

免震レトロフィット仮受け工法の鉛直荷重支持性能に関する研究
(その 2:仮受け部圧着接合面における終局せん断強度式の検討)

D3-05021 菅原 佑太

1.はじめに

入力低減型の耐震改修方法¹⁾とされる免震レトロフィットでは、既存建築物の柱などの一部を除去してから、免震部材を設置するといった新築とは逆の施工過程が生じる。そのため、仮受けを行う必要があり、仮受けが改修中の安全性を確保する重要な役割を果たす。よって、実験などにより鉛直荷重支持性能を評価することが重要である。仮受け工法には様々な工法があるが、本研究で扱う仮受け工法²⁾(以降、本工法と呼ぶ)は、その 1 で示したように「緊張力を導入して仮受け用のブラケットを柱などの躯体に圧着することで得られる摩擦抵抗力に期待する方法」の 1 つであり、ブラケット側面のシアキー付鋼板と、柱側面のモルタルとの圧着接合面において発揮されるせん断伝達機構により、高軸力を受ける柱の免震レトロフィットに適した仮受け工法として提案されている。また、仮受け部の実大試験体を用いた漸増載荷実験により、設計荷重に対して十分な鉛直荷重支持性能を有することが確認され、複数の実施工に適用されている。一方、既往の研究では、様々な仮受け工法について実験などに基づく鉛直荷重支持性能の評価が行われているが、重量構造物を想定した柱 1 本あたり 10,000kN 程度以上の鉛直荷重に対する検討例は少ない。こうした背景から本研究では、本工法の鉛直荷重支持性能の評価を目的としており、その 2 では実験において確認された圧着接合面における破壊形式に着目し、同種の圧着接合面における既往の終局せん断強度式の適用範囲を拡張し、本工法の圧着接合面に適用可能な終局せん断強度式を提案する。

2.本研究で扱う工法の実験概要

図 1 に実験の概要、図 2 に圧着接合面詳細図を示す。図 1 におけるアルファベットは変位計測位置を示している。本工法は仮受け部材を設置する柱頭部と柱脚部で対象な構造物であるため、実験は柱頭部をモデル化した試験体に柱軸力に相当する鉛直荷重を加圧試験機により漸増載荷して行われた。これまでに 8 体の試験体について実験が行われており、そのうち表 1 に示す 3 体の実験結果より、終局状態は圧着接合面における鋼製ブラケットの鉛直プレートと目地モルタル間のせん断変形(変位計 A および B により計測される鉛直相対変位)の増加によって確認され、その破壊形式は、図 3 の F1 に示すようなシアキー前面のモルタル支圧破壊であった。以降の検討においては、これら 3 体の実験結果を用いる。

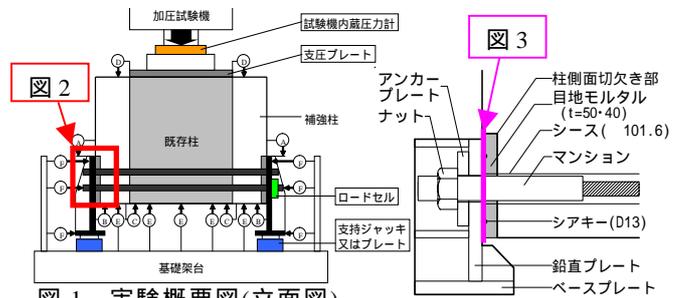


図 1 実験概要図(立面図)

図 2 圧着接合部詳細

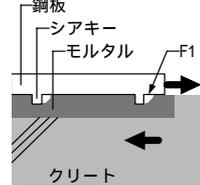


図 3 破壊形式

表 1 試験体諸

試験体No	No.6	No.7	No.8
設計軸力(kN)	4455	4434	6036
最大鉛直荷重(kN)	12127	12530	17602
荷重倍率(%)	272	283	292
総緊張力(kN)	5136	4972	8163

実験結果より得られた圧着接合面における終局せん断強度と圧着応力の関係を図 4 に示す。摩擦係数の平均値は 1.18 となり、回帰して得られる終局せん断強度と圧着応力の関係は(1)式となった。

$$\max = 0.869 + 1.96 \quad 5.37 \leq \leq 9.11 \quad (1)$$

また、図 4 に既往の実験結果(松浦ら³⁾、園田ら⁴⁾、加藤ら⁵⁾)を重ねて示す。松浦らの破壊形式はコンクリート - モルタル間のすべり破壊であり本工法と異なるが、(1)式に比べて大きい値を示すことから、シアキー前面のモルタル支圧破壊時の強度はさらに大きくなるものと考えられる。園田らと加藤らの破壊形式は本工法と同じであるが、実験結果のバラツキが非常に大きい。

これらのことから、同種の圧着接合面における終局せん断強度は、終局せん断強度と圧着応力の関係により一義的には説明し難いことがわかる。

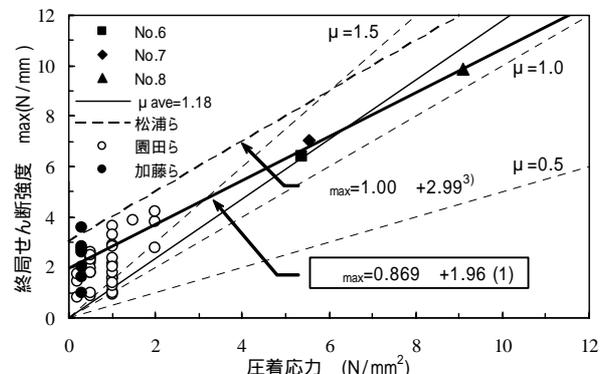


図 4 終局せん断強度と圧着応力の関係

3.圧着接合面における終局せん断強度式

シアキーを有する圧着接合面における終局せん断強度は、シアキーの配置や形状、圧着面粗さや圧着応力の

影響を受けることが既往の研究によりわかっている。園田らは、シアキー付き鋼板を向かい合わせて2枚配置し、その間にコンクリートを打設した試験体による2面せん断実験を行い、シアキー高さ、個数や圧着応力を実験変数としてその影響を検討し、実験により支圧破壊形式を見せた線状突起付鋼板とコンクリートの接合面における終局せん断強度算定式を(2)式のように提案している。

$$\frac{cal}{F_c} = m \left(0.892 + 16.3 \frac{\sigma}{F_c} \right) + 0.6 \frac{\sigma}{F_c} \quad \frac{\sigma}{F_c} \leq 0.07 \quad (2)$$

(2)式は、シアキー前面の支圧面積と圧着接合面積の比により与えられる支圧面積比 m を用い、終局せん断強度をシアキーによる支圧強度 σ_b (右辺第1項)と圧着面全体の摩擦強度 τ_f (右辺第2項)の和として与えている。また、圧着応力 σ を接合面のコンクリート強度 (F_c) で除した係数 (σ/F_c) (以降、圧着強度係数と呼ぶ) を用いている。

図5に(2)式を用いて本工法の終局せん断強度を評価した結果を、既往の実験結果と合わせて示す。

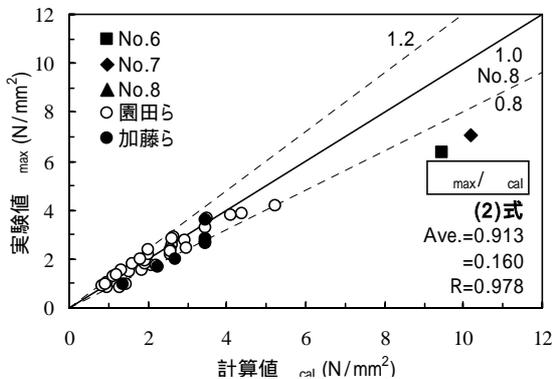


図5 終局せん断強度の実験値と計算値の比較

本工法においては実験値と計算値に顕著な違いが生じ、加藤らにおいても多少の違いが見られる。ここで、(2)式の摩擦強度 0.6 に関しては既往の多くの実験研究から妥当であると考えられることから、支圧強度に関して検討する。図6に圧着接合面の支圧強度 σ_b を支圧面積比 (m) および接合面のコンクリート強度 (F_c) で除した係数 $(\sigma_b/F_c/m)$ (以降、支圧強度係数と呼ぶ) と圧着強度係数 (σ/F_c) の関係を既往の実験結果と共に示す。

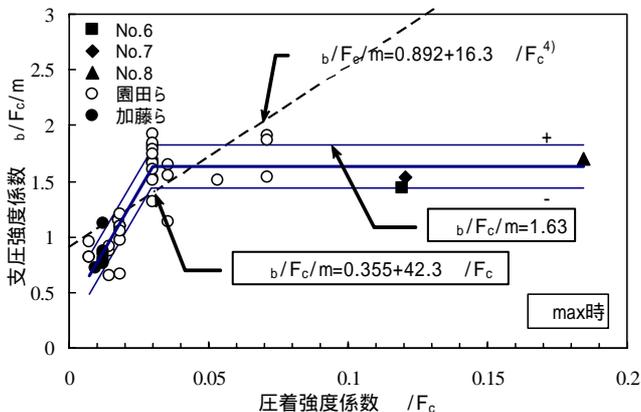


図6 支圧強度係数と圧着強度係数の関係

図中に示したリニアの支圧強度式⁴⁾では、圧着強度係

数の大きな本工法の実験結果を説明できず、実験結果はある支圧強度係数の値から終局せん断強度が頭打ちになる傾向を示している。圧着接合面における応力状態がPC鋼材の圧着力とこれに直交する支圧力による2軸圧縮応力状態に近いと考えられることから、既往の知見より、コンクリート単純圧縮強度に対する強度増加とその上限値が存在するものと考えられる。そこで、支圧強度係数と圧着強度係数の関係において、相関が高い領域と相関のほとんど見られない領域に分離すると、圧着強度係数が 0.03 以上で支圧強度係数が 1.63 で一定値を取る、図中に示すようなバイリニアの式(3)式が求まり、既往の研究を含め説明できることがわかる。

$$\frac{cal}{F_c} = m \times \min \left(0.355 + 42.3 \frac{\sigma}{F_c}, 1.63 \right) + 0.6 \frac{\sigma}{F_c}; \quad \frac{\sigma}{F_c} \leq 0.18 \quad (3)$$

図7に(3)式を用いて工法の終局せん断強度を評価した結果を、既往の実験結果と合わせて示す。

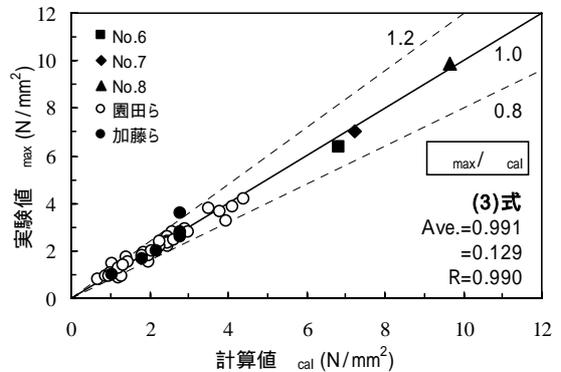


図7 終局せん断強度の実験値と計算値の比較

図7と図5の比較から、検討範囲 $(\sigma/F_c \leq 0.18)$ において(3)式の精度が高い結果が得られ、本工法の圧着接合面における終局せん断強度を評価することができた。さらに表2に示すように、個別の研究毎の比較においても全て(3)式の方が精度が高い結果を与えることが確認できた。

表2 max / cal

		(2)式	(3)式
Ave.	全体	0.91	0.991
	本研究で扱う工法	0.666	0.975
	加藤らの研究	0.814	1.009
	園田らの研究	0.955	0.989

4.まとめ

シアキー付鋼板とコンクリートとの圧着接合面における既往の終局せん断強度式の適用範囲を拡張し、本工法の圧着接合面においても適用可能な終局せん断強度式を提案した。

参考文献

- 1) 防災拠点の耐震化促進資料，総務省消防庁，2005.7
- 2) 鱗沢 曜，久田嘉章：免震レトロフィット仮受け工法の開発と実大実験に基づく鉛直荷重支持性能の評価，日本建築学会構造系論文集(2009年4月掲載予定)
- 3) 松浦恒久，角一行：外付けブレースによる耐震補強に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.23, No.1, pp.1015-11020, 2001
- 4) 園田恵一郎，鬼頭宏明，中島一男，上中宏二郎：突起付き鋼板のせん断伝達特性に関する系統的研究，土木学会論文集，No.598, pp.183-202, 1998.7
- 5) 加藤 勉，西田芳弘，井上憲彦，坂本傑，大竹章夫，高田啓一：表面に突起を有する形鋼の付着性能，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造系，pp.1295-1296，1977.10