

無溶接補強工法『スマートウィクシス工法』の開発



吉田 卓矢^{*1}



渡辺 恵介^{*2}



原口 圭^{*3}

Development of Non-Welding Reinforcement Method “Smart Weak Axis Method”

Takuya YOSHIDA^{*1}, Keisuke Watanabe^{*2}, and Kei Haraguchi^{*3}

^{*1} Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR EAST Group

^{*2} Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

^{*3} Group Leader, Structure Technology Center of JR East Group

Abstract

Reinforcing H columns in station improvement is expensive because welding takes time. Therefore, in this study, we have developed reinforcement method “Smart Weak Axis Method”. This method is easy to construct because non-welding and non-removing old paint film. We report the summary and background of this development.

●**Keywords:** H columns, Weak axis, Non-welding, Old paint film, High strength bolt

^{*1}JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 研究員（現JR東日本研究開発センター）

^{*2}JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主幹研究員（現東京建設プロジェクトマネジメントオフィス）

^{*3}構造技術センター 副課長（現JR東日本研究開発センター）

1. はじめに

大規模地震対策としての耐震補強工事や、駅改良に伴う上家改良工事において、架構の耐力および剛性向上や柱梁接合部の応力負担軽減を目的として方杖補強が採用されることが多い（図1）。H形柱に対する方杖の接合は、既存柱のフランジおよびウェブ部分にガセットプレート等の現場溶接が必要である。しかし、ホーム上の溶接作業は列車が運行しない時間帯（終電～始発間）で行う必要があり、施工性が悪いことや、周辺設備の養生（図2）、移設などによる工期の長期化やコスト増が課題となっていた。

現場溶接が必要ないH形柱の強軸方向の補強工法は既往の工法が存在し、弊社でも一部導入を行っているが、弱軸方向の既往の無溶接工法はなかった。そこで、上記の課題解決のため、H形柱の弱軸方向を対象とした無溶接補強工法を開発した。

開発した補強工法は高力ボルトを用いた乾式接続工法である。一般的に高力ボルト摩擦接合を用いる場合は、既存塗膜を剥がした上で摩擦面処理を行うなど下地調整を施すことになる。下地調整は溶接作業と同様に列車が運行しない時間帯での施工となり、課題も多い。そこで、すべり係数試験による検証を行い、下地調整の簡素化を可能とした。

本報では、開発した無溶接補強工法『スマートウィクシス工法』の概要と交番載荷試験および、すべり係数試験の概要を報告し、併せて技術資料の提案を行う。



図1 方杖補強の例



図2 溶接作業の火花対策

2. 開発工法

図3に開発した工法の模式図、図4に金物形状を示す。開発工法はH形柱のウェブを金物で挟み込み、高力ボルトで締付けることにより、方杖用ガセットプレートを接合する。H形柱のウェブ面への金物接合は、方杖からの力が作用したときフランジが変形する恐れがあるため¹⁾、内側からフランジを拘束するボルトを設けた(図5)。このフランジ拘束ボルトはリブに施されたねじ切りによって取り付けられ、ボルトの頭をフランジ内側に突っ張らせることで、フランジの変形を防止する。これにより、接合部で損傷することなく、H形柱-方杖間で応力を伝えることができる。

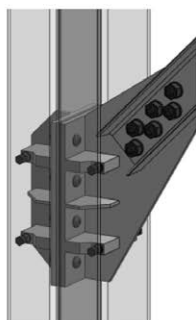


図3 開発工法模式図

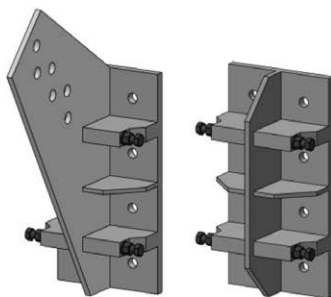


図4 開発工法金物形状

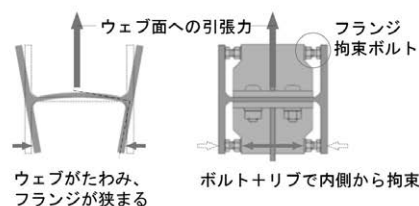


図5 フランジの変形、拘束

3. 交番载荷試験

3・1 試験概要

開発工法の曲げ耐力を確認するため、载荷実験を行った。図6に試験体設置状況、図7に試験体組図を示す。架構の半分を上下反転し、柱脚側を加力する計画とした。柱下端から加力ジャッキまでの距離(3200mm)、柱下端から柱材心と方杖材心の交点までの距離(1000mm)は全試験体共通とした。梁は剛体に近づけるため、梁下端全面に高力ボルト接合を行い梁の曲げ変形を抑えている。また、柱材の横座屈を防止するため補剛材を設け、柱材の曲げ降伏が生じるように計画した。



図6 試験体設置状況



図7 試験体組図

表1に試験体一覧を示す。溶接を用いた在来工法の納まりを参考とし、柱材サイズがH200×200×8×12であるものを200Y45とした。200N45は「柱材-方杖材接合部」を金物による接合方法とした。300N45、400N45は、柱材サイズを変更し、それに応じた金物を使用した。200N60は、金物と柱材ウェブ面に生じる面外方向と面内方向の荷重比率の影響を把握するため、200N45と比べ方杖角度を大きくした。200N45Tは柱-金物接触面におけるすべりの影響を確認するため、200N45と同サイズの柱と金物にテフロンシートを介して接合した。

柱-金物接触面は、摩擦面処理（柱材ウェブ面は赤錆、金物面はショットブラスト）を行い、すべり係数 $\mu=0.45$ 以上確保できるようにした。表2に柱材と方杖材の組合せを示す。方杖材は柱材のサイズに応じた断面とした。表3に柱材の材料特性を示す。

表1 試験体一覧

No.	試験体名	柱材	θ	接合方法	柱-金物接触面
1	200Y45	H200	45	溶接	—
2	200N45	H200	45	ボルト	摩擦面処理
3	300N45	H300	45	ボルト	摩擦面処理
4	400N45	H400	45	ボルト	摩擦面処理
5	200N60	H200	60	ボルト	摩擦面処理
6	200N45T	H200	45	ボルト	テフロン

表2 柱材と方杖材の組合せ

試験体 No.	柱材	方杖材
1, 2, 5, 6	H200x200x8x12	2[-125x65x6x8
3	H300x300x10x15	2[-150x75x6.5x10
4	H400x400x13x21	2[-200x90x8x13.5

表3 柱材の材料特性

柱材	部位 (板厚)	材種	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²
H200 x200	ウェブ 8mm	SS400	315	438
	フランジ 12mm		338	448
H300 x300	ウェブ 10mm		290	451
	フランジ 15mm		342	465
H400 x400	ウェブ 13mm		364	479
	フランジ 21mm		292	448

3・2 接合部

図8に200Y45の形状を示す。200Y45は、柱材と方杖材を繋ぐガセットプレート（12mm）の上下にリブプレート（9mm）を設けた。また、上部のリブプレートと柱材心と方杖材心の交点を合わせた。

図9に高力ボルト接合で使用する金物形状を示す。金物とフランジの離れ d_r は、金物によらず一定（2mm）とした。表4に、接合部の使用材料を示す。

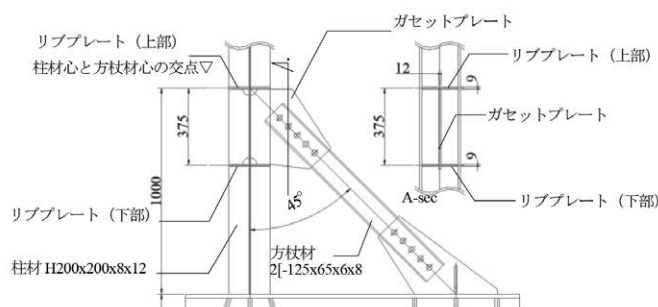


図8 試験体設置状況 (200Y45)

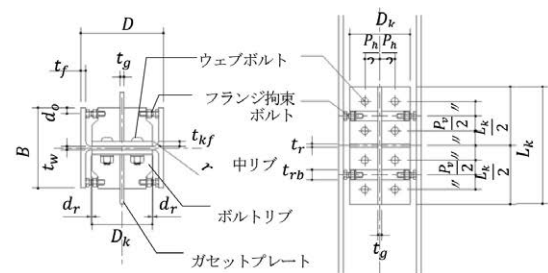


図9 試験体組図

表4 接合部の使用材料

部材	柱スチフナ	ガセット・リブ	ガセット・梁スチフナ	方杖	金物	フランジ拘束ボルト	ウェブボルト
材種	SS400	SS400	SS400	SS400	SN490B	4.8 区分	S10T

3・3 载荷計画

図10に実験モデルの変形図を示す。変位計は、フランジ側面に2つ（CK11,21）、試験体頂部に1つ（T1）設置した（図7）。水平変位は、変位計T1の計測結果より変位計CK11、CK21の計測結果を差し引いた値とした。荷重は、試験体頂部に取付けたロードセル測定値とした。

载荷は、変位制御の漸増変位振幅による交番繰返し载荷とした。柱の曲げによる変形を考慮するため、柱の変位は接点2（柱材心と方杖材心の交点）と接点3（加力点）の変位より算出される水平変位 δ_2 を用いた。柱の降伏曲げ耐力を用いて計算され

る柱の全塑性曲げ耐力に対応する弾性変位を基準変位値 δ_u とした。図11に荷重履歴サイクルを示す。第一サイクルは、柱の降伏曲げ耐力の計算値 P_y の1/2で2回正負に加力した。その後、変位振幅 $\pm\delta_u$ 、 $\pm2\delta_u$ 、 $\pm4\delta_u$ を2回ずつ繰り返して、 $\pm6\delta_u$ 、 $\pm8\delta_u$ を1回ずつ行った。柱の降伏曲げ耐力および全塑性曲げ耐力は、柱材の材料試験による実強度で求めた。

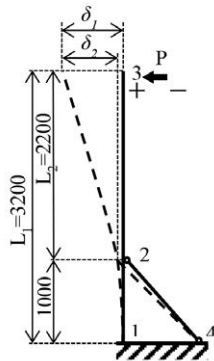


図10 試験モデル変形図

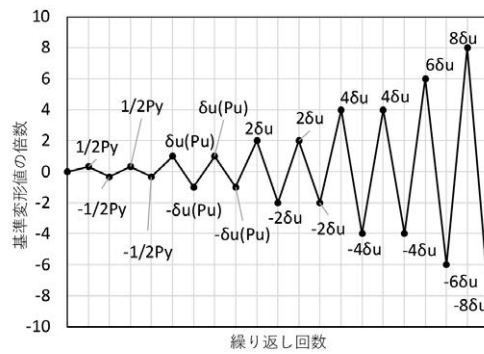


図11 加力サイクル

3・4 荷重－変位関係

表5に試験体全6体の実験結果等を示す。溶接接合した200Y45とボルト接合した200N45の荷重－変位関係を図12に、200N45の柱サイズを変えた300N45の荷重－変位関係を図13に、400N45の荷重－変位関係を図14に示す。図12～14は、縦軸を荷重 P (kN)、横軸を水平変位 δ (mm)としている。図12より、200Y45、2の最大荷重 P_{max} は、どちらも柱の全塑性曲げ耐力の計算値 P_u を超える結果となった。加えて、荷重－変位関係はどちらも柱曲げ降伏型の履歴性状を示しており、接合方法による差異は見られなかった。また、断面寸法が大きい300N45、400N45は、200N45と同様に、最大荷重 P_{max} は柱の全塑性曲げ耐力計算値 P_u を超え、柱曲げ降伏型の履歴性状を示しており、断面寸法による差異は見られなかった。200N45Tについては、10kN以下の範囲ですべりの発生を確認したが、履歴特性および最大荷重について200N45との差異は見られなかった。

表5 実験値、計算値、および余裕度

試験体名	実験結果		計算値	余裕度	破壊モード
	荷重方向	P_{max} (kN)		P_{max}/P_u	
200Y45	正	41.2	34.9	1.18	柱曲げ降伏型
	負	-44.6		-1.28	
200N45	正	40.2	34.9	1.15	柱曲げ降伏型
	負	-46.6		-1.33	
300N45	正	111.3	85.9	1.30	柱曲げ降伏型
	負	-99.1		-1.15	
400N45	正	287.3	221.8	1.30	柱曲げ降伏型
	負	-277		-1.25	
200N60	正	42.2	34.9	1.21	柱曲げ降伏型
	負	-45.6		-1.31	
200N45T	正	41.7	34.9	1.19	柱曲げ降伏型
	負	-44.1		-1.26	

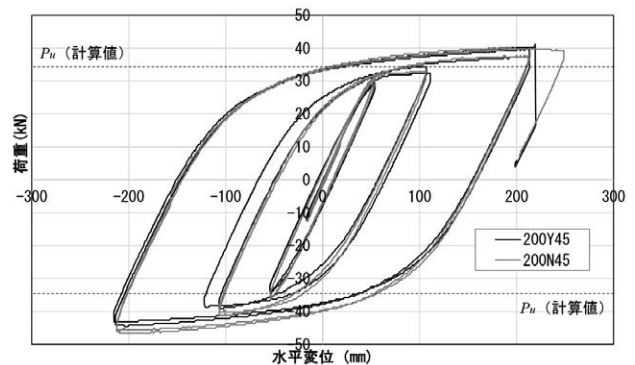


図12 荷重－変位関係 (200Y45と200N45の比較)

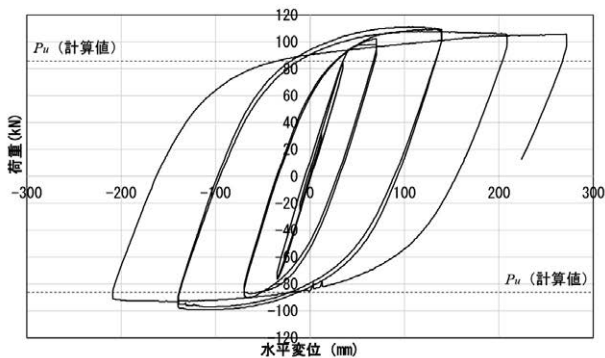


図13 荷重－変位関係 (300N45)

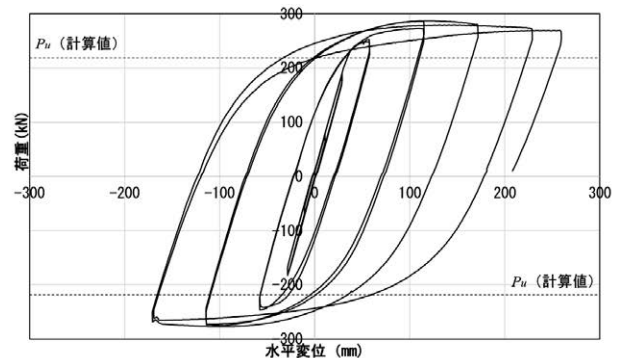


図14 荷重－変位関係 (400N45)

3・5 骨格曲線

各試験体の最終変形は、加力装置の能力都合により異なり、柱材がH200×200の200Y45、200N45、200N60は $4\delta_u$ まで、H300×300の300N45は $6\delta_u$ まで、H400×400の400N45は $8\delta_u$ までの加力となった。図15に200Y45、200N45、200N60の無次元化した骨格曲線を示す。無次元化のため、縦軸は荷重 P を前述の P_u で除し、横軸は実験値の水平変位 δ を基準変位値 δ_u で除した。図15より、200Y45、200N45、200N60の δ/δ_u が同程度であることが確認できた。

3・6 初期剛性

図16に200Y45、200N45の初期剛性の比較を示す。初期剛性は、加力開始から柱の降伏曲げ耐力の計算値 P_y の半分に到達したステップまでを範囲として、近似直線から得られた値を採用した。図16より、200Y45、200N45の初期剛性は同程度であることが確認できた。

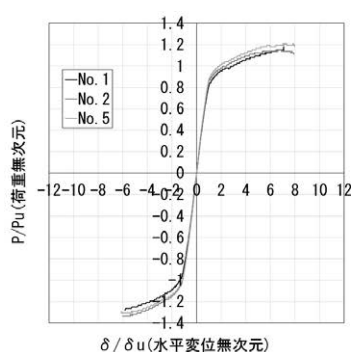


図15 骨格曲線 (200Y45、200N45、200N60の比較)

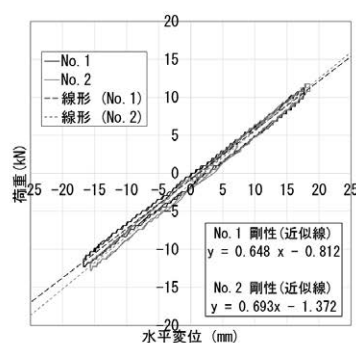


図16 初期剛性 (200Y45と200N45の比較)

3・7 破壊性状

200N45の破壊性状を図17に、200Y45の破壊性状を図18に示す。図17より、200N45は柱フランジ部に明瞭な局部座屈が発生しているが、発生位置はジャッキ側フランジ拘束ボルトよりも上側であることがわかる。一方、図18より、スチフナが溶接接合された200Y45は、200N45とは異なり、柱フランジ部等には明瞭な局部座屈の発生は見られなかった。

3・8 荷重－フランジの開き量関係

フランジ拘束ボルトの効果を確認するため、フランジ拘束ボルトが取り付け位置に変位計を設置した (図19)。図20に、200N45の荷重－フランジの開き量の関係を示す。ここで、荷重は図12で使用した値とした。フランジの開き量は、フランジが開く方向を正、フランジが狭まる方向を負とした。図20より、負方向変位が正方向変位に比べ大幅小さいことから、フランジ拘束ボルトによりフランジが狭まる変形が抑制されていることが確認できる。また、同図中の接合部裏面の破壊性状を見ても、フランジ拘束ボルトの位置ではフランジの間隔が狭まってないことがわかる。

3・9 交番載荷試験まとめ

溶接接合した試験体と開発工法金物による試験体を比較し、荷重－変位関係等の力学的性状に差がないことを確認した。

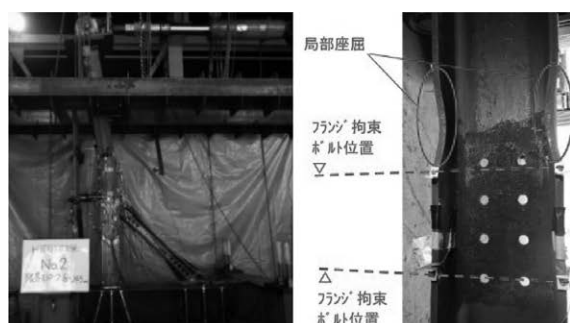


図17 破壊性状 (200N45)



図18 破壊性状 (200Y45)

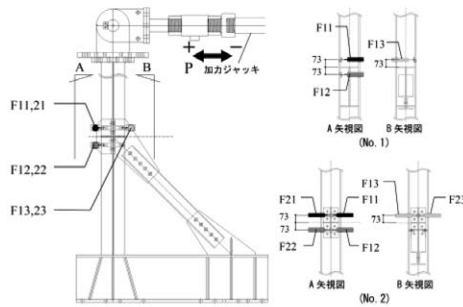


図19 フランジ部の変形量計測用の変位計設置位置

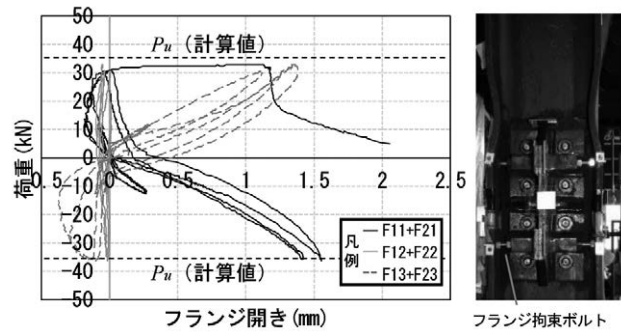


図20 荷重—フランジの開き量の関係 (200N45)

4. すべり係数試験

4・1 目的

下地調整の簡略化のため、開発工法は塗装が施された接合面に対して摩擦接合する。塗装が施された接合面を有する高力ボルト摩擦接合部の性能については、接合面の塗膜の経年劣化により付着安定性の悪化から、摩擦性能が低下することが明らかになっている²⁾。しかし、付着安定性の評価点の悪い塗膜の試験体が少なく、開発工法への適用には、より多くの試験体の評価が必要である。

そこで、経年劣化により付着安定性が悪くなった塗膜を対象に、すべり係数試験を実施し、古塗膜の残存する接合面に対する高力ボルト摩擦性能を明らかにすることを目的とする。

4・2 試験概要

表面に古塗膜を有する既存鉄骨材と新設鉄骨材を高力ボルトで接合した場合の摩擦性能を把握するため、すべり係数試験³⁾を実施する。図21に試験体形状を示す。試験体は中板(新設鉄骨材、ショットブラスト処理)に添板(既存鉄骨材)2枚を外側に配置し、M16(F10T)を用いて接続する。通常、高力ボルトは片側2本ずつ配置するが、既存鉄骨材から十分な厚さの添板を切り出すことができなかったことから、すべりよりも早期に添板が降伏するのを避けるため1本ずつの配置とした。

試験体一覧を表7に示す。試験は同一の既存鉄骨材で分類した塗膜仕様P1～P5シリーズを比較対象として23体実施した。採取箇所Aは建設後(1回目の塗装後)40年、採取箇所Bは56年経過している。採取した鉄骨材は、すべて直接雨がかからない半屋外環境下のものとした。P1シリーズは採取箇所Aから、P2～P4シリーズは採取箇所Bから採取した試験体である。P5シリーズはP4シリーズに対し、すべり係数の向上の検証のため6号珪砂を10%添加した高強度エポキシ樹脂を施した試験体である。

表7 試験体一覧

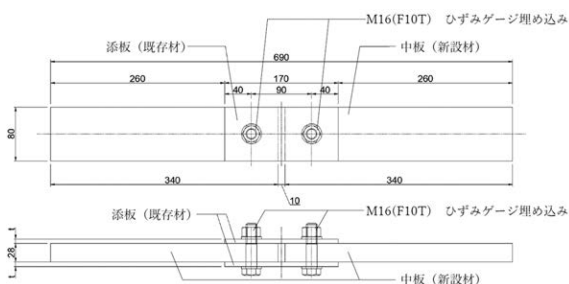


図21 試験体

No.	試験体名	添板厚	添板情報		No.	試験体名	添板厚	添板情報		
		(mm)	採取箇所	塗膜仕様			(mm)	採取箇所	塗膜仕様	
1	1-P1-t6	5.5	A	P1	12	12-P4-t9	9	B	P4	
2	2-P1-t7	6.5			13	13-P4-t9				
3	3-P1-t7				14	14-P4-t12				
4	4-P1-t9				9	15				15-P4-t12
5	5-P1-t9	16				16-P4-t12				
6	6-P1-t9	17				17-P4-t12				
7	7-P1-t9	18				18-P4-t12				
8	8-P2-t6	6	B	P2	19	19-P5-t12	12	B	P5	
9	9-P2-t6				20	20-P5-t12				
10	10-P3-t7	7	B	P3	21	21-P5-t12				
11	11-P3-t7				22	22-P5-t12				
試験体名: 【No.】 - 【塗膜仕様】 - 【添板厚】					23	23-P5-t12				

試験体名: 【No.】 - 【塗膜仕様】 - 【添板厚】

4・3 試験方法

図22に試験状況を示す。変位は中板と添板の相対変位を計測した。試験体の上下それぞれですべりが発生するため、1体につき2か所のすべり荷重を測定した。試験体の相対変位は、4箇所の変位計の平均値とした。

載荷方式は単純引張載荷とした。すべり荷重は、明確なすべりが生じた場合はその時点の荷重とした。それ以外の場合は相対変位が0.2mmに達するまでに記録した最大荷重をすべり荷重とした³⁾。

高力ボルトの初期導入軸力は117kN（標準ボルト軸力）を目標に締め込みを行った。ボルト軸力はボルト内部にひずみゲージを埋め込み計測した。ボルト締め込みからすべり荷重確認までにボルト軸力のリラクセーションが懸念されることから、締め込み後の時間計画に伴うボルト軸力の変化を24時間以上計測した。

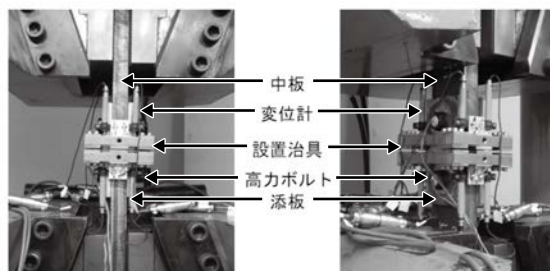


図22 試験状況

4・4 古塗膜の分析

既存鉄骨材に施された塗膜の物性を把握するために近接目視による外観調査、デジタルマイクロスコープによる塗膜断面観察、膜厚計による膜厚測定、および基盤目カットテープ付着試験⁴⁾を行った。

各調査結果を表8に示す。外観はいずれの試験体も塗膜の劣化が進行しており、部分的に塗膜の剥がれや錆が観察されるなど、極めて不均一な状態であった。また断面観察の結果、いずれの解体材も複数の塗膜層から構成されていることがわかった。

塗膜の付着性については、試験を行ったほぼすべての箇所で評価点3であった。厚膜部分ほど付着性が悪く、また塗膜の靱性が失われており、カッターナイフで切り込み傷を入れた時点で破壊された。P1シリーズの下層部の塗膜が露出している箇所や、P3シリーズの一部については評価点が1～2であった。P1、P3シリーズの下塗には鉛丹ペイントが適用されており、上層の樹脂系塗膜に比べ、脆性的な破壊がなく、付着性は良好であった。

表8 調査結果一覧

採取箇所		A	B		
塗膜仕様	記号	P1	P2	P3	P4
	塗料	下塗：鉛丹ペイント 塗膜①～③：アルキド樹脂系塗料 塗膜④：アクリル樹脂系塗料	下塗層：不明 塗膜①：油性調合ペイント 塗膜②～④：合成樹脂調合ペイント	下塗：鉛丹ペイント 塗膜①～③：樹脂系ペイント	下塗層：不明 塗膜①：油性調合ペイント 塗膜②～④：合成樹脂調合ペイント
推定塗装回数		4回	4回	3回	4回
膜厚	範囲	270～400 μm	170～267 μm	253～311 μm	363～456 μm
	平均	347 μm	202 μm	282 μm	402 μm
外観					
塗膜断面	300倍				
付着性	母材側				
	テープ側 (剥離面)				
	評価点	3 (一部1～2)	3	3 (一部2)	3

評価点 0 1 2 3 剥離面積 50%以上

4・5 リラクセーション

高力ボルトの締め込み後の時間経過に伴う軸力の変化の一例を図23に、ボルト軸力計測結果のまとめを表9に、減少率と膜厚平均関係を図24に示す。いずれの試験体も締め付け後24時間程度経過するまでに7%～20%程度の軸力が減少した後、軸力の変動が少なくなった。減少率については、膜厚が厚いほど高い傾向がみられた。塗膜仕様がP1シリーズは、高力ボルトの座金側の塗膜を除去しなかったため、塗膜厚による軸力減少の影響が大きく、減少率が大きくなったと思われる。

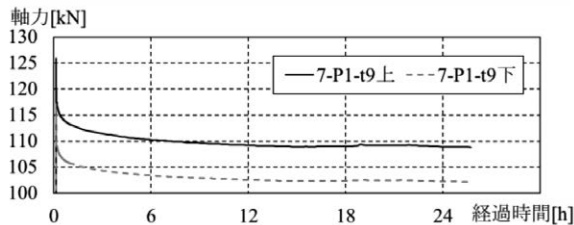


図23 ボルト軸力－経過時間関係

表9 ボルト軸力計測結果

塗膜仕様		P1～P4	P1	P2	P3	P4	P5
試験体No.		No.1-18	No.1-7	No.8,9	No.10,11	No.12-18	No.19-23
最大ボルト軸力平均	kN	118.6	119.0	118.2	118.0	118.4	118.3
減少後ボルト軸力平均	kN	104.0	101.0	110.6	109.3	103.5	98.0
減少率	%	12.3	15.1	6.4	7.4	12.6	17.2
既存膜厚平均	μm	-	347	202	282	402	402
試験数		36	14	4	4	14	40

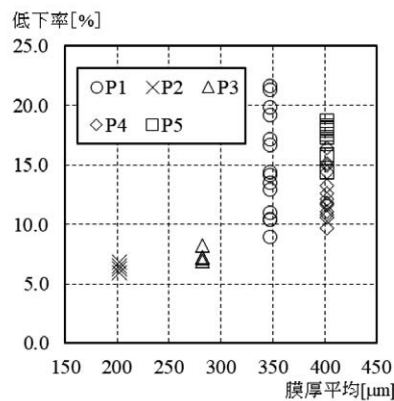


図24 減少率－膜厚平均関係

4・6 試験結果

すべり係数試験結果を図25に示す。すべり係数は締め込み後のリラクセーションによる最小ボルト軸力で算出した。P1～P4シリーズの試験体について、すべての試験体で中板の仕様であるショットブラスト処理された鋼材で得られるすべり係数0.45を下回る結果となった。一方、P5シリーズの試験体については、0.45を大きく上回った。これにより、今回使用した珪砂を添加した高強度エポキシ樹脂であれば、劣化した塗膜を有する接合面に塗布することで、高力ボルト接合に十分なすべり係数を確保できることが確認できた。

4・7 考察

表10に塗膜仕様ごとの平均、最小、最大のすべり係数および膜厚平均を示す。また、図26に膜厚平均とすべり係数の関係を示す。P1～P4シリーズについては、基盤目カットテープ付着試験において同様に評価点3であったが、P1、P4シリーズがP2、P3

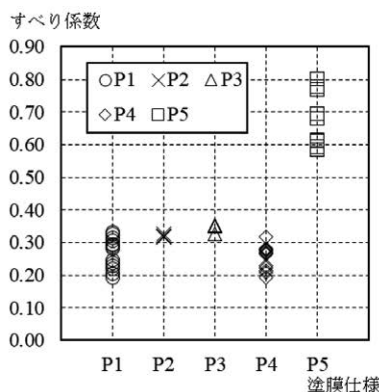


図25 すべり係数試験結果

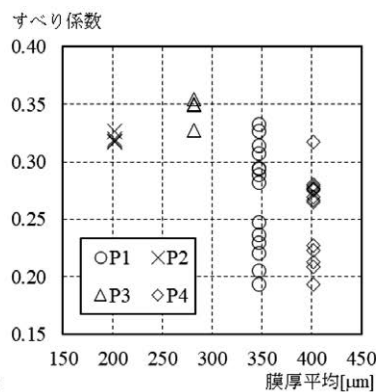


図26 すべり係数－膜厚平均関係

表10 すべり係数 (平均、最小、最大他)

塗膜仕様	P1～P4	P1	P2	P3	P4	P5
試験体No.	No.1～18	No.1～7	No.8, 9	No.10, 11	No.12～18	No.19～23
平均すべり係数	0.278	0.269	0.321	0.345	0.255	0.691
最小すべり係数	0.193	0.193	0.318	0.327	0.193	0.584
最大すべり係数	0.354	0.332	0.327	0.354	0.318	0.802
試験数	36	14	4	4	14	40
既存膜厚平均μm	-	347	202	282	402	402

シリーズに比べ低い傾向となった。これはP1、P4シリーズがP2、P3シリーズに比べ膜厚平均が大きく、不均一であることが影響したとみられる。図27に塗膜仕様ごとの試験体写真を示す。すべての試験体で中板に塗膜が付着しており、塗膜と母材ではなく、塗膜の層間ですべりが発生していることを確認した。1-P1-t6および10-P3-t7は、最下層の塗膜である鉛丹ペイントの赤色が露見している。基盤目カッターテープ付着試験より鉛丹ペイントの付着力が良好であった一方、上部の樹脂系塗膜は付着性が悪く脆い塗膜層であったことが、鉛丹ペイントと母材間ですべりは発生せず、その上部の脆い塗膜層ですべりが発生した原因であると思われる。P1、P3シリーズの試験体はすべて同様の傾向を示した。8-P2-t16は赤褐色の下塗層が露見している。これは下塗層とその上部の塗膜層の間ですべりが発生した結果であり、すべてのP2シリーズで同様の傾向となった。12-P4-t9は加力後の接合面で白色の塗膜層が確認できる。塗膜層の色の違いから、主に表面と中間の塗膜層間ですべりが発生していることがわかる。P4シリーズの中で15-P4-t12のみ、下地層が露見しており、すべり係数が小さい傾向となった。これは、表面に接着剤と思われる汚れの付着や、経年劣化による剥離による不陸があり、塗膜に部分的な応力が集中したことと起因すると考えられる(図28)。

4・8 すべり係数試験まとめ

経年劣化により付着安定性が悪くなった塗膜を対象に、すべり係数試験を実施し、古塗膜の残存する接合面に対する高力ボルト摩擦接合性能を確認した。

また、劣化した塗膜層は、付着性が悪く、膜厚が厚いほどすべり係数が小さい傾向があることがわかった。

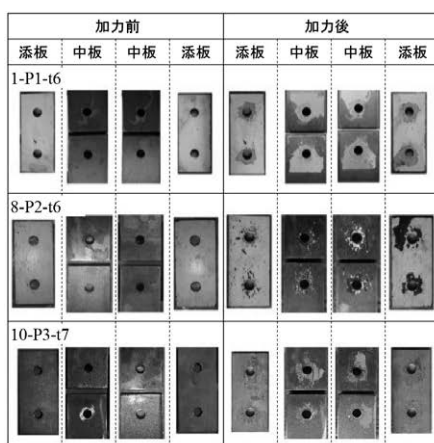


図27 試験体写真

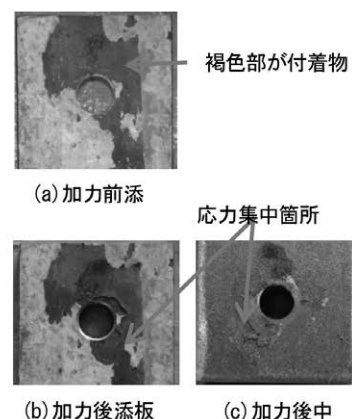
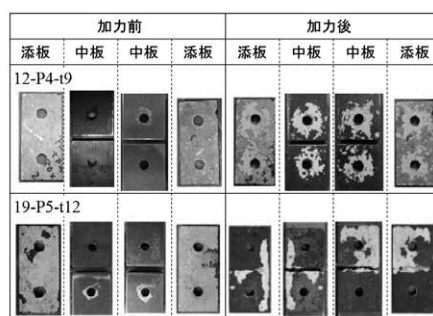


図28 付着物がある試験体 (15-P4-t12)

5. 技術資料

開発工法の適用範囲、設計方法、品質管理項目などをまとめた技術資料を作成した⁵⁾。技術資料は表11に示すH形柱の弱軸方向の方杖補強における接合部の設計および施工に適用する。開発工法の設計は、構造規定の確認、方杖補強部材の検討、金物耐力の確認の順に行う。開発工法の品質管理は、通常の鉄骨工事に準拠するほか、以下を追加することとした。

(1) 既存塗膜の不陸確認

塗膜表面に浮きが確認されるほど塗膜が劣化している場合や、接着剤などの付着物により不陸が発生している場合は、所定のすべり耐力を確保できない可能性がある(図29、30)。そのため、接合部の表面を単一の塗膜層または素地の状態にする必要がある。布製ガムテープの接着性に耐えられる程度の付着力がある塗膜層は、十分にすべり耐力を確保できるため、布製ガムテープによる除去後、半端に残る劣化塗膜層を鉄ヘラなどで除去し不陸を是正する。

(2) フランジ拘束ボルト

フランジ拘束ボルトの取り付けの際、紙等をフランジ板とボルトナットとの隙間に差し込み、薄板が隙間に入らないことを確認する。なお、強く締め付けるとフランジが変形してしまうため、軽く接触させる程度とする。強く締め付けられている場合は、軽く接触する程度にフランジ拘束ボルトを緩める。

表11 構造規定

項 目		規 定
構造種別		鉄骨造
柱		H形断面材
柱サイズ(規格又は既存図による寸法)		H形断面材せい175～498mm
柱せいD／幅B		1.0程度（広幅）
方杖偏心量（設計による偏心量）		無し
ウェブボルト	径(呼び径)	M16～M27
方杖端部ボルト	ボルト種類、材質	高力ボルト(F10T,S10T)
フランジ拘束ボルト	径(呼び径)	M12～M22
(ゆるみ止めを施す)	ボルト種類、材質	六角ボルト(強度区分6.8以上)
金物材質		SN490B同等
金物表面処理（H形柱接触面）		ショットブラスト加工



図29 塗膜の浮き



図30 付着物

6. まとめ

無溶接補強工法『スマートウイクシス工法』を開発した。開発工法は交番載荷試験および、すべり係数試験にて各種性能を検証し、設計施工に関する技術資料を作成に至った。

参考文献

- 1) 阿部周平ほか、ティ金物接合のH形断面材ウェブ面外耐力の研究、日本建築学会大会梗概集、構造Ⅲ、pp.977-978, 2021.9
- 2) 村井亮平他、塗装を施した接合面を有する高力ボルト摩擦接合における性能評価手法の開発SED：Structural engineering data (58), pp.104-107, 2021-11
- 3) 日本建築学会、鋼構造接合部設計指針、2021.2
- 4) 日本鋼構造協会、鋼構造物塗膜調査マニュアル、2018
- 5) 吉田卓矢他、無溶接補強工法『スマートウイクシス工法』の開発SED：Structural engineering data (59), pp.72-81, 2022-05