

円柱を有する鋼製橋脚隅角部の疲労性能改善

○東京工業大学 学生会員 木下 幸治

東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

都市内高速道路の鋼製橋脚隅角部において、疲労き裂が発見され、この損傷に対する補修補強対策が進められている。き裂が大きく、しかも緊急を要する鋼製橋脚に対しては、あて板を用いる補強工法が採用されている。あて板工法は、応力集中低減に非常に効果的である¹⁾。しかしながら、この工法は施工面において、大掛かりである。そのため、損傷が比較的軽微な鋼製橋脚に対する適切な補強方法が求められている。

箱断面鋼製橋脚隅角部へのリブおよびフィレットの設置は、十分な効果があることが実験及び解析により確認されている^{2) 3)}。しかしながら、円柱を有する鋼製橋脚を対象とした検討は行われていない。

本研究では、円柱を有する鋼製橋脚隅角部を対象にリブの設置による補強案を提案し、その有効性を解析および実験により検討した。

2. 試験体および試験方法

本研究で用いた大型試験体の詳細を図1に示す。試験体のサイズは、実橋梁の板厚、溶接および隅角部の板組みができる限り再現することを目指し、実橋梁の3分の1サイズとした。試験体の鋼材はSM490である。隅角部の板組みは、梁フランジを円柱表面にすみ肉溶接により接合している。これは多くの実橋脚で用いられている方法である。従って、隅角部の内部欠陥が、突合せ溶接および角溶接のルート部に存在する。なお、設計ではこの継手は完全溶込み溶接と定められている。リブ設置の有無をパラメータとし、各1体ずつ用意した。最大荷重は800kN、荷重振幅は200kNとした。

3. 設置リブサイズの検討

リブサイズをパラメータとしてFEM解析により、隅角部へのリブ設置による応力低減効果を検討した。本研究では、試験体および実橋梁サイズの解析モデルを作成し、応力低減効果を比較検討した。図2に試験体の解析モデル、図3に実橋梁サイズの解析モデルを示す。リブサイズのパラメータは、リブの突出長:Wと梁高さ:Hの比とした。図4に応力比とW/Hで整理した解析結果を示す。ここで、応力比は、隅角部端部の[リブ設置前の応力/リブ設置後の応力]である。図より、それぞれの解析結果が一致し、試験体の結果が有効であることがわかった。また、W/Hが25%以上では、応力比が収束することから、実験に採用するリブサイズをW/H=約25%を有するものとした。

4. 疲労試験方法および結果

図5に試験体載荷状況を示す。図6に最大荷重載荷時の隅角部近傍の応力分布図を示す。応力分布位置は、溶接部の影響を避けるため、円柱表面から35mm離れた梁フランジ上の応力分布とした。図から、W/H=約25%を有するリブ設置によ

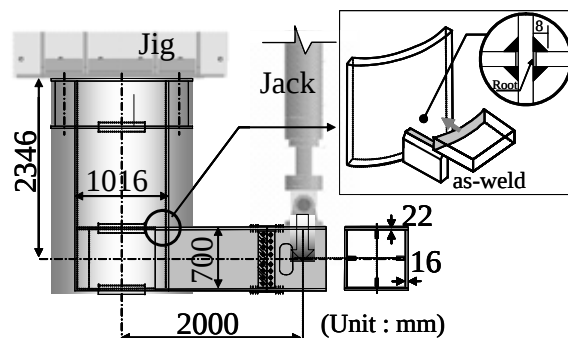
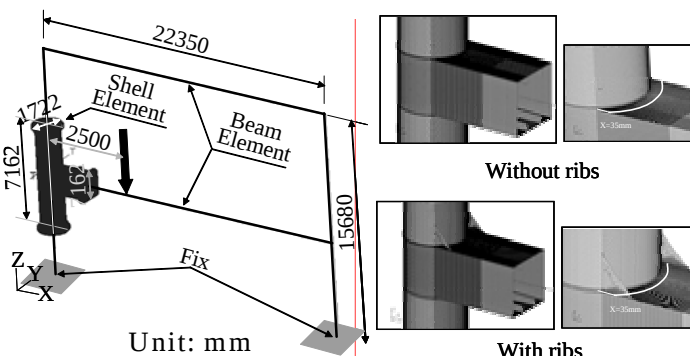


図1: 試験体寸法図

Case	S (mm)	W (mm)	W/H (%)
Case1	100	41	6
Case2	125	52	7
Case3	150	62	9
Case4	175	72	10
Case5	200	83	12
Case6	225	93	13
Case7	250	104	15
Case8	450	186	27
Case9	500	207	30
Case10	250	177	25
Case11	250-500	236	34
Case12	500	354	51

Unit: mm

図2: 試験体解析モデルおよび解析ケース



Unit: mm

Case	S (mm)	W (mm)	W/H (%)
Case1	212	150	10
Case2	541	390	26
Case3	1016	718	48

図3: 実橋梁サイズモデルおよび解析ケース

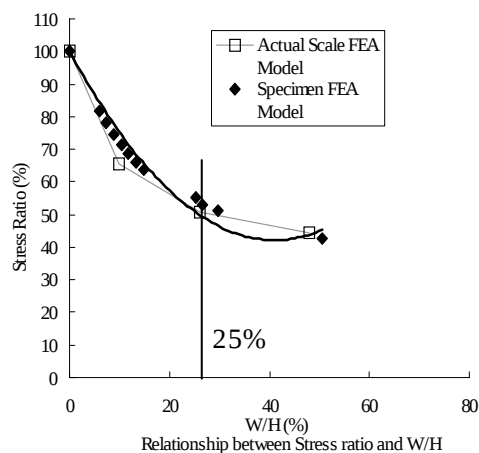


図4: 試験体設置図

キーワード: 鋼製橋脚, 疲労き裂, 隅角部, リブ, 応力集中

連絡先: 東京工業大学 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL:03-5734-2596

り、隅角部端部の応力が約 50%程度減少することがわかった。

図 7 に各試験体に発生したき裂パターンを示す。各試験体とも、複数のき裂発生・進展が観察された。図 8 にき裂発見時で整理した S-N 線図を示す。リブ有り試験体は、繰り返し回数が 400 万回時においても試験体表面にき裂発生が無いため、それ以降、荷重を 2 倍にして試験を行った。なお、荷重変更後の疲労強度算出には、線形被害則を用いている。

リブ無し試験体に発生したき裂の中で最も広範囲に進展したき裂は、ルート部から進展したき裂であった。従って、このき裂発生・進展の抑制がこの構造ディテールの疲労強度向上に最も効果的である。一方、リブ有り試験体では、リブ設置により隅角部端部のルート部からのき裂発生・進展が確認されたものの、その進展は遅く、き裂進展がリブ設置により、抑制されていたと考えられる。図 9 にルートから発生したき裂の板厚貫通時で整理した S-N 線図を示す。この図から、板厚貫通時の疲労強度等級が、2 等級向上することがわかった。

5. 結論

- ・ FEM を用いたパラメータ解析により、 $W/H=25\%$ 程度のリブサイズにすると隅角部の応力低減に十分な効果があることが明らかとなった。
- ・ 提案したリブを有する大型試験体の実験により、隅角部端部の応力集中が約 50%程度減少することを確認した。
- ・ リブ設置により、隅角部端部のルート部から発生する疲労き裂に対して、抑制効果が認められた。疲労強度等級では、疲労き裂の板厚貫通時で整理した場合、H 等級から F 等級への 2 等級向上にあたる。

参考文献

- 1) 森河久，下里哲弘，三木千壽，市川篤司：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，No.703，pp.117-183，2002.4
- 2) 例えば，山口栄輝，藤原康典，久保喜延：鋼製ラーメン隅角部の補強に関する基礎的研究，応用力学論文集，Vol.6，pp675-683，2003.8
- 3) 例えば，宮森雅之，町田文孝：新設鋼製橋脚隅角部におけるフィレットによる応力集中低減効果の解析的検討，川田技法，Vol.23，2004

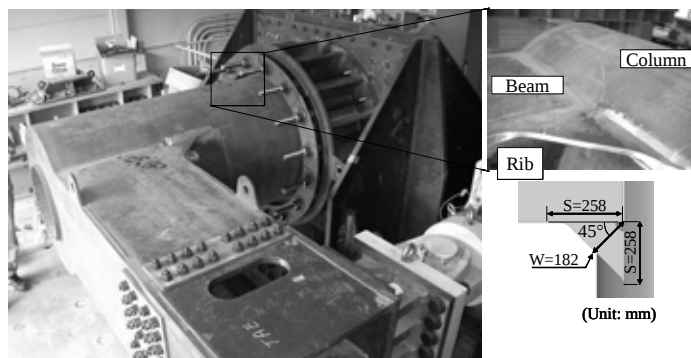


図 5：試験体設置図

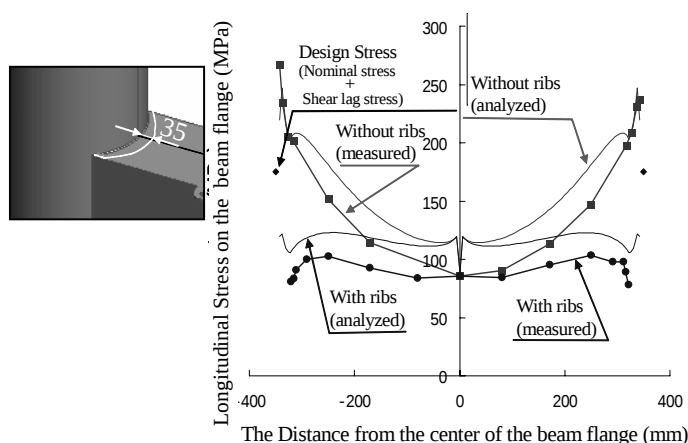


図 6：リブ取り付けによる応力低減効果

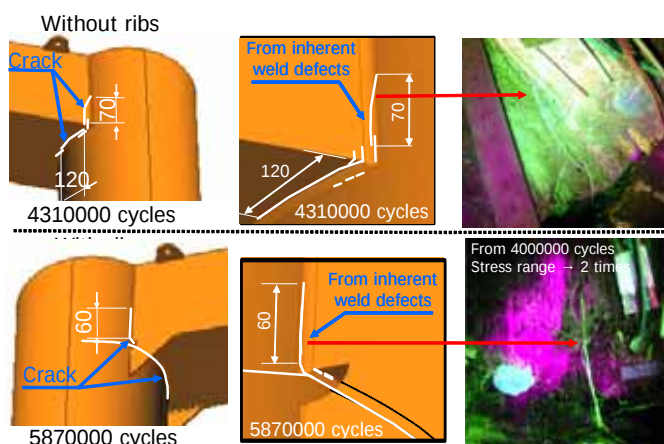


図 7：疲労き裂発生状況

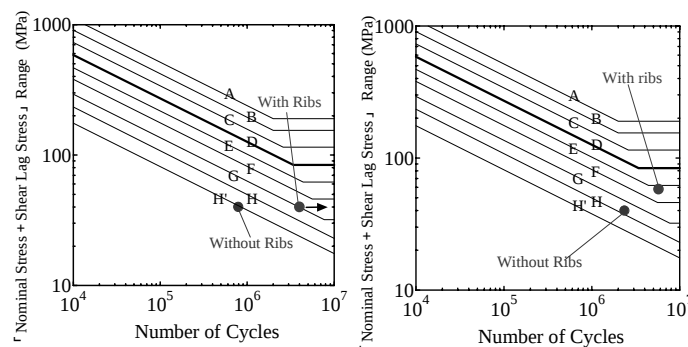


図 8：S-N 線図
(き裂発見時)

図 9：S-N 線図
(板厚貫通時)