

摩擦接合の耐力変動について

神戸大学工学部 正員 工博 西村 昭
 阪神高速道路公団 正員 田井戸 米好
 (株) 片山鉄工所 正員 工博 瀬良 茂
 “ 正員 穂積 重臣
 (株) 神戸製鋼所 正員 三谷 哲夫

1. 緒言

鋼橋の摩擦接合現場継手における高力ボルト軸力のバラツキに関し、その実測結果はすでに昭和42年5月、土木学会年次学術講演会にて発表した通りである。すなわち、高力ボルトの締付方法、折継手内でのボルト位置、締付姿勢、締付板厚など、ボルト軸力の変動要因別に、実架設ケタを利用して現場施工条件のもとで、ボルト全数の軸力測定を行なった。その結果の一部を図-1に示す。実験結果によると、ボルト締付けにかなり注意をはらったとしても、ボルト軸力には変動係数10%程度のバラツキは避け難い。本研究は、このような軸力のバラツキと摩擦接合の継手耐力との間にいかなる関係があるかを明らかにするため、供試体の継手内のボルト軸力を故意に不揃いにした供試体を作成し、継手継り試験を実施したものである。

図-1 実架設ケタにおける締付軸力のバラツキ

2. 供試体

2-1 供試体の種類

継手を構成するボルトの軸力のバラツキが継手の継り耐力におよぼす影響を知るために、できる限り簡素化した供試体について実験を行なうこととし、1行型および1列型のボルト継手供試体を準備した。供試体の形状、寸法は図-2に示す通りである。すなわち、供試体はボルト3本型と5本型につき、それぞれ荷重方向に1行にならぶ1型と、直角方向に1列にならぶC型とがある。これによって、任意位置のボルト軸力が、継手継り耐力にいかに関与するかを実験的に求めるのがねらいである。

2-2 供試体の作成

①鋼板 供試体を構成

する鋼板はS45C A、B板、表面はショットブラストをかけ、錆が発生していない状態のうちにアセトンで表面をふき、供試体に組

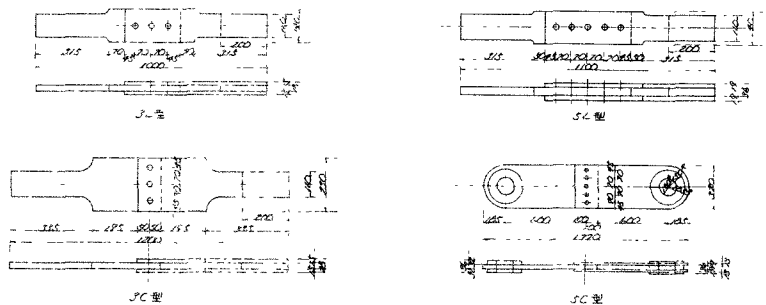


図-2 供試体の寸法形状

み立て、こり試験を実施した。実験の実施は、供試体を組み立てた20時間後を原則とした。

b.高カボルトとその締付け 供試体に用いた高カボルトは、F11T、W $\frac{3}{8}$ のもので、昭和44年11月に現場締付け試験にて用いたと同様の軸力測定方法を採用した。すなわち、ボルト軸中心に頭部から直径6mmのリーマ孔をあけ、その内面に電気抵抗線歪ゲージを貼付した。このボルトの軸力対歪関係の検定に際しては、実際に近い締付け条件で行なうためトルク係数試験機（大阪大学工学部設置のもの）を用い、ナット締付けて軸力を発生させ全ての供試ボルトの軸力-歪線図を求めておいた。

3. 試験方法

3-1 目標軸力

今回の供試ボルト F11T、W $\frac{3}{8}$ に対して設計軸力29 $\pm$ に対し、目標軸力は21 $\pm$ とした。一方現場締めの場合の軸力変動の標準偏差を前述の現場測定の結果を参照して2 $\pm$ とし、締付け力が極度に低い場合として-3 σ 程度の変動に対応して、21-3 $\times$ 2=15 $\pm$ となった。すなわち、目標軸力21 $\pm$ で締付けたボルトと、軸力15 $\pm$ の低軸力ボルトを混合配置した。表-1は供試体番号と各場合のボルト軸力配置を示したものである。ボルト締付けはトルクレンチを用いて、電気抵抗線歪計の読みによって所定の軸力が生ずるまで締付けた。

3-2 こり試験

3L型、5L型、および3C型の各供試体のこり試験は200 $\pm$ のラムスレー型万能試験機（神戸大学工学部土木教室設置）また5C型試験体のみは600 $\pm$ 横型試験機（株式会社神戸製鋼設置）を用いてこり試験を実施した。

3-3 測定

前述のボルト軸の孔内面に貼付した歪ゲージの歪変化を、こり試験を通じて静歪測定器（共和電業製SM-60AT）を用いて測定し、この他に継手部を含んだ標尺距離について、供試体両側面において精度 $\frac{1}{100}$ mmダイヤルゲージによる変形量の測定を行なった。

表-1 試験の種類とこり試験結果

供試体型		L												C											
供試体 番号NO																									
供試体NO		SC												SC											
ボルト 軸力 No	軸力 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
主 荷重 (t)		76.5	76.800	76.5	79.0	63.025	77.92	65.7	65.7	74.5	79.17	70.00	72.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0	
主 荷重 (t)		70.7	74.0	61.0	77.5	65.5	131.6	129.5	127.1	119.9	96.9	210	70.2	73.6	66.2	72.8	111.5 (106.1 摩材)		77.5	128.7 (106.1 摩材)		121.1	126.0		
		○ 21 $\pm$ ● 15 $\pm$ * 矯正値																							

4. 試験結果とその考察

4-1 こり係数

各供試体について得られたこり荷重は表-1に示す通りである。こり荷重より次式を用いてこり係数 μ を求める。

$$\mu = P_s / m \times P_0 \quad \text{ここに } P_s ; \text{こり荷重}(\pm), m ; \text{摩擦面数}(\text{今回の供試体は} 2)$$

P_B : ボルト軸力(t), n : 継手構成ボルト本数

いま、各ボルトが一樣な軸力で締付けた供試体のより荷重(平均値)について計算すると次のようになる

供試体 NO. 3L-1, 1' $\mu = 0.620$ 供試体 NO. 3L-3, 3' $\mu = 0.678$
 NO. 5L-1, 1' $\mu = 0.623$ NO. 5C-1, 1' $\mu = 0.532$
 NO. 3C-1, 1' $\mu = 0.620$

すなわち軸力 15^t の NO. 3L-3, 3' が他よりやや高く、NO. 5C-1, 1' がかなり低くでいるが、他の軸力 21^t のものは3者ほとんど変わらず、 $\mu = 0.62$ なるより係数を考えて差支えない。NO. 5C-1, 1' は実験期間中の関係で鋼板の表面状態が他と異っていたものと思われる。この異は、ショットブラストをやり直してからはより耐力が著しく改善されたことから推定される。(表-1 参照)

4-2 低軸力ボルトの介在による継手より耐力の変化

表-1 の実験結果からわかるように、各場合での試験繰返数が2であるため試験数として充分でなく、また試験値にもかなりのバラツキが見られたため、低軸力ボルト介在の影響を明確につかむことはできない。

a. L型供試体 まず低軸力ボルト位置とより耐力の関係を調べてみるに、L型継手の場合端ボルトの軸力が低いものの方が、中央寄りボルトの軸力の低い場合よりより耐力の低下が大きいのではないかと推定されるが、表-1 からその異は明らかでない。むしろ、5L-2, 2' と 5L-3, 3' ではむしろかならず逆の傾向が見られる。次に低軸力ボルト数とより耐力の関係を調べるために、低軸力ボルト本数の比率と、低軸力ボルト1本当りのより耐力低下量の関係を表-2 に、低軸力ボルト本数とより耐力の関係を図-3 に示す。

表-2 低軸力ボルト比率とより耐力低下量

供試体番号	低軸力ボルト比率	低軸力ボルト1本当りより耐力低下量
3L-2, 2'	1:3	0.2 t
5L-2, 2'	1:5	7.1 t
5L-3, 3'	1:5	4.5 t
5L-4, 4'	2:5	5.9 t
3L-5, 5'	2:3	6.4 t
5L-5, 5'	3:5	11.6 t
5L-6, 6'	4:5	9.5 t

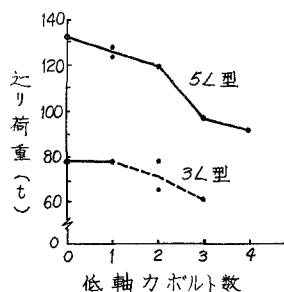


図-3 低軸力ボルト数とより耐力の関係

表-2, 図-3, より3 L型継手と5 C型継手との相異点としては、5 C型の方が低軸力ボルト数と、継手より荷重の低下との間に比較的明確な傾向を認め得るが、3 L型では余り明確でなく、かつ、低下の勾配も小である。

b. C型供試体 3 C型供試体は4チェックで固定したため曲げの影響が入る事が想像され、5 C型においてはピンによって試験機と結合されているので、この異は問題はないが、供試体を横たえるため、重カの影響が生じるものと思われる。この異を考慮しても3 C型においては、低軸力ボルトの非対称分布のため生ずるより耐力低下は顕著であった。すなわち、NO. 3C-3, 3' と NO. 3C-4, 4' との比較では前者のより荷重 66.2^t に対して後者では 72.8^t

となっている。No. 3C-3.3'では低軸カボルトが1本であるにもかかわらず、それが2本の対称継手No. 3C-4.4'とほぼ同じにり荷重であるのも、非対称ボルト軸力配置が原因と考えられる。5C型においては表1に※印の注記を与えたようショットブラストを掛け直した後のにり係数があったものと期待すれば表1の修正値となる。5C-2, 2'; 5C-3, 3'; 5C-4, 4' 即ち、ボルトNo. 1, 2, 3の順に低軸カとした場合のにり荷重の比は118.6; 128.1; 129.1となり低軸カボルトの偏心量の減少につれてにり荷重が増大するという常識的判断を裏付けるものであるが、No. 5C-5.5'のようにボルトNo. 1, 2を15°とした場合のにり耐力は126.5°となっていることから、この判断はなお実験的検討が必要である。

4-3 継手のにりによるボルト軸力低下

継手ににりが発生する直前までのボルトの歪減少量から軸力減少量を求め、各ボルト位置ごとに測定値の平均を求め図示すると図-4のごとくになる

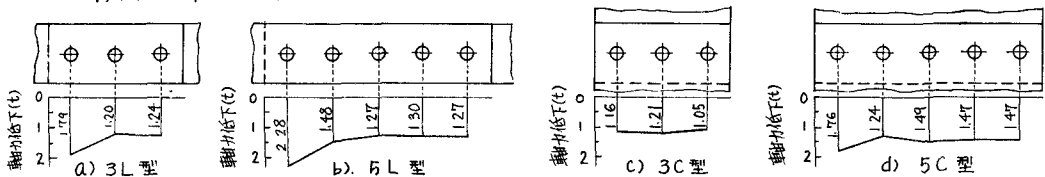


図-4 継手のにり直前のボルト軸力低下量

C型継手では、各ボルトの軸力低下量はほぼ同等とみなしてよい。L型ではボルト位置No. 1のボルトが最大の軸力低下を示す。これは端部においては継手の有効断面が小さいためポアソン比による板厚のやせが中央部より明瞭に表われるためであろう。3LではNo. 3, 5LではNo. 5のボルトの軸力がNo. 1ほど落ちないのは、No. 1のボルトにおいては板厚の減少が添接板の方で主になるため、板のやせは直接ボルト軸力低下となりNo. 3, ないしNo. 5のボルトにおいては主板がやせるが添接板の影響が直接ボルトの軸力低下にきかないのであろう。

4-4 供試体の荷重-変形量関係

各供試体についてその両側面にて継手部をはさむ標定距離で変形量を測定したがそれからは何ら情報は得られなかった。

5 結語

- 1) 実験繰返し数2で十分なものでなかったため低軸カボルトの介在による継手のにり耐力の動向は十分解明できなかった。
- 2) 低軸カボルト数とにり荷重間のプロットから、5L型では荷重減少傾向が明瞭に出て来るが、3L型では余り明確でなく、また低下勾配も5L型より緩い。またC型供試体において低軸カボルトの配置が非対称の場合は、対称な場合よりもにり荷重の低下は大きい。
- 3) 継手のにり発生直前のボルト軸力の低下量は、L型供試体では最大応力を生ずる添接板第1ボルトに生じ、他はほぼ同程度の減少量を示し、初期軸力と関係なかった。これに対してC型供試体では全ボルトについてほぼ均等に軸力低下が生じた。
- 4) 鋼ケタの主要継手では、L型とC型継手が組合った形状になるので、低軸カボルト介在による影響は低減するものと推定される。高カボルト締付軸力の管理以上に、摩擦面の表面状態および継手の寸法形状など製作上の管理に十分配慮が必要と思われる。