

木質ラーメン架構を対象とした接着剤とドリフトピンを併用した鋼板挿入型柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究
その1 構造フレームの提案と実験概要

正会員 ○増子 寛^{*1} 同 熊谷 太希^{*2}
同 小笠原 絢香^{*2} 同 青木 浩幸^{*1}
同 前田 匡樹^{*3}

木質ラーメン構造 鋼板挿入型接合部 ドリフトピン
接着剤 静的載荷試験

1. はじめに

近年、森林資源の有効活用による林業の活性化・環境負荷の低減のために建築分野での積極的な木材利用が求められており、2010年には公共建築物等木材利用促進法が施行されるなど、中大規模の都市木造建築の普及が推進されている。在来軸組工法に代わる木質構造の1つとして、大開口・大空間の実現ができる木質ラーメン工法の研究や実施設計が進められているが、部材耐力に対して接合部の耐力が著しく小さく、剛性や耐力の確保が難しいことが課題となっている。

本研究では、柱梁接合部における固定度を高めるべく、これまでの鋼板挿入型ドリフトピン接合に接着剤を併用した新たな構造フレームを提案し、このうち梁端部を取り出して、梁端部の固定度に対する接着剤の効果を実験にて確認している。本報その2では、実験結果及びその考察について述べる。

2. 鋼板挿入型ドリフトピン接合に接着剤を併用した梁端接合部の提案

2.1. 提案する構造フレーム及び梁端接合部の概要

想定した構造フレームのイメージを図-1に示す。柱ピースは工場等にて事前に組立て、接着剤の硬化を待って建方を開始、以下、鉄骨造と同様に梁ピースを接続し、その後、梁端に接着剤を充填していくものと考えている。2節の柱脚は、1節の柱頭部に差込み、位置決め後に接着剤を充填することを想定している。

梁端部にスリットを設けて鋼板を挿入して接合する工法として、鋼板挿入型ドリフトピン接合工法は既に実用化されているが、ドリフトピンの曲げ変形と木材へのめり込みのみで応力を伝達するため、小変形域ではスリップ性状を示し、接合部に高い剛性と耐力を持たせることが難しい。そこで、本研究ではドリフトピン接合に加えて鋼板-木材間に接着剤を充填し、木材-鋼板間の間隙を塞ぐことにより固定度を向上させる接合部としている。

2.2. 接着剤の選定及び構造性能の評価

本研究で使用する接着剤は建築現場での施工性を考えて、固着までの時間が長く作業湿度環境の制約を受けない2液型エポキシ系の接着剤の2種類を選定した。接着剤Aはコンクリートのひび割れが進行している場合に修復や内部鋼材の腐食劣化防止のために使用され、地震を受けた際の変形に追従できるよう100%以上の伸び率を持つ。接着剤Bは鋼板補強用注入接着エポキシ樹脂で接着性と硬度に優れている。これらの2種類の接着剤を用いて要素試験体を作成した。一面せん断試験(木-鋼板)より得たそれぞれの接着面の構造性能(接着層の最大せん断強度 τ_{max} とせん断剛性K、せん断弾性係数G)を表-1に示す。

3. 実験概要

3.1. 試験体計画

試験体詳細図を図-2に示す。試験体は木質ラーメン構造の梁端要素を再現したものである。梁の断面は120mm×450mmとし、スギの異等級対称構成構造用集成材(E65-F225)を使用した。鋼板(ガセットプレート)の埋め込み長さとして接着剤の有無をパラメータとして表-2に示す9体を作成した。なお、実設計に近くなるようせん断スパン比を約4(梁せい450mmに対し加力点高さを材端より1750mm、部材長は2000mm)とした。

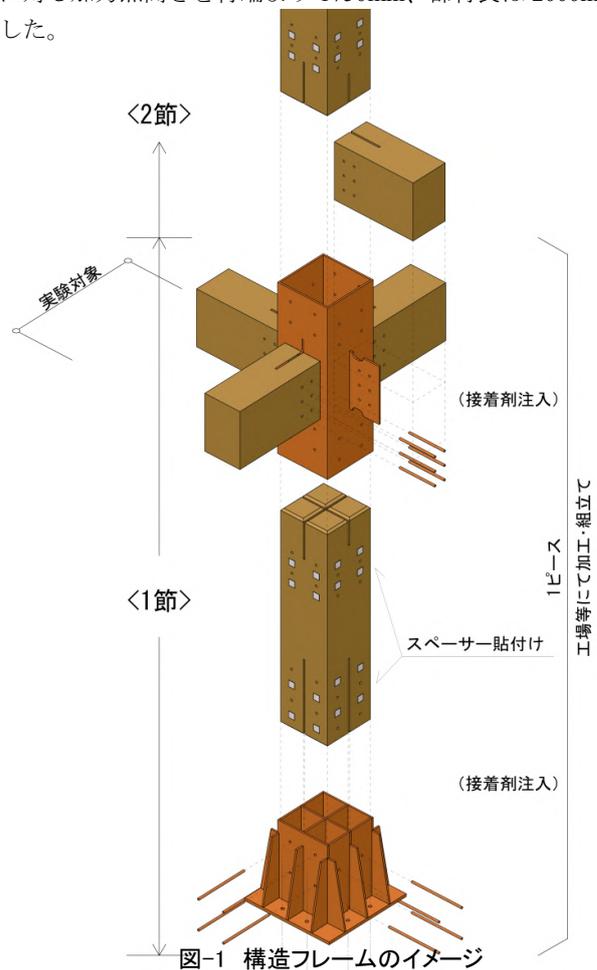


図-1 構造フレームのイメージ

表-1 接着剤特性値一覧

接着剤		A	B
最大せん断力 τ_{max}	N/mm ²	4.03	4.4
せん断弾性係数G	N/mm ²	2.07	7.61
初期せん断剛性K	N/mm	648	2378

表-2 接着剤要素試験

試験体一覧			接着剤		
			無	A(やわらかい)	B(かたい)
GPL	小 (G3シリーズ)		G3	G3-A	G3-B
	中 (G4シリーズ)		G4	G4-A	G4-B
	大 (G5シリーズ)		G5	G5-A	G5-B

鋼板はサンドブラスト処理(表面粗さ 50 μ mRz 以上)により、一般の鉄骨造と同様に、表面粗さ 50 μ mRz 以上を確保した。梁端が柱に取り付く部分をベースプレートで置き換え、高力ボルトにより鋼板を接合して実験を行った。鋼板が短い方が施工性には優れるが、接合耐力は低くなると予想される。接着剤は、比較的固めのものと柔らかめのものの2種類を用意し、接着抵抗とドリフトピンの抵抗の相互作用を検討することとした。なお、施工性には配慮せず接着剤の層厚さは鋼板の表裏とも一律1mmとした。

3.2. 接着層の負担するねじりモーメント

矩形断面に単純ねじりモーメント(以下トルク)を受けて接着面に最大せん断応力度 τ_{max} が初めて出現し、降伏が始まる時を弾性限界時、接着面全体が降伏した時を全塑性状態とし、それぞれの等高線による応力分布を図-3に示す。

文献1)、文献2)を参照し、提案型試験体の接着面の耐力を次式で求めた。

・弾性限界時トルク $T_y = kba^2 \cdot \tau_{max}$
(kは辺長比により決まる定数)

・全塑性時トルク $T_p = 1/6 \cdot a^2(3b - a) \cdot \tau_{max}$

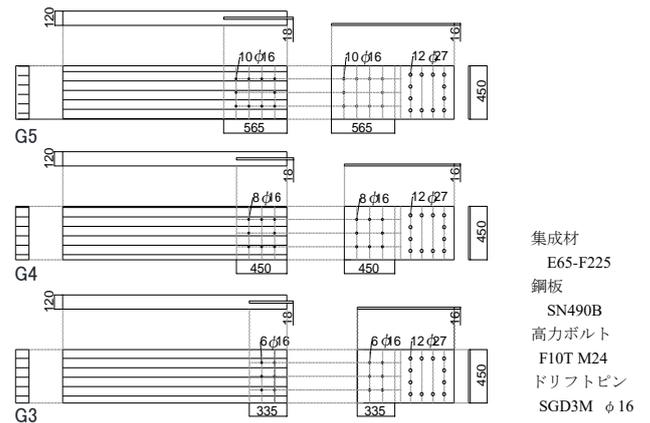
従来型の鋼板挿入型ドリフトピン接合の試験体耐力は木質構造接合部設計マニュアル¹⁾に従って算出することができる。算出した部材曲げ強度に対するドリフトピンによる接合部降伏耐力及び接着層による降伏耐力を表-3に示す。G4試験体が現在の一般的な接合効率のものとなる。

要素試験より算出したせん断弾性係数を用いて提案型接合部の試験体のねじりモーメントを算出すると、ドリフトピンによる抵抗に比べて接着層による抵抗が支配的であったため、接着層のねじり抵抗のみを考慮して耐力を算出した。

3.3. 加力計画

本研究では図-4に示すように、水平ジャッキを用いて正負交番静的荷重実験を行った。繰り返しの履歴は、変形角1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/20、1/15の順で3回ずつの繰り返し荷重とした。しかし、G4・G5シリーズで計測PCの演算式に変位計位置の変更が一部反映されておらず、加力サイクルが上記の変形角から若干ずれている箇所がある。

本報のまとめ及び参考文献と謝辞は本稿その2にまとめて示す。



- 集成材 E65-F225
- 鋼板 SN490B
- 高力ボルト F10T M24
- ドリフトピン SGD3M ϕ 16

図-2 試験体詳細図

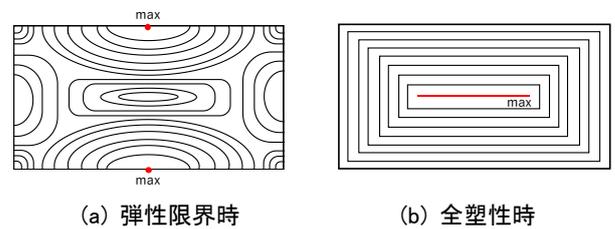


図-3 弾性限界時と全塑性時の応力分布の等高線

表-3 試験体設計

試験体名	接着剤	接合効率	DP初期降伏時 せん断力計算値	接着層の降伏時 せん断耐力計算値
G3	無し	0.22	12.8(kN)	-
G3-A	接着剤A			45.5(kN)
G3-B	接着剤B			49.6(kN)
G4	無し	0.30	17.6(kN)	-
G4-A	接着剤A			76.5(kN)
G4-B	接着剤B			78.7(kN)
G5	無し	0.37	22.6(kN)	-
G5-A	接着剤A			103.0(kN)
G5-B	接着剤B			112.5(kN)

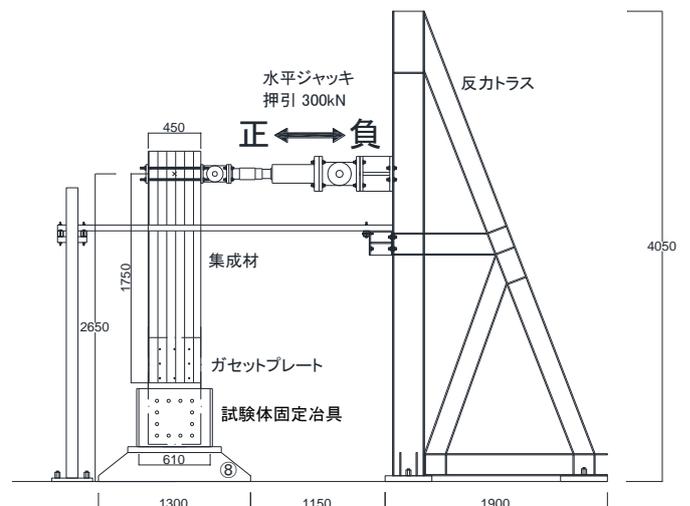


図-4 加力装置図

*1 株式会社熊谷組 建築事業本部 建築技術統括部
*2 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
*3 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*1 Architectural Management Div. KUMAGAI GUMI CO., LTD.
*2 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University
*3 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.