

第 I 部門

鋼製ラーメン橋脚隅角部に設置したフィレットの座屈性状に関する研究

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
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 三好 崇夫 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¹⁾と、図 2 に示す 3 溶接線が交差する箇所²⁾の不完全溶け込みに起因して、近年、疲労亀裂³⁾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⁴⁾が提案されている。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、その耐荷力に関する知見は少なく地震時の挙動は明らかではない。想定よりも低い地震動レベルでフィレットが損傷し隅角部の角に残留変形が生ずることは、L1 地震動⁵⁾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の耐荷力を明らかにすることを目的とし、実験・解析的に検討を行う。

2. フィレットの座屈実験 実験供試体を図 4 に示す。また実験供試体の諸元を表 1 に示す。首都高速道路（株）の設計要領に準拠しフィレットの突出幅 H をはり高さ D_b の 20% とした供試体 1 を基本モデルとして、フィレット突出幅を大きくしたモデルを供試体 2、はり高さ D_b を大きくしたモデルを供試体 3、材質を変化させたモデルを供試体 4 とした。フィレットに圧縮力を作作用させるため、荷重方向は図 4 に示すように鉛直下向きのみ片振り漸増繰り返し載荷とした。載荷パターンの概念図を図 5 に示す。

3. 解析的検討 実験におけるフィレットの座屈性状を弾塑性有限変位解析プログラムで再現し解析プログラムの妥当性を検証した。その一例として供試体 2 の荷重－フィレット面外変位関係の比較を図 6 に示す。図 6 より実験のフィレットの座屈性状を解析で再現できたことがわかる。その後、実験施設の制約から実験では再現できなかった、より実構造に近い断面力を再現し解析を行った。解析モデルを図 7 (a) に示す。実験でははり長さ L を 359mm としたが、解析では実績調査の標準値としてのはり高さ D_b とはり長さ L の関係により、曲げモーメントの変曲点長さを想定してはりおよび柱長さを 950mm とした。また解析モデルの諸元は実験供試体の諸元と同一とし、解析モデル 1~4 と称することとする。荷重の載荷について、解析では一般的に変位制御にて載荷されるが、荷重を取り除いた時の残留変形を把握することを

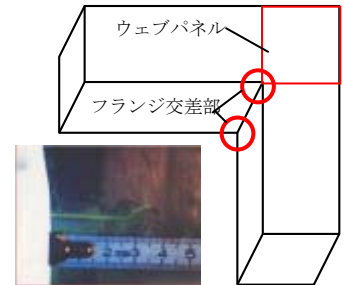
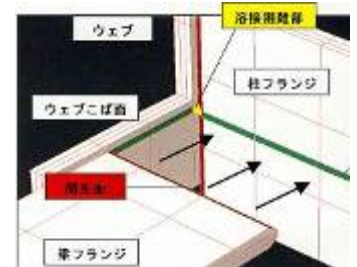
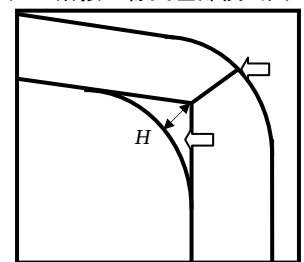
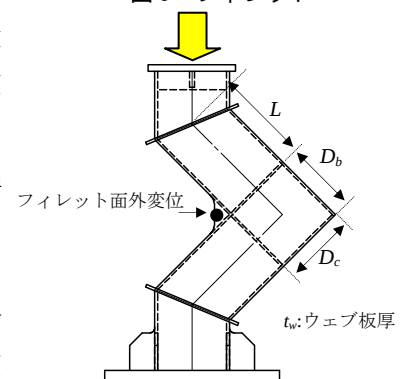
図 1 フランジ交差部の疲労亀裂³⁾図 2 溶接三線交差部模式図²⁾図 3 フィレット⁴⁾

図 4 実験供試体

表 1 供試体諸元				
材質	供試体1	供試体2	供試体3	供試体4
D_b (mm)	SM570 300	SM570 300	SM570 450	SM490Y 300
D_c (mm)	300	300	300	300
D_b/D_c	1.00	1.00	1.50	1.00
t_w (mm)	9	9	9	9
H (mm)	60	135	90	60
H/D_b	0.20	0.45	0.20	0.20
H/t_w	6.67	15.00	10.00	6.67

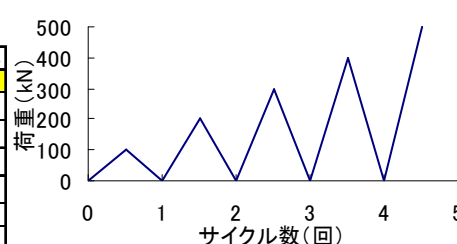


図 5 載荷パターン概念図

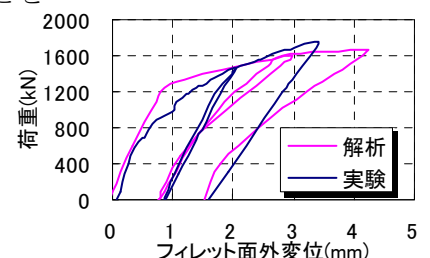


図 6 荷重－フィレット面外変位の比較

Ryoh MIYATA, Jun TAHARA, Kiyoshi ONO, Nobuo NISHIMURA, Takao MIYOSHI and Satoshi NARA

目的としているため本解析では荷重制御の片振り漸増繰り返し载荷とした。载荷パターンを概念図を図5に示す。荷重载荷時の隅角部の挙動のイメージを図7(b)に示す。図7(b)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。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。そこで本稿では、フィレット面外変位を隅角部ウェブパネルのせん断変形角で整理することとした。解析モデル1を基本モデルとして各解析モデルのせん断変形角-フィレット面外変位関係の比較を図8に示す。载荷は荷重制御としているため、下側の折り返し点で荷重が完全に取り除かれたことになる。従って、折り返し点でせん断変形角がゼロに戻らなくなるサイクルでウェブパネルがせん断降伏したことになる(図8中の矢印)。参考のため荷重-せん断変形角関係から読み取ったSM570材の降伏せん断変形角を図8中に点線で示した。図8より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はほとんど生じないことがわかる。各解析モデルについて考察する。図8(a),(b)の解析モデル1,2,3は突出幅 H の異なるモデルである。突出幅 H の大きなモデルのフィレット面外残留変位は隅角部ウェブパネルのせん断降伏後に急増していることがわかる。フィレットの突出幅 H はウェブパネルがせん断降伏した際のフィレットの面外残留変位の大きさに影響を与えるということがいえる。図8(b)より、解析モデル3のフィレット面外残留変位は隅角部ウェブパネルがせん断降伏する前に生じていることがわかる。これは、解析モデル3のはり高さを大きくしたため、隅角部ウェブパネルを変形させるのに大きな荷重を要しウェブパネルよりも柱フランジが先に降伏し、解析モデル1に比べ柱側からの圧縮変位が増大したためであると考えられる。図8(c)の解析モデル1,4は鋼種が異なり、突出幅 H が同じモデルである。図8(c)より、解析モデル4は解析モデル1と同じようなせん断変形角の履歴を受けたにも関わらず、解析モデル4のフィレットの面外残留変位は解析モデル1に比べ大きくなっていることがわかる。これは、解析モデル4はSM490Y材であり降伏応力 σ_y が小さく、必然的に小さなせん断変形角でウェブパネルが降伏しているからである。

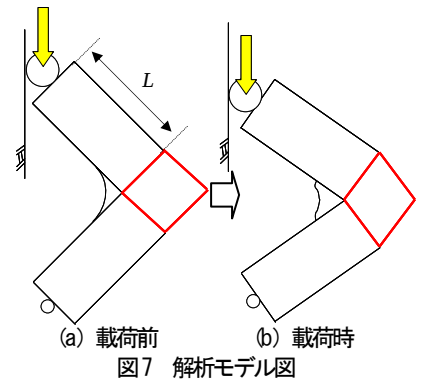


図7 解析モデル図

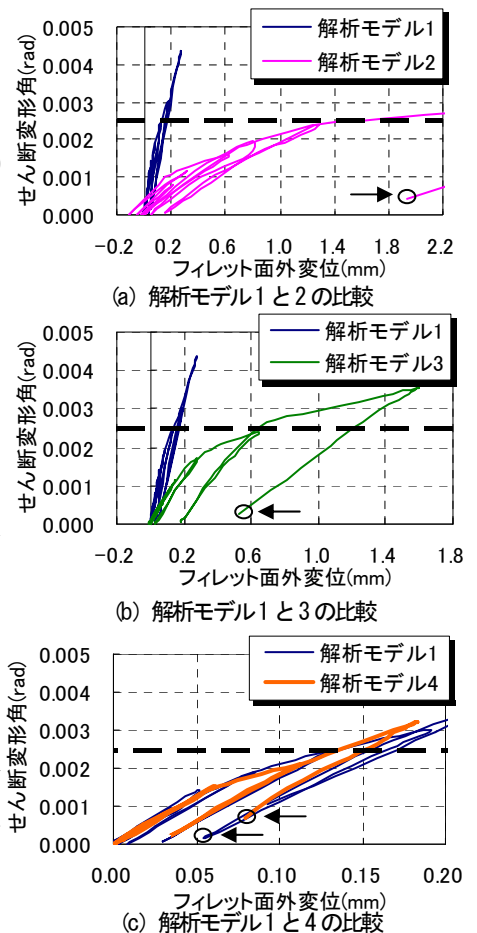


図8 せん断変形角-フィレット面外変位関係

4. 結論 本検討の範囲内では、鋼製ラーメン橋脚隅角部のフランジ交差部の疲労に配慮したフィレットは、隅角部ウェブパネルや隅角部フランジに塑性変形が生じなければ単独で座屈せず面外残留変位も生じない。また、フィレットの残留面外変位の大きさは突出幅 H やウェブパネル残留変形角の大きさに影響を受ける。

【謝辞】

本研究は「平成19年度鋼構造研究・教育助成事業(土木学生研究)」の一環として行ったものであります。ここに深く感謝いたします。

【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.