UDC 669 . 1 : 624 . 042 . 7 : 669 . 14 - 425 . 1

技術論文

# 製鉄設備の耐震性向上に向けた取り組み H形鋼筋違端部の無火気補強構法の開発

## Development of the Fireless Reinforcement Method of H Shaped Steel Brace Joints

前　澤　将　男*　Masao MAEZAWA
奥　谷　恭　士　Yasushi OKUTANI
安　藤　慶　治　Keiji ANDO
山　本　祐　史　Yuuji YAMAMOTO
小　﨑　照　卓　Shohtaku KOZAKI

抄　　録

新日鐵住金(株)では製鉄設備の耐震性能向上に向けて取り組んできており，近年は製鋼工場などのトップヘビーな建屋の耐震性向上に重点的に取り組んでいる。製鋼工場の耐震面での弱点は筋違継手であることが多く，工事に伴う溶接等の火気使用は安全面での懸念があり，近傍には配線，配管などの障害物も多いため，火気レスでコンパクトな補強構法のニーズが高い。このような背景のもと，H形鋼筋違を対象に無火気でコンパクトな補強構法を提案し，実験的・解析的にその性能を確認し，補強効果の有効性について検証したので報告した。

**Abstract**

**We have developed aseismic reinforcement technology of steel manufacturing equipment. I'm working on development of reinforcement technology of a steelmaking factory in recent years. A point in aseismic reinforcement of a steelmaking factory is often a brace joint. There are a lot of wiring and laying of the pipes near the joint. There is a problem with safety for use of fire of a welding. Therefore fireless and compact reinforcement method were desired. Fireless and compact reinforcement method are proposed targeted for H shaped steel brace joints by this development.**

## 1．緒　　言

製鉄所構内には**写真1**に示すような高炉，製鋼工場をはじめ，発電所，煙突，岸壁など多くの製鉄設備がある。新日鐵住金(株)ではこれらの設備の耐震性能向上に向けて，在来技術を導入すると共に，独自の技術開発を行ってきた。**図1**に高炉，製鋼工場および発電所建屋を対象にこれまでに開発した独自技術の例を示す。例えば，連結制震（Linked

写真1　製鉄設備の例
Example of iron manufacturing equipment

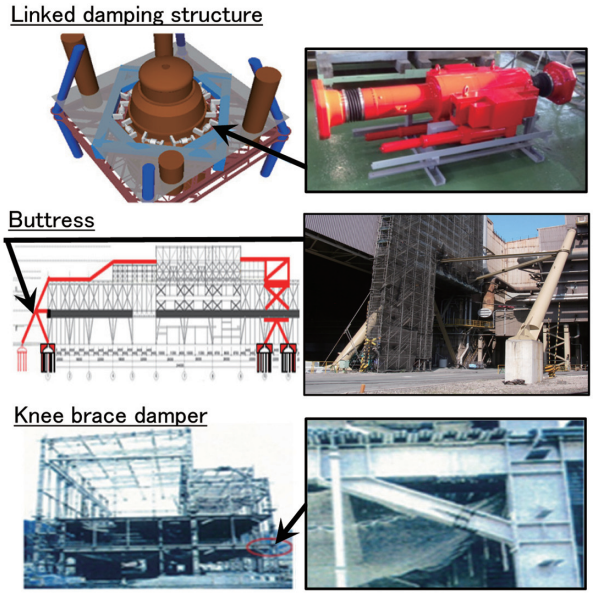



図1　耐震技術開発の例
Example of aseismic reinforcement technical development

*　設備・保全技術センター　土木建築技術部　建築技術室　主幹　　千葉県富津市新富 20-1　〒 293-8511

damping structure）では，高炉本体と高炉櫓の地震時水平変位差を利用して油圧ダンパーで地震エネルギーを吸収させる技術であり，バットレス（Buttress）および方杖ダンパー（Knee brace damper）は建屋内の操業スペースを確保しつつ強度向上や地震エネルギー吸収させる技術である。このように技術開発においては，各々の製鉄設備が有する特徴や制約条件を踏まえて，構造合理性を成立させることが重要であり，独自の耐震・制震技術を発展させてきた。

近年は，東日本大震災での被災や南海トラフ巨大地震の切迫を背景に，新日鐵住金では旧耐震基準で建設された建屋（以下，旧耐震建屋と記す）の耐震補強を推進してきている。旧耐震建屋内部では生産施設であるが故にガス配管・電気配線が多く，施工スペースも狭隘という特徴があり，これらの特徴を踏まえた補強構法が求められている。本論文では，まず，旧耐震建屋の耐震補強における課題を述べ，課題解決に向けて補強構法を提案した。次に，提案する構法の実現に向けて，性能確認試験・FEM 解析を通じた力学性能の確認結果，および，製作試験を通じた施工性の確認結果について述べ，実在の工場建屋への適用結果を紹介する。

## 2.　耐震性能向上における課題

旧耐震建屋の中で補強が必要なものは**図２**に示す製鋼工場のように大重量設備を高層階で支持するトップヘビーな構造の鉄骨造建屋である。このような製鋼工場の弱点の多くは筋違端部の継手部であり，大地震時に筋違母材鉄骨が引張降伏して地震に抵抗するより先に継手部が損傷する危険性が高いことが分かり，この継手部の補強が耐震性能向上のポイントとなっている。特に，製鋼工場においては，筋違には H 形鋼，継手部ファスナーにはリベットが用いられていることが多く，本論文ではこのような継手を対象としている。対象筋違の例を**表１**に示す。

H 形鋼継手の現地状況を図２に示す。製鋼工場内は生産施設であるがゆえに継手近傍にはガス配管や電気配線が多く，工事における溶接等の火気使用は安全面の懸念があり，無火気補強のニーズが高い。また，継手周辺には狭隘な施工スペースしかなく，コンパクトな補強であることも求められる。継手補強に適用可能な従来技術を**表２**に示す。既

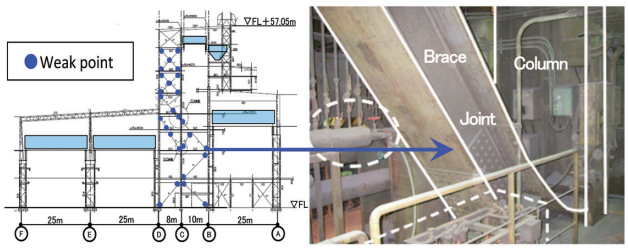


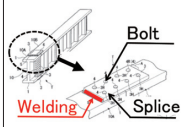
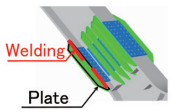
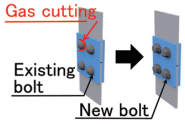

図２　製鋼工場の耐震面での弱点
Weak point in the earthquake-resistant in a steelmaking factory

表１　対象となる H 形鋼筋違の例
Example of a target H-shaped steel brace

| Section size | Proof stress (kN) | | | Qut. |
|---|---|---|---|---|
| | Brace ① | Joint ② | Shortage ①−② | |
| H-900×450×50×50 | 27489 | 16640 | 10849 | 20 |
| H-650×450×22×25 | 11545 | 8320 | 3225 | 11 |
| H-588×300×12×20 | 4369 | 2185 * | 2185 | 16 |
| H-400×400×13×21 | 6938 | 3469 * | 3469 | 18 |
| H-250×250×9×14 | 2116 | 1058 * | 1058 | 17 |

* Assumption

表２　継手補強に適用可能な従来技術
Former technology applicable in joint reinforcement

| Title | Welding of splice (※ cf.1) | Welding of plate (known technology) | Replacing of bolt (known technology) |
|---|---|---|---|
| Outline |  |  |  |
| Fire | × | × | × |
| Space | ○ | △ | ○ |





設添板の溶接は火気使用となるため適さない。新規の鋼板・形鋼の溶接も火気使用であり，また，継手周辺のスペースも必要となるために適さない。ボルトの差替えでも，既設を撤去する際のガス切断が火気使用となるため適さない。いずれの従来技術も火気の使用を避けられないため，火気を用いない，コンパクトな補強構法の開発が求められている。

## 3.　補強構法の提案

提案する構法を**図３**に示す。この構法は，H 形鋼のフランジとウェブに囲まれるスペースの活用に着目しており，このスペースには既存継手などの凹凸物があるため，火気が不要で充填性がよいコンクリートを利用して摩擦接合部を形成することを狙っている。

この構法の構成を**図４**に示す。H 形鋼のフランジとウェブに囲まれるスペースにコンクリートを充填し，PC 鋼棒に導入した緊張力を利用してカバープレートでコンクリートを両側から挟みこみ，鋼とコンクリートの界面で摩擦力を発生させるものである。

この構法における荷重伝達を**図５**に示す。既存の継手部で伝達できない荷重を，鋼とコンクリート界面の摩擦力により既存の筋違（H 形鋼）からコンクリートを介してカバープレートへと伝えることが可能となる。この構法は，コンクリート，補強鋼板，PC 鋼棒から構成されるため無火気で施工可能であり，既設の H 形鋼の断面内に補強部が納まるコンパクトなものとなる。

この構法の実現に向けての課題は，力学性能を明らかにし，施工性を確認することである。具体的な技術課題を以

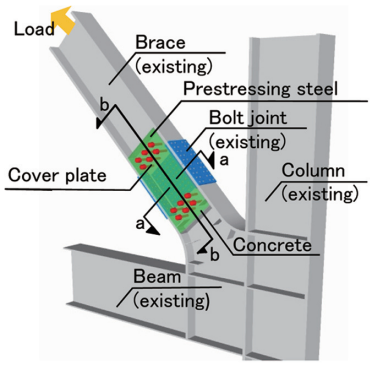



図３　提案する補強構法
Proposed reinforcement construction method

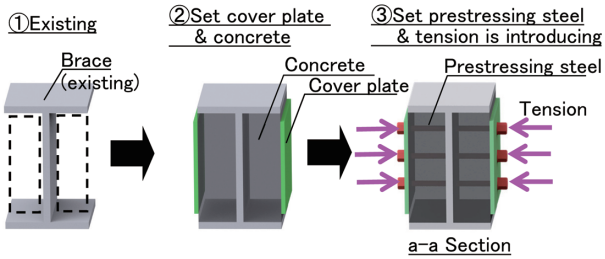



図４　補強部の構成（a-a 断面）
Construction of the reinforcement part (a-a section)

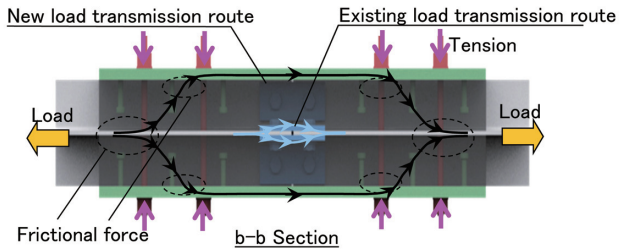



図５　補強部での荷重伝達（b-b 断面）
Load transfer at the reinforcement part (b-b section)

下に記す。

力学性能の確認

課題①既存鉄骨から補強部への荷重伝達メカニズムの確認

課題②既存継手部と補強部の耐力累加可否の確認

課題③補強部内部の応力状態の確認

施工性の確認

課題④施工能率の確認

課題⑤コンクリートのクリープ影響の確認

課題⑥コンクリートの充填性の確認

## 4.　力学性能の確認

### 4.1　性能確認試験

#### 4.1.1 試験の概要

本構法における補強部への荷重伝達メカニズムは図６に示すように，鋼とコンクリートの摩擦，付着，PC 鋼棒のだぼ効果の３パターンを仮定し，既存鉄骨から補強部に伝達される荷重に占める各々の寄与率を確認する。

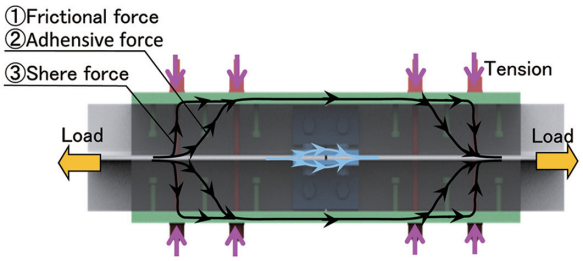



図６　補強部への荷重伝達メカニズム
Load transfer mechanism to the reinforcement part

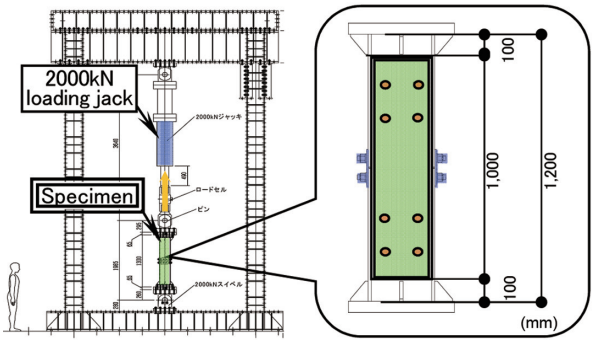



図７　試験体セットアップ
Setup of specimen

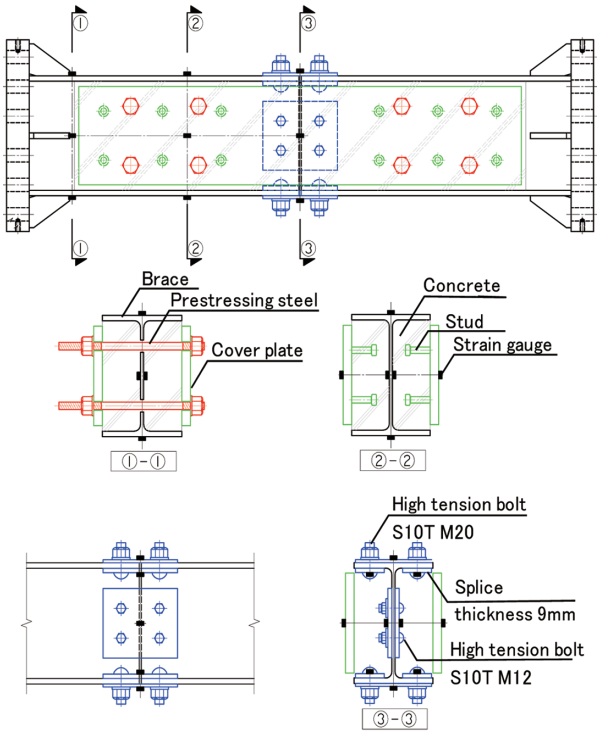



図８　標準試験体
Standard specimen

試験体のセットアップを図７に示す。載荷は両端ピン支持の試験体に対して 2000kN ジャッキを用いて単調引張載荷を実施した。標準試験体図を図８に，標準試験体の使用部材を表３に示す。鉄骨母材には実大相当の H-244×175×7×11 を用い，カバープレートにはスタッドボルトを溶着してコンクリートとのずれ止めとした。PC 鋼棒はアンボンド仕様としてコンクリートと縁を切り，緊張力は１本当たり

表３　試験体の各部
Each part of specimen

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Brace | H-244×175×7×11 (SM490, SS400) | | | |
| Reinforced joint | Joint | Flange | 4HTB-M20, 2PL-9 (SS400), 4PL-6 (SS400) | |
| | | Web | 4HTB-M12, 2PL-9 (SS400) | |
| | Reinforcement | | Cover plate | t19 (SS400), Stud (D13) |
| | | | Prestressing steel | $\phi$15mm (TypeC1) |
| | | | Tension | 100 kN/number |
| | | | Concrete | Fc＝100 N/mm² |

表４　試験体の設計耐力
Design strength of specimen

| Brace (kN) ① | Joint (kN) ② | Reinforced joint (kN) ③＝① | Reinforcement (kN) ④＝③－② |
|---|---|---|---|
| 1 330 | 700 | 1 330 | 630 |

表５　鉄骨母材の引張試験結果
Tension test result of the steel frame brace

| Materia | Yield strength (N/mm²) | Tensile strength (N/mm²) | Elongation (%) |
|---|---|---|---|
| SM490 | 433 | 543 | 25 |
| SS400 | 311 | 465 | 29 |

100 kN を導入した。コンクリートは高強度コンクリート（Fc＝100 N/mm²）を用い，収縮低減剤を混和した。試験体材軸方向の荷重と変位の計測はジャッキ端部に取り付けたロードセルにより行い，試験体各部の歪計測は図８中の■位置に取り付けた一軸ゲージで行った。

表４に試験体の設計耐力を示す。鉄骨母材は材質 SS400 を前提として，引張降伏耐力は 1330 kN であり，既存継手は鉄骨母材の半分程度を想定して 700 kN で高力ボルトが滑るように設計した。補強後耐力は鉄骨母材の引張降伏耐力以上として，補強部耐力は補強後耐力から既存継手耐力を除いた 630 kN に設定した。

試験体各部の設計については，PC 鋼棒は仮定した必要摩擦力より鋼とコンクリートの摩擦係数 0.5 から逆算して導入緊張力，材質，および，径を決定した。コンクリートは PC 鋼棒緊張力による圧縮力とせん断による斜張応力に対して強度を決定した。カバープレートは補強部必要耐力を引張で伝達するとして材質と断面形状を決定した。鉄骨母材は PC 鋼棒の緊張力がコンクリートを介して伝わる範囲について許容応力度以内になることを確認した。

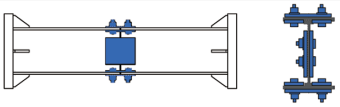
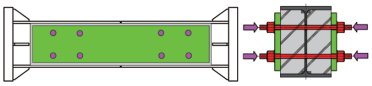
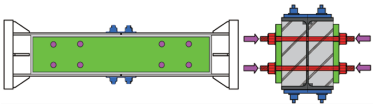
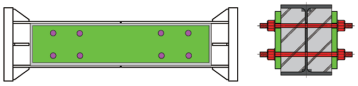
表５に鉄骨母材の引張試験結果，表６にコンクリートの材料試験結果を示す。本構法で採用した高強度コンクリートはスランプフローが 620 mm×610 mm と大きく，流動性が高いことが分かる。

表７に試験体リストを示す。ケース１は既存継手部のみ，ケース２は補強部のみ，ケース３は補強後（既存継手部＋補強部）の試験体である。ケース４は補強部のみの試験体で PC 鋼棒に緊張力を導入せず，鋼とコンクリートの付着，および，PC 鋼棒だぼ効果による荷重伝達量を確認するた

表６　コンクリートの材料試験結果
Material test result of concrete

| Materia | Compression strength (N/mm²) | Slump flow (mm) |
|---|---|---|
| Fc100 | 125 | 620×610 |

表７　試験体リスト
List of specimen

| Case | Outline | Joint | Brace |
|---|---|---|---|
| 1 |  | ○ | SS400 |
| 2 |  | × | SS400 |
| 3 |  | ○ | SM400 |
| 4 |  | × | SS400 |
| 5 | | × | SS400 |

めの試験体である。ケース５は補強部の PC 鋼棒を設置せず，鋼とコンクリートの付着による荷重伝達量を確認するための試験体である。

### 4.1.2 試験の結果

課題①既存鉄骨から補強部への荷重伝達メカニズムの確認

図９にケース２，４，および５の荷重 - 変位関係を示す。ケース２では，変位 1 mm 程度まで弾性的に荷重が上昇し，その後，剛性が低下して変位 2 mm 付近で鉄骨母材とコンクリートの摩擦が切れて滑りが発生するが，3 mm 付近で PC 鋼棒と鉄骨母材の接触により再び荷重が上昇し，最終的に補強部目標耐力を超えた。ケース４では，載荷初期に剛性低下がみられ，荷重 150 kN 程度で載荷を終了した。ケース５では，荷重 10 kN 程度で頭打ちのまま載荷を終了した。

以上より，設計耐力の設定根拠となるケース３の滑りが発生する変位での耐力 545 kN に対して各メカニズムの耐力が占める割合は摩擦 84％と支配的であり，見かけの摩擦係数は 457kN/（100 kN/ 面×８面）= 0.57 で，設計での摩擦係数 0.5 は安全側の評価となることを確認した。

課題②既存継手部と補強部の耐力累加可否の確認

図 10 にケース１，２，および３の荷重 - 変位関係を示す。なお，図中点線で示したのはケース１と２を単純累加した仮想の荷重 - 変位関係（以下，単純累加と記す）である。ケース２の既存継手は変位 1mm を超えたところで高力ボルトの滑りが発生したため載荷を終了した。ケース３は目標耐力 1330 kN，および，単純累加の耐力を超えて最大耐力

1460kN まで達したところで滑りが発生したため載荷を終了した。なお，単純累加耐力を上回ったのは既存継手部とコンクリートの支圧による荷重伝達と推測される。

図 11 はケース３の荷重 - 変位関係および荷重 - 歪関係であり，既存継手部の荷重は歪計測値から算出した値，試験体全体の荷重はロードセルで計測した値，補強部の荷重は試験体全体の荷重から既存継手部の荷重を引いた値である。荷重 - 変位関係より，試験体全体の最大耐力は既存継手部の高力ボルト滑りで決まり，補強部は既存継手部の滑り発生後も荷重を安定的に負担できることが確認できた。また，荷重 - 歪関係より各部は弾性範囲であったことが分かる。

以上より，既存継手に補強部を組み合せた場合に，最大耐力は単純累加を上回り，設計では単純累加とすれば安全側の評価となること，補強部は既存継手の滑り発生後も耐力を保持できることを確認した。

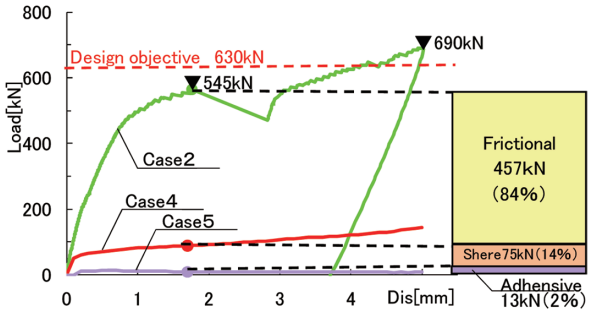



図９　荷重 - 変位関係（ケース２，４，５）
The load - displacement relation (Case 2, 4, and 5)

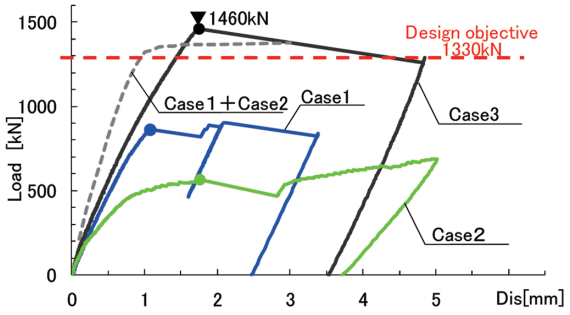



図 10　荷重 - 変位関係（ケース１，２，３）
Load - displacement relation (Case 1, 2, and 3)

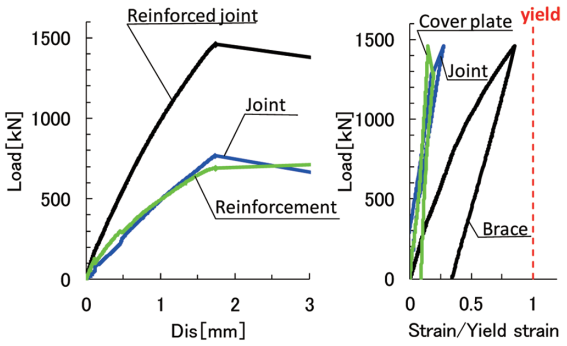



図 11　試験体の荷重 - 変位関係，荷重 - 歪関係（ケース３）
Load-displacement & strain relation (Case 3)

### 4.1.3 載荷試験後の損傷状況

写真２にケース３試験体の載荷後の損傷状況を示す。コンクリートの PC 鋼棒貫通部には亀裂が集中しているが，圧壊は生じていない。また，コンクリートの既存継手部には微細な亀裂が発生しているが圧壊は生じておらず，コンクリートは斜張応力に対して破壊しておらず，高力ボルト摩擦接合部における添板のような機能を果たしていたことを確認した。

## 4.2 FEM 解析

### 4.2.1 解析の概要

解析プログラムには汎用プログラムの Marc/Mentat を用いた。解析モデルを図 12 に示す。性能確認試験のケース３試験体を，対象性を考慮して 1/2 モデル化し，各部材はソリッド要素でモデル化した。鉄骨母材とコンクリートの摩擦係数は性能確認試験結果の 0.57 を用いてばねでモデル化をした。各部材の物性値を表８に示す。鋼材の降伏応力度は引張試験結果を用い，Mises 降伏条件を採用した。コンクリートの圧縮強度と初期剛性は圧縮試験結果を用い，Mises 降伏条件を採用した。コンクリートの引張強度は参考文献より 7.5N/mm² を用いて，引張り側のクラック発生・閉鎖を Crack Date オプションを用いて模擬した。載荷は試験と同様の単調引張として，３次元弾塑性解析を

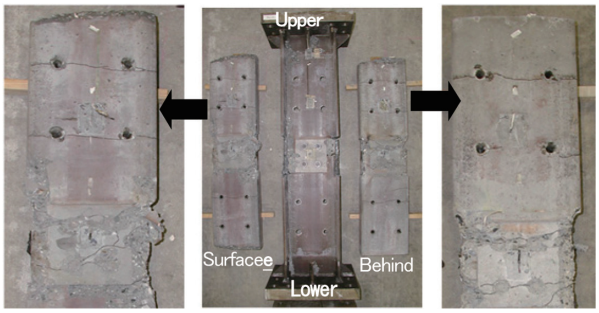



写真２　試験後の損傷状況（ケース３）
Damage situation after a test (Case 3)

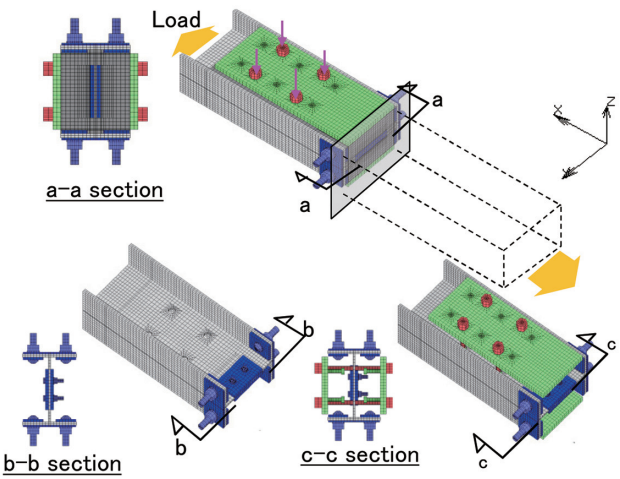
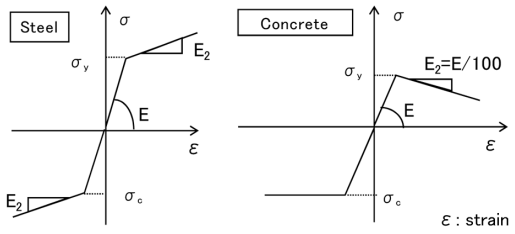



図 12　FEM 解析モデル
FEM analysis model

表 8　FEM 解析の物性値
Physical properties value of the FEM analysis

| | | Steel | | | | | | Concrete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Brace | Joint | | Cover plate | | Prestressing steel | |
| | | | PL6 | PL9 | | Stud | | |
| Young's modulus (E) | $10^3$ N/mm$^2$ | 205 | 205 | 205 | 205 | 205 | 205 | 37 |
| Yield stress ($\sigma_y$) | N/mm$^2$ | 433 | 190 | 290 | 275 | 405 | 1 080 | 8 |
| Compression yield stress ($\sigma_c$) | N/mm$^2$ | 433 | 190 | 290 | 275 | 405 | 1 080 | 100 |
| Poisson's ratio ($\nu$) | — | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |




行った。

### 4.2.2 解析の結果

課題③補強部内部の応力状態の確認

性能確認試験のケース 3 試験体についての解析結果と試験結果の比較を図 13 に示す。補強部, 既存継手部, および, 補強後継手部の荷重 - 変位関係は概ね良く対応しており, 本解析モデルで性能確認試験結果の分析が可能であると判断した。図 13 において補強後継手部の剛性低下が始まる Step16 のタイミングにおける補強部内部の応力コンターを図 14 に示す。鋼部材は弾性範囲であり，健全な状態であったことが分かる。コンクリートは PC 鋼棒と母材鉄骨のクリアランスに充填された僅かな部分が圧壊しているが, 大部分は弾性範囲で健全な状態であったことが分かる。同様に Step16 における母材鉄骨の摩擦力と既存継手の支圧力を図 15 に示す。PC 鋼棒緊張力がコンクリートを介して鉄骨母材のウェブ，フランジに伝わったため，摩擦力がウェブ，フランジに発生することが分かる。また，既存継手部はコンクリートと接触して支圧力が発生していることが分かる。

以上より，補強部内部は健全であり，母材鉄骨（H 形鋼）のフランジでも摩擦による荷重伝達が行われていたことを確認した。

次に，性能確認試験では確認できなかったカバープレートに溶着させたスタッドボルトの効果について，解析的に検討した。原理的にはコンクリートからカバープレートへの荷重伝達は摩擦力だけで可能であり，スタッドボルトとコンクリートのシアキー効果による荷重伝達が小さければスタッドボルト溶着を省けると考えた。

図 16 は性能確認試験におけるケース 3 を対象にスタッドボルト有無の影響を比較したものである。(a) の荷重 - 変位関係よりスタッドボルトが無くても，最大耐力（既存継手滑り耐力）に達するまでは補強部での荷重伝達量は同等であることが分かる。(b) のカバープレート溶着面での摩擦力コンターを確認しても，スタッドボルト有無で有意な差が無いことが分かる。

以上より，性能確認試験では取り付けていたスタッドボルトを省いても補強部の荷重伝達性能に大きな差異はないことを確認した。

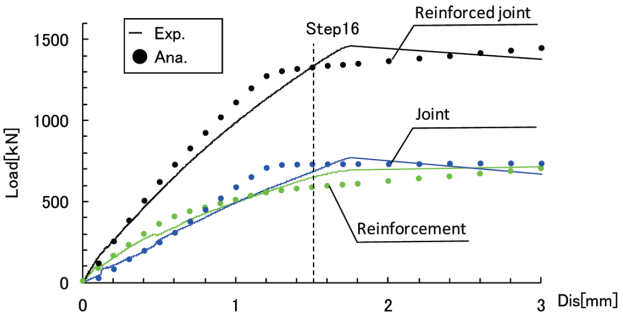



図 13　FEM 解析と試験結果の比較
Comparison of an FEM analysis and a test

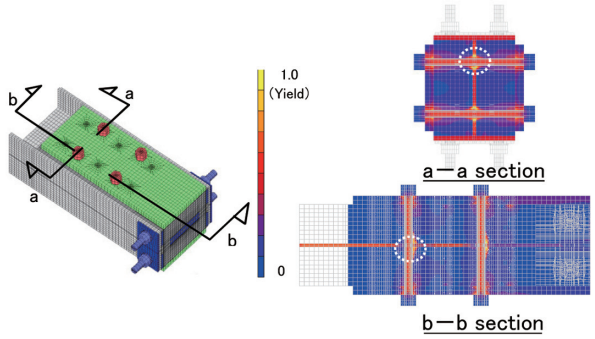



図 14　補強材の応力（Step16）
Stress of a reinforcement (Step16)

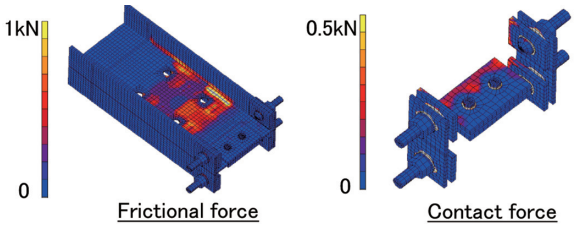


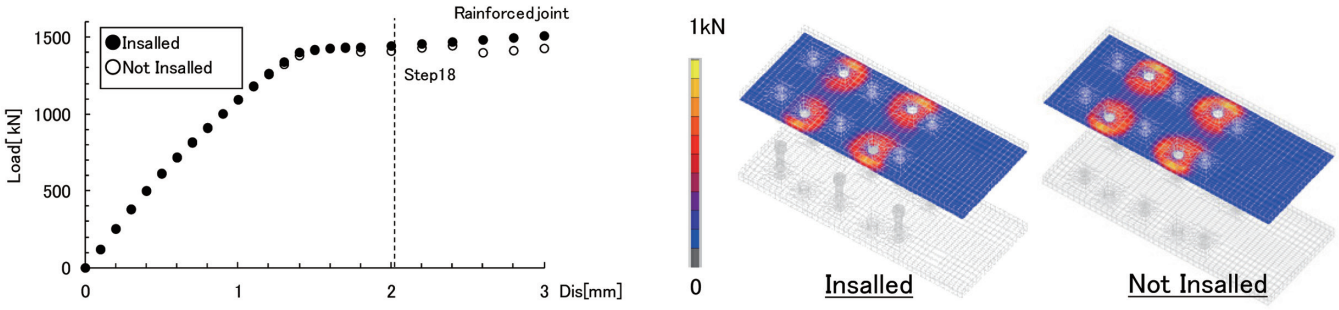

図 15　母材鉄骨の摩擦力，継手部の支圧力（Step16）
Frictional force of a steel brace and the contact force of a joint

## 5.　施工性の確認

### 5.1　実大製作試験

#### 5.1.1 試験の概要

試験は新日鐵住金所有の遊休建屋の H 形鋼筋違を対象に，提案する補強部の製作，計測，解体を実施した。試験体の概要を図 17，写真 3 に示す。母材鉄骨の H 形鋼のサイズは H-488×300×11×18（SS400）で，既存継手はファスナーに高力ボルトを使用している。この既存継手を対象に




(a) Load - displacement relation　　(b) Frictional force of a cover plate (Step18)

図 16　スタッドボルト有無の比較
Comparison of a stud bolt presence

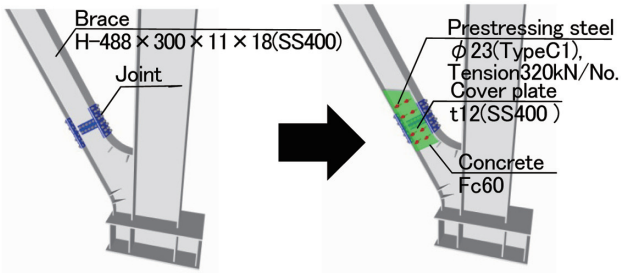
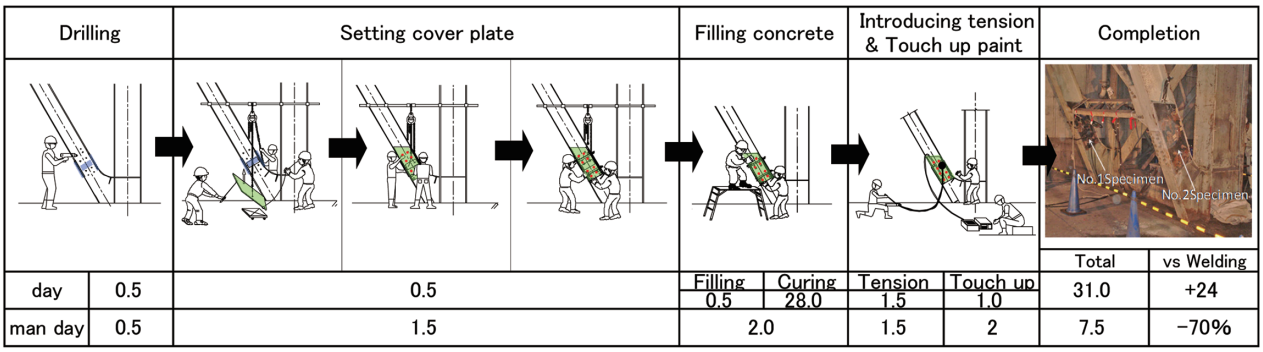



図 17　実大製作試験の概要
Outline of an actual making test

写真 3　補強後の試験体
Specimen after reinforcement




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Total | vs Welding |
| day | 0.5 | 0.5 | Filling 0.5 | Curing 28.0 | Tension 1.5 | Touch up 1.0 | 31.0 | +24 |
| man day | 0.5 | 1.5 | 2.0 | | 1.5 | 2 | 7.5 | −70% |

図 18　施工手順
Procedure of making

母材鉄骨が引張降伏するまでに補強部が損傷しないように試設計を行った結果，PC 鋼棒は 23 mm 径（C 種 1 号）が 8 本で緊張力は 320 kN/ 本となり，コンクリートは Fc= 60 N/mm²，カバープレートは 12 mm 厚（SS400）となった。

### 5.1.2 試験の結果

課題④施工能率の確認

施工要領と工数の調査結果を図 18 に示す。考案した施工要領で製作が可能なことを確認し，孔あけから緊張力導入，タッチアップ塗装までの全工程に要する工数は従来の鋼板溶接補強と比較して約 70％程度減となる見込みを得た。なお，工期についてはコンクリート養生期間を要するため従来の鋼板溶接補強より長くなる。

課題⑤コンクリートのクリープ影響の確認

PC 鋼棒導入緊張力の経時変化を図 19 に示す。コンクリートのクリープに伴う緊張力の変化を PC 鋼棒に取り付けた歪ゲージで 6 週間計測した結果，有効率（＝当初導入－減少分）は 85％程度で安定しており，参考文献 3) の概略予測値 80％で安全側の評価が可能なことを確認した。

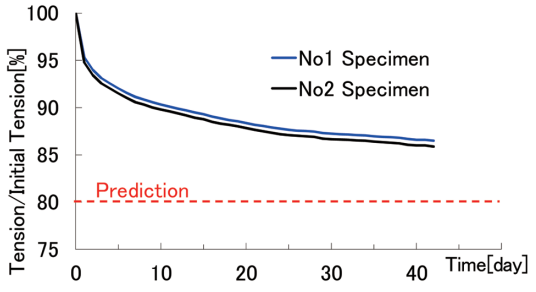



図 19　PC 鋼棒の緊張力の経時変化
Aging changes of the tension of the prestressing steel

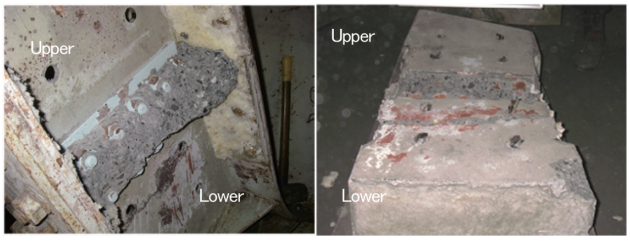
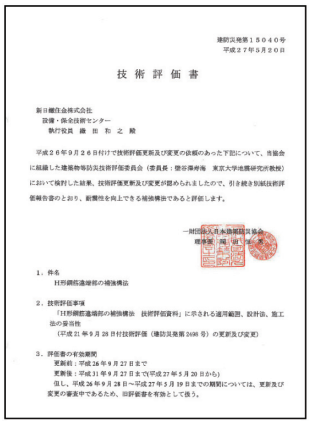



写真４　コンクリートの充填状況
Filling situation of the concrete



技 術 評 価 書

図 20　技術評価書
Technological evaluation document

課題⑥コンクリートの充填性の確認

解体後のコンクリート状況を**写真４**に示す。提案する補強構法では，流動性が高い高強度コンクリートを用いており，既存継手のボルト部のように凹凸がある部分にも密実に充填可能なことを確認した。

## 6.　結　　言

製鋼工場の H 形鋼筋違の継手部を対象に，鋼とコンクリートの合成構造を用いた無火気かつコンパクトな補強構法を提案し，実験，解析を通じて力学性能と施工性を確認し，以下６点を報告した。

①補強部への荷重伝達メカニズムは摩擦が支配的であり，設計では摩擦係数 0.5 で評価すれば安全側
②既存継手と補強部の耐力は単純累加が可能
③母材鉄骨(H 形鋼)とコンクリート界面の摩擦力はウェブ，フランジともに発生
④従来の鋼板溶接補強工法と比較して，施工に要する工数減が可能
⑤コンクリートのクリープに伴う PC 鋼棒への導入緊張力の有効率は 80%で評価すれば安全側
⑥高強度コンクリートは密実に充填可能

上述の成果を基に設計・施工指針をまとめ，日本建築防災協会の技術評価を取得し（**図 20**），２棟の製鋼工場に実適用を果たした（**写真５**）。今後も適用拡大を図っていく予定である。

| | No.2 Steelmaking Plant of Kimitsu | No.1 Steelmaking Plant of Kimitsu |
|---|---|---|
| Photo | | |
| No. | 2 | 77 |

写真５　適用実績
Application results

**謝　辞**

載荷試験の計画と実施では，(株)奥村組 技術研究所にご助言を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

**参照文献**

1) 中西保正　ほか：リベット継手の補修方法．補修構造体．特開 2006-231338．2006.9.7
2) 前澤将男　ほか：H 形鋼筋違端部の補強構法の開発．日本建築学会大会学術梗概集(北陸)．C-1 構造 III, 2010.9, p.1267-1268
3) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準．1998
4) 日本建築学会：鋼構造設計規準－許容応力度設計法－．2005
5) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準－許容応力度設計法－．1999

前澤将男　Masao MAEZAWA
設備・保全技術センター
土木建築技術部　建築技術室　主幹
千葉県富津市新富20-1　〒293-8511

奥谷恭士　Yasushi OKUTANI
君津製鉄所　設備部　土建技術室長

安藤慶治　Keiji ANDO
ニッポン・スチール・アンド・スミトモ・メタル インドネシア社
Vice President Director

山本祐史　Yuuji YAMAMOTO
設備・保全技術センター
プラントエンジニアリング部
上席主幹

小﨑照卓　Shohtaku KOZAKI
設備・保全技術センター
土木建築技術部　建築技術室長