

鋼製ラーメン橋脚隅角部のフィレットに着目した耐震性能に関する検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○宮田 亮 日立造船鉄構株式会社 正会員 田原 潤  
 東京工業大学大学院理工学研究科 正会員 小野 潔 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男  
 日立造船鉄構株式会社 正会員 美島 雄士 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

**1. まえがき** 鋼製ラーメン橋脚隅角部のフランジ交差部(図1)は構造上の応力集中<sup>1)</sup>と、図2に示す3溶接線が交差する箇所<sup>2)</sup>の不完全溶け込みに起因して、近年、疲労亀裂<sup>3)</sup>の発生が報告されている。そこで、図3に示す隅角部のフランジ交差部の応力集中に配慮した構造詳細の1つフィレット<sup>4)</sup>が提案されている。本研究室では鋼製ラーメン橋脚隅角部にフィレットを反映させた実験供試体を用いた正負交番載荷実験を行った。図4に試験装置を示す。実験結果の一例として標準的な供試体のジャッキ荷重-隅角部ウェブパネルせん断変形角関係とジャッキ荷重-フィレット面外変位関係を図5に示す。図5より、フィレットは隅角部ウェブパネルの降伏よりも低い荷重レベルで面外に変形したように見える。フランジ交差部の疲労に対して良好な影響を与えるフィレットであるが、想定よりも低い地震動レベルで損傷し隅角部の角に残留変形が生ずることは、L1地震動<sup>5)</sup>に対して健全性を損なわないという観点から好ましくない。そこで、本稿では鋼製ラーメン橋脚隅角部に設置したフィレットに着目した耐震性能に関して解析的に検討する。

**2. 再現解析** 解析手法の妥当性を検証するために再現解析を実施した。荷重載荷時の隅角部の挙動のイメージを図6に示す。図6より、荷重の増加につれて隅角部ウェブパネルがせん断変形していく様子がわかる。そして隅角部ウェブパネルのせん断変形がフィレットの面外変形に直接的な影響を与えられ。従って、再現解析ではジャッキ荷重、隅角部ウェブパネルせん断変形角 $\gamma$ および図3に示す変位計設置位置のフィレット面外変位 $\delta_F$ の関係を解析的に追跡することを目的とした。初期不整について、フィレット以外の隅角部には初期たわみと残留応力を導入したが、フィレットには初期たわみのみを導入することとした。再現解析の一例として、標準的な供試体の実験結果との比較を図5に示す。図5よりジャッキ荷重-隅角部ウェブパネルせん断変形角 $\gamma$ 関係は精度良く再現できたが、ジャッキ荷重-フィレット面外変位 $\delta_F$ 関係はフィレットに残留応力を導入していないため実験結果との誤差がやや大きい傾向は捉えることができた。

**3. パラメトリック解析** 表1に解析モデルの諸元を示す。再現解析で示し

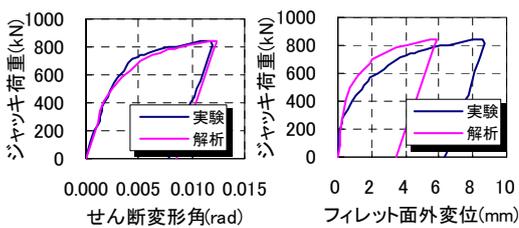


図5 実験結果と再現解析結果

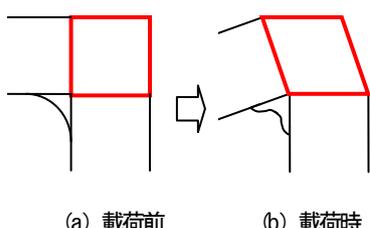


図6 載荷に伴うフィレットの面外変形

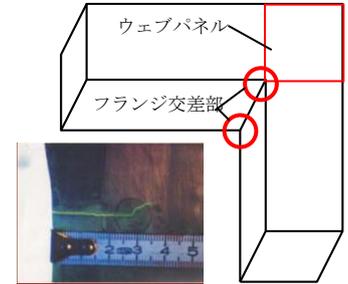


図1 フランジ交差部の疲労亀裂<sup>3)</sup>

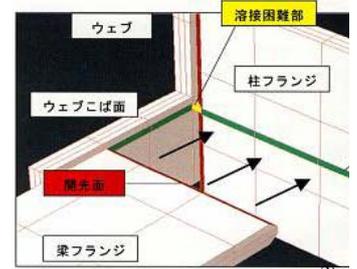


図2 溶接三線交差部模式図<sup>2)</sup>

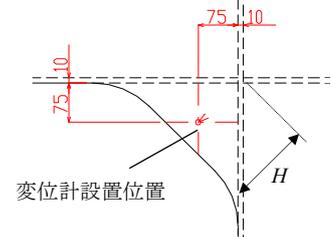


図3 フィレット<sup>4)</sup>

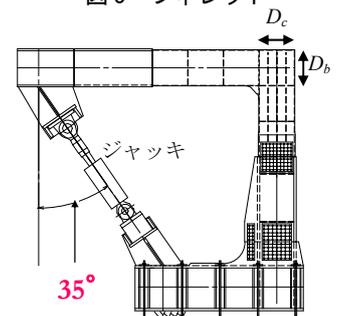


図4 試験装置

表1 供試体諸元

	1	2	3	4	5
材質	SM570	SM570	SM570	SM570	SM570
$D_b$ (mm)	750	750	750	750	750
$D_c$ (mm)	750	750	750	750	750
$D_b/D_c$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
t(mm)	10	5	20	10	10
H(mm)	150	150	150	300	75
$H/D_b$	0.20	0.20	0.20	0.40	0.10
$H/t$	15.00	30.00	7.50	30.00	7.50

キーワード フィレット, 鋼製ラーメン橋脚, 隅角部, 座屈, 構造詳細

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院S1棟628号室 TEL06-6879-7599

た解析モデル1を基本として、首都高速の設計要領<sup>4)</sup>に準拠してフィレットの突出幅 $H$ とりのウェブ高さ $D_b$ の比 $H/D_b$ の関係を0.2で一定として板厚 $t$ を変化させたモデルを2モデル設定した。さらに解析モデル1を基本として、板厚 $t$ を一定として突出幅 $H$ を変化させたモデルを2モデル設定した。荷重手法については、荷重を取り除いた時のフィレットの残留変形を把握することを目的としているので、荷重は荷重制御で行うこととした。図7に荷重パターンの概念図を示す。また、図6より隅角部ウェブパネルのせん断変形がフィレットの面外変形に直接的な影響を与えると考えられるため、フィレット面外変位 $\delta_{rF}$ を隅角部ウェブパネルのせん断変形角 $\gamma$ で整理することとした。図8に解析モデル1の隅角部ウェブパネルせん断変形角 $\gamma$ —フィレット面外変位 $\delta_{rF}$ 関係を示す。図8からわかるように隅角部ウェブパネルがせん断降伏し残留変形が生じなければ、フィレットにも面外残留変位 $\delta_{rF}$ はほとんど生じない。図9に各解析モデルについて、隅角部ウェブパネルに残留変形が生じたサイクルの隅角部ウェブパネルせん断変形角 $\gamma$ —フィレット面外変位 $\delta_{rF}$ 関係の比較を示す。板厚 $t$ が小さく突出幅 $H$ が大きいほどフィレット面外残留変位 $\delta_{rF}$ は大きく生じていることがわかる。 $H/D_b$ の関係が0.2で一定である解析モデル1, 2, 3について板厚 $t$ を乗じて比較したものを図10に示す。続いて、 $H/t$ の関係が30.00で一定の解析モデル2, 4および $H/t$ の関係が7.50で一定の解析モデル3, 5について突出幅 $H$ で除して比較したものを図11に示す。さらに、表2に各解析モデルのフィレット面外残留変位 $\delta_{rF}$ とフィレット面外残留変位 $\delta_{rF}$ に板厚 $t$ を乗じ突出幅 $H$ で除した値の比較を示す。図10, 図11および表2よりからわかるように、過去に受けたせん断変形角 $\gamma_{max}$ が同程度であればフィレット面外残留変位 $\delta_{rF}$ は板厚 $t$ および突出幅 $H$ で整理することができる。

**4. 結論** 隅角部ウェブパネルに残留変形が生じなければフィレットにも明確な残留面外変位は生じなかった。フィレットの残留面外変位の大きさは板厚 $t$ および突出幅 $H$ で予測できる可能性があることを示した。

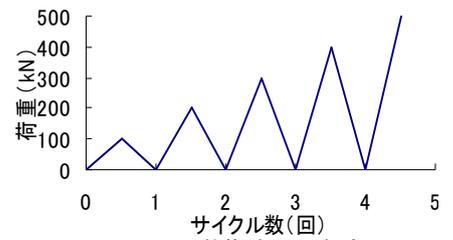


図7 荷重パターン概念図

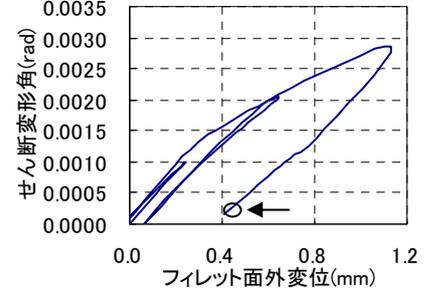


図8 せん断変形角—フィレット面外変位関係

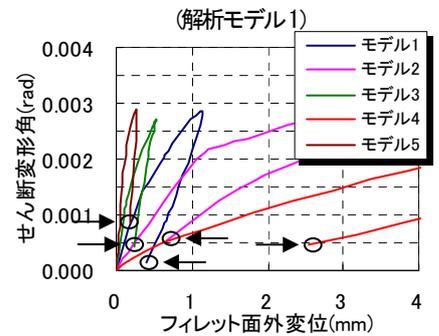


図9 フィレット面外変位の比較

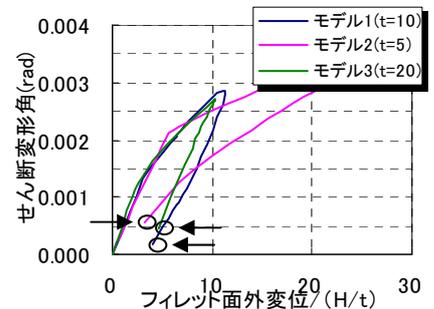


図10 フィレット面外変位\*板厚の比較

(解析モデル1, 2, 3)

表2 各解析モデルの $\delta_{rF}$ と $\delta_{rF}*t/H$ の比較

	1	2	3	4	5
$\gamma_{max} (*1000)$	2.9	3.2	2.7	2.9	2.8
$\delta_{rF}$	0.41	0.66	0.23	2.54	0.19
/モデル1	1.0	1.6	0.6	6.2	0.5
$\delta_{rF}*t/H$	0.027	0.022	0.031	0.085	0.026
/モデル1	1.0	0.8	1.1	3.1	1.0

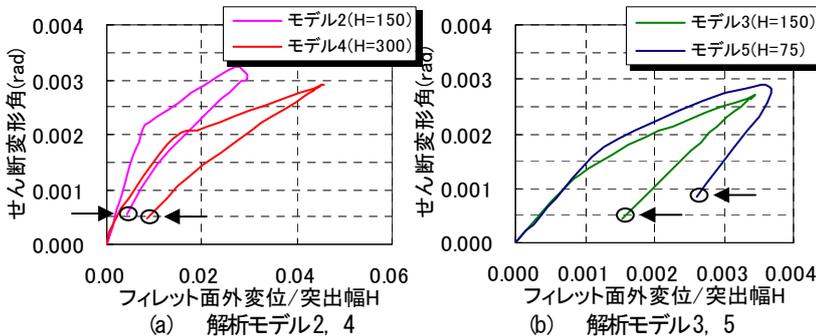


図11 フィレット面外変位/突出幅の比較

**【参考文献】**

1) 奥村敏恵, 石沢成夫: 薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について, 土木学会論文集, No.153, pp.1-18, 1968年. 2) 国土交通省 国土技術政策総合研究所: 道路橋の鋼製橋脚隅角部構造に関する資料, 国土技術政策総合研究所資料 No.229, 2005年. 3) 三木千壽, 平林泰明: 施工の不具合を原因とする疲労損傷, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.3, pp.518-532, 2007年. 4) 首都高速道路公団: 首都高速道路 橋梁構造物設計要領 II 鋼橋編, pp.58-59, 2003年. 5) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2002年.