第I部門 ねじ付きスタッドの合成床版底鋼板継手部への適用に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部	学生会員	○奥原	大貴
川田工業㈱	正 会 員	吉田	賢二
川田工業㈱	正 会 員	長谷	亮介

1. 研究背景および目的

近年,採用が増加している鋼・コンクリート合成床版(以下,合成床版)では,底鋼板どうしをつなぐ際に継手が生じ,これまでこの継手には高力ボルトを用いた一面摩擦接合が用いられているが,底鋼板下面からの作業が必要で,施工効率が悪い.そこで,鋼板にボルトを溶接するスタッドボルトを使用することで,底鋼板上面からのみの施工が可能となることから,図-1に示すスタッドボルトが注目されている.

しかし、現行の合成床版の継手部の設計法は高力ボルトの 使用が基本であり、スタッドボルトの設計法は確立されてい ない.加えて、合成床版の底鋼板厚が8mmと小さいことか ら従来の設計ボルト軸力導入時に鋼板の降伏が危惧される.

本研究では、スタッドボルトを合成床版の底鋼板継手部に 用いるための設計法の確立を目的とし、特にスタッドボルト に導入できる軸力の検討を、FEM 解析にて行う.

2. 解析ケースおよび解析モデル

有限要素解析コード Abaqus/6.14 を使用し、図-2に示す ようなすべり試験体の1/4 モデルに対して、弾塑性解析を行 った. すべり試験体の鋼板には SS400 材、ボルトには HT570 材の呼び径 M22 のものを使用している. 材料定数を表-1 に示す. 材料構成則は 2 次勾配 E/100 のバイリニア型を導入 した. 境界条件は、図-2に示す、チャック部で全自由度拘 束している. ボルトには、文献 1)に示す式(1)のαを1とし ておよそボルトの降伏荷重となる 140kN をボルト軸力とし て導入した.

$$N = \alpha \cdot \sigma_{v} \cdot A_{be} \tag{1}$$

ただし、 α は降伏点に対する比率、 σ_y はボルトの降伏点、 A_{be} はねじ部の有効断面積(=303mm²)である.解析ケースは、

			11/22/14		
±07++	的新	ヤング率	キマンント	降伏点	2次勾配
部材	刘利个里	^{作里} N/mm ²	ホノノン比	N/mm ²	N/mm ²
鋼板	\$\$400			235	
連結板	33400			235	2.0.103
スタッドボルト	HT570	2.0×10 ⁵	0.3	460	2.0×10
ナット	F10			900	
座金	F35				

表-1 材料定数

	大阪市立大学大学院	Æ	会 員	山口	隆司
	日鉄住金ボルテン㈱	IE.	会 員	吉見	正頼
日本ス	タッドウェルディング(株	非	会 員	尾籠	秀樹

底鋼板を想定した鋼板の板厚を変化させ、6,8,9,10,12mmの計5ケースを作成した.なお、本解析ではスタッド溶接による残留応力は再現していない.

3. 解析結果および考察

(1) 鋼板のせん断耐力

図-3に示すように鋼板のせん断面を、ボルト軸径を直径 とした円柱側面で仮定し、鋼板のせん断耐力 Q,は式(2)のよ うに定義した.

$$Q_{y} = \tau_{y} \cdot \pi dt \tag{2}$$

ただし、 r_y は鋼板のせん断降伏応力であり、降伏点を $\sqrt{3}$ で除 した値である². **式**(2)より算出した各ケースのせん断耐力 を**表**-2に示す.

(2) 軸力一変位関係

内側ボルトにおける鋼板下面 (スタッドボルト軸中心直下) の鉛直変位と導入軸力 N を式(2) で示したせん断耐力 Q, で 除した無次元化軸力の関係を図ー4に示す.ただし,図中の 設計ボルト軸力 N_d は, α は 0.85 とし,式(1)より算出した 118kN である.



図-1 スタッドボルトの例



Hiroto Okuhara Takashi Yamaguchi Kenji Yoshida Masayori Yoshimi Ryosuke Hase Hideki Ogomori okuhara@brdg.civil.eng.osaka-cu.ac.jp



表	-2 各相	返厚のせん断耐	カ
	板厚t	せん断耐力 Q_y	
	[mm]	[kN]	
	6	56.3	
	8	75.0	
	9	84.4	
	10	93.8	
	12	112.5	

12mm ケースを除くすべてのケースで,設計ボルト軸力 Na に到達する前に非線形な挙動を呈した、次に、鋼板の応 力状態を確認する. 図-5に8mm ケースの非線形開始点に おける Mises 応力分布を示す.ただし、図は鋼板とスタッド ボルトのみを表現している.図より、鋼板の板厚方向に塑性 領域が進展していることがわかる. その他のケースについて も,鋼板の板厚方向に塑性領域が進展すると、無次元化軸力 - 鉛直変位関係の非線形性が顕著に現れる.また,塑性領域 発現時の Mises 応力分布図を図-6に示す. 図-6a) に示す ように板厚が 6mm の場合は鋼板下面から塑性化し、板厚が 8mm 以上の場合は図-6b)に示すように鋼板上面から塑性 化しはじめた. これは、板厚が 6mm の場合は軸力導入時に よる鋼板の曲げ降伏が、板厚が 8mm 以上の場合はせん断降 伏が先行していることによるものと考えられる. また, 全て のケースにおいて、約1.2 倍のせん断耐力 Q,に到達後、非 線形性が大きくなっている. 以上より, 設計軸力以前に部材 の非線形性を示すケースでは、導入可能な軸力の上限は約 1.2Q,と考えられる.

次に,軸力が 1.2Q_yとなる時の各ケースの鋼板下面(スタ ッドボルト軸中心直下)の鉛直変位を図-7に示す.これよ り, 1.2Q_y時の鉛直変位量は最大で 0.27mm であることが確 認された.

4. まとめ

スタッドボルトに導入する軸力および軸力導入時の力学 的挙動を検討するため, FEM 解析を行った.得られた結論 を以下に示す.

- 板厚によって、軸力導入時の応力性状が異なり、6mm の場合、曲げによる圧縮が卓越し、8mm以上の場合、 せん断が卓越し、塑性域が進展する傾向が確認された.
- 2) 軸力/Q,一変位関係より、設計軸力 N_dに到達する前に曲線の非線形性が顕著に出る板厚では、スタッドボルトに導入できる軸力の上限は約1.2Q,と考えられる.
- 3) 曲線の非線形性が顕著に出た時の鋼板下面における鉛 直変位量は,最大で0.27mmであった.

今後は、溶接による残留応力の影響も考慮して解析により 導入軸力の検討を行う予定である.





参考文献

1) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説II鋼橋編, 2012.3

2) 中井博·北田俊行:新編橋梁工学,共立出版,2013