

試験体形状・寸法が溶接継手に生じる残留応力に及ぼす影響に関する検討

岐阜大学（現 施工技術総合研究所） 正会員 ○佐々木 良輔，井上 一磨
岐阜大学 正会員 木下 幸治，施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

1. 目的と概要

大型試験体や実物大の試験体の疲労試験結果は，小型試験体の試験結果の下限付近に分布する，いわゆる寸法効果が存在することが知られている¹⁾が，現在の疲労設計においては寸法効果が十分に反映されているとは言い難い．今後，溶接継手部の疲労設計の高度化のためには，実物大または大型試験体に基づいた疲労設計確立が不可欠と考えられるが，いまだ溶接継手部の疲労強度に対する寸法効果の全容は明らかにはされておらず²⁾，特に溶接残留応力に着目した検討は殆どない．

本研究では，試験体形状・寸法が溶接部周辺の残留応力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とし，各種小型試験体と大型試験体を製作して溶接部周辺の残留応力を X 線残留応力測定装置により測定した．また，熱弾塑性応力解析により各試験体の溶接残留応力の再現を試みた．

2. 試験体

各試験体の一覧と形状・寸法を表-1，図-1 に示す．小型試験体は，面外ガセット継手試験体としており，面外ガセットの取り付け方と長さがパラメータとなっている．試験体の幅はすべて 100mm である．また，大型試験体としては，I 桁としてウェブ面外ガセットを取り付けた．長さ 5000mm，ウェブ高さ 500mm である．鋼材は SM490A，溶接材は MX-Z200 を用い，表-2 に使用鋼材と溶接材のミルシートに示される機械的性質の各値を示す．溶接脚長はいずれの試験体でも 6～8mm であった．

3. 残留応力計測方法と解析方法

残留応力計測にはポータブル型 X 線残留応力計測装置（パルステック工業株式会社製 μ -360X）を用いた．コーリメーターは $\Phi 2\text{mm}$ であり，X 線残留応力計測には COS α 法を用いている．残留応力計測に先立ち，鋼材の計測位置の表面に酸化被膜などの付着物があると計測できないことがあるため，計測位置の表面の酸化被膜を #240 のベルトグラインダーで除去した後，電解研磨を深さ 100 μm 程度まで行った．

TYPE-1～TYPE-5 のそれぞれの回し溶接止端近傍には，溶接時にスラグ，またはスパッタを除去する目的で行われた処理による打撃痕が確認された．既往の研究において³⁾，打撃痕の影響により溶接止端に圧縮残留応力が導入されることが確認されている．このため，各試験体において打撃痕の少ない溶接部を選定し残留応力計測を行った．残留応力計測は上記の理由により各試験体の 1 か所の回し溶接部にて実施した．TYPE-1～TYPE-4 はそれぞれ 2 体，TYPE-5 は 1 つの回し溶接部にて計測を実施した．また，TYPE-1～TYPE-4 の試験体の幅方向（y 方向）の計測位置は打撃痕の影響のない，溶接止端より 20mm 程度離れた位置とし，試験体中央から y 軸方向へ， $\pm 6\text{mm}$ ， $\pm 12\text{mm}$ ， $\pm 20\text{mm}$ ， $\pm 30\text{mm}$ ， $\pm 40\text{mm}$ とした．試験体長手方向（x 方向）については 50mm，100mm，150mm の計 14 箇所計測を行った．TYPE-5 ではフランジとガセットまでの距離が短く，残留応力計測装置が設置できなかったため，試験体中央から y 軸方向へ $\pm 40\text{mm}$ の位置までと，+50mm，+80mm，+110mm，+140mm，+170mm の位置の計 18 箇所計測を行った．なお，各計測位置においては，幅方向に $\pm 1\text{mm}$ の範囲で 3 点計測した．また，図-2 に本解析モ

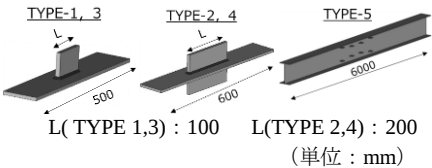


図-1 試験体の形状・寸法

表-1 試験体一覧

Type	形状	板厚 (mm)	ガセット			試験体 の数	
			長さ(mm)	間隔(mm)	取り付け		
1	小型	面外ガセット：12 母材：9	100	—	片側	2	
2					両側	2	
3			200		片側	2	
4					両側	2	
5	大型（I桁）	フランジ：12 ウェブ：9	100	300	片側 (8枚)	1	

表-2 鋼材および溶接金属のミルシート値

鋼種	板厚(mm)	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	伸び(%)
SM490A	12	383	517	31
	9	357	524	27
品名	降伏強度 (MPa)		引張強度 (MPa)	伸び (%)
MX-Z200	497		592	23

キーワード 寸法効果，溶接残留応力，面外ガセット

連絡先 〒416-0948 静岡県富士市大淵 3154（一社）日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 TEL0545-35-0212

デルを示す。本研究では、廣畑らの解析手法⁴⁾を用いて各試験体の溶接部残留応力の再現性を試みた。

3. 残留応力計測結果と解析結果

ここでは試験体長手方向の成分に着目した計測結果を解析結果と併せて示す。図-3, 4 に面外ガセットを片側と両側に取り付けた長さ100mmと200mmの小型試験体の計測結果の比較を示す。面外ガセットを片側と両側に取り付けたどちらの長さの試験体においても幅方向における、引張残留応力の分布形状および傾きは概ね同様である。また、長手方向の引張残留応力分布においても、同様の分布形状となった。以上より、面外ガセットを片側と両側に取り付けたことによる幅方向および長手方向の残留応力分布に与える影響は小さいと考えられる。

図-5 に長さ100mmと200mmの面外ガセットを片側に取り付けた小型試験体の計測結果の比較を示す。幅方向、長手方向ともに引張残留応力の分布形状は同様であった。以上より、面外ガセットの長さによる幅方向および長手方向の残留応力分布に与える影響は小さいと考えられる。図-3~5より、本解析により各小型試験体の解析結果は計測結果をよく再現できていることが分かる。

図-6 に大型桁試験体と小型試験体の計測結果の比較を示す。大型桁試験体の残留応力の分布形状は小型試験体の結果と比較すると緩やかに値が変化する形状となった。以上より、小型試験体と比較して大型試験体では、高い引張残留応力を保持する緩やか幅方向の分布形状となることが分かった。この分布形状は、幅方向の寸法が大きくなることに起因したためと考えられる。一方、図-6より大型桁試験体の解析結果は、計測結果と比較して、圧縮側の分布形状はよく再現できている。しかし、引張側の分布形状、特に、引張残留応力の最大値は計測結果と比較して2倍程度大きな値となり、再現性が低い結果となった。このため、寸法が大きい試験体の解析モデルについては、さらなる検討が必要と考えている。

参考文献 1) 三木千壽: 鋼構造, 共立出版株式会社, 2000. 2) 穴見健吾, 合田雄亮, 内田大介, 平山繁幸, 判治剛: 面外ガセット溶接継手の疲労強度の寸法効果に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.651-660, 2014. 3) 木下幸治, 鈴木元啓, 小野秀一: 溶接部の残留応力に試験体形状・寸法が及ぼす影響, 鋼構造年次論文集, 第25巻, pp.638-641, 2017. 4) 廣畑幹人, 伊藤義人: 簡易熱源を用いた熱処理によるすみ肉まわし溶接継手の残留応力緩和に関する研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.71, No.2, pp.208-220, 2015.

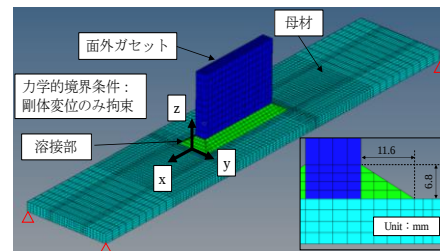


図-2 解析モデル

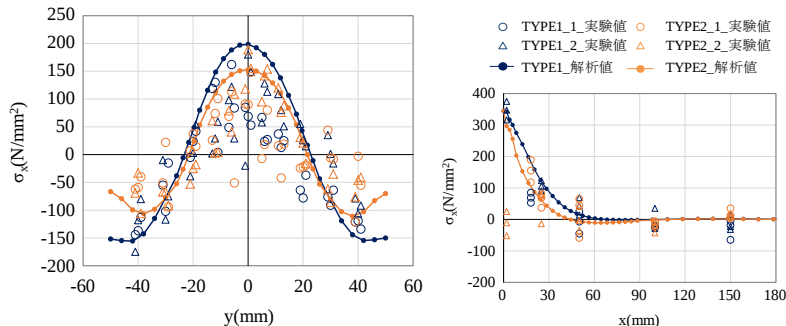


図-3 面外ガセットを片側と両側に取り付けた試験体の結果の比較 (長さ 100mm)

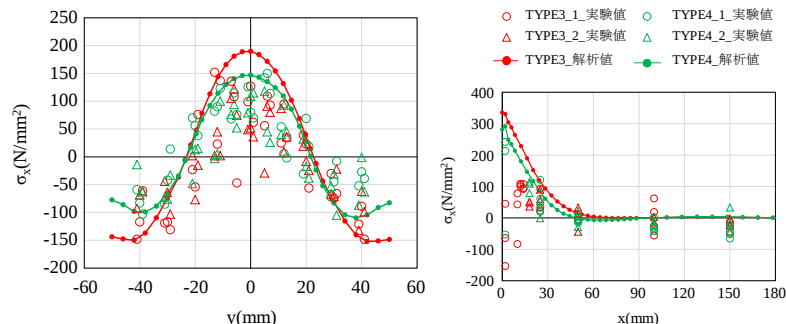


図-4 面外ガセットを片側と両側に取り付けた試験体の結果の比較 (長さ 200mm)

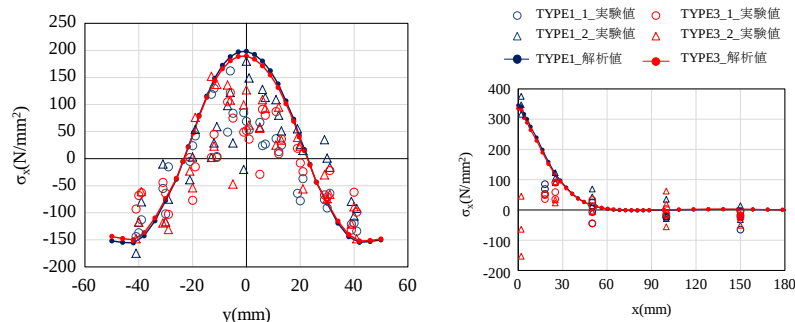


図-5 面外ガセットを片側と両側に取り付けた試験体の結果の比較 (長さ 200mm)

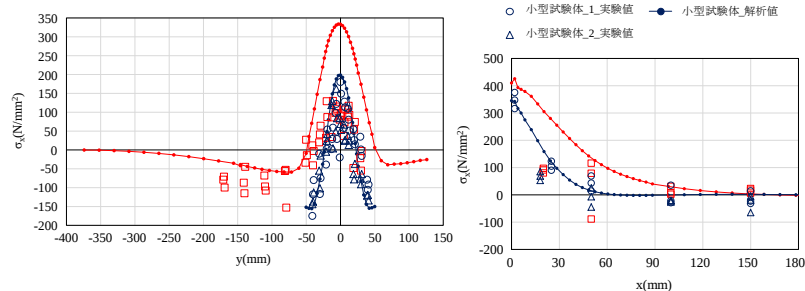


図-6 大型試験体と小型試験体 (TYPE1) の結果の比較