

氏 名	篠崎 裕生
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	博理工乙第 218 号
学位授与年月日	平成 26 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	鋼板孔を利用した円柱部材によるずれ止めの開発とそれを用いた異種部材 接合構造の研究
論文審査委員	委員長 教 授 睦好 宏史 委 員 教 授 奥井 義昭 委 員 准教授 齊藤 正人 委 員 准教授 牧 剛史

論文の内容の要旨

鋼板孔を利用したずれ止めとして孔あき鋼板ジベルがあり、鋼板孔への貫通鉄筋の配置がその性能を大きく向上させることが知られている。貫通鉄筋には、波形鋼板ウエブ橋の鋼ウエブと床版の接合部で見られるように、床版鉄筋など既設の鉄筋を利用することが一般的である。しかし、既設の鉄筋を貫通鉄筋として利用できない構造、例えば鋼合成桁と PC 桁の接合部において鋼桁ウエブに配置するずれ止めなどについては、差し筋を新たに配置するなど施工が煩雑になるとともに、鋼板孔へのコンクリート充填の確認が難しいなどの課題が生じる。本研究は、高強度のモルタル円柱（以下、モルタルジベル）やモルタルを充填した鋼管（以下、鋼管ジベル）を鋼板孔に設置する新しいずれ止めを開発して、これらの課題を解決するとともに、このずれ止めを各種の異種部材接合構造へ適用するための検討を行ったものである。

1 章では、研究の目的と方法および既往の研究について述べた。2 章では、モルタルジベルと鋼管ジベルの直接せん断試験および押抜き試験を実施して、これらずれ止めのせん断耐力やずれ性状を明らかにした。モルタルジベルのせん断耐力は、モルタル圧縮強度の一次関数で表すことができること、鋼管ジベルのせん断耐力は、モルタルと鋼管各々のせん断耐力の和で表すことができることを明らかにし、せん断耐力評価式を提案した。また、鋼管ジベルのずれ定数や残留ずれ変位は、孔あき鋼板ジベルと同等であることを示した。

3 章では、複数配置されたずれ止めのせん断抵抗機構および持続荷重が与える影響を明らかにする目的で、せん断力作用方向に多数のずれ止めを配置した鋼板をコンクリートブロックから引抜く試験と、ずれ止めを非線形ばねでモデル化した FEM 解析を実施した。引抜き試験では、ずれ止めの埋込み深さによって、耐力や耐荷挙動が異なること、引抜き荷重の増加にともない埋込み深さ方向の発生せん断力の差が小さくなる傾向にあることなどを明らかにした。また、ずれ止めの埋込み深さに応じたせん断力-ずれ変位関係を設定した FEM 解析により、精度良く引抜き挙動を再現できることを示した。また、複数のずれ止めを直列配置して持続荷重を与えると、各ずれ止めに発生するせん断力が均等化するように分布が変化することを明らかにした。

4 章では、ずれ止め方式による鋼合成桁-PC 桁接合構造の開発と鋼管ジベルの適用について述べた。本接合構造は、PC 桁断面内に鋼桁を埋め込みずれ止めで一体化するもので、従来の支圧板方式による接合構

造よりも鋼材量やコストを大きく低減できる。この接合部におけるずれ止めの設計法を FEM 解析結果に基づいて構築するとともに、それを用いて設計した実物の約 1/2 の接合部模型供試体の静的載荷実験を実施した。そして、ずれ止めに発生するせん断力を詳細に分析することで設計法の妥当性を示すとともに、鋼管ジベルを鋼桁ウェブのずれ止めに用いることの有効性を明らかにした。

5 章では、プレキャストウェブを用いた箱桁橋におけるウェブと床版の接合部に、鋼管ジベルを適用する研究を行った。プレキャストウェブは、高強度鋼繊維補強コンクリートを用いた薄板のパネルで、鋼管ジベルはその端部に配置される。適用にあたっては、鋼管ジベルのかぶりが小さいため、割裂ひび割れが生じて十分なせん断耐力が得られないことが懸念された。そこで、押抜き試験を実施して必要なかぶりの大きさやコンクリートに混入する鋼繊維の量が、割裂ひび割れの発生とせん断耐力に与える影響を検討した。試験の結果、かぶり 125mm 以上で鋼繊維量 0.4% vol 以上あれば割裂ひび割れは発生せず、せん断耐力は 2 章で提案したせん断耐力評価式で推定できることを明らかにした。そして、割裂ひび割れの発生によるせん断耐力の低下を評価する簡易なモデルを構築し、実験結果を良い精度で検証できることを示した。

6 章では、鋼板孔に鉄筋を設置したずれ止め（以下、鉄筋ジベル）をエクストラード橋の主塔斜材定着構造に適用する研究を行った。主塔は、斜材を定着する両外側 2 本のコンクリート柱と中央に配した 1 枚の鋼板から成り、並列 2 本の斜材は鋼板を挟むように配置される構造となる。コンクリート柱と鋼板の接合に鉄筋ジベルを用いた。あらかじめ実施した鉄筋ジベルの押抜き試験により、そのせん断耐力は鉄筋の理論純せん断耐力で評価できることを確認し、その耐力を基に設計した実物大の接合部模型の載荷実験を行った。実験の結果、設計で想定した通り、供用時斜材張力では接合部の挙動は弾性範囲内にあること、斜材の引張張力に相当する大きな荷重を与えても接合部の破壊が生じないことを明らかにした。

7 章では、各章で得られた結論および成果を要約し、今後の研究課題と将来の展望について述べた。

論文の審査結果の要旨

当論文の審査委員会は、平成 26 年 2 月 7 日に論文発表会を公開で開催した。その発表を含む論文審査結果を以下に要約する。

本論文は全 7 章からなる。第 1 章では、研究の目的と方法および既往の研究について述べた。2 章では、モルタル円柱やモルタルを充填した鋼管（以下、鋼管ジベル）を、鋼板孔に配置して鋼板とコンクリートのずれ止めとして機能させることを考案し、これら円柱部材の直接せん断試験および押抜き試験を実施して、そのせん断耐力やずれ性状を明らかにした。

3 章では、複数配置されたずれ止めのせん断抵抗機構を明らかにする目的で、せん断力作用方向に多数のずれ止めを配置した鋼板をコンクリートブロックから引抜き試験と、ずれ止めを非線形ばねでモデル化した FEM 解析を実施して、その耐荷挙動やずれ止めに発生するせん断力の分布を検討した。引抜き試験では、浅い位置のずれ止めはコンクリート表面の損傷の影響を大きく受けること、引抜き荷重の増加にともない深さ方向の発生せん断力の差が小さくなる傾向にあることなどを明らかにした。

4 章では、2 章で開発した鋼管ジベルをずれ止め方式による鋼合成桁と PC 桁の接合構造における鋼桁ウェブに適用するための研究について述べた。この接合構造におけるずれ止めの簡易な設計法を考案し、この方法で設計した接合部モデルの載荷実験を行った。実験の結果、モデルは設計で想定した通り PC 桁部で破壊したことから本設計法が妥当であることを明らかにした。さらに、モルタル充填鋼管ジベルのせん断力-ずれ変位関係を非線形でモデル化した 3 次元 FEM 解析を行った。解析の結果、ずれ止めに発生するせん断力は、想定通りかなり小さく抑えられていることが分かった。以上から、鋼管ジベルを本接合構造へ適用できると結論付けた。

5 章では、プレキャストウェブを用いた箱桁橋におけるウェブと床版の接合部に、2 章で開発した鋼管ジベルを適用するための研究について述べた。適用を検討した橋梁は、バタフライウェブと呼ばれる鋼繊維で補強されたバタフライ形状のプレキャストウェブを用いた軽量な箱桁橋である。鋼管ジベルを適用するにあたり、ずれ止めがプレキャストウェブの端部に配置されるため、割裂ひび割れによるせん断耐力の低下が懸念された。このため、端部において必要なかぶりの量および割裂ひび割れに抵抗する鋼繊維の量を明らかにするために押抜き試験を実施した。試験の結果、かぶり 125mm 以上で鋼繊維量 0.4% 以上であればせん断耐力に影響しないことを示した。そして、必要鋼繊維量が推定可能となる簡易な評価モデルを提案した。

6 章では、円柱部材の代わりに鉄筋を鋼板孔に設置したずれ止めを開発し、エクストラードード橋の主塔部斜材定着構造に適用するための研究について述べた。本接合構造では、斜材張力の作用によりコンクリートが鋼板から剥がれる方向の力が作用するため、ずれ止めのせん断耐力が確実に発揮されない懸念があった。そこで、実物大の主塔接合部の切り出しモデルを製作しその耐力を確認した。実験の結果、設計で想定した通り、供用時斜材張力では接合部の挙動は弾性範囲内にあること、斜材の引張張力に相当する大きな荷重を与えても接合部の破壊が生じないことを明らかにした。

7 章では、各章で得られた結論および成果を要約し、今後の研究課題と将来の展望について述べた。

以上、ここで開発した円柱部材によるずれ止めは、従来の孔あき鋼板ジベルの課題である、貫通鉄筋として利用できる鉄筋が周囲に必要なことや、孔内へのコンクリート充填確認が困難なことを解決する施工性に優れたずれ止めであることを示した。本ずれ止めは、混合桁接合部における鋼桁ウェブのずれ止めとして、また、コンクリート部材同士の接合部にも利用が可能であることを明らかにした。

本研究成果は実橋梁に適用されており、実用上の貢献度が極めて高い独創的な研究で、博士（工学）の学位授与に十分値するものであると判断した。