## 高力ボルト支圧接合の荷重伝達機構に関する解析的研究

大阪大学	学生員	谷口侑	1也
大阪大学大学院	正会員	亀井義	睓
大阪大学大学院	正会員	奈良	敬

## <u>1.はじめに</u>

平成 14 年の道路橋示方書<sup>1)</sup>(以下「道示」と称す)の改訂において高力ボルト支圧接合に関する項目が正式に 設けられた.条項についてはリベット接合を踏襲したものであり,全ての高力ボルトで作用力を均等に受け持 つことを基本としている.支圧接合を多列で用いる際には,最外ボルト列において荷重分担が大きくなり,2 列目以降のボルト列で十分な抗力を発揮する以前に最外ボルト列の母材純断面の破断などで限界状態に達す ることも懸念されるが,支圧接合を対象とした既往の研究は殆ど報告されておらず,道示においても各ボルト が伝達する力は均等ではないとしながら,実務上問題とはならないとの理由により条項に対する明確な根拠は 示されていない.本報告では実験的には評価が困難であると考えられる高力ボルト支圧接合の荷重伝達機構を 弾塑性有限変位解析プログラム(SABOL)<sup>2</sup>を用いることによって解析的な面から明らかにする.

## 2.解析モデルと解析方針

図 - 1 に片側 3 本の解析モデル例,図 - 2 に要素分割例を示す.初 期導入ボルト軸力は,各モデルの全ボルトに対して道示の規定値 165kN の1割り増し181.5kNを導入する.支圧接合に用いるボルト は,通常の高力ボルトと道示で推奨している打込み式ボルトの2種 類あるが打込み式ボルトを用いた支圧接合は摩擦接合に比べて施工 性が劣るなどの問題があるため採用実績が少ない.そこで本報告で は通常の高力ボルト(B10T,M20)を対象に考える.またボルト間隔 d および縁端距離 e については道示に従い,それぞれ70mm,50mm と する.母材および連結板の鋼種はSM490Yを採用し,すべり強度・母 材降伏強度比( $\beta=N_{SL}/N_{FYn}$ ),連結板・母材降伏強度比( $\gamma=N_{SYn}/N_{FYn}$ ) に基づいて,母材厚  $t_1$ および連結板厚  $t_2$ を決定する.本解析で は, $\beta=0.6 \sim 1.2$ (0.2 刻み), $\gamma=1.1$ の範囲でパラメトリック解 析を行う.表 - 1 に解析モデルの諸元を示す.

解析は, Type 1:(呼び径+2.5mm)で高力ボルトとボルト孔の 支圧以降も考慮したモデル(以下「摩擦接合」と称す), Type 2: 支圧接合で高力ボルトがボルト孔中心に位置する(呼び径 +1.5mm)(以下「中心形」と称す), Type 3:載荷当初から高力 ボルトとボルト孔の支圧を考慮したモデル(以下「支圧接合」 と称す)の3タイプについて行う.

# 

図-2 要素分割例

表 - 1 解析モデルの諸元

	高力ポルト 母材		連結板	すべり強度			
model	本数(片側)	幅(b)	板厚( <i>t</i> )	板厚(t2)	設計値 N <sub>SL</sub>	N <sub>SL</sub> / N <sub>FYn</sub>	N <sub>SYn</sub> /N <sub>FYn</sub>
	(44)	(mm)		(mm)	(kN)		
Case1-1	2	70	28	15	290	0.6	1.1
Case1-2	2	70	21	12	290	0.8	1.1
Case1-3	2	70	17	9	290	1.0	1.1
Case1-4	2	70	14	8	290	1.2	1.1
Case2-1	3	80	35	19	436	0.6	1.1
Case2-2	3	80	26	14	436	0.8	1.1
Case2-3	3	80	21	12	436	1.0	1.1
Case2-4	3	80	18	10	436	1.2	1.1
Case3-1	4	90	40	22	581	0.6	1.1
Case3-2	4	90	30	17	581	0.8	1.1
Case3-3	4	90	24	13	581	1.0	1.1
Case3-4	4	90	20	11	581	1.2	1.1
Case4-1	5	110	39	21	726	0.6	1.1
Case4-2	5	110	29	16	726	0.8	1.1
Case4-3	5	110	23	13	726	1.0	1.1
Case4-4	5	110	19	10	726	1.2	1.1
Case5-1	6	125	39	21	871	0.6	1.1
Case5-2	6	125	30	17	871	0.8	1.1
Case5-3	6	125	24	13	871	1.0	1.1
Case5-4	6	125	20	11	871	1.2	1.1

# 3.解析結果

図 - 3 に荷重 - 全伸び関係を示す.図の縦軸は載荷荷重 P をすべり強度の設計値 N<sub>SL</sub>で無次元化した値 P / N<sub>SL</sub>,図の横軸は全伸びを継手全長で無次元化した値を表す.摩擦接合,中心形を比較するとすべり強度にほとんど差は無く,全伸びの差は孔径の差に依存する.支圧接合においては,載荷当初から支圧を考慮しているため,母材 - 連結板間において解析上のすべり荷重((a)790kN,(b)552kN)は存在するが,挙動には表れない.

キーワード:高力ボルト支圧接合,高力ボルト摩擦接合,伝達せん断力,荷重伝達機構,有限要素法 連絡先:〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL:06-6879-7599 FAX:06-6879-7601

図 - 4 に解析上のすべり発生時における応力分布を 2.4 2.4 中心形 示す.応力は相当応力を降伏応力で無次元化した値で 支圧接合 2 2 摩擦接合 中心形 1.6 1.6 図示している.黒塗りの部分が降伏領域である.それ 支圧接合 摩擦接合 P/Nst 1.2 P/Ns/ 1.2 ぞれ上段は連結板、下段は母材の応力分布を表す.こ 0.8 0.8 0.4 解析上のすべり発生時 0.4 解析上のすべり発生時 こでも摩擦接合,中心形ではほとんど差は認められず, 0 Ω 2 支圧接合では β=0.8 のモデルにおいても解析上のすべ 全伸び/継手全長(%) 全伸び/継手全長(%) (a) Case2-2( $\beta=0.8$ ) (b) Case2-4 ( $\beta$ =1.2) り発生時に母材の外側ボルト列および連結板の内側 図 - 3 荷重 - 全伸び関係 ボルト列の降伏領域が顕著に表れている. (a) Case2-2 (β=0.8)

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9

中心形

П

(b) Case2-4 ( $\beta$ =1.2)



図 - 5 に摩擦接合の荷重レベルを基準 として、Case2-2 における母材 - 連結板 間の伝達せん断力の分布を示す.図の横 軸には各ボルト列を表している.図中に は,載荷荷重 P とすべり荷重 P<sub>SL</sub>の比 P /P<sub>SL</sub>を記載している.図中の点線はボル トー本分のすべり強度の公称値(36.3kN) を表す.また中心形,支圧接合の一番下 の図は各々のすべり発生時の伝達せん 断力の分布を表す.内側および外側ボル ト列が分担する伝達せん断力は荷重レ ベルが小さい段階から大きく,荷重の増 加に伴いその傾向は顕著となる.しかし, 摩擦接合および中心形では P/P<sub>SL</sub>が 0.8



図 - 5 伝達せん断力の分布

支圧接合

程度を越えると,内側および外側ボルト列の伝達せん断力がボルトー本分の公称値を上回るようになり,内側 ボルト列及び外側ボルト列で大きな伝達せん断力を分担することができなくなるため,伝達せん断力の分担は 徐々に中央ボルト列へと移行しすべり発生時にはほぼ同程度のせん断力が分担されるようになる.しかし支圧 接合においてはボルト孔とボルト軸が載荷当初から支圧状態にあるため最外ボルト列で摩擦抗力が損なわれ た状態においても,中央ボルト列への力の流れ込みが少なく,解析上のすべり発生時でも,最外列と中央ボル ト列の荷重分担の差が著しい.

## <u>4.まとめ</u>

1. 摩擦接合と中心形では, 挙動に有意な差がないことから支圧接合は摩擦接合としての機能も有する.

2.支圧接合では伝達せん断力が各ボルト列において均等に分担されず最外ボルト列に偏る傾向が著しい.

### 参考文献

1) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説, 鋼橋編,2002.3.

2) 亀井,西村:高力ボルト摩擦接合継手の主すべり以降の挙動,鋼構造論文集, Vol.8, No.31, pp.17-29, 2001.9.