

試験体形状・寸法が溶接部の残留応力に及ぼす影響に関する検討

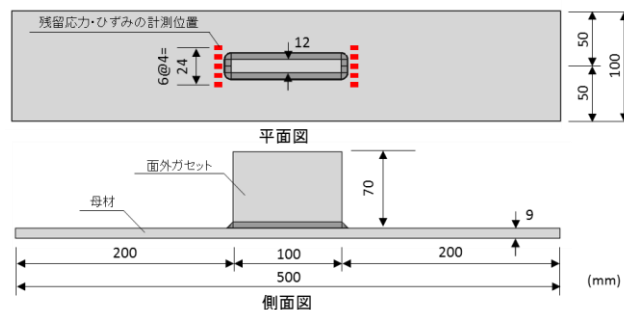
岐阜大学 学生会員 ○鈴木 元啓

岐阜大学 正会員 木下 幸治

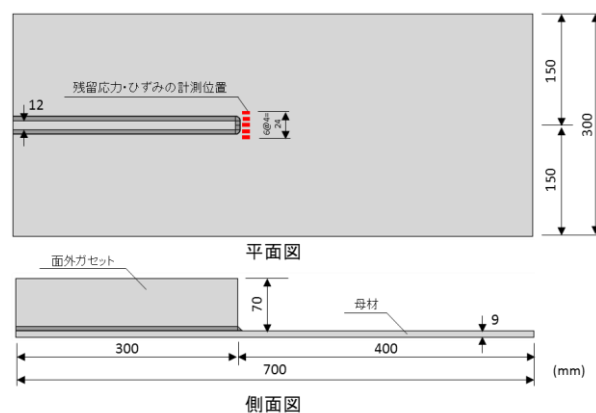
1. はじめに

既設鋼道路橋に生じる主な損傷は、自動車荷重の繰返し载荷に起因する疲労であることが一般に知られている。疲労においては局部的な応力の繰返し数および振幅が支配的であり¹⁾、我が国では溶接継手を模した要素試験体に対して疲労試験を実施して得られる疲労強度曲線から溶接構造物の疲労設計を行っている。しかし、構造モデルや大型の継手に対して疲労試験を実施した場合の試験結果は多くの小型の継手の試験結果の下限付近に分布することが知られており²⁾、寸法効果が十分に反映されているとは言いがたい。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の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ではない。

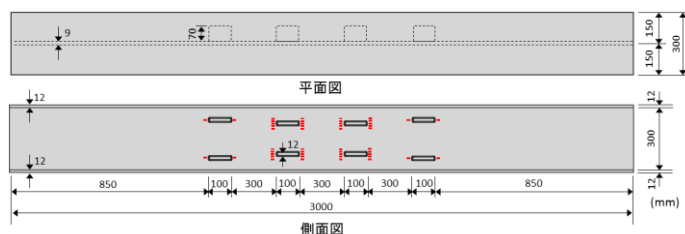
本研究では、寸法効果の解明に繋がると考えられる、試験体形状・寸法が溶接部周辺の残留応力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とし、各種要素試験体と大型試験体を製作して溶接部周辺の残留応力を計測する。また、実験を有限要素法による3次元熱弾塑性解析によってシミュレーションし、各試験体の溶接残留応力の再現を試みる。



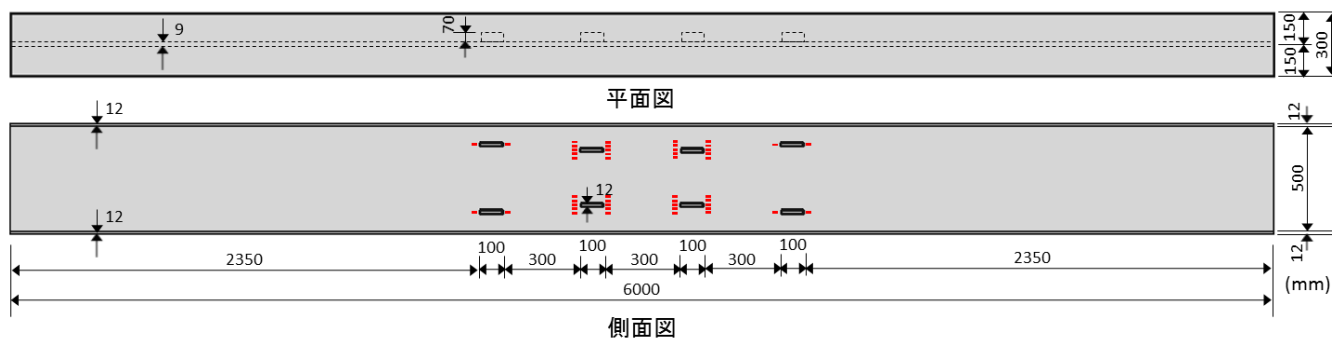
(a) 軸方向引張試験体 (要素試験体)



(b) 板曲げ試験体 (要素試験体)



(c) 中型桁試験体



(d) 大型桁試験体

図-1 対象とする試験体

表－1 溶接試験体一覧表

Type	名前	形状	想定する試験方法	ガセット				試験体数
				長さ(mm)	間隔(mm)	数	取り付け	
1	RSS-S1	小型 (要素試験体)	軸方向引張試験	100	-	1	片側	3
2	RSS-S2					2	両側	3
3	RSS-L1			200		1	片側	3
4	RSS-L2					2	両側	3
5	RSB-1	板曲げ試験 (要素試験体)	板曲げ試験	300	-	1	片側	3
6	RSM-S4	I桁 (中型)	疲労試験	100	300	4	片側	1
7	RSM-S8					8	両側	1
8	RSL-S1	I桁 (大型)				4	片側	1
9	RSL-S2					8	両側	1

2. 試験体と溶接条件

本研究では、面外ガセット溶接継手を対象とし、各種試験体を製作している。各試験体の形状・寸法を図－1と表－1に示す。(a)と(b)はそれぞれ軸方向引張試験型と板曲げ試験型の要素試験体である。(c)と(d)はI桁形式の試験体であり、中型と大型で試験体長さと高さを変更する。桁試験体に複数取り付けるガセットの高さについては、各ガセットの高さをそれぞれ変えるかどうかも含めて現在検討中である。なお、板曲げ試験型試験体のみ面外ガセットは母材の片側に設ける。また、軸方向引張試験体では、面外ガセットの長さを100mmと200mmの2種類について検討する。

3. 溶接残留応力の計測

本研究では、要素試験体と大型試験体に対して、同じ位置の残留応力を測定し、比較することで試験体の形状・寸法が溶接継手部周辺の残留応力に及ぼす影響を与えるのかを確認する。残留応力の計測位置を図－1に赤い四角形で示した。計測は、金属表面の残留応力を非破壊で測定することが可能なポータブル型X線残留応力測定装置により測定予定であり、各種試験体の残留応力分布やピークの値などの比較検討を行う。要素試験体では、まわし溶接部の母材側止端部から2mm離れた箇所の残留応力を測定する。さらに、き裂の進展方向に±6mm、±12mm離れた場所も併せて測定し、溶接部周辺の残留応力の分布を得る予定である。大型試験体については、スパン中央付近に取り付けられた面外ガセットを要素試験体と同様に計測し、それ以外の面外ガセットは溶接止端から2mm離れた場所を計測する。

4. 熱弾塑性応力解析を用いた残留応力の再現解析

残留応力の解析には、汎用有限要素解析ソフトABAQUS Ver6.14の熱伝導－熱応力解析を用いる。8節点のソリッド要素を用いて解析モデルを構築し、熱伝導解析および熱応力解析で共通のメッシュ分割を行う。既往の研究³⁾で実施された解析を参考に、溶接熱源の移動は、要素生成機能を用いて溶接金属部の要素を入熱ステップごとに逐一構築することで考慮する。溶接後の冷却過程は、周囲の熱を与えられていない金属部からの熱伝導として表現する²⁾。

なお、文献4)では温度計測および溶接面外変形の計測実験から、溶接金属部における形状再現について単純な三角形とするのではなく、母材溶融部を含めて溶接金属部と考えて解析を行うことを提案している。そこで本研究では、母材と面外ガセットの接合面に隣接する部分では、溶接金属が鋼板に溶け込むことを想定したメッシュ分割を行う。

本解析結果により、溶接継手部周辺の残留応力の分布を出力し、実際の試験体で計測した結果と比較検討することにより、本解析による再現性を確認するとともに、解析的に試験体の形状・寸法が溶接部の残留応力に及ぼす影響について検討する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労，2005
- 2) 三木千壽：鋼構造，2016
- 3) 廣畑幹人，伊藤義人：外力作用化における鋼板への補剛材のすみ肉溶接で生じる残留応力に関する解析的研究，土木学会論文集 A2(応用力学)，Vol.69, No.2 (応用力学論文集 Vol.16)，I_643-I-652，2013
- 4) 金裕哲，李在翼，猪瀬幸太郎：すみ肉溶接で生じる面外変形の高精度予測，溶接学会論文集，23巻3号，pp.431-435，2005