

(26) 機械的ずれ止めと高力ボルトを併用した 鋼・コンクリート接合分離要素の押抜き試験

田中 照久¹・坂本 秀光²・楠本 彩七³・吉澤 幹夫⁴

¹ 正会員 福岡大学准教授 工学部建築学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目19番1号)
E-mail:sttanaka@fukuoka-u.ac.jp

² 正会員 福岡大学大学院生 建設工学専攻 (〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目19番1号)
E-mail:td224004@cis.fukuoka-u.ac.jp

³ 正会員 福岡大学助手 工学部建築学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目19番1号)
E-mail:a-kusumoto@fukuoka-u.ac.jp

⁴ 正会員 福岡大学教授 工学部建築学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目19番1号)
E-mail:yoshizawa@fukuoka-u.ac.jp

建築鉄骨構造において、部材のリユースは鋼材のリサイクルよりも効果的に環境負荷を低減することが知られている。しかし、現状の技術では、鉄骨梁とコンクリート床スラブで構成される合成梁を丁寧に分別解体することが困難であり、部材リユースの実現および普及を妨げる障壁となっている。本研究では、機械的ずれ止めの「バーリングシアコネクタ」と高力ボルトを併用した接合分離要素を提案し、それを用いた合成梁構造のリユースシステムの開発を進めている。合成梁の繰返し解体・組立による単純梁の曲げ試験では、提案する要素技術によって部材リユースを実現できる可能性が高いことが実証されている。そこで本論では、脱着が可能な接合分離要素のずれ止め特性を把握するために行った押抜き試験の概要と結果を示し、設計・施工・解体に対して合理的に繰返し再使用可能な条件を明らかにした。

Key Words : Reuse, Disassembly, Composite beam, Burring shear connector, strength

1. 序論

2015年に日本建築学会から「鋼構造環境配慮設計指針(案)部材リユース」¹⁾が刊行されている。本指針(案)では、環境配慮の観点から鋼構造の部材リユースを実現するための設計法や要素技術が紹介されているほか、損傷に留意した設計法および環境評価の考え方等について示されている。しかし、鉄骨造骨組の分別解体と部材の回収を容易にするための接合技術の開発が遅れている。特に、鉄骨梁とコンクリート床スラブが一体化された合成梁は、耐震性・耐久性・居住性および経済性の向上に不可欠である反面、現状の技術では解体の時期を迎えた建物から健全な状態で梁と床を分別回収することは難しい。部材リユースの推進を阻害する要因として喫緊に解決すべき課題の一つである。

欧州では、2017年からPROGRESS (Provisions for Greater Reuse of Steel Structures) というプロジェクト

が開始され、既存および新規の鉄骨造建物から鋼部材を再利用するための方法についての検討が進み、2020年に平屋の工場建築を対象とした指針が発表されている²⁾。一方では、REDUCE (Reuse and Demountability Using Steel Structures and the Circular Economy) というプロジェクトも同時期から進められている³⁾。これは主に合成梁・柱脚部・シアコネクタを対象に、鋼材とコンクリートの分別解体が可能な接合技術を提供することを目的としており、海外においても国内と同様の課題を抱えている。

これらの現状を踏まえ、著者らは、鉄骨梁とコンクリート床スラブの分別解体が容易で、部材の丁寧な回収が可能な接合要素技術の開発と、その設計・施工・解体・品質再評価の一連のサイクルで循環させるためのリユースシステムを構築することを目指し、実験的研究を進めている⁴⁾。合成梁の繰返し解体・組立による単純梁の曲げ試験では、提案する要素技術によって部材リユースを実現できる可能性が高いことが実証さ

れている。

本論では、機械的ずれ止めと高力ボルト摩擦接合を併用した接合分離要素のせん断力-ずれ変位関係を把握するとともに、H形鋼とコンクリートスラブの分別解体・再度組立による再使用の可能性を検証するために行った繰返しの押抜き試験とその結果について報告する。

2. 鋼・コンクリート接合分離技術の提案

(1) 従来の接合技術に対する問題点

図-1に、鋼構造建築における従来の合成梁とリユースの対象部材を示す。鉄骨梁とコンクリート床スラブの合成梁に用いられる接合要素の機械的ずれ止めは、頭付きスタッドが一般的である⁵⁾。従来の接合技術では、設計・施工・解体に対してそれぞれ下記の問題があると考え、部材リユースを想定した構造には適していないため、それらを解消できる接合分離の要素技術を開発する必要がある。

a) 設計

頭付きスタッドを用いた接合部では鋼とコンクリートの界面にずれが生じやすく、ずれ変位が0.1mmを超えたあたりからスタッド軸部が塑性変形し、スタッドが最大耐力を発揮する時点では過大なずれが生じる⁶⁾。したがって、スタッドを弾性域に留め、異種部材間の残留ずれを小さくするには、多量のスタッドを設置する必要がある。

b) 施工

頭付きスタッドは、建設現場でアークスタッド溶接法によって鉄骨梁に設置するのが一般的である⁵⁾。スタッド溶接技能者の不足が深刻化しつつある中、天候の影響を受けるほか、点検・検査項目が多く、特殊な条件や環境下では施工試験を行う必要があり、省人化・省力化が求められる。

c) 解体

解体時の建物から部材の損傷を最小限に留めて梁と

床を回収するには、多量の頭付きスタッドが鉄骨梁に溶接接合されているため、床スラブのコンクリートを研った後に、それらを1本ずつスタッド根元部から切除しなければならない⁷⁾。スタッドを完全に除去する場合はグラインダーにより仕上げ、ノッチが生じないように注意を要する。なお、2002年に施行された「建設リサイクル法」により、ミンチ解体（重機により一気に取り壊す方法）は原則禁止であるが、現状の鋼構造建築では、鉄骨梁と床スラブを丁寧に分別解体することは難しく、コンクリート床スラブのリユースはさらに困難であるといえる。

海外では、例えば⁷⁾頭付きスタッドの軸部をネジ加工したものを梁フランジの孔に通して両側からナットで締め付けて固定し、孔内部とネジ部との間の隙間をエポキシ樹脂で埋める方法等が提案されているが、上記に挙げた問題は解決されないと考える。また、ボルト孔による断面欠損を考慮した設計法を検討する必要がある。さらに、フランジのボルト孔内壁に支圧変形が残留する可能性があり、回収された部材の品質再評価・補修方法を阻害することが懸念される。

(2) 脱着が可能な接合要素の提案

鋼材とコンクリートの強固な接合と容易な分解を可能とするため、機械的ずれ止めと高力ボルト摩擦接合を併用した新たな要素技術を提案する。提案する接合要素を図-2に示す。ずれ止めは、高剛性・高耐力のバーリングシアコネクタ（以下、BSC）⁸⁾を使用することとし、BSC鋼板をボルト孔があいた接合用鋼板に隅肉溶接で取り付け、それを梁上フランジにボルト接合する構造を基本とする。接合用鋼板の役割は、ずれ止めと梁上フランジを高力ボルト摩擦接合すること、梁上フランジのボルト孔による断面欠損を補うことである。

ボルト接合型のシアコネクタは、高力ボルトの摩擦接合面を黒皮のままとし、BSCがせん断耐力を発揮するまで摩擦面で主すべりが起こらないように設計する。BSC鋼板部を弾性に留め、高力ボルト摩擦接合部の短期許容せん断力をずれ止めの耐力とする考え方もある

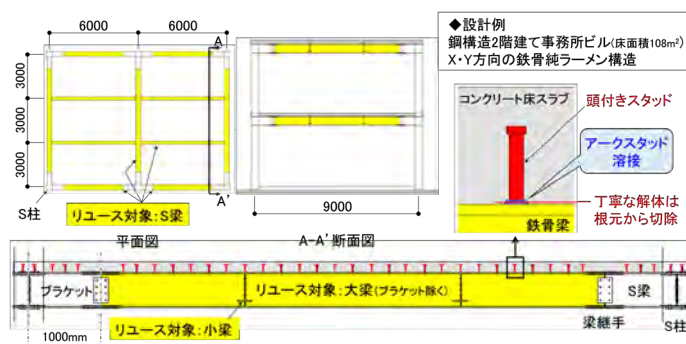


図-1 鋼構造建築におけるリユースの対象部材と合成梁の現状

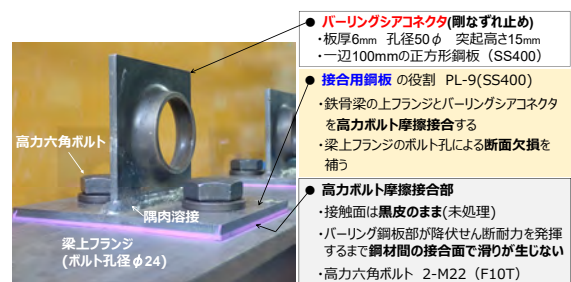


図-2 機械的ずれ止めと高力ボルトを併用した取外し可能な鋼・コンクリート接合分離要素

が、本論では前者の設計方針を対象とし、板厚 6mm にバーリング加工（孔径 ϕ 50, 突起高さ 15mm）を施した 1 辺 100mm の正方形鋼板（鋼種 SS400）とした BSC を用い、高力ボルトは 2-M22(F10T) とした。高力ボルト M22 を使用する接合用鋼板（SS400）は、ボルトのゲージや縁端距離（はしあき、へりあき）の構造細則⁹⁾、ならびに母材にあける孔の断面欠損を考慮して、板厚 9mm \times 160mm \times 120mm とした。

(3) 脱着可能な接合要素を用いた合成梁の組立・分別解体・部材リユース・再度組立の工程フロー

図-3に、鉄骨梁とコンクリート床スラブの接合方法、分別解体方法から部材の再利用までの工程フローを示す。提案する接合分離要素は、鉄骨製作工場または建設現場にて梁材に高力ボルトで接合する。その後、コンクリートを打込み、床スラブと梁材の一体化を図る。解体時はナットを逆回しにすることで、床と梁を分解し、部材を回収する方法である。鋼部材のリユースは、ブ

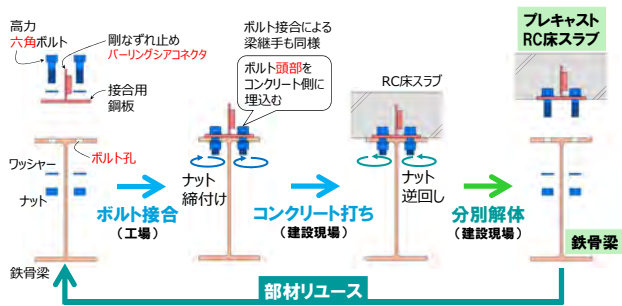


図-3 鉄骨梁と床スラブのリユースシステム

ラケット部を除く大梁と小梁を対象とする(図-1参照)。なお、接合分離要素が埋設された床スラブは、プレキャスト床版として新たな付加価値を付けてリユースできる可能性があり、特定建設資材に指定されているコンクリートに対する現場での解体作業の労働安全性も大幅に改善されることが期待される。

3. 実験計画

(1) 試験体

押抜き試験の形状寸法を図-4に示す。押抜き試験体は文献(10)を参考に、H形鋼の両フランジに接合要素を介してコンクリートスラブを設置した。H形鋼は H-200 \times 200 \times 8 \times 13 (SS400) を用いた。コンクリートスラブは、等厚なスラブ（以下、等厚スラブ）と合成スラブ用デッキプレートを用いたスラブ（以下、デッキ合成スラブ）の 2 種類とした。等厚スラブの厚さは 150mm、デッキ合成スラブの厚さは 135mm（=山高 50mm + 山上コンクリート厚 85mm）とし、スラブ幅は 400mm とした。等厚スラブの鉄筋は D10-200 \times 200 (SD295) の 2 段配筋とし、デッキ合成スラブは溶接金網 ϕ 6-100 \times 100 の 1 段配筋とした。コンクリート打設方向は実際の条件に合わせてコンクリートを打込み、型枠を脱型した後に、床スラブと H 形鋼を高力ボルト摩擦接合した。接合要素の BSC 鋼板は板厚 6mm に孔径 ϕ 50, 突起高さ 15mm のバーリング加工した 1 辺 100mm の正方形とした。使用ボルトは高力六角ボルト (F10T) とし、首

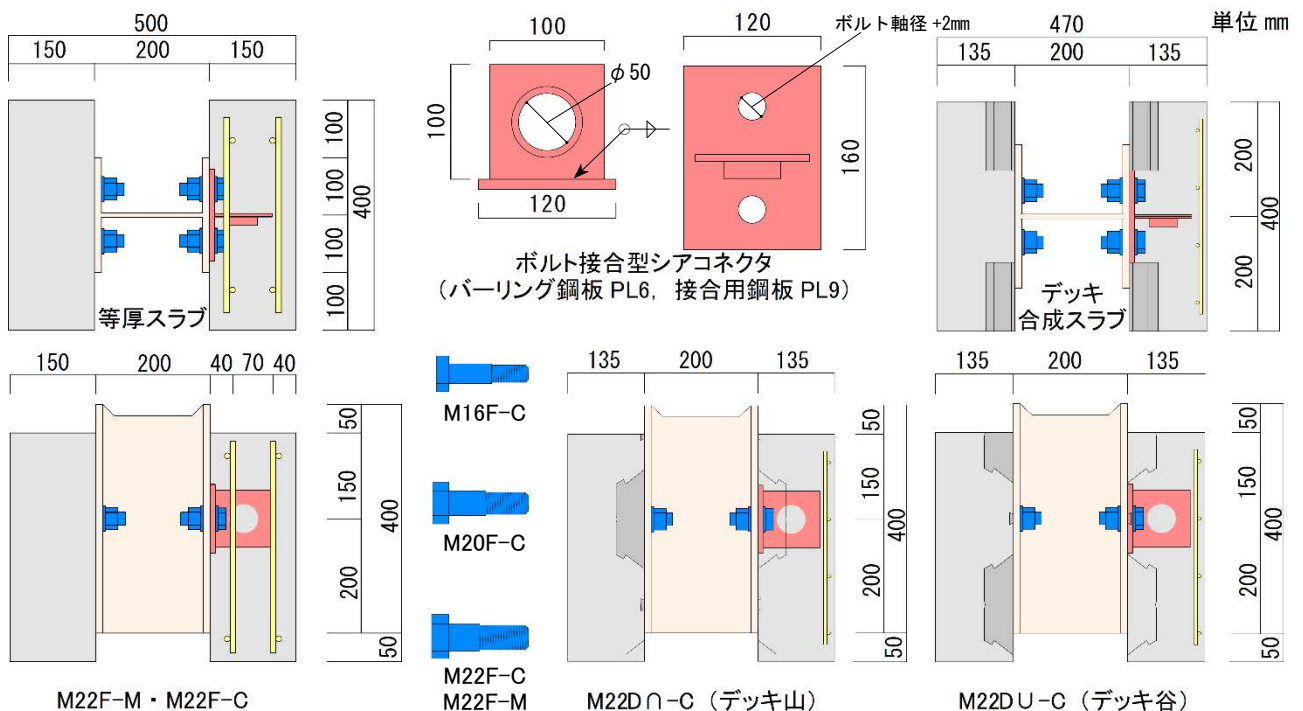


図-4 押抜き試験体の形状寸法

表-1 押抜き試験体一覧

No.	試験体名	F10T ねじの呼び	スラブ 形状	荷重 方法	σ_b (N/mm ²)
1	M22F-M	M22	等厚	単調	31.8
2	M22F-C	M22	等厚	繰返し	29.9
3	M20F-C	M20	等厚	繰返し	31.8
4	M16F-C	M16	等厚	繰返し	33.3
5	M22D \cap -C	M22	デッキ 山	繰返し	32.5
6	M22DU-C	M22	デッキ 谷	繰返し	32.0

σ_b : コンクリート圧縮強度

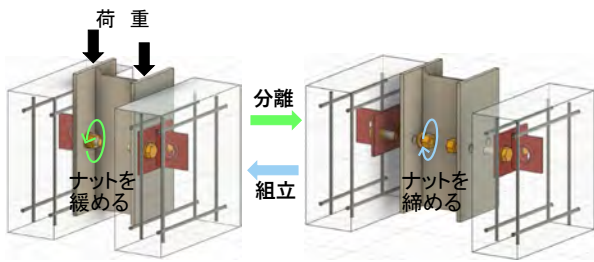


図-5 押抜き試験の手順

下長さは 65mm を用いた。H 形鋼フランジと接合用鋼板の摩擦接合面は黒皮のままの未処理とした。板厚 1.0mm のデッキと H 形鋼はデッキ端部を接合用鋼板に沿わせて敷き、デッキ長手方向のフランジのかかり代は 20mm とした。

実験変数は表-1に示すとおりで、高力ボルトの呼び径 (M22, M20, M16)、スラブ形状 (等厚, デッキ)、デッキの山・谷と BSC 鋼板のバーリング部との配置および荷重方法 (単調, 繰返し) とし、試験体数は計 6 体とした。高力六角ボルト (F10T) は 2-M22 を基本とし、摩擦接合面のすべり耐力を把握するために 2-M20 と 2-M16 を準備した。デッキ合成スラブ (D) は等厚スラブ (F) との断面形状の違いがずれ止め特性に及ぼす影響を把握する。また、BSC 鋼板のバーリングがデッキ山部と谷部に配置される場合の影響を把握し、設置条件を検討する。試験体に使用したコンクリートの圧縮強度を表-1に、鋼材の機械的性質を表-2に示す。

(2) 荷重方法・分離解体・再度組立の手順

押抜き試験の手順は、3 段階 (1 回目: 荷重制御, 2 回目, 3 回目: 荷重制御後にずれ変位制御) で構成され、図-5のように、それぞれ所定のタイミングで荷重を終了し、高力ボルトのナットを緩めて H 形鋼とスラブの分離確認を行った。再び、標準ボルト張力までナットを締付けた後、ボルト締付け後における時間経過とボルト軸力減少量を把握するため、リラクセーション試験を行った。温度と湿度による変化も計測した。高力ボルト軸力は、軸部に貼付したひずみゲージ 2 枚の平均値で計測し、応力-ひずみ関係およびボルト軸部断

表-2 鋼材の機械的性質

使用部位	t (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	YR
H形鋼フランジ	12	296	441	0.67
H形鋼ウェブ	8	389	469	0.83
バーリング鋼板	6	290	437	0.66
接合用鋼板	9	281	437	0.64
異形鉄筋	D10	351	489	0.72
溶接金網	$\phi 6$	555	627	0.89

σ_y : 降伏点, σ_u : 引張強さ, YR: 降伏比

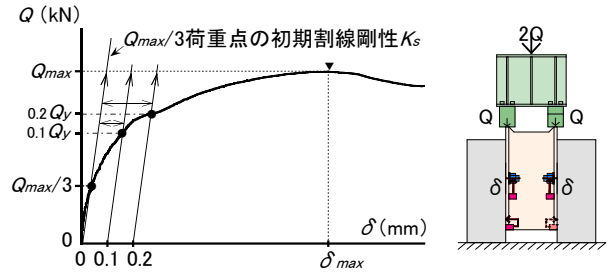


図-6 ずれ止め特性の求め方

面積から換算した。

荷重制御は、高力ボルト摩擦接合部 (未処理の黒皮のままなので、すべり係数を 0.2) のすべり耐力計算値、バーリング鋼板部 (材料試験結果を考慮) の降伏せん断耐力計算値および終局せん断耐力計算値を基準とし、荷重・除荷を繰返した。ずれ変位制御は、相対ずれが 0.1mm, 3 回目の 1.0mm までは 0.2mm 増すごとに、それ以後 4.0mm まで 0.5mm 増すごとに、荷重・除荷の漸増繰返し荷重を行った。相対ずれ 4.0mm 以降の破壊までは単調荷重とした。

4. 実験結果

表-3に、荷重手順 3 回目の押抜き試験で得られた各試験体のずれ止め特性を示す。ずれ止めの各特性値は図-6によって読み取った結果である。ここで、表中の降伏せん断耐力の $0.1Q_y$ および $0.2Q_y$ は、それぞれずれ変位 0.1mm と 0.2mm のオフセット法による^{6),10)}。図中の $calq_y$ および $calq_u$ は、それぞれ BSC 鋼板部の降伏せん断耐力 $calq_y$ の (1) 式, 最大せん断耐力 $calq_u$ の (2) 式から求めた計算値である。なお、BSC 鋼板部の最大せん断耐力 $calq_u$ はせん断応力度の上昇を考慮したものである¹¹⁾。

$$calq_y = br A_w \cdot \tau_y = br A_w \cdot \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

$$calq_u = br A_w \cdot \tau_u = 0.71 br A_w \cdot \sigma_u \quad (2)$$

ここで、 $br A_w$: せん断力を受ける方向の BSC 鋼板平板部

の断面積 ($=100 \times 100 \text{mm}^2$), τ_y : BSC 鋼板の降伏せん断応力度, τ_u : BSC 鋼板の最大せん断応力度

(1) せん断力-ずれ変位の関係

図-7に、計3回に分けて実施した各試験体のずれ変位 0.1mm 時までの繰返しせん断力 Q - ずれ変位 δ 関係による骨格曲線を示す。H 形鋼とコンクリートスラブの分離解体後に再度組み立てた試験体の2回目 (2nd) と3回目 (3rd) の挙動は、いずれも初期荷重 (1st) の場合と同程度のずれ止め特性を発揮できることを示した。ずれ変位 0.1mm までの各試験体の挙動は、高力ボルトの軸径およびデッキプレートの有無によって、明確な差異が認められる。

図-8に、等厚スラブを用いた M22 における単調荷重と繰返し荷重の違いを比較したずれ挙動を示す。

2-M22 (F10T) を用いたずれ止めの繰返し荷重は単調荷重と同等以上の特性を示した。

図-9に、等厚スラブの M22, M20 および M16 を比較したずれ挙動を示す。M20 と M16 は摩擦接合面に明瞭な主すべりが早期に発生し、すべり音と同時に荷重の増減が繰返し確認され、ボルト軸径の違いが顕著に現れた。ずれ変位 2mm 以降に摩擦接合から支圧接合に移行したと考えられる M20 と M16 は、ずれが大きくなるにつれて荷重が増加する傾向が見られ、終局時の耐力は M22 と同程度を示した。

図-10に、デッキ合成スラブの谷部と山部に BSC 鋼板が設置される場合を比較したずれ挙動を示す。デッキ谷部の M22-D \cup は等厚スラブの M22-F と同等のずれ止め特性が得られたのに対して、デッキ山部の M22-D \cap は初期剛性の段階から明らかな差が見られ、

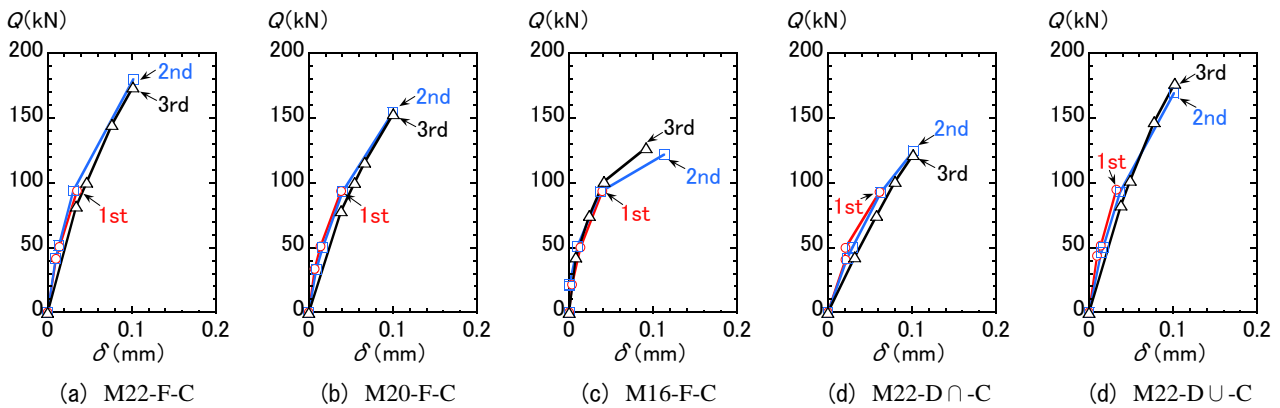


図-7 初期荷重 (1st) と分離解体後の再度組立による荷重 (2nd・3rd) で得られた骨格曲線の比較

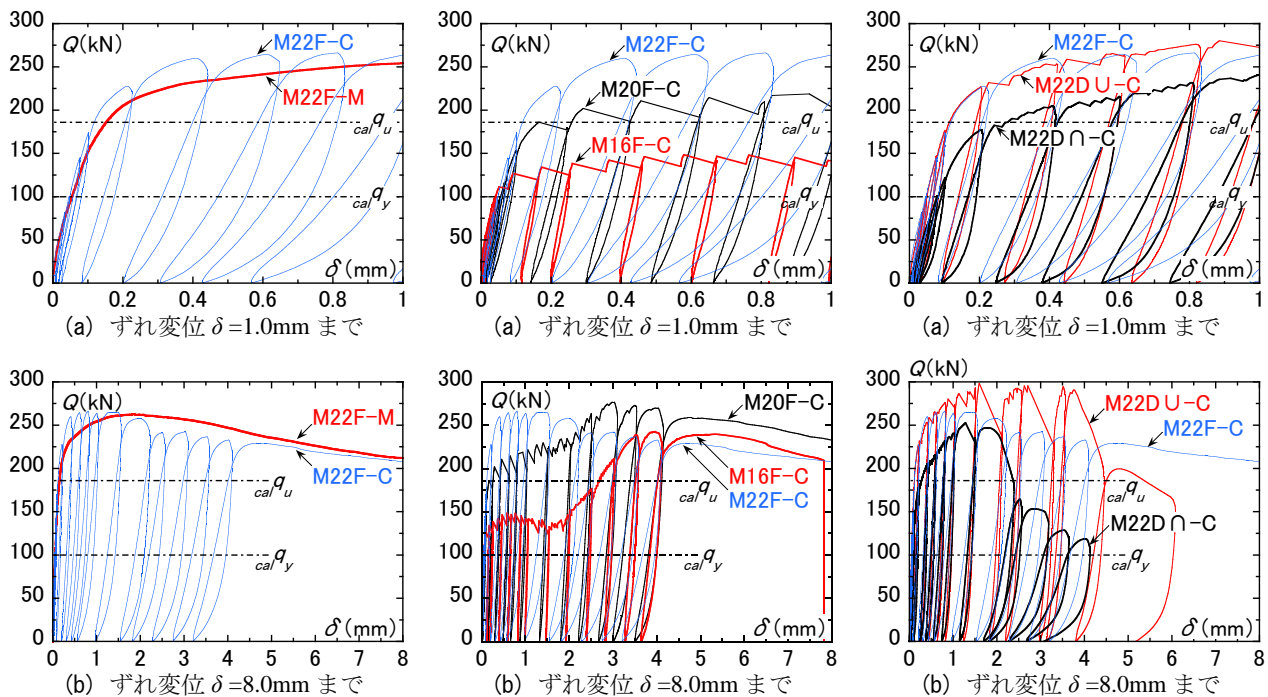


図-8 単調荷重と繰返し荷重の比較

図-9 高力ボルト呼び径の比較

図-10 スラブ形状の比較

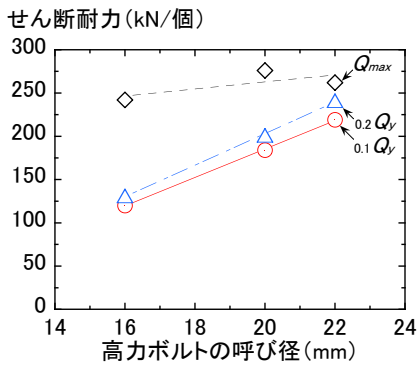


図-11 高力ボルト呼び径と耐力の関係

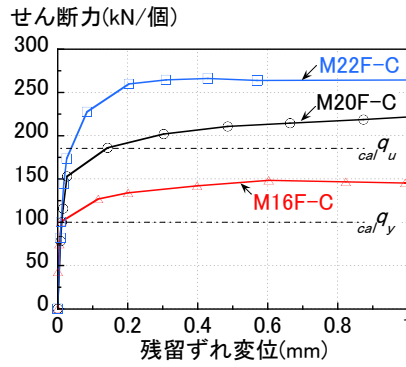


図-12 等厚スラブの残留ずれ挙動

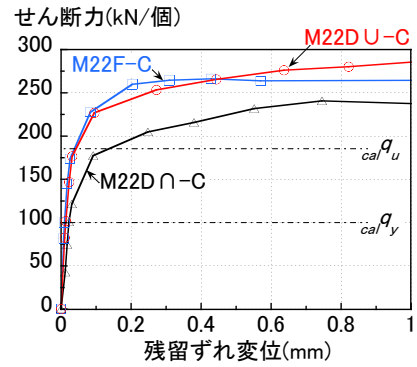


図-13 デッキ合成スラブの残留ずれ挙動

デッキ谷部の場合に比べて、ずれ剛性、耐力およびずれ変形能が劣る結果が確認された。

図-11 は縦軸に降伏せん断耐力 Q_y と最大せん断耐力 Q_{max} の実験値、横軸に高力ボルトの呼び径 (ボルト軸径) の関係を示したものである。 Q_{max} はボルト軸径にかかわらず同程度の値であるが、 Q_y とボルト軸径の間には $0.1Q_y$ と $0.2Q_y$ とともに $R=0.999$ の高い正の相関が確認された。 BSC 鋼板部の降伏せん断耐力計算値は 100kN 、最大せん断耐力計算値は 186kN であるのに対して、実験値は計算値を上回る結果が得られていることから、BSC 鋼板のせん断抵抗のほかに、高力ボルト頭部と接合用鋼板の小口による支圧抵抗が耐力向上に寄与したと考えられる。

(2) せん断力-残留ずれ変位の関係

図-12 および図-13 に、それぞれ図-9 と図-10 に対応したせん断力-残留ずれ変位の関係を示す。横軸の残留ずれは除荷時の荷重が 0 を示した時の値であり、縦軸のせん断力は除荷寸前の作用せん断力としている。図より、BSC 鋼板部の降伏せん断耐力 $cal Q_y$ 時までの残留ずれはほぼ 0 といえる。終局せん断耐力 $cal Q_u$ 時は、2-M22 の高力ボルトを使用することで残留ずれを 0.1mm 以下にずれを抑制できることが認められる。

(3) 高力ボルト摩擦接合面のすべり係数

接合用鋼板と H 形鋼フランジとの間の高力ボルト摩擦接合面で、明瞭な主すべりが発生した試験体のすべり係数を図-14 に示す。主すべり時の荷重をすべり耐力 Q_s とし、高力ボルトの初期導入時軸力 N_0 および主すべり発生時の載荷時軸力 N_s との関係から算出したすべり係数 μ_0 は $0.44 \sim 0.53$ (平均値 0.492 、変動係数 0.0784) であった。一般に接合面の表面処理が黒皮のままのすべり係数は $0.20 \sim 0.35$ である⁹⁾ が、これを約 2 倍上回る結果が得られた。これは、H 形鋼フランジとコンクリートスラブとの間の接触が、すべり係数の増大に寄与したものと考えられる。

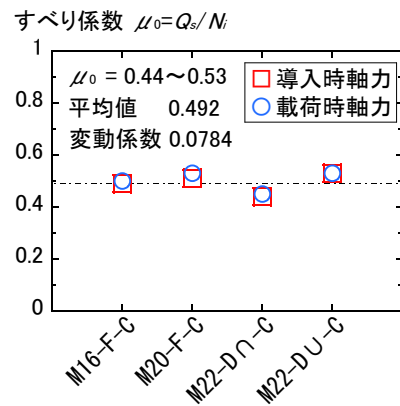


図-14 高力ボルト摩擦接合面のすべり係数

5. 結論

本論は、機械的ずれ止めの「バーリングシアコネクタ (BSC)」と高力ボルト摩擦接合を併用した接合分離要素の押抜き試験を行い、繰返しのせん断力-ずれ変位関係および再使用の性能について調べた。本実験から得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 接合分離要素の繰返し再使用を考慮し、押抜き試験・分離解体・再度組立を 3 回に分けて実施した結果、高力ボルトの呼び径 (2-M22, M20, M16) およびデッキプレートの有無にかかわらず、設計時に想定されるずれ変位 0.1mm 時までのずれ止め特性はそれぞれ同程度であることが示された。
- 2) 高力ボルト 2 本を一組とした接合分離要素は、高力ボルトの呼び径にかかわらず、BSC 鋼板部の降伏せん断耐力を発揮する際の残留ずれをほぼ 0mm に抑制できることが確認された。
- 3) 繰返し載荷を受ける高力ボルト 2-M22 を用いた BSC は、単調載荷の場合と同様に、高剛性・高耐力のずれ止め特性を発揮できることが確認された。また、等厚スラブに用いた場合は、バーリング鋼板部が降伏せん断耐力計算値に達した後も摩擦接合面で明瞭な主すべりが生じなかったため、終局時まで安定し

たずれ変形性能が得られた。

- 4) デッキ合成スラブの谷部に設置した接合分離要素は、等厚スラブの場合と同等のずれ止め特性が得られた。一方、デッキ山部への設置は、BSC 鋼板のパーリング突起部によるコンクリートの支圧抵抗が十分に機能しないため、等厚スラブの場合に比べてずれ止め性能が劣る結果が得られた。
- 5) 高力ボルト摩擦接合面の主すべり発生荷重時のすべり係数は、高力ボルトの呼び径およびデッキプレートの有無にかかわらず平均 0.49 程度であることが確認された。

謝辞

本研究は、一般社団法人日本鉄鋼連盟の 2021 年度「鋼構造研究・教育助成事業」による助成を受けて実施した。実験の実施にあたっては、福岡大学技術職員の石橋宏一郎氏、大野敦氏、当時学部 4 年生の矢野理実氏にご助力を頂いた。日鉄建材(株)からデッキプレートを、日鉄ボルテン(株)から高力ボルトを提供して頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本建築学会:鋼構造環境配慮設計指針(案)-部材リユース-, 第1版, 2015
- 2) European Commission : PROGRESS final report, 2020
SCI : REDUCE (REuse and Demountability Using steel

- 3) structures and the Circular Economy), 2019
田中照久, 坂本秀光, 吉澤幹夫: 鉄骨梁と床スラブの
- 4) 分別解体および部材の再利用を可能とする接合方法の開発(その1)(その2), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.695-698, 2022
日本建築学会: 各種合成構造設計指針・同解説, 第3版,
- 5) 2023
日本建築学会: 鋼・コンクリート機械的ずれ止め構造設
- 6) 計指針, 第1版, 2022
Isidora Jakovljević, Milan Spremić, and Zlatko Marković :
- 7) Demountable composite steel-concrete floors: A state-of-the-art review, Gradvinar, Vol.73, pp.249-263, 2021
田中照久, 堺純一, 河野昭彦: パーリング加工を活用し
- 8) た新しい機械的ずれ止めの開発, 日本建築学会構造系論集, vol.78 No.694, pp.2237-2245, 2013
日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針・同解説, 第4版,
- 9) 2021
日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)
- 10) とスタッドに関する研究の現状, JSSC テクニカルレポート No.35, 1996
丸山喜照, 田中照久, 眞邊寛人, 尾宮洋一, 横山眞一,
- 11) 萩野毅, 堺純一: (3) パーリングシアコネクタを用いた鉄骨梁と床スラブの接合に関する実験的研究, 第14回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演集, 第14巻, pp.(3)1-(3)8, 2021

(Received August 25, 2023)

PUSH-OUT TEST OF ELEMENT TECHNOLOGY USING BOTH MECHANICAL SHEAR CONNECTORS AND HIGH-STRENGTH BOLTS

Teruhisa TANAKA, Hidemitsu SAKAMOTO, Ayana KUSUMOTO and Mikio YOSHIZAWA

It is known that the reuse of members in building steel structures reduces the environmental load more effectively than the recycling of steel materials. However, with the current technology, it is difficult to carefully sort and dismantle composite beams composed of steel beams and concrete floor slabs, which is a barrier to the spread of reuse of members. In this research, we propose a joint element that uses a high-strength bolt together with a burring press processed steel plates, which is a mechanical shear connector, and we are developing a reuse system for composite beams using it. A bending test of a simple beam by repeated disassembly and assembly of a composite beam for a composite floor slab using equal-thickness floor slabs and deck plates demonstrated that the proposed elemental technology has a high possibility of realizing component reuse. Therefore, in this paper, we report on the push-out test of a total of 6 pieces to grasp the shear force-displacement relationship of the joint elements when the proposed element technology is repeatedly reused.