

I-A 347

引張力が作用する摩擦接合継手の孔引有効断面に関する実験的研究

広島工業大学 正員 〇村中 昭典 広島工業大学 正員 皆田 理
片山ストラック（株） 正員 石原 靖弘 片山ストラック（株） 正員 大田 隆三

1. はじめに

我国では引張力が作用する高力ボルト摩擦接合継手は、道路橋示方書に規定されているように、総断面からボルト孔による欠損断面を差引いた純断面で設計される。しかしながら、諸外国の設計基準を見ると、特にドイツの基準（DIN）では「ボルトの許容伝達力の40%が、孔による断面減少の始まる前に、摩擦作用によりすでに伝達されていると仮定してよい」となっており、この規準を準用するならば継手部は我国に比べてかなり経済的に設計できる。そこで、本研究は摩擦接合継手における孔部断面での荷重伝達力を短冊形試験体の引張試験結果に基づいて検討を加えたものである。

2. 試験要領

各国の設計基準（DIN、AASHTO、BS）および各種文献調査結果より、継手強度に及ぼす影響として、鋼板の材質、純断面積と総断面積の比、降伏応力に対する発生応力の比などが関係することがわかった。従って、試験体を設計する際には、これらのパラメータを考慮した。図-1に試験体の形状・寸法を示す。材質としてはSS400、SM490Y、SM570Yの3種類とし、鋼板接触面にはショットブラスト（50S）を施した。高力ボルトにはF10T、M22を使用し、ボルト軸力導入にはトルクレンチを用い、設計軸力の10%増し（221.48N）を導入した。ボルト導入軸力の管理はボルト軸部に貼付したひずみゲージで行った。

また、ボルト付近での応力伝達を解明するために、継手中央部および各ボルト列付近の添接板（一部母材）にひずみゲージを貼付した。図-2にひずみゲージの貼付例を示す。なお、ひずみゲージはボルト締付け前に貼付した。

3. 試験結果、及び考察

表-1に引張試験結果を示す。すべり係数は道路橋示方書に規定されている設計値（0.4）に比

表-1 引張試験結果

試験体	母材厚 t _p (mm)	添接板厚 t _a (mm)	試験体幅 B(mm)	材質	ボルト数 N(本)	添接板長 L _a (mm)	試験体長 L _t (mm)	すべり係数 μ
A	9	9	82	SS400	2	320	820	0.273
B	9	9	122	SS400	2	320	820	0.370
C	9	9	82	SM490Y	2	320	820	0.374
D	9	9	122	SM490Y	2	320	820	0.482
E	19	10	82	SS400	2	320	820	0.390
F	19	10	122	SS400	2	320	820	0.507
G	19	10	82	SM490Y	5	770	1270	0.299
H	19	10	122	SM490Y	5	770	1270	0.406
I	9	9	82	SM570	3	470	970	0.305
J	19	10	82	SS400	3	470	970	0.320
K	9	9	122	SM570	3	470	970	0.417
L	19	10	122	SS400	3	470	970	0.407
M	19	10	82	SM570	6	920	1420	0.323
N	19	10	122	SM570	6	920	1420	0.390

べて低いものが多い。これは母材の降伏によりボルト軸力が低下し、見かけのすべり係数が低下したためである。図-3に継手中央部の添接板および第1ボルト付近の添接板に貼付したひずみゲージによる応力測定結果の一例を示す。同図を見るとすべり発生によってボルトが孔壁に接触し、これによって各部の応力の分布状態が変化していく様子がよくわかる。また、純断面での応力分布は現行設計許

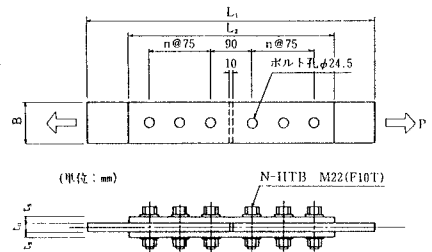


図-1 試験体の形状・寸法

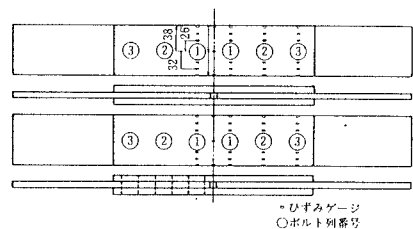


図-2 ひずみゲージの貼付例（試験体I）

容荷重レベルでは等分布状態にあり孔の影響は見られない。

貼付したひずみゲージより得られた応力を用いて、摩擦による荷重伝達率を計算した。荷重伝達率 α は継手中央部の平均ひずみから得られた力 P_1 、第1ボルト中心位置での平均ひずみから得られた力を P_2 として次式で表すものとする。

$$\alpha = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100 (\%)$$

ここに $P_1 = \varepsilon_1 \cdot E \cdot A_g$

$P_2 = \varepsilon_2 \cdot E \cdot A_n$

E ：ヤング係数、 A_g ：総断面積、 A_n ：純断面積

上式で得られた結果を表-2に示す。

同表より、荷重レベルが低い間は摩擦による荷重伝達率が高く、第1ボルト列に達する前にほぼ100%程度応力が主板に伝えられている。また、鋼板の材質が高い（降伏強度が大きい）ほど、荷重伝達率は低くなる傾向が認められる。

図-4に荷重伝達率と荷重強度比の関係の一例を示す。同図に示すように荷重が大きくなるに従って伝達率は低下するが、すべりが生じる直前でも4割程度は摩擦面で伝達していることがわかる。

図-5にボルト本数と荷重伝達率の関係を示す。同図に示すように荷重強度比が同じでもボルト本数が増加するにしたがって荷重伝達率は低くなる。純断面積比（ A_n/A_g ）が0.7と0.8の場合を比較すると、0.8の方が荷重伝達率は低い。

4. あとがき

高力ボルト摩擦接合継手の引張試験結果より結論を挙げると以下のとおりである。

- (1) 継手のすべり強度に比べて母材の降伏強度が低い場合、降伏による板厚減少によりボルト軸力が低下し、すべり強度が低下する。その結果、みかけ上の設計すべり係数が確保出来ない場合がある。
- (2) 摩擦による荷重伝達率に着目した場合、低荷重段階ではボルト中心位置までに力の伝達が完了している。荷重レベルの高いすべり直前でも、約4割以上はすでに伝達されており、ドイツの設計基準（DIN）はほぼ妥当といえる。
- (3) 荷重伝達率は発生応力、鋼板の材質、純断面積比などにより影響される。

参考文献 省略

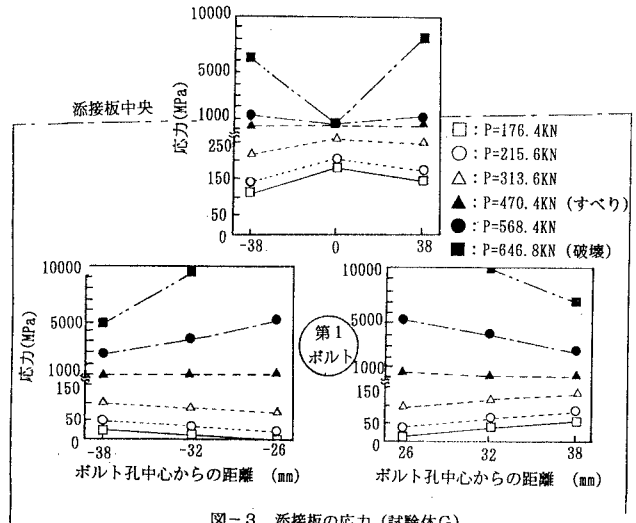


図-3 添接板の応力（試験体G）

表-2 摩擦面による荷重伝達率

材質	試験体	断面積比 A_n/A_g	ボルト本数 n	荷重伝達率 α (%)			
				P_{ado}	P_{ado}	P_{adg}	P_s
SS400	A	0.70	2	100.0	100.0	98.3	67.6
	B	0.80	2	100.0	96.4	92.6	68.9
	E	0.70	2	100.0	88.9	85.7	75.7
	F	0.80	2	85.9	80.2	73.7	68.7
	J	0.70	3	100.0	91.9	81.5	57.0
SM490T	L	0.80	3	84.5	72.9	61.0	50.7
	C	0.70	2	100.0	100.0	84.6	63.0
	G	0.70	5	86.8	80.2	70.1	0.0
SM570	I	0.70	3	100.0	88.9	75.7	63.5
	K	0.80	3	85.2	73.3	65.4	40.8
	M	0.70	5	84.7	77.3	57.4	46.5
	N	0.80	6	56.3	49.6	43.6	37.3

ここに、 P_{ado} ：設計許容耐力（端断面）の75%
 P_{ado} ：設計許容耐力（端断面）
 P_{adg} ：設計許容耐力（端断面）
 P_s ：すべり直前

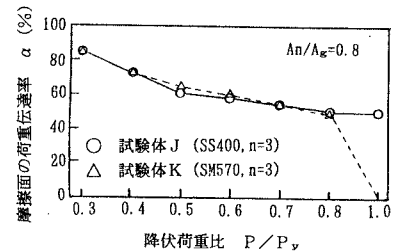


図-4 荷重伝達率と荷重強度比の関係

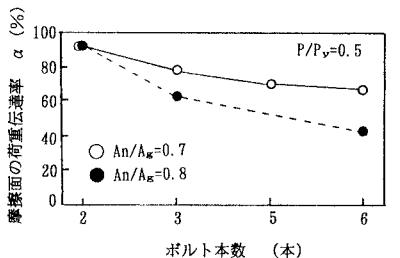


図-5 ボルト本数と荷重伝達率の関係