

新設鋼製橋脚隅角部におけるフィレット構造の応力低減効果（その1）

首都高速道路公団 正会員 時田英夫 首都高速道路公団 正会員 溝口孝夫
 (財)首都高速道路技術センター 正会員 町田文孝 (財)首都高速道路技術センター 正会員 澁谷 敦
 川田工業(株) 正会員 ○宮森雅之 (株)横河ブリッジ 正会員 清川昇悟

1. はじめに

近年、鋼製橋脚の隅角部において多くの疲労き裂が発見されている¹⁾。従来隅角部の設計には、奥村・石沢²⁾らのせん断遅れを考慮した解析法³⁾が用いられていたが、応力集中の程度、隅角部の形状、断面寸法などにより異なり、疲労性能に影響を及ぼすケースもあり、これが疲労損傷の原因の一つとして考えられている。このため、今後、新設される鋼製橋脚の疲労損傷を防ぐため、現在、せん断遅れによる応力集中の緩和方法が検討されている。これらの検討の中で、応力集中を緩和する一つの方法として、隅角部にフィレットを取り付ける方法が考えられ、有限要素法（以下、FEM 解析）を用いたパラメトリック解析による検討を実施した。

本稿では、フィレットを設けて応力集中を緩和する方法の一連の検討の中で、フィレットの寸法と形状が応力集中の低減効果に与える影響とフィレットの縁端および先端の応力性状について、フィレット形状をパラメトリックに変化させた FEM 解析によって確認された内容を報告する。

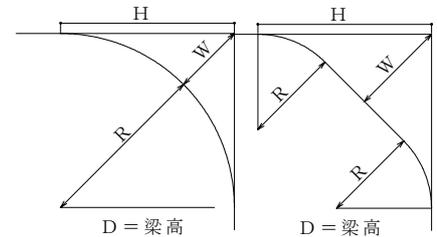
2. 解析概要

応力集中の緩和に関する検討では、既設の角柱断面 2 層式ラーメン橋脚の中層部（トの字型隅角）について、フィレット寸法などを变化させた FEM 解析を行った。解析条件を下記に示す。

- ・ 解析の種類 : 静的弾性 FEM 解析
- ・ 使用要素 : 薄肉シェル要素
- ・ 評価位置要素サイズ : 25mm
- ・ 載荷荷重 : 任意の単位荷重
- ・ 境界条件 : 柱上下端の全自由度拘束

図-1 に検討に用いたフィレット形状の概略を示す。フィレット形状は、Type-4.1 では 1/4 円タイプとした。Type-4.2~4.4 では円弧-直線-円弧タイプとし、フィレット寸法における W/D (W ; フィレットの大きさ (突出長), D ; 梁ウェブ高) を变化させた。

評価位置は、横梁フランジにおいて、柱フランジから 50mm、梁ウェブから 50mm 離れた位置とし、応力が最大となる外面の主応力を用いた。この評価位置は、板の交差線から 2 要素分離することで解析上の局所的な応力の乱れの影響がなくなると判断し便宜上定めた位置である。本検討では、表-1 に示す Type-4.0~4.4 の計 5 ケースの解析を行った。これらと比較することで、フィレットによる応力集中の低減効果と、フィレットの縁端および先端の応力集中に関して整理した。



(a)1/4 円タイプ (b)円弧-直線-円弧タイプ

図-1 フィレット形状

表-1 解析ケース

Type-4:角柱トの字型					
解析モデル概略図					
	形状	t _f	t _w		
	梁断面	2000×2500	28		
柱断面	2200×2500	25	22		
解析ケース	フィレット形状 (mm)			備考	
	解析ケース名称	W	R		
	Type-4.0	なし			
	Type-4.1	165.685	400	400	W/D=8.3% 1/4円タイプ
	Type-4.2	200	200	365.685	W/D=10% 円弧-直線-円弧タイプ
Type-4.3	400	400	731.371	W/D=20% 円弧-直線-円弧タイプ	
Type-4.4	600	600	1097.056	W/D/30% 円弧-直線-円弧タイプ	

キーワード 鋼製橋脚, 隅角部, 疲労き裂, フィレット, せん断遅れ, 応力低減
 連絡先 〒114-0024 東京都北区西ヶ原 3-45-4 川田工業株式会社 TEL 03-3940-6071

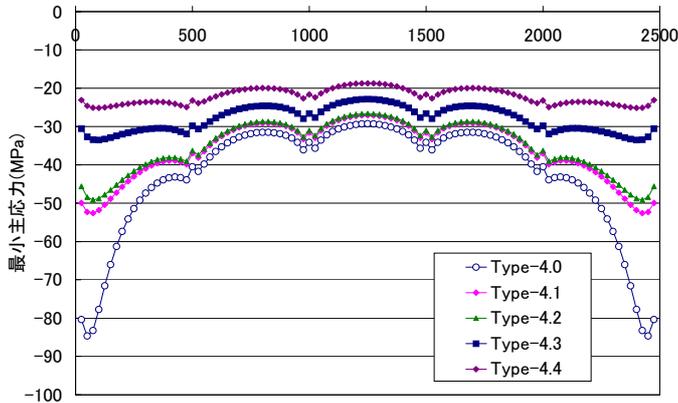


図-2 梁フランジ応力分布

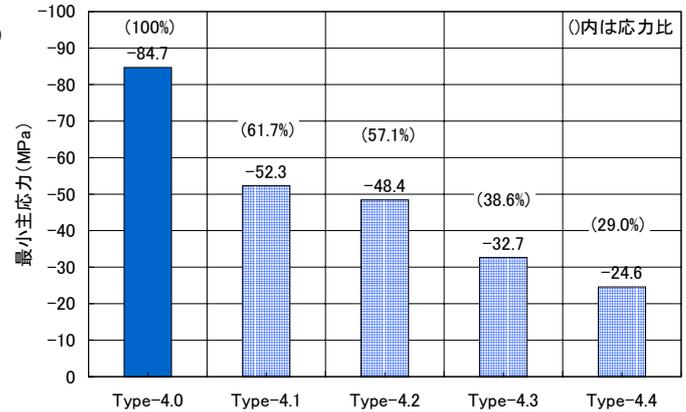


図-3 応力比（評価位置）

3. 応力集中の低減効果

柱フランジから 50mm 離れた位置の梁フランジの応力分布を図-2 に示す。図-3 に評価位置における応力比を示す。ここで応力比とは、フィレットの有無による評価位置での応力の比である。図-2, 3 から明らかなように、 $R=400$ の $1/4$ 円形状のフィレット (Type-4.1) を設けることで、隅角部に発生する応力を 62%程度にできることが確認された。次に、 $1/4$ 円タイプに比べ、突出長: W を上げられる円弧-直線-円弧タイプでは、 W/D を大きくするにともなって、応力集中を低減できることが確認された。 $W/D=20\%$ の円弧-直線-円弧タイプ (Type-4.3) の応力低減効果は大きく、39%程度まで、応力が低減されることが確認された。

$1/4$ 円タイプで同程度の効果を得るためには、製作上の課題は残すが、 $R=985$ 程度が必要となり、フィレットの大きさ(H)は 1.35 倍の大きさになることが確認された。

4. フィレット縁端および先端の応力

図-4 (a)~(d)にフィレット部の最小主応力図を示す。フィレットの大きさ(突出長): W を大きくするにともなってフィレット内に発生する応力が低減されている。また、フィレット端部の仕上げ形状: R を大きくすることでフィレットの先端および縁端での応力集中も低減できている。これに加え、縁端の応力ピークの箇所を梁部材から離すことも確認された。また、同じ $R=400$ を用いた場合でも、 $1/4$ 円タイプ (Type-4.1) よりも円弧-直線-円弧タイプ (Type-4.3) の方がフィレット縁端に発生するピーク応力を低減できている。このことから、隅角部およびフィレットに発生する応力を低減するためには、円弧-直線-円弧タイプとし、 W および R を大きく取ることが効果的であることがわかった。

5. おわりに

今回、鋼製橋脚隅角部の FEM 解析によるパラメトリック解析の結果、応力集中を低減させるために有効なフィレット形状および発生する応力性状を明らかにした。応力低減効果から有効なフィレット形状は、円弧-直線-円弧タイプであり、フィレットの大きさ(突出長): W と端部形状: R を大きくすることが望ましい。

【参考文献】

- 1) 森可・下里・三木・市川: 箱断面柱を有する鋼製橋脚に発生した疲労損傷の調査と応急対策, 土木学会論文集 I 巻, 703 巻 I-59 号 pp.177-183, 2002 年 4 月
- 2) 奥村・石沢: 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, 第 153 号, pp.1-18, 1968 年 5 月
- 3) 首都高高速道路公社: 首都高道路・鋼構造物設計基準, 1992 年 4 月

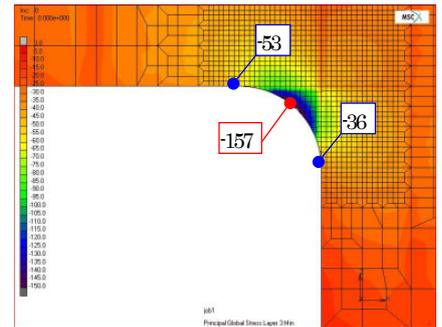


図-4 (a) Type-4.1

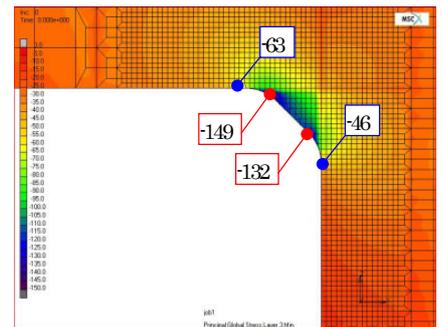


図-4 (b) Type-4.2

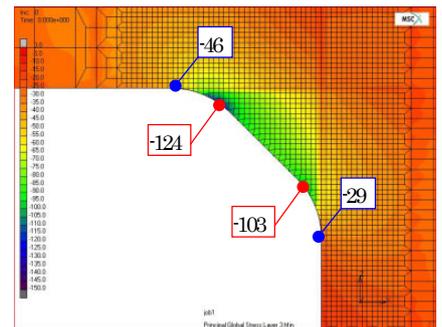


図-4 (c) Type-4.3

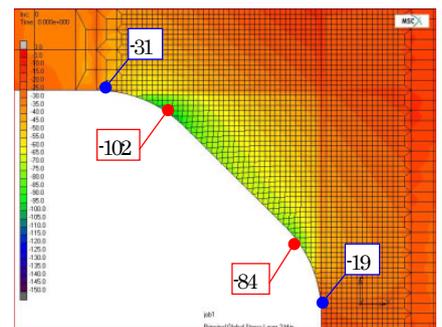


図-4 (d) Type-4.4