員 ○山下健二
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 和田一範, 池田学

1. はじめに

鉄道鋼構造物の地震時被害は、直橋に比べて斜橋の方が多く、そのほとんどが桁支承部に集中する傾向にある。また、特に斜橋の場合は、支承部が損傷しやすいことに加えて、回転挙動の影響により落橋しやすいと考えられる。支承の損傷前の作用力や支承の損傷後の回転挙動についていくつか研究がなされているが、斜め方向に作用力が生じた場合の耐力については、安原らの実験例¹⁾があるものの、荷重方向の違いに着目したものではなく、十分に検討がなされていないのが現状である。

そこで本研究では、既設橋梁で採用数の多い鋳鉄製線支承を対象に、荷重の作用方向を変えた一方向の静的荷重試験を行い、荷重方向ごとの最大耐力や破壊モードに着目した検討を実施した。

2. 荷重試験の概要

既設の鋼鉄道橋からの撤去品である同種の鋳鉄製 (FC25) 線支承 3 体を使用した。荷重試験は、**図 1** に示すように水平・鉛直 2 軸の荷重試験装置で鉛直に 500kN の荷重を作用させた状態で、**図 2** に示すようにそれぞれの作用方向にソールプレートを模擬した鍵型の治具を当てることで実施した。**表 1** に実施した試験ケースを示す。サイドブロックは、外側と内側で寸法が異なるため、パラメータとしては、荷重の作用方向の他にサイドブロックの寸法 (外側・内側) も検討しているが、本稿では外側のケースについてのみ記載する。

3. 実験結果と考察

各ケースとも支圧面の摩擦力まで荷重が上昇した後に変位が生じ、サイドブロックに接触した時点で、荷重がさらに上昇し、最大荷重値を示した直後にサイドブロックが脆性的に破断して、荷重が急激に低下した。**図 3** に各ケースの荷重後のサイドブロックの破断状況を示す。各ケースとも荷重方向に沿って破断面が形成されることが確認された。ただし、SB-O-0 では、治具が接触している範囲 (幅 50mm) のみ破断している。

図 4 に各ケースの荷重-変位関係を示す。ここで、荷重値は摩擦力を除いた値で示している。SB-O-45 の最大荷重値は、SB-O-0 や SB-O-90 より同程度かやや小さい。これは、作用力に対する抵抗面積の違いや材料強度のバラツキなどの影響と考えられる。最大荷重値について、従来の鋳鉄製線支承のせん断耐力算定結果²⁾と比較すると、いずれもせん断耐力値よりも小さい値となった。また、最大荷重値を示した後の挙動について、SB-O-0 は、緩やかに荷重が低下しているのに対し、SB-O-45, SB-O-90 は急激に荷重が低下している。これは、

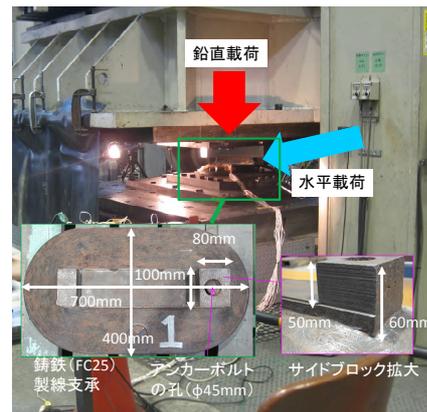


図 1 試験装置と試験体寸法

表 1 試験ケース

ケース名	荷重方向
SB-O-0	0°
SB-O-45	45°
SB-O-90	90°

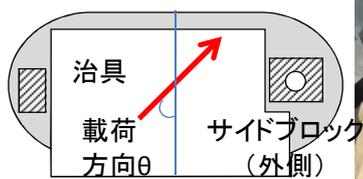


図 2 荷重方向と治具のイメージ



図 3 線支承の破断状況 (左: SB-O-0, 中: SB-O-45, 右: SB-O-90)

キーワード 鋳鉄製線支承, 斜め方向荷重, 耐荷特性, サイドブロック
 連絡先 185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 TEL 042-573-7280

先述した破断形態の違いによると考えられる。

図5に最大荷重値でのサイドブロック周りの鉛直方向の軸ひずみ分布を示す。ここで、ひずみは線支承の曲線部直上位置で計測した。荷重面では引張ひずみが生じ、反対面では圧縮ひずみが生じており、サイドブロックに荷重方向に沿って曲げモーメントが生じていることがわかる。例えば、SB-O-45について、A面はy軸正方向に引張ひずみが小さくなり、B面ではx軸正方向に圧縮ひずみが大きくなる。このことから最大荷重値は、曲げ耐力で決定されている可能性も考えられる。また、SB-O-0について、治具の接触範囲(y=0~50mm)を越えて、引張ひずみが生じており、作用力に対する抵抗範囲が接触部分より広いことがわかる。

4. 3次元FEM解析結果との比較

実験結果を詳細に分析するために、試験体を3次元有限要素でモデル化し、荷重増分でのプッシュ・オーバー解析を行った。なお、鋳鉄の材料特性は、過去の材料試験結果を利用し、要素はソリッド要素を用いた。

図6に50kN作用時におけるサイドブロック周りの鉛直軸ひずみのコンター図を示す。本結果から、アンカーボルトの孔周りに局所的に小さなひずみ値が生じるような複雑なひずみ分布ではなく、荷重の作用方向に沿って、引張ひずみから圧縮ひずみに連続的に変化していることがわかる。

図7に50kN作用時におけるサイドブロック周りの鉛直軸ひずみの解析結果と実験結果との比較を示す。本結果から、ひずみの正負や作用方向ごともまたは位置ごとの大小関係について、両結果がよく一致し、作用方向に沿って曲げひずみが生じていることがわかる。このことから、非線形領域の適切な考慮は必要となるが、鋳鉄製線支承の最大耐力を解析結果による連続的なひずみ分布から曲げ耐力として算定できる可能性が考えられる。

5. おわりに

既設橋梁で採用数の多い鋳鉄製線支承を対象に、荷重の作用方向を変えた一方向の静的荷重試験を行い、最大耐力や破壊モードについて検討を実施した。その結果、斜め方向に荷重が作用すると、橋軸方向や橋軸直角方向に作用した場合よりも最大荷重値が同程度かやや小さいことがわかった。また、脆性的な破壊により、荷重の作用方向に沿って、破断面が形成されることがわかった。また、作用方向に沿って曲げひずみが生じることを実験および3次元FEM解析から確認した。今後は、解析結果のひずみ分布などを非線形領域も含めてより詳細に分析することで、鋳鉄製線支承の耐力の算定方法を検討する予定である。

参考文献 1)安原真人, 藤橋秀雄, 市川篤司, 水谷大作: 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, 構造工学論文集, Vol.49A, 2003.3. 2)中原正人, 池田学, 豊岡亮洋, 永井紘作: 鋳鉄製支承の地震時耐荷力特性と復元力モデル, 鉄道総研報告, Vol.22, No.3, 2008.3.

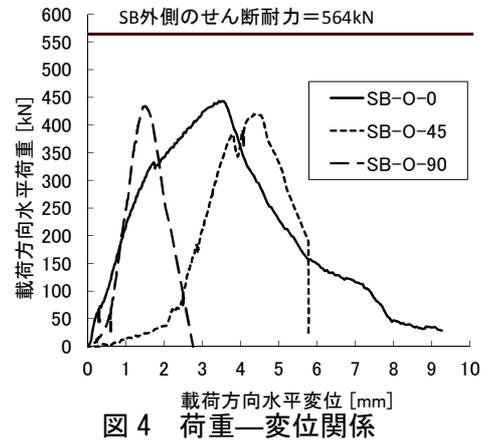


図4 荷重—変位関係

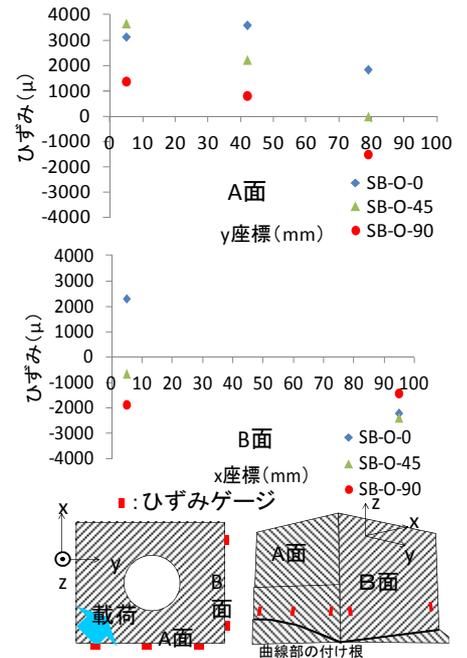


図5 サイドブロックのひずみ分布

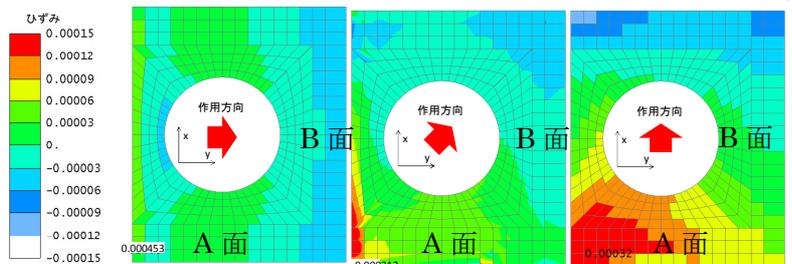


図6 3次元FEM解析によるサイドブロックのひずみ分布 (50kN作用時)

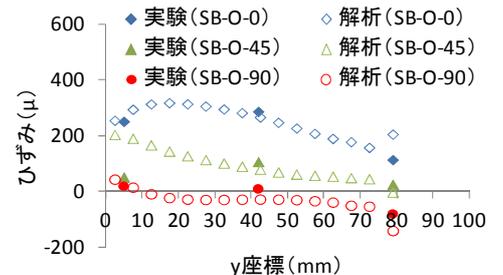


図7 鉛直軸ひずみ分布に関する実験結果と解析結果の比較 (A面)