

リベット継手の溶接補強について

正員 櫻 井 季 男*
准員 西 村 昭**

ON THE REINFORCEMENT OF RIVETED JOINT BY WELDING

(JSCE June 1955)

Sueo Sakurai, C.E. Member, Akira Nishimura, C.E. Assoc. Member

Synopsis : To use the full strength of rivet connected member in tension, the section weakened by the rivet holes must be reinforced. The authors tried two methods of reinforcement, one increases its thickness by reinforcing plates attached on the surface of main plates by fillet welds, and the other increases its breadth by reinforcing plates attached to both sides of main plates by butt welds. The results of static tensile tests performed on riveted joint specimens and its reinforced one appear to justify that all kinds of reinforcement attempted are effective and the increase in tensile strength of reinforced joint is superior if stresses transmit smoothly from main plate to reinforcing plate.

要旨 引張力を受けるリベット結合部材の全強を発揮させるためには、リベット穴に相当する減少断面積を適当に補わねばならない。著者等は次の2種類の補強法を試みた。すなわち一つは補強板を主板面に隅肉溶接で取り付けて増厚し、他は主板両側面に突合せ溶接で取り付けて増巾するものである。これらの方法を施した試験片の引張試験結果によると、試みた補強法はすべて有効で、かつ継手の引張強さの増加は主板から補強板への応力伝達が滑らかに行われるものほど優れている。

1. 緒 論

鋼トラスにおいて、その部材を構成する各部片をリベット連結で組合わす代りに溶接で組合わすと、回転半径に関して有利な断面形を作りうるのみならず、引張部材に対してはリベット穴による断面控除がなくなり、総断面積が有効となつて鋼材節約上有利となる。また溶接による変形並びに拘束残留応力の悪影響を防ぐ必要がある場合、あるいは構造物にある程度融通性を与える意味で推奨される工法として、溶接で組合わされた部材または型钢よりなる部材を格点においてリベットで連結することが考えられる。しかしこの場合にはリベット継手においてリベット穴を差引いた純断面積が有効断面積となつて継手部が最弱点となり、部材の全強を伝達することができなくなる。従つてこのようリベット穴による断面損失をなんらか適当な方法によつて補強しうるのであるならば、引張力に対して部材の総断面積が有効となり、鋼材の節約、従つてまた死荷重の軽減の意味で非常に好都合である。このような補強法の目的は溶接工法によつて達成しうるのである。

る。

格点の部材連結において、リベットによる断面損失を防ぐために部材の両端だけ特別に増巾または増厚加工しておけばよいわけであるが、製作上廃品が増加して鋼材の節約にはならない。また部材の端部を連結用の巾の広い板と突合せ溶接で連結する方法は最も簡単で優れているが、突合せ溶接に対する許容応力を母材に対するものより小さくせねばならない現在では部材の総断面積が有効に用いられない。

そこでリベット穴による断面損失を補うような一種の補強部片をリベット継手部にだけ溶接で付加すればよい。すなわち著者らはその方法として補強板を主板の表もしくは裏に添え、その板端を主板に隅肉溶接で連結する方法と、補強板を主板の左右両側に横に並べて突合せ溶接で取りつける方法とを試みた。本文ではそれらの補強法を施した継手試験片の引張試験およびその結果について述べ、補強法の優劣および効果について検討を加えた。

また一方かかる補強部片を付加すると主板には余分な stress raiser が追加されることになり、繰返し応力に対する抵抗強度の低下が予想されるから、疲労試験を行つてその方面からの検討の必要なことはもちろんであるが、ここでは静引張試験に関してのみ述べる。

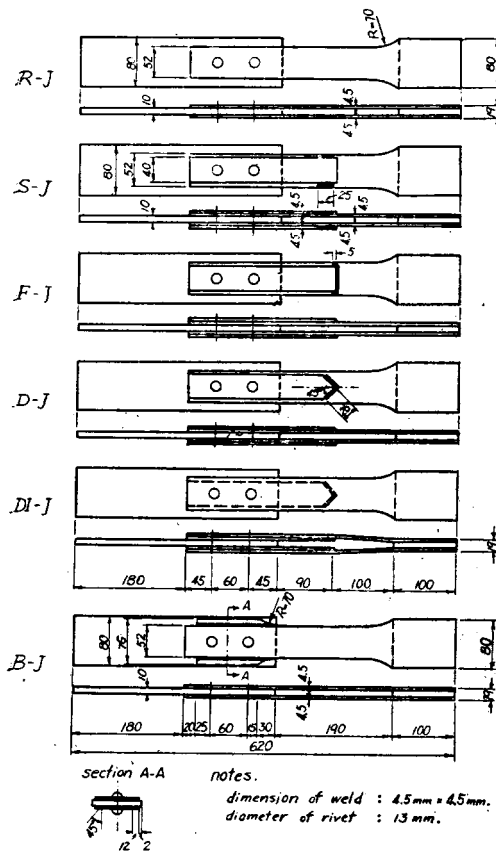
2. 試 験 片

試験片は 図-1 に示す6種類である。すなわち R-J は補強工作を施さない基本リベット継手、他の5種類は R-J に補強を施したもので、D-J は主板の表面に置いた補強板を 45° 斜方隅肉溶接で連結したもので、DI-J は主板の裏面すなわち両主板間に置いた補強板を 45° 斜方隅肉溶接で主板に連結したもので、試験機への取り付けの都合上外側主板を少しく曲げた。S-

* 神戸大学助教授 工学部土木工学教室

** 同 上 講師 同 上

図-1 試験片



および F-J はそれぞれ側面隅肉および前面隅肉溶接によつて補強板を主板表面に連結したものである。また B-J は上記のような増厚による補強法と異なり、補強板を主板の両側面に L 型突合せ溶接で連結し増巾したものである。

試験片に使用したリベットは $\phi 13$ mm の丸リベット、リベット穴は $\phi 14$ mm である。補強板取り付けの隅肉溶接は脚長 4.5×4.5 mm、有効長 50 mm、一方 B-J に用いた突合せ溶接は開先角 45° の L 型溶接とし、補強板の表裏左右対称になるように置いた。

次に試験片の設計方針は次のとおりである。まず R-J は外側主板あるいはリベットにおいてそれぞれ引張破断あるいはせん断破壊を生ずるようにし、また補強継手は補強板の純断面積 234 mm^2 に対し隅肉溶接の有効喉厚断面積 318 mm^2 であり、外側主板のリベット穴によつて失われる断面積は 126 mm^2 であるから、リベット穴による外側主板の損失断面積は補強板によつて十分補われ、また溶接部の喉厚断面積も十分に、その部分での破壊は生じないはずである。また S-J では補強板断面積 216 mm^2 であるから、外側主

板のリベット穴による損失断面積を十分補っている。

これらの試験片に用いた鋼材は SS 41 で、その引張試験結果は表-1 に示した。

表-1 使用鋼材の機械的諸性質

試験片の種類	部分	板厚 mm	降伏点 kg/mm ²	極限強さ kg/mm ²	伸率 (G.L. =200mm) %
R-J, D-J,	外側板	4.5	32.2	45.7	29.4
DI-J, S-J	内側板	10.0	31.8	45.2	34.7
F-J, B-J	外側板	4.5	27.6	40.1	22.7
	内側板	10.0	26.2	41.2	28.8

註：ただし補強板には上表外側板使用

補強継手における溶接は、日立製作所製交流電弧溶接機を用い、神戸製鋼 B-17 溶接棒 ($\phi 3$ mm) によつて施工し、隅肉溶接は約 100 A、突合せ溶接は約 120 A の電流によつて行い、いずれも肉盛りは 2 層とし、片面の溶接完了後に裏面の溶接を施工した。溶接施工後溶接部は手仕上げで、できるだけ正確に、隅肉溶接は脚長 4.5×4.5 mm の所定長のプリズム型になるように、また突合せ溶接は表裏両面とも余盛りを削り取つて平滑に仕上げた。

溶接部の仕上げ完了後、ドリルによつてリベット穴をあけ、リベットをコークス焼きののちテッポーでかした。

3. 静引張試験

(1) 試験機 本実験には当学材料試験室設置のアムスラー 30 t 万能試験機および神戸川崎重工業材料実験室設置のアムスラー 50 t 万能試験機を用いた。

(2) 試験方法 試験は R-J, S-J 各 4 本、DI-J 6 本、他はそれぞれ 3 本ずつ合計 23 本の試験片について行つた。載荷方法は各種類 3~6 本の試験片中、少なくとも 2 本は連続的に荷重を増加して降伏点および極限荷重を求め、そのうち 1 本あるいはそれ以上のものについてはあわせて降伏点までの 1 t ごとに変形を測定した。残りの試験片は 1 t または 2 t きざみに荷重を増加して毎回 0.5 t まで返す繰返し引張静荷重をかけて変形を測定し、降伏点以後は他のものと同様に連続的に荷重を増加して極限荷重を求めた。ただし F-J, S-J および DI-J のうちのあるものは降伏点以後においても補強板の変形を測定した。また B-J に対しては全然荷重をくりかえさず、変形も測定せず、降伏点および極限荷重を求めたのみである。

(3) ひずみ測定 R-J, D-J, DI-J および S-J は Huggenberger ひずみ計 (標点距離 20 mm, 精度 1/1000 mm) によつて行い、F-J および S-J と DI-J の一部は電気抵抗線ひずみ計 (共和無線 K-22) によ

つて行つた。ひずみ指示器には米国 Baldwin 社製のものをを用いた。各ひずみ計の取り付け位置は、R-Jは外側主板の平行部分の表裏に各1個ずつ計2個、F-J、D-J および S-J は外側主板平行部分および補強板部分2カ所の表裏に各1個ずつ計4個、また DI-J は外側主板平行部分上に補強板のあるなしの2カ所の表裏に各1個ずつ計4個のひずみ計を取りつけて計測を行つた。ただし S-J の電気抵抗線ひずみ計設置箇所は上記の各位置で長手に直角方向に3個ずつである。なお DI-J では外側主板が曲つている関係上、引張力に対してはこの部分に曲げ応力が生ずるはずである。そこで DI-J No.4~6 に対しては外側主板の平行部内側間隙にちよどはまる平鋼を挿入して継手部に曲げモーメントが生じないように注意した。

4. 実験結果並びにその考察

上述の要領によつて行つた試験結果を表-2に示す。これらの実験結果にもとづいて補強継手の静引張荷重に対する補強効果並びに補強板の荷重分担作用について考察すれば次のとおりである。

表-2 引張試験結果

(1) 試験片別	(2) 試験数	(3) 降伏点		(4) 極限荷重		(5) 極限強さ		(6) 破壊箇所
		t	kg/mm ² *	t	比%	kg/mm ² *	比%**	
R-J	4	12.88	25.4	14.70	100.0	39.7	86.9	} 外側主板のリベット穴断面 } 外側主板の補強されない平行部分
S-J	4	11.24	23.0	16.69	113.5	34.1	74.6	
F-J	3	12.43	27.1	20.23	137.6	44.0	109.7	
D-J	3	13.06	26.8	19.20	130.6	39.3	86.0	
DI-J	6	13.07	25.6	19.77	134.5	39.2	85.8	
B-J	3	12.80	28.2	18.50	125.9	40.8	101.7	

* R-J のみは純断面積について計算、他は外側主板破壊部原断面積について計算
** それぞれ素材外側板の極限強さを基準に計算

(1) 補強効果 表-2に示したように、基本継手の破壊はすべて外側主板のリベット穴断面、すなわち純断面において生じ、補強継手ではすべて外側主板のリベット穴断面以外の補強されない平行断面すなわち基本継手の外側主板の総断面に相当する断面において破壊した。従つて補強継手はいずれも基本継手のリベット穴による減少断面積を十分補つており、補強の目的は十分に達成されているといふことができる。

しかしこれらの継手ではその構造上継手における応力集中状況が相異なるため、その降伏点、引張強さ等に差異が現われる。本実験においては表-1のようにF-J、B-Jの材料は他種の試験片と異なるので正確な比較はできないが、各継手の極限荷重をR-Jのそれを基準にとつて表わすと表-2第(4)欄のとおりである。また素材の極限強さを基準にとつて各継手の極限強さを表わすと表-2第(5)欄のようになる。いずれにおいてもF-Jが最も優れ、S-Jが最も劣る。

これはF-Jにおいては応力伝達経路が比較的滑らかで、応力に直角方向の断面における応力分布が比較的均等であり、それに比してS-Jにおいてははなはだ不均等であり、それらの中間にD-J、DI-Jがあることを考へて、補強板を主板へ取りつける方法が継手の極限強さに及ぼす影響ははなはだ重大であることがわかる。なおB-Jのような方法によつても十分に補強の目的が達せられる。結局S-Jのように応力分布を不均等にすることは補強継手としては不十分であるが、そうでない他の形式によれば相当な効果を期待しうるものといふことができる。

また構造上DI-Jのように補強部片を両主板間に入れる必要がある場合も、強度上の不利は生じないものとみなされる。

(2) 補強板の荷重分担作用 引張試験において得られたひずみ測定値を用いて次のように補強板の分拵荷重を求めることができる。いま

$P_m, A_m, \epsilon_m, \sigma_m$: それぞれ補強板添接部を有しない外側主板の荷重 (=作用全荷重), 断面積, ひずみ度, 応力度。

$P_m', A_m', \epsilon_m', \sigma_m'$: それぞれ補強板添接部における外側主板の分拵荷重, ひずみ度, 応力度。

$P_s, A_s, \epsilon_s, \sigma_s$: それぞれ補強板の分拵荷重, 断面積, ひずみ度, 応力度。

λ : 補強板の分拵荷重の全作用荷重に対する割合で、以下単に分拵率と呼び%で表わす。

以上の記号を用い、主板および補強板の弾性係数 E を相等しいと仮定すれば、ひずみ測定部分がすべて降伏点以下にある荷重状態では λ は次式で表わされる。すなわち、D-J, S-J 及び F-J に対し

$$\lambda = \frac{P_s}{P_m} \times 100 = \frac{A_s \sigma_s}{A_m \sigma_m} \times 100 = \frac{A_s \epsilon_s}{A_m \epsilon_m} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

また DI-J に対し

$$\lambda = \frac{P_m - P_m'}{P_m} \times 100 = \frac{\epsilon_m - \epsilon_m'}{\epsilon_m} \times 100\% \dots\dots (2)$$

また外側主板の補強されない部分が降伏点を超えるような荷重状態においても、補強板の応力度が弾性限度以下にある場合には変形にもとづく応力度の測定が可能であるから、式(1)において P_m として作用全荷重をとり、 P_s には測定値 ϵ_s を用いて $P_s = A_s E \epsilon_s$

を計算すれば λ は容易に求められる。式 (2) についても同様で、 P_m として作用全荷重をとり、 $P_m' = A_m' E \epsilon_m'$ によつて実測値 ϵ_m' を用いて P_m' を算定すれば λ が求まる。図-2 には F-J No.3, S-J No.4, D-J No.3 及び DI-J No.4 の分担率 λ を測定ひずみを用いて算出し作用全荷重に対して図示してあ

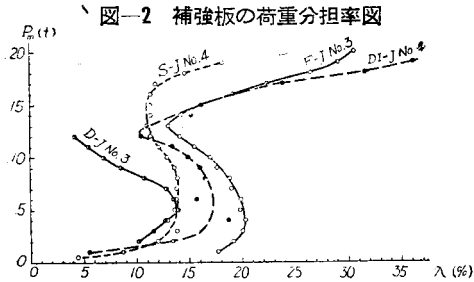


図-2 補強板の荷重分担率図

る。ただし上記の計算に必要な E として 2.0×10^4 kg/cm² を用いた。また D-J No.3 のひずみは Huggenberger ひずみ計による測定値で、他は電気抵抗線ひずみ計による測定値を用いたが、特に S-J No.4 のひずみ測定値は試験片の長手に直角方向断面に貼つた3個の電気抵抗線ひずみ計の測定値の平均である。

これらは比較的試験結果のよいもののみを示したものであるが、図より各試験片の λ は P_m が0より増加するにつれて次第に増大して4~8tで極大値を示し、以後は次第に減少して外側主板が降伏点に達する付近で最小となり、以後再び急激に増加して図のようなS型曲線を画くものと考えられる。実用上は許容応力付近、すなわち荷重6~7t付近あるいはそれ以下の部分が問題となるが、この範囲において各曲線にもとづいて各補強継手の分担率を検討すると、S-J 及び D-J に対するものは他に一段と劣り、F-J に対するものが最も優れていることがわかる。これは前項の極限強さの場合と類似しており、このような補強板の荷重分担率いかえれば補強板の協力作用の点からしても λ が大なる F-J 及び DI-J が好ましく、S-J は補強継手としては十分であるとはいえない。なおいずれの場合も分担率が一時減少するのはリベットの滑動

によるものと考えられる。

また D-J に対して DI-J の分担率が優れているのは明らかで、このように補強部片を両主板間に入れると他の溶接配置の場合でも分担率の上昇が期待される。

5. 結 論

リベット継手においてリベット穴による引張強さの減少を防いで部材の全強を發揮させるための補強方法として、板の表裏に補強板を添接して、一端を隅肉溶接で取りつけて増厚する方法と、板の左右両側に補強板を突合せ溶接で接合して増巾する方法とがあるが、両方法ともに静的には十分に補強の目的が達成される。ただし前者の場合には側面隅肉のみを用いる方法は、他の補強板接合法に比して相当劣るので、必ず前面または斜方隅肉溶接を用い、さらに両溶接端に側面隅肉を若干付加する方法が望ましい。つまり応力方向に直角な断面の応力分布ができるだけ均等になるような補強板接合法が好ましいといえることができる。

また継手部の構造上補強板を主板間に入れる必要がある場合は、強度上の効果は表面におく場合と変わらない。

このような補強工法は新設橋梁に適用する場合は、溶接部作業はすべて工場で施工することにより重要継手の現場溶接を避けることができる。またトラス部材の部片連結を溶接で結合して部材端部をリベット連結にする場合、部材端部のリベット継手に上述の補強工法を用いればリベット穴による断面損失の影響がなくなり、材料的に経済的となるのみならず、現場溶接の不利並びに不確実を除きうるとともに、外的拘束残留応力の発生も防ぎうる等の利点がある。ただしトラス部材の部片連結を溶接で結合する場合、溶接線が長くならないような断面形が有利であることはいうまでもない。

付記 本研究は昭和27年度文部省科学試験研究費による研究成果の一部である。試験片の製作に当つては新三菱重工業神戸造船所の御尽力を賜つた。関係各位に深謝する次第である。(昭.29.11.19)

新材料と新工法 B5判 134ページ 会員特価 250円 千30円

.....目	次.....
フ ラ イ ア ッ シ ュ	ウエルポイント工法
構 造 用 高 張 力 鋼	サンドドレーン工法
異 形 鉄 筋	トンネルの全断面掘削工法
プレパクトコンクリート	新しい建設機械
国分 正胤	甲野 繁夫
小西 一郎	石井 靖丸
山田 順治	立石 哲郎
三浦 一郎	加納 俊二
	伊丹 康夫

東京・千代田区・大手町 2-4 土木学会発行