

法政大学 学生会員 ○上村 真司
法政大学院 学生会員 嶋澤 俊之

法政大学 フェロー 山下 清明
法政大学 原 克則

1. 研究目的

合成桁架設方法の合理化の一つとして高力ボルトとエポキシ系接着剤を併用したせん断継手構造を提案し、力学的挙動の解明を簡略化したせん断試験供試体による実験を中心に進めてきた^{1)~4)}。これまでに、従来のスタッド継手に比べ静的破壊せん断応力において有利である可能性、締付応力と静的破壊せん断応力がほぼ線形的な関係にある事、静的破壊せん断応力の 50%までの応力範囲で 200 万回以上の繰返载荷に耐え得る事、試験鋼板面の性状で静的破壊せん断強度が変化する事、などが明らかにされている。

本研究では、昨年まで行われてきた実験供試体を数値モデル化して、有限要素法解析により破壊応力に至るまでの接着面における応力分布等を明らかにし、本せん断継手の強度と設計への適用の検討を行った。

2. 解析概要

解析対象とした実験供試体を図 1 に示す。解析モデルは、対称性を考慮して供試体の 1/2 とした(図 2)。解析モデルに用いた諸量を表 1 に示す。高力ボルトによる締付力は、鋼板面とコンクリート面の両面からワッシャー位置に該当する範囲に初期荷重として与える。ずれを生じさせるせん断力は、実験と同様に鋼板面上部に荷重を作用させる。境界条件は、モデルの対称性と実験の状態を反映させた。

解析を実行するにあたり各供試体タイプでボルトの締付力を 10、50、100kN とし、その各場合において、鋼板厚、ボルト間隔を変化させてせん断力を作用させた。

3. 解析結果及び検討

接着面での垂直応力分布の一例を図 3 に示す。圧縮応力及び応力範囲は、締付力が増加するにつれて接着面全体で増加するが、ボルト周辺部に特に著しく増加した。せん断力载荷時には、荷重を増加するにつれて接着面上下縁側で増加し、ボルト周辺部で減少することが認められた。

これまでの研究より、締付応力と破壊せん断応力の線形的な関係¹⁾(比例係数 α 、定数 β) 得られている。今回の解析により接着層と鋼板の接着面における圧縮応力

キーワード：せん断継手、接着剤、合成構造

連絡先：大型構造実験室 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL 042-387-6293

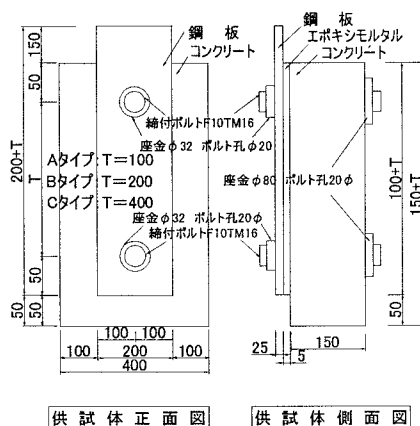


図 1 実験供試体略図

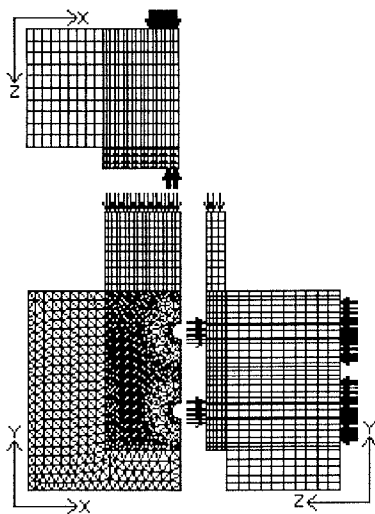


図 2 要素分割図

表 1 解析諸量

	ヤング係数(GPa)	ポアソン比
鋼板	2.1×10^2	0.3
エポキシモルタル	1.05×10	0.15
コンクリート	2.0×10	0.2

σ_z の分布が得られるので、これより得られる推定破壊応力を接着面全体で集計し、推定耐力Rを算出する。

$$R = \int_A (\alpha \sigma_z + \beta) dA$$

実験における供試体タイプ毎の α 、 β と、全供試体を対象としたそれより、それぞれ推定耐力Rを算出し、実験値と比較した結果を表2に示す。ただし、Bタイプは他のモデルと接着形式が異なるため使用しなかった。

ボルト間隔と締付力を変化させた解析結果を図4に示す。

表2 推定耐力の比較

(単位: kN)

タイプ	締付力	実験値	各供試体の α 、 β		全供試体の α 、 β		鋼板厚の変化(α 、 β 共通)		
			推定耐力	誤差率(%)	推定耐力	誤差率(%)	15mm	25mm	誤差率(%)
A	10	304.0	295.3	-3	275.8	-9	281.3	275.8	5
	10	305.0	295.3	-3	275.8	-10	261.3	275.8	5
	50	361.0	396.4	9	400.8	11	378.7	400.8	6
	50	396.0	396.4	0	400.8	1	378.7	400.8	6
	100	559.0	518.7	-8	560.1	0	521.6	560.1	7
	100	498.0	518.7	4	560.1	12	521.6	560.1	7
B	10	445.0	463.7	4	他のタイプと接着形式が異なるため、省略				
	10	414.0	463.7	11					
	50	612.0	621.4	2					
	50	647.0	621.4	-4					
	100	770.0	802.6	4					
C	10	525.0	589.6	11	621.3	18	624.0	621.3	0
	10	597.0	589.6	-1	621.3	4	624.0	621.3	0
	50	717.0	686.0	-5	735.8	3	737.6	735.8	0
	50	689.0	686.0	0	735.8	7	737.6	735.8	0
	100	786.0	807.8	3	881.2	12	881.9	881.2	0
	100	784.0	807.8	3	881.2	12	881.9	881.2	0

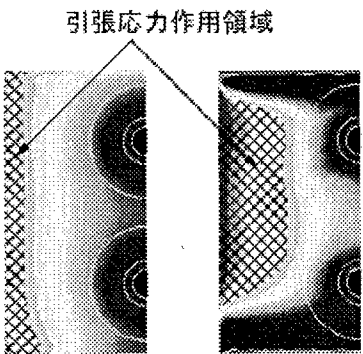


図3 応力分布図の一例

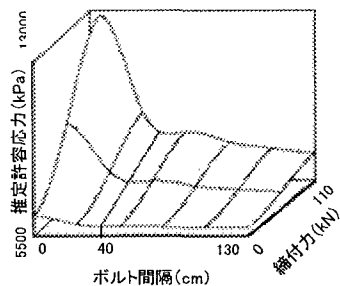


図4 推定許容応力の変化

表2より、各供試体タイプから算出した推定耐力、及び全供試体から算出した推定耐力と実験値の違いは、ほぼ10%程度の誤差範囲にある。このことから、解析により推定耐力を求めることが可能ではないと思われる。また、今回の解析では鋼板厚による推定耐力の変化は認められなかった。

図4より、ボルト間隔が狭く、締付力が大きいほど推定許容応力が高くなる傾向を示し、ボルト間隔が40cmのときを境にしてその傾向が変化するように見える。ボルト間隔、締付力と推定耐力の関係が2つの平面で示されると考え、最小二乗法によりその平面を表す式を算出してみた(式1)。

$$\sigma = -1.4 d P + 84 P + 5670 \quad (d \leq 40)$$

$$\sigma = -0.2 d P + 34 P + 5730 \quad (d > 40) \quad \text{(式1)}$$

$$\{d: \text{ボルト間隔 (cm)} \quad P: \text{締付力 (kN)} \quad \sigma: \text{推定許容応力 (kPa)}\}$$

この式を利用し一般的な合成桁端部において試設計を行った結果、従来のスタッド継手本数(道示)のほぼ半分のボルト本数で設計可能ながことが分かった。

5. まとめ

今回の解析により、本せん断継手の強度は鋼板厚に左右されない事、ボルト間隔が狭く、締付力が大きいほど高強度を示す事が確認できた。また、解析結果を援用することにより設計への適用が可能ではないかと思われた。

【参考文献】

1) 中林、山下、田島	ボルト・接着剤併用継手に関する実験	土木学会第52回年次学術講演会概要集 1997
2) 杉崎、中林、松本、山下	ボルト・接着剤併用継手の設計の適用試案	土木学会第52回年次学術講演会概要集 1997
3) 山下、杉崎、田島	ボルト・接着剤併用継手の繰返載荷試験	土木学会第53回年次学術講演会概要集 1998
4) 嶋澤、山下、杉崎	ボルト・接着剤併用継手の接着面性状の相違による強度変化	土木学会第53回年次学術講演会概要集 1998