

高力ボルト摩擦接合継手のボルト取替え後の補強に関する研究

明星大学 正会員 鈴木 博之
 明星大学 学生会員 ○田南 一樹
 (株)ロブテックスファスニングシステム 正会員 中島 一浩

1.はじめに

鋼構造物の損傷の一つに高力ボルトの遅れ破壊がある。遅れ破壊の可能性のある高力ボルト継手においては、ボルトの交換をしなければならない場合も考えられる。ボルトの交換を行うにあたって、作業箇所が狭隘で裏側に手が入らないケースも多々ある。そのような箇所においては片面施工用高力ボルト(以下、ワンサイドボルトと呼ぶ)が有効である。

本研究では、高力ボルト摩擦接合継手の摩擦接合用高力六角ボルト(以下、六角ボルトと呼ぶ)をワンサイドボルトに取替える事を想定し、取替え後に不足する荷重伝達力を補うため、ワンサイドボルトを用いて添接板を追加補強した時の、補強効果ならびに荷重伝達、分担荷重について検討する。

2.試験方法

試験体形状を図-1 に示す。試験片の材質は SM490、母材の厚さは 28mm、添接板の厚さは 16mm である。高力ボルトには F10T、M20 を、ワンサイドボルトには MUTF20 を使用した。摩擦面にはグラインダー処理後、さび促進剤を塗布した。

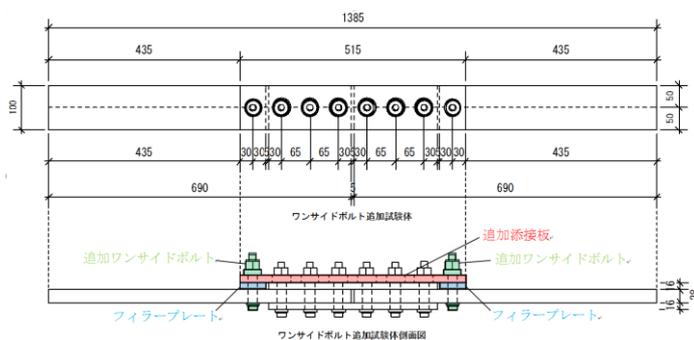


図-1 試験体形状

本研究では、遅れ破壊が生じた六角ボルトから、ワンサイドボルトへのボルトの交換を想定しているので、200kN の死荷重を作用させた状態でボルトを交換した。なお、これまでの研究結果から、ボルトの取替え順序の違いが荷重伝達に及ぼす影響はない事が明らかにされているため、本研究では内側から外側に向かってボルトを取替える事とした。F10T、M20 の六角ボルトの設計ボルト張力 N は 165kN であるが、MUTF20 のワンサイドボルトの設計ボルト張力 N は 131kN であり、F8T 相当の荷重伝達力しか

得られないため、ワンサイドボルトを用いて添接板を追加し、補強を行う事を考えた。追加添接板及びファイラープレートの材質は SM490、厚さは 16mm である。追加添接板には六角ボルト頭を避けるため、既存継手のボルト位置に $\phi=42\text{mm}$ の円孔を設けた。

追加添接板を取り付けるための孔明け作業は、作用している 200kN の荷重を一旦除荷し、試験体を試験機から外した状態で行った。その後、試験体を再び試験機にセットし、200kN 作用下で追加添接板をワンサイドボルトを用いて取り付け、載荷試験を行った。試験は全部で 3 体ずつ行い、添接板を追加していない場合を TPN1~3、添接板を追加した場合を TPA1~3 と呼ぶ。

3.試験結果及び考察

3-1 すべり試験

載荷荷重と開口変位の関係を図-1 に示す。TPN1 においては、載荷荷重 421kN の時に荷重が急激に低下しており、一回目のすべりが生じた事が分かる。TPN2~3、TPA1~3 においても、同様な傾向がみられた。この時の荷重をすべり荷重と定義した。図-1 の荷重-変位曲線から得られた、TPN1~3 と TPA1~3 のすべり荷重 P_s を表-1 に示す。

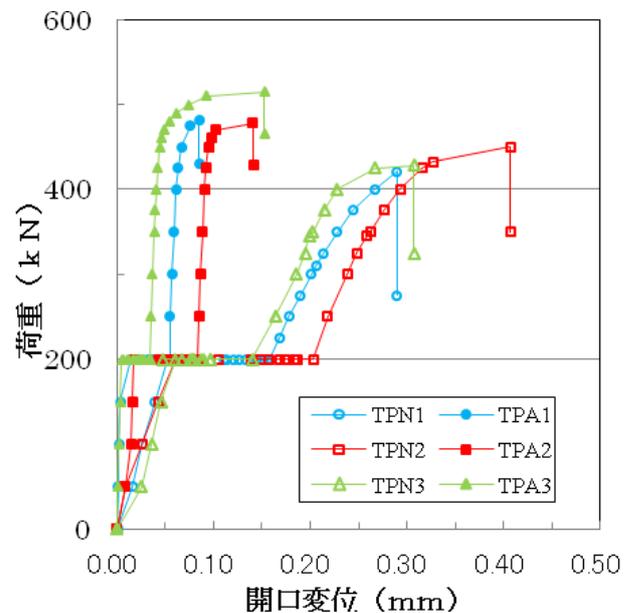


図-1 荷重-変位曲線

キーワード ワンサイドボルト, 補強, 荷重伝達, 分担荷重

連絡先 〒191-0042 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部 TEL042-591-5111 E-mail : suzukihi@ar.meisei-u.ac.jp

表-1 すべり荷重 Ps

追加添接板	試験体	すべり荷重	平均
なし	TPN1	421kN	433kN
	TPN2	450kN	
	TPN3	428kN	
あり	TPA1	481kN	491kN
	TPA2	478kN	
	TPA3	515kN	

TPN1~3のすべり荷重の平均値と、TPA1~3のすべり荷重の平均値を比較してみると、58kNの差があり、添接板を追加するとすべり荷重が約13%増えた事が分かる。したがって、ワンサイドボルトを用いて追加添接板を取り付ける事により、継手の荷重伝達力の不足を補う事が可能であると判断される。

3-2 分担荷重

試験体中央部の添接板の側面に貼付したひずみゲージより得られたひずみεを式-(1)に代入し、既存添接板、追加添接板、それぞれが分担している荷重Piを求めた。

$$P_i = \varepsilon \cdot E \cdot A \tag{1}$$

ここに、E:ヤング率、A:断面積

TPA2の載荷荷重と分担荷重の関係を図-2に例として示す。図-2から求めた、既存添接板と追加添接板の350kN載荷時の荷重分担率を表-2に示す。取替え作業終了直後とすべり発生付近ではデータにばらつきがあるため、線形関係にある範囲の代表として、350kNのデータを用いて比較した。また、TPA1はひずみゲージに不具合が生じたため十分なデータが得られなかったため、考察の対象とはならなかった。

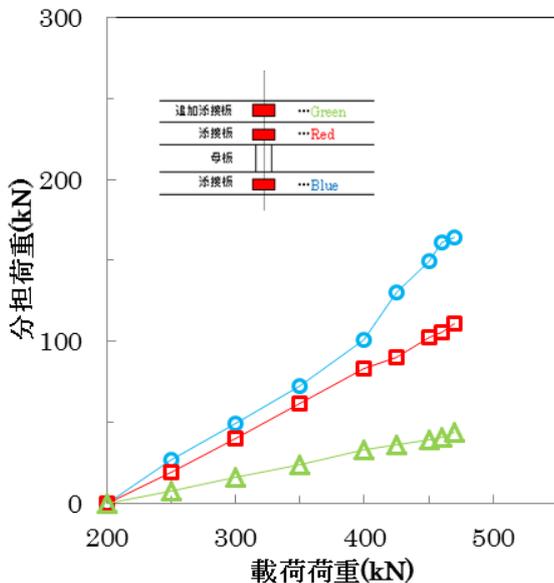


図-2 TPA2 分担荷重

表-2 350kN 載荷時荷重分担率

	既存添接板	追加添接板
TPA2	85%	15%
TPA3	81%	19%

既存添接板の荷重分担率の平均は83%、追加添接板の荷重分担率の平均は17%という結果が得られた。

ここで、既存添接板と追加添接板の荷重分担率について考察する。高力ボルト摩擦接合継手の伝達荷重Pは式-(2)で与えられる。

$$P = \rho_a \cdot n \cdot m \tag{2}$$

ここに、 ρ_a :ボルト一本一摩擦面あたりの許容力
n:ボルト本数、m:摩擦面の数

既存添接板においてはボルトの本数nは3本、摩擦面の数mは2面であり、追加添接板においては、ボルトの本数nは1本、摩擦面の数mは1面である。ワンサイドボルト(MUTF20)のボルト一本一摩擦面あたりの許容力は既存のデータより、103kNである。これらの値を式-(2)に代入すると、既存添接板と追加添接板の荷重伝達の比率は6:1となり、これを百分率で表すと、既存添接板:追加添接板=86%:14%となる。この結果を表-2の実験結果と比較してみると、ほぼ同じ荷重分担率になっている事がわかる。これらの事から、ワンサイドボルトを用いて補強する際の荷重分担率を検討するときは、ボルトの本数と摩擦面の数の積の比を用いればよいことがわかる。

上記の荷重分担率を考慮して、すべり試験においてすべりが最初に発生した箇所について考察する。既存継手部分には死荷重に相当する200kNが作用しており、これに作業後の荷重の86%が加算される一方、補強部分には作業後の荷重の14%が作用するだけである。したがって、補強部分より先に既存継手部分にすべりが生じた事は容易に推察される。

4.まとめ

(1)六角ボルトからワンサイドボルトに取り替えたときに低下する荷重伝達力を補う工法として、既存継手に追加添接板をボルト接合する工法を考え、この工法が有効であることを実験的に検証した。

(2)ワンサイドボルトを用いて補強する際の荷重分担率を検討する時は、ボルトの本数と摩擦面の数の積の比を用いればよいことが確認された。

(3)補強継手においては、補強部分より先に既存継手部分にすべりが生じたものと判断された。