

鋼製橋脚角溶接部の面外曲げ強度特性に関する実験的研究

株式会社ワイ・シー・イー 正会員 ○岩崎 雅紀, 真木 有岳
中日本高速道路株式会社 正会員 萩原 直樹
中日本高速技術マーケティング株式会社 正会員 稲熊 唯史

1. はじめに

大規模地震時に鋼製橋脚は最大耐力を超える繰り返し塑性ひずみが増えられ、マンホール付近や断面変化位置等の弱点部に局部座屈が生じた後に最大耐力が減少し、遂には角溶接部や母材の破壊が生じて崩壊に至ると想定されている。実際、阪神淡路大震災では写真1に示す剛性変化部で座屈した事例や角溶接部がどの断面で破壊して全体が崩壊した事例が報告されている。即ち、鋼製橋脚を崩壊させないためには、鋼製橋脚の変形性能が最大限発揮されるように弱点部等の補強と、角溶接部の破壊を防止するためのL型当て板による角内面補強が必要とされるが、角溶接部の強度特性が評価されて補強要否が判定されているわけではない。適切な耐震補強を実施するためには、地震時における角溶接部の強度特性を明らかにして照査方法と補強構造を確立することが望まれる。ここでは、そのための検討の一環として実施した、角溶接部の引張試験および弾塑性有限要素解析による検討について報告する。



写真1 脚柱局部座屈事例

2. 引張試験方法及び弾塑性有限要素解析

引張試験の試験体概要を図1に、試験ケースを表1に、各供試体の溶接諸元を表2に示す。引張試験は試験体を載荷用治具に背合わせに取り付けることにより、試験体の角溶接部に曲げモーメントを作用させる形状とした他、溶接線方向のひずみ分布が変化するよう偏心載荷した。引張試験は、外側溶接の開先深さを変えた両側溶接3ケースと内側溶接のない片側溶接1ケースの試験体について、単調載荷および低サイクル繰返し載荷を合計7組実施した。

また、上述の引張試験に先立ち、供試体モデルの弾塑性有限要素解析を行った。解析モデルは図2に示すとおりであり、漸増引張荷重を載荷して引張試験結果の再現を試みた。

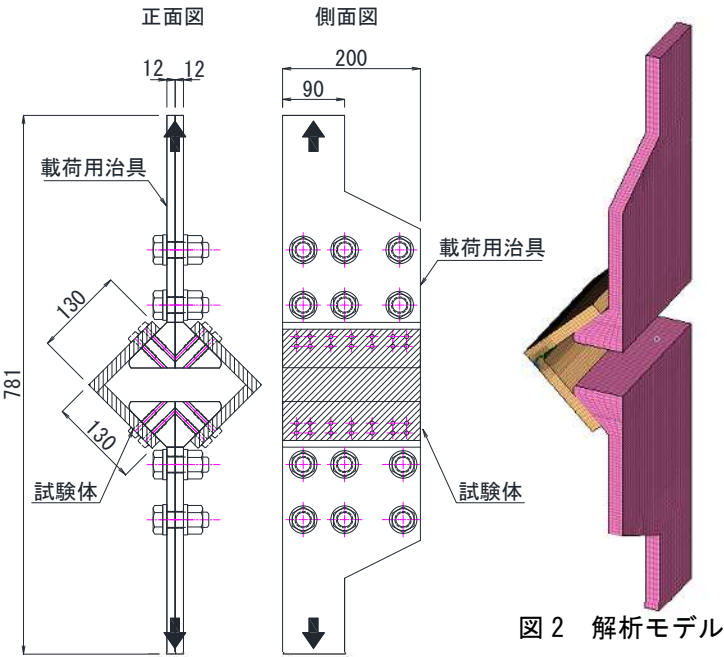


図1 試験体概要

表2 供試体溶接諸元

ケース	内側溶接 隅肉サイズ	外側溶接 開先深さ	母材板厚
	s (mm)	f (mm)	t (mm)
No. 0	溶接なし	12	16
No. 1	6	4	
No. 2	6	8	
No. 3	6	12	

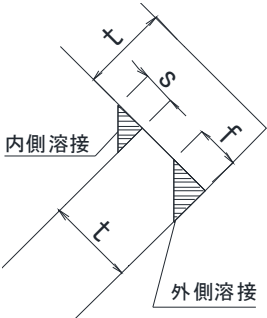


表1 試験ケース

載荷方法	試験ケース (組)			
	No. 0	No. 1	No. 2	No. 3
単調載荷	1	1	1	1
低サイクル載荷	1	1	1	—

キーワード 鋼製橋脚, 角溶接, 弾塑性有限要素解析, 引張試験
連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 47-1
株式会社 ワイ・シー・イー TEL047-435-6535

3. 実験と解析の結果

引張試験後の破断面のマクロ写真例を写真2に、弾塑性解析における溶接降伏時の最大主応力のベクトル図を図3に例示する。引張試験および弾塑性解析結果から、本試験法により両側溶接供試体の断面内の破壊過程は以下の通りであり、断面内のき裂進展に合わせて溶接線方向に進展することが確認された。なお、この破壊過程は既往破壊事例と同様であり、本試験により破壊過程が再現できると考えられた。

「Step-①：内側溶接ルート部の降伏」→「Step-②：外側溶接ルート部の降伏」→「Step-③：内側溶接ルートを起点としたのど進展き裂の発生と破壊(き裂進展方向はウェブに平行に近い断面方向)」→「Step-④：外側溶接ルートを起点としたのど進展き裂の発生(フランジ側ボンド近傍に沿って進展)」→「Step-⑤：全面破壊」

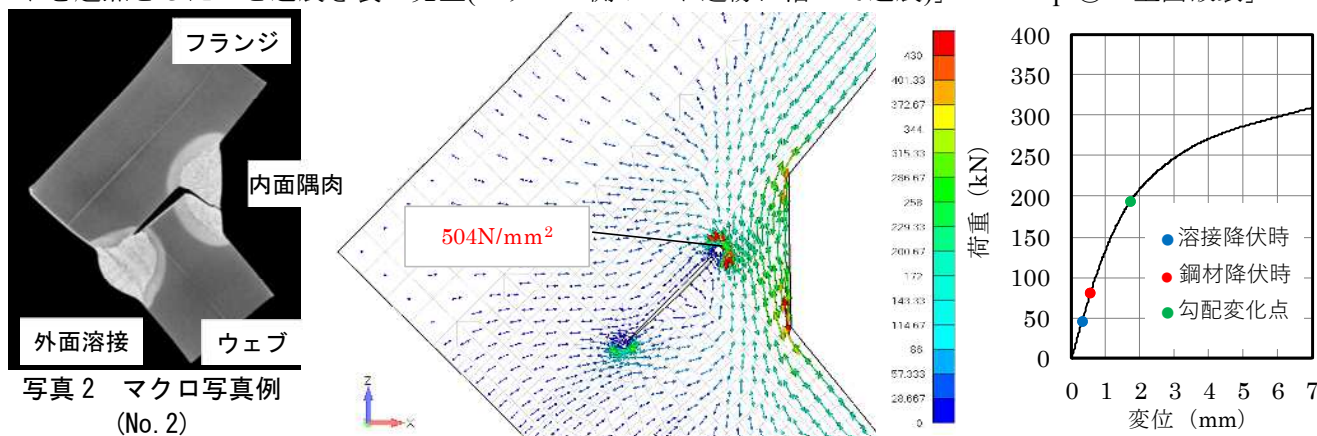


図3 最大主応力ベクトル図(溶接降伏時)

図4に引張試験結果から求めた最大荷重と合計のど厚の板厚に対する比率の関係を示す。両側溶接の試験体の載荷試験にて、内側溶接の破断後に試験体の抵抗力が急激に低下したことから、角溶接部の強度は内側溶接の強度と相関性が高いと推察できた。また、図5に弾塑性有限要素解析結果から載荷荷重と内面溶接ルート部応力の関係を示すが、外側溶接の溶込み量が深いほど、き裂の起点である内面溶接のルート部の応力(特に降伏後)が小さくなる傾向がわかる。

5. おわりに

鋼製橋脚の角溶接部を想定した引張試験および弾塑性有限要素解析を行い、角溶接の破壊形態の再現と溶接溶込み量の違いによる破壊強度傾向を把握した。現

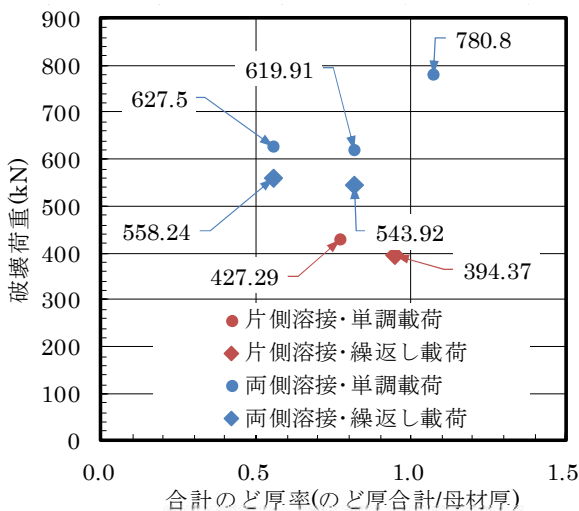


図4 合計のど厚率と破壊荷重の関係

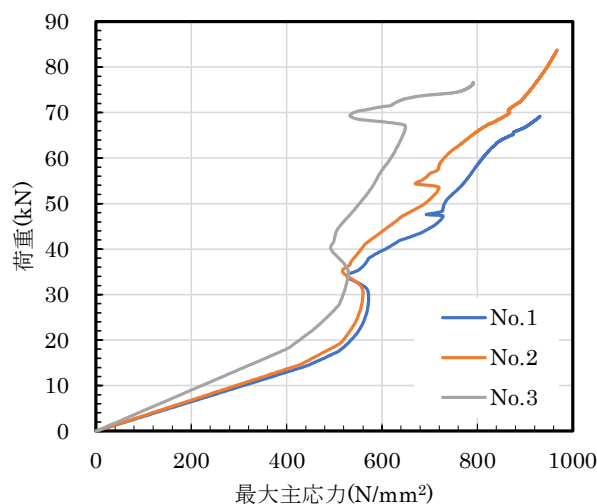


図5 内側溶接ルート部応力と載荷荷重の関係

時点では試験数が少ないので、今後、パラメトリックな試験を行うとともに角溶接部の照査方法の確立を目的とした分析検討を進める予定である。なお、本検討にあたり名古屋大学 館石和雄教授、清水優助教には適切な助言や指導をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会(1995): 兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書, 1995.12, 2)T. Hanji, et al : Low Cycle Fatigue Assessments of Corner Welded Joints based on Local Strain Approach, International Journal of Steel Structures, September 2014, Vol 14, No 3, pp579-587