

古材を用いた窓形拘束溶接割れ試験結果について

首都高速道路技術センター 正会員 ○柳沼 安俊
首都高速道路技術センター 正会員 熊倉 益男

首都高速道路公団 正会員 今井 正智
首都高速道路公団 正会員 牛越 裕幸
東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

ラメラテアは板面に平行な層状介在物を伝って発達する階段状の割れであり、鋼材の板厚方向に大きい拘束応力を受けるときに発生する。板厚方向絞り値（ ϕ_z ）は、ラメラテアに対する鋼材の感受性と高い相関を示すことが知られている。疲労損傷が確認された首都高速道路の既設鋼製橋脚隅角部では、これまで十字溶接継手の挟まれ板 138 枚についてコア抜きによる鋼材調査を実施した。調査対象部位の十字溶接継手を完全溶込み溶接で補修すると仮定し、文献 1) に基づいて要求 ϕ_z を算出すると、調査継手の挟まれ板に対して 65% が Z25 クラスの鋼材を、35% が Z35 クラスの鋼材を要求することが確認できた。しかしながら、これらの要求値を満足する挟まれ板の ϕ_z は、全体の 25% 足らずであり、既設鋼製橋脚隅角部に生じた疲労損傷に対して溶接補修を実施する場合、ラメラテアの発生について十分留意する必要がある。本稿では、溶接材料をパラメータとして、低 ϕ_z の古材を用いた高い拘束度を有する窓形拘束割れ試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 拘束度および窓形拘束溶接割れ試験体形状

既設の角型鋼製橋脚隅角部の疲労損傷は 3 溶接線交差部に多く発生しているが、この部位を部分的に溶接補修すると仮定すれば、拘束度は非常に高くなることが予測できる。ここでは 1.2m の角断面（フランジ：32mm，ウェブ：25mm）の隅角部モデルについて FEM 解析により拘束度を算出した。3 溶接線交差部は、①そのまま溶接補修を行うケース（case1），②梁フランジに 50φ のスカラップを設けた後、溶接補修を行うケース（case2）の 2 種類を想定し、補修溶接長は 50mm，100mm，150mm と変化させた。拘束度を挟み板の板厚（ t ）で除した拘束係数で整理した結果を図-1 に示す。解析結果によれば，case1 では補修溶接長を 100mm とした場合に，また case2 では補修溶接長を 50mm とした場合に，拘束度が 2000t 程度となる。ここでは，これらを補修溶接時の最小溶接長と位置づけて，補修溶接時の拘束度の目安を 2000t と考えた。

JIS で定める H 形拘束溶接割れ試験体における最大の拘束度は 400t であり，目標とする拘束度を満足しない。そこで本試験では，拘束度が 2000t 程度となるように窓形拘束溶接割れ試験体形状を定めた。決定した窓形拘束溶接割れ試験体形状を図-2 に示す。本試験体の特徴は，高い拘束度（FEM 解析上 2300t）を実現するために，試験溶接長を 75mm に設定し，挟まれ板の板こばを含めて拘束溶接を行っていることである。ラメラテアの発生に対して着目している部位は図-2 の青で着色した挟まれ板であり，この部材にのみ古材を用いた。挟み板（拘束板）に

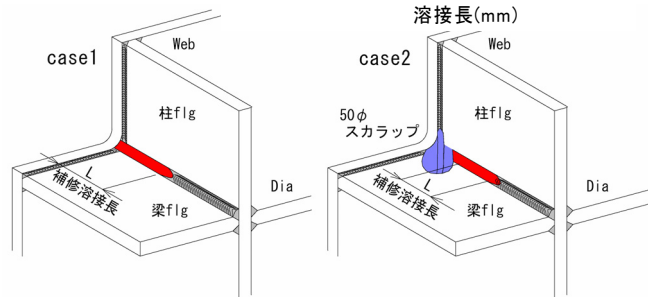
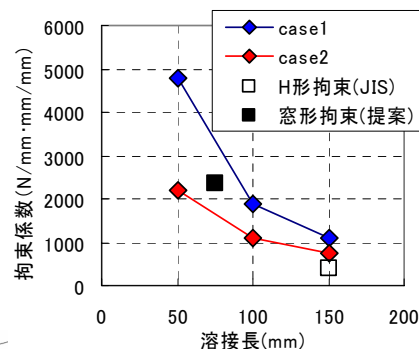
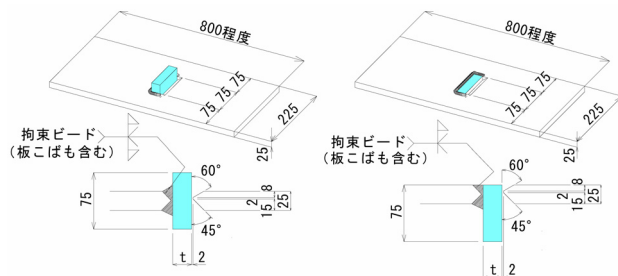


図-1 角型鋼製橋脚隅角部および拘束割れ試験体の拘束係数



(1) type1 (両側突出) (2) type2 (片側突出)

図-2 窓形拘束溶接割れ試験体形状

キーワード ラメラテア，古材，拘束度，窓形拘束溶接割れ試験，軟質継手

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル (財)首都高速道路技術センター TEL:03-3578-5757

については現在の SM490B 材を適用している。

3. 試験対象鋼材および溶接材料

今回は窓形拘束溶接割れ試験体の挟まれ板として3種類の鋼材を用いた。挟まれ板は既設鋼製橋脚の横梁に追加した工事用マンホールの切り抜き材であり、いずれの橋脚も30年以上前に竣工されたものである。各鋼材は、JIS G 3199 に準じて板厚方向の引張試験を実施し ϕ_z を求めた。それぞれの最小 ϕ_z は10～14%であり低めの数値を示している。鋼材の機械的性質を表-1 に示す。

溶接金属の軟質化は、割れ発生領域での応力またはひずみ集中を低減させ、ラメラテア発生の防止に効果的であることが知られている。そこで本試験では、溶接材料の引張強度が420N/mm²、490N/mm²クラスの被覆アーク溶接棒と、350N/mm²クラスのティグ溶接材料の3種類を用いることとした。参考までに溶接材料の機械的性質のカタログ値を表-2 に示す。

4. 試験結果

窓形拘束溶接割れ試験体は、合計12体について試験を実施した。本試験では、予熱は行わず、裏はつりはアークエアガウジングを用いた。溶接完了後、試験ビード部を5断面に切断してマクロ観察を行い、ラメラテア発生の有無について確認した。試験結果を表-3 に示す。試験結果をまとめると次のとおりである。

- (1)ティグ溶接を採用した場合、ラメラテアは発生しなかった。この原因として、①ティグ溶接は被覆アーク溶接に比べて水素含有量が低く、ラメラテア発生の引き金となりうる低温割れを防止する効果が期待できること、②軟質溶接材料を用いたことにより、ひずみ集中の低減効果があらわれたことが考えられる。
- (2)TP1, TP2, TP4 でラメラテアは明瞭に確認できた。ラメラテアは表ビード側の溶接時に発生し、ガウジングで掘り進めるとともに表ビード表層に伸展して行った痕跡が確認できる（写真-1）。
- (3)TP7, TP8 では、表ビード初層近傍の挟まれ板の熱影響部に介在物の開口と見られる微細なきずが確認できた。試験体の挟まれ板の材質はHT60 であり、溶接材料としては軟質継手となる。TP1, TP2 と比べてきずの発生状況が異なるのは、軟質継手の効果があらわれたものと推定できる。
- (4)type2 の試験体すべてにおいて、挟まれ板の板こばには、ラメラテアの発生は見られなかった。

5. まとめ

低 ϕ_z の古材を用いて、高い拘束度を有する窓形拘束溶接割れ試験を実施した。その結果、挟まれ板に対して2ランク低い強度の溶接材料を用いたティグ溶接は、耐ラメラテア性能に効果的であることが確認できた。

【参考文献】1)土木学会鋼構造委員会鋼材規格小委員会：耐ラメラテア鋼の土木構造物への適用，土木学会誌，1985.8

表-1 試験対象鋼材の機械的性質

	竣工年	板厚 (mm)	材質	ϕ_z (%)	σ_b (N/mm ²)
plate1	1971	16	SM50A	10, 14, 16	517, 513, 544
plate2	1966	16	HT60	14, 18, 18	622, 614, 602
plate3	1969	19	SM50	11, 11, 18	502, 512, 501

表-2 溶接材料の機械的性質

溶接方法	材料銘柄	棒径 (mm)	シールド ガス	σ_y (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	規格
被覆アーク溶接	LB-52	4.0	-	500	570	JIS Z3212 D5016
被覆アーク溶接	LB-47A	4.0	-	400	450	JIS Z3211 D4316
ティグ溶接	TGS-35	2.4	Ar100%	324	383	-

表-3 窓形拘束溶接割れ試験体の概要と試験結果

試験体 名称	試験体タイプ	試験対象鋼材	溶接方法	材料銘柄	溶接パス数		ラメラテア発 生断面(注1)
					表ビード	裏ビード	
TP1	type1 (両側突出)	plate1 (t=16, SM50A)	被覆アーク 溶接	LB-52	8	12	5/5
TP2					8	13	5/5
TP3				LB-47A	8	12	0/5
TP4					8	13	5/5
TP5			ティグ溶接	TGS-35	21	16	0/5
TP6					21	16	0/5
TP7	type2 (片側突出)	plate2 (t=16, HT60)	被覆アーク 溶接	LB-52	8	11	5/5
TP8					8	11	2/5
TP9				LB-47A	8	11	0/5
TP10					8	11	0/5
TP11		plate3 (t=19, SM50)	ティグ溶接	TGS-35	14	21	0/5
TP12					14	21	0/5

注1. 表中の数値は、ラメラテア(きず)発生断面数/マクロ試験断面数を示す。

写真-1 ラメラテア (TP4)

