

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2）

首都高速道路公団
(財)首都高速道路技術センター
川田工業(株)

正会員
正会員
正会員

並川賢治
町田文孝
宮森雅之

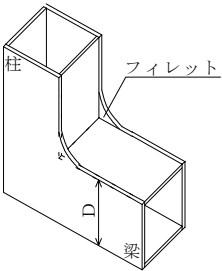
首都高速道路公団
(財)首都高速道路技術センター
(株)横河ブリッジ

正会員
正会員
正会員

溝口孝夫
澁谷 敦
○清川昇悟

1. 目的

平成13年の首都高速道路の定期点検で鋼製橋脚のラーメン隅角部に疲労き裂が発見されて以降、様々な補修補強に関する検討が行われており^{1), 2)}、これら疲労き裂の要因の一つは、せん断遅れによる高い応力集中であることが報告されている。このせん断遅れによる応力集中は、隅角部へ図-1に示すようなフィレット構造を付加することで低減できる事が分かっているが⁴⁾、低減効果について定量的に検討されていない。本研究では、フィレット構造のせん断遅れによる応力低減効果の定量的な把握を目的としてパラメトリック解析を行い、フィレット形状および寸法について検討を行ったものである。



2. 解析手法

本研究では、表-1に示すように、角柱断面および円柱断面の1層門型ラーメン橋脚と、段違い隅角を有する変形π型ラーメン橋脚を対象とし、それぞれ図-2に示すフィレットの大きさ（突出長）：Wとフィレット端部の仕上げ形状：Rを変化させてせん断遅れによる応力低減効果との相関を検討した。円柱隅角については柱内割込みウェブ（図-3）の有無も検討項目とした。

解析条件を箇条書きする。

- ・ 静的弾性 FEM 解析
- ・ 使用要素：薄肉シェル要素、梁要素
- ・ 隅角部局部の最小要素サイズ：15mm
- ・ 載荷荷重：道路橋示方書の B 活荷重相当
- ・ 境界条件：柱基部の全自由度固定

3. 数値解析結果

角柱断面橋脚

図-4に、最小主応力分布図の一例を示す。図は隅角角部を梁フランジ下方向から見ている。

フィレットを取り付けることにより、隅角角部に発生している応力集中が緩和され、その分フィレットに応力が集中している。図-5に、梁下フランジ幅方向の応力分布の比較を示す。応力は外面の梁軸方向応力とし、着目位置は梁柱接合部より50mm離れた位置とした。Wが大きくなる程せん断遅れによる応力集中が低減されている。また、Rのみが異なる解析

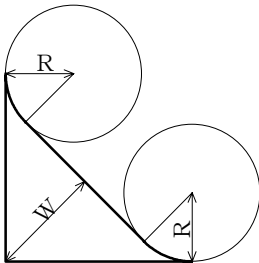


図-2 フィレット形状

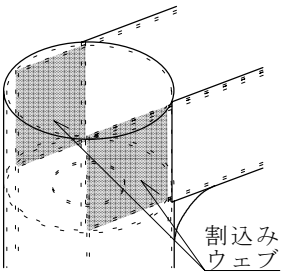


図-3 円柱割込みウェブ

表-1 解析ケース

	角柱1層門型ラーメン						円柱1層門型ラーメン						角柱変形π型ラーメン					
	隅角部モデル図						隅角部モデル図						隅角部モデル図					
断面寸法 (mm)	梁断面:1800×1500 梁フランジ厚:15 柱フランジ厚:15						梁断面:1800×1500 梁フランジ厚:40 柱断面:φ1750 梁ウェブ厚:15 柱ウェブ厚:15 柱板厚:25						梁断面:1800×1800 梁フランジ厚:26 柱断面:1800×1650 梁ウェブ厚:26 柱ウェブ厚:26 柱フランジ厚:32					
	フィレット形状						フィレット形状						フィレット形状					
解析ケース	名称	W mm	R mm	W/D	R/D	備考	名称	W mm	R mm	W/D	R/D	備考	名称	W mm	R mm	W/D	R/D	備考
	S-BASE	-	-	-	-	フィレットなし	R-BASE	-	-	-	-	フィレットなし	P-BASE	-	-	-	-	フィレットなし
	S-16-40	166	400	11	27		R-16-40	166	400	11	27		P-18-18	180	180	10	10	
	S-20-40	200	400	13	27		R-20-40	200	400	13	27		P-36-36	360	360	20	20	
	S-30-10	300	100	20	7		R-30-10	300	100	20	7		P-54-54	540	540	30	30	
	S-30-30	300	300	20	20		R-30-30	300	300	20	20							
	S-30-40	300	400	20	27		R-30-40	300	400	20	27							
	S-60-40	600	400	40	27		R-60-40	600	400	40	27							
							R-10-25	104	250	7	17							
							R-21-50	207	500	14	33							
							R-31-75	311	750	21	50							
							R-BASEN	-	-	-	-	割込み無し						
							R-10-25N	104	250	7	17	割込み無し						
							R-21-50N	207	500	14	33	割込み無し						
							R-31-75N	311	750	21	50	割込み無し						

Keywords : 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 : 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 (株)横河ブリッジ TEL 047-435-6161

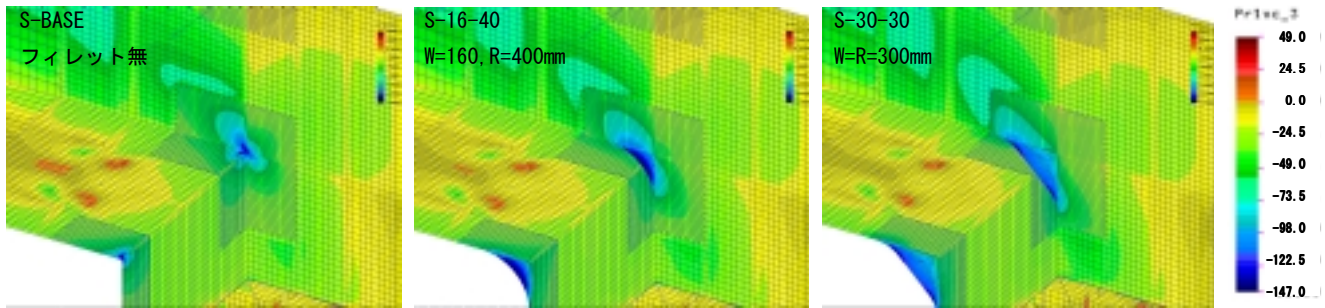


図-4 最小主応力分布（単位は MPa）

離れた位置とし、フィレット無しモデルの応力値との比を取った。また、 W は梁ウェブ高 D で無次元化している。 W が大きくなると応力低減効果が大きくなり、 W/D が10%を超えると約50%以上の低減効果がある。また、 $W/D \geq 20\%$ では、応力比は一定値になる。図-6には、門型ラーメンと合わせ、変形 π 型ラーメンの結果もプロットしているが、両者は同一線上にあり、特殊な形状の隅角部においても同程度の低減効果が期待できる可能性を示唆している。また、図-7にフィレットのピーク応力と R/D の相関を示すが、 W および R が大きくなると応力値は下がり、 $W/D=20\%$ の場合 $R/D \geq 20\%$ で一定値に近づく傾向がある。

円柱断面橋脚

応力比と W/D の関係を図-8に示す。その傾向は角型隅角と同様であるが、若干低減効果が下がり、 $W/D=20\%$ で約50%の低減効果である。また、柱内割込みウェブの有無により（常時における）応力低減効果に差異は無い。隅角部の応力分布性状、フィレットの発生応力は、角型と同様の傾向であったため、本稿では説明を割愛する。

4. 結論

- 角柱隅角、円柱隅角ともに、隅角角部の応力低減効果にはフィレットの大きさ（突出長） W の影響が大きく、端部形状 R の影響はない。
- 角柱隅角の場合、 $W/D=10\%$ で約50%の応力低減効果がある。円柱隅角の場合は $W/D=20\%$ で約50%である。
- 複雑な形状の角柱隅角部（段違い隅角部）でも門型脚と同程度の応力低減効果がある。
- 円柱隅角部で、柱内割込みウェブの有無は（常時における）応力低減効果に影響しない。
- フィレットの発生応力は $W/D=20\%$ の場合、 $R/D=20\%$ で一定値に近づく。

【参考文献】

- 加藤，森下他「鋼製橋脚の疲労損傷を対象とした点検・照査」，土木学会第57回年次学術講演会 I-278，2002.9
- 尾身，飯古他「矩形鋼製橋脚隅角部の疲労損傷と補強設計（その2）」，土木学会第57回年次学術講演会 I-297，2002.9
- 三木，田辺他「ハンチ取付による箱断面鋼製ラーメン橋脚隅角部の疲労強度向上」，土木学会第57回年次学術講演会 I-163，2002.9

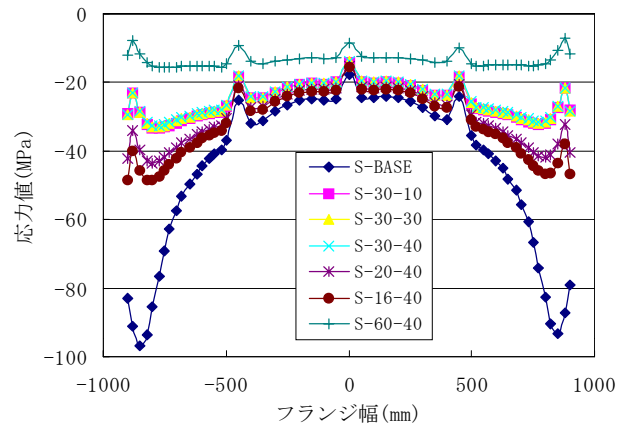
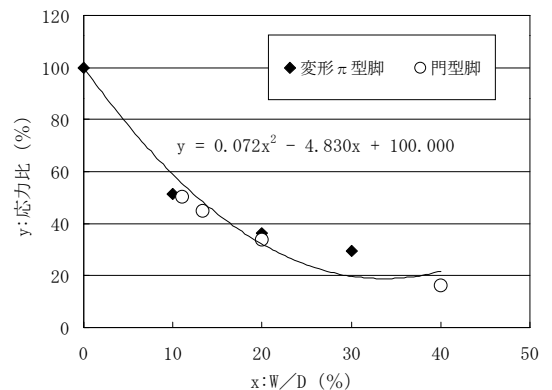
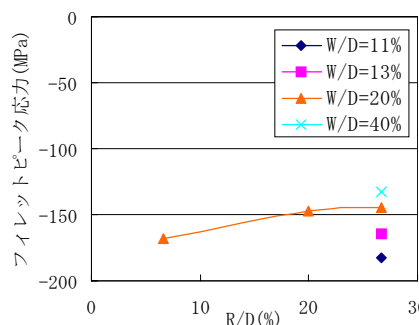
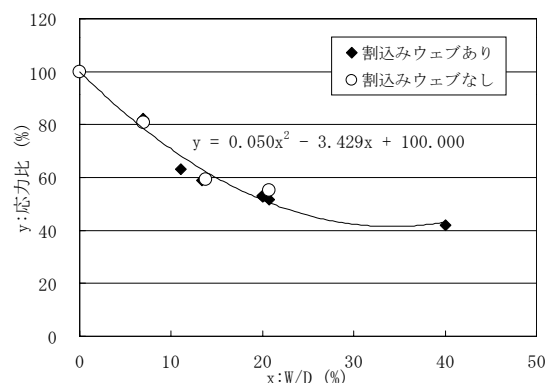


図-5 梁フランジ応力分布

図-6 応力比～ W/D 相関（角型隅角）図-7 フィレットピーク応力
～ R/D 相関図-8 応力比～ W/D 相関（円柱隅角）