

# 鋼コンクリート複合構造接合部の時間依存性変形・応力伝達特性

コンクリート研究室 茨木 泰介  
指導教員 下村 匠

## 1. はじめに

鋼-コンクリート複合構造の正確な応答を算定するためには材料単体の特性に加え接合部の力学特性が重要であり、短期的応答や終局挙動は積極的に研究が行われている。一方で使用状態における挙動については研究事例が少なく、基本的性質や経時的な現象が接合部の状態に及ぼす影響について十分な知見が得られていない。本研究では頭付きスタッドを用いた押し抜き試験を持続せん断力下で行い、接合部におけるの時間依存性変形と応力に関する基礎データを取得し、その性質や影響について把握するとともに、耐荷メカニズムについて検討を行うことを目的とした。

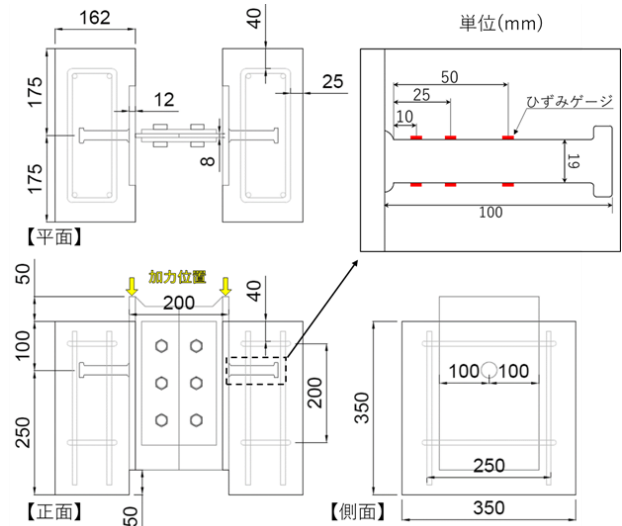


図-1 試験体図

## 2. 持続せん断力下の押し抜き試験概要

図-1に示す試験体を7体作製した。試験諸元は接合部の経時的な応答における基本的な性質やスタッドの形状が、それらに及ぼす影響について検討を行うため持続荷重レベル、持続載荷履歴の有無、スタッド高さとした。試験諸元一覧を図-2に示す。載荷経路は残留ずれ変位と除荷・再載荷時のずれ剛性を測定するため、設計せん断耐力の5%毎に漸増繰り返し載荷とし、所定の荷重レベルに達したら所定期間の持続載荷を持続せん断力 $\pm 3\%$ の精度で行った。計測項目はせん断力、ずれ変位、スタッドの曲率分布であり、これらを経時的に計測した。

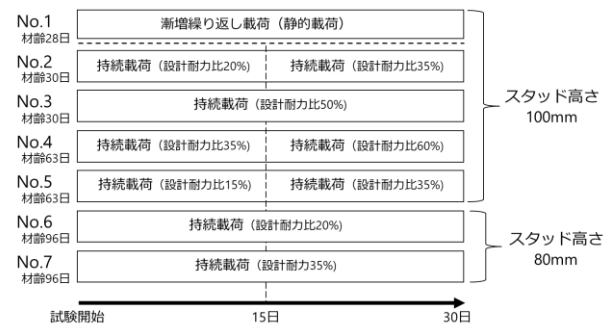


図-2 試験諸元一覧

## 3. クリープずれ変位の経時変化挙動

No.2のせん断力およびずれ変位と持続載荷期間の関係を図-3に示す。持続的なせん断力によりずれ変位が経時的に増加しており、接合部の時間依存性挙動を取得できたことが分かる。他の試験諸元においても経時的なずれ変位の増加を確認しており、持続載荷開始から15日間で1.3から1.8倍程度ずれ変位が増加している。

持続載荷期間中のずれ変位の増加量を抽出したクリープずれ変位の経時変化挙動を図-4に示す。持続載荷開始直後にクリープずれ変位は急増し時間経過とともに

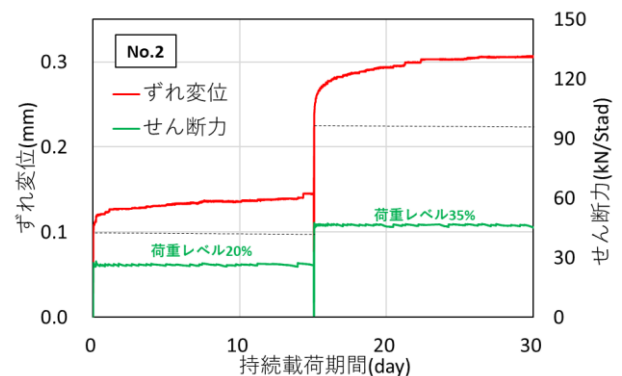


図-3 ずれ変位とせん断力と持続載荷期間の関係

に収束する、持続荷重レベルが大きいほどクリープずれ変位は大きい、スタッド高さが低い方がクリープずれ変位も小さい傾向が確認された。

#### 4. クリープずれ変位と持続せん断力に関する検討

クリープずれ変位は持続せん断力に、どのように依存するのか検討を行うため持続荷履歴のないクリープずれ変位を対象に、クリープずれ変位を持続せん断力で除した値である単位せん断力あたりのクリープずれ変位を算出した。単位せん断力あたりのクリープずれ変位と持続荷期間の関係を図-5 に示す。No.3 を除いたスタッド高さが同じ試験体において一致している。どのような現象により、この違いが生じるのかメカニズムを解明するため、計測したスタッド曲率分布より検討した。スタッドの様態図を図-6 に示す。スタッドの状態は荷重レベル 40%~50%までは基部から 10mm と 25mm の間に変曲点が存在し、それ以上の荷重レベルでは変曲点がない状態となる、これはスタッド基部が局所的に降伏していることが推察される。また、スタッド高さが高い方が曲率分布が急であり、スタッド基部において、より局所的に応力伝達が行われていることが推察される。これらのことよりスタッド降伏までの範囲は試験体諸元が同様であれば同一荷重時間におけるクリープずれ変位は持続せん断力と線形関係にあることが示唆された。

また、持続荷によりスタッドの曲率は増加しており、静的荷よりも低いせん断力でスタッドの降伏が生じた。これより接合部の時間依存性変形はコンクリートのクリープ変形のみでなく、スタッドの変形も寄与していることが明らかとなった。さらに、持続荷はスタッドの降伏せん断力に低下させる可能性がある。

#### 5. 変動せん断力下のクリープずれ変位

クリープずれ変位と持続せん断力の間に関係が認められる荷重レベルの範囲において、せん断力が時間的に変動する場合のクリープずれ変位は重ね合わせにより評価できるのか計算値と実験値を比較することで検討を行った。計算値は No.2-20%の単位せん断力あたりのクリープずれ変位の経時変化曲線を関数近似し、持続荷レベルを上げた際に増加したせん断力に関数を適用しクリープずれ変位を算定、それらを重ね合わせることで変動せん断力下のトータルクリープずれ変位を算定した。実験値と計算値の比較を図-7 に示す。持続せん断力を増加させた 15 日以降で計算値の

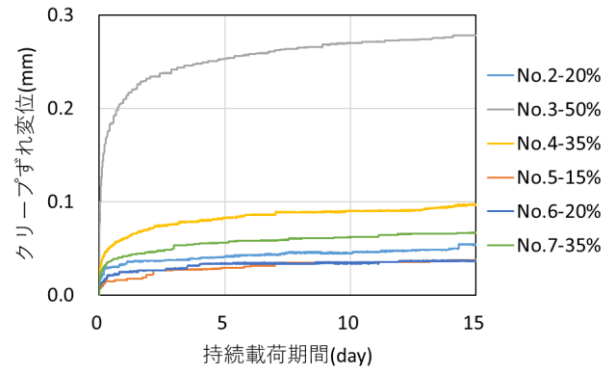


図-4 クリープずれ変位の経時変化

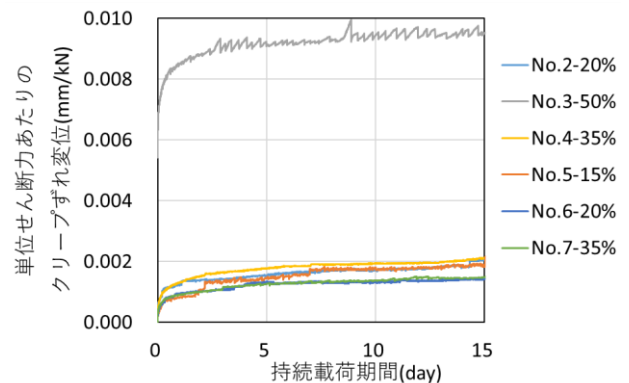


図-5 単位せん断力あたりのクリープずれ変位の経時変化

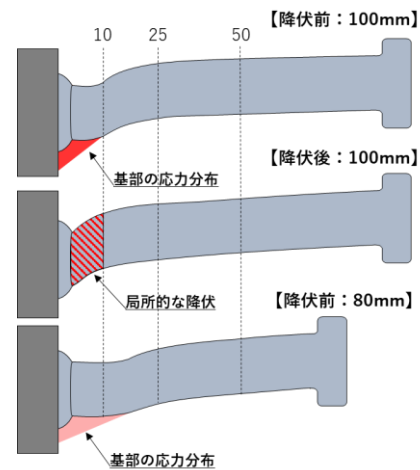


図-6 スタッドの様態図

方が過小評価となる乖離が生じている。これより、重ね合わせ則では変動せん断力下のクリープずれ変位を表現できず、荷履歴のある場合はバージンの挙動と異なることが示唆された。

#### 6. 持続せん断力が接合部に及ぼす影響

残留ずれ変位や除荷ずれ剛性、すなわち塑性変形や破壊について持続荷と静的荷で比較検討を行った。

残留ずれ変位は除荷後のずれ変位、除荷ずれ剛性は除荷時のせん断力・ずれ変位と除荷後の残留ずれ変位の割線の傾きである。残留ずれ変位と設計せん断耐力比の関係を図-8 に示す。残留ずれ変位は持続载荷により増加しており、設計せん断耐力比が大きいほど増加量も大きい。除荷ずれ剛性と設計せん断耐力比の関係を図-9 に示す。除荷ずれ剛性は持続载荷により低下しており、設計せん断耐力比が大きいほど低下量が小さい。これらの性質はコンクリート単体の材料特性と類似している。

## 7. 結論

鋼-コンクリート接合部の時間依存性挙動を持続せん断力が作用させた押し抜き試験より取得した。その結果よりクリープずれ変位は、同一諸元の試験体であればスタッドが降伏するまではせん断力と線形関係にあること、せん断力が時間的に変動する場合の挙動を重ね合わせ則では再現できないことを明らかにした。

また、持続的なせん断力が接合部に作用することで残留ずれ変位は増加、除荷ずれ剛性は減少しており持続荷重が塑性変形や破壊に影響を与えることを明らかにした。

本研究ではコンクリートのクリープに着目したが、実際にはコンクリートの収縮も接合部の時間依存性挙動に影響を与えることが推察されるため、その影響についても検討を行う必要がある。

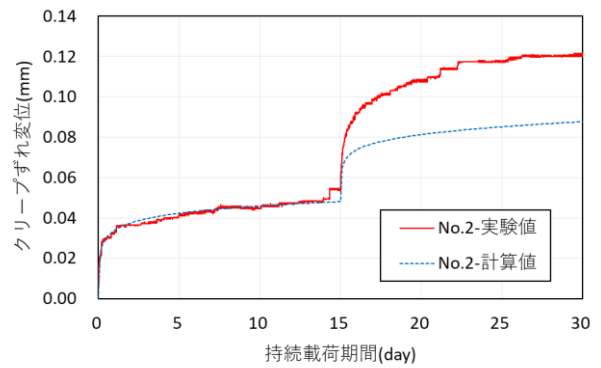


図-7 重ね合わせ則の検討結果

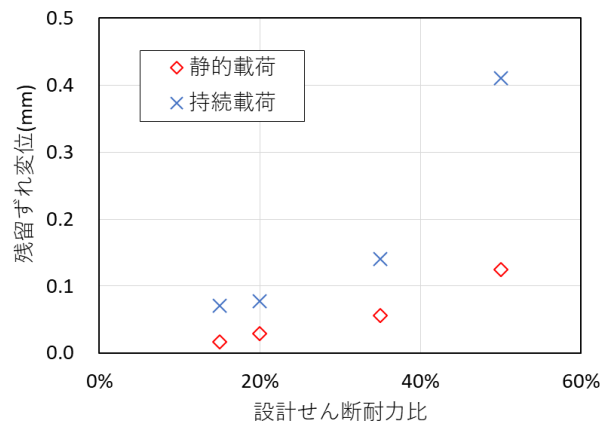


図-8 残留ずれ変位と設計せん断耐力比の関係

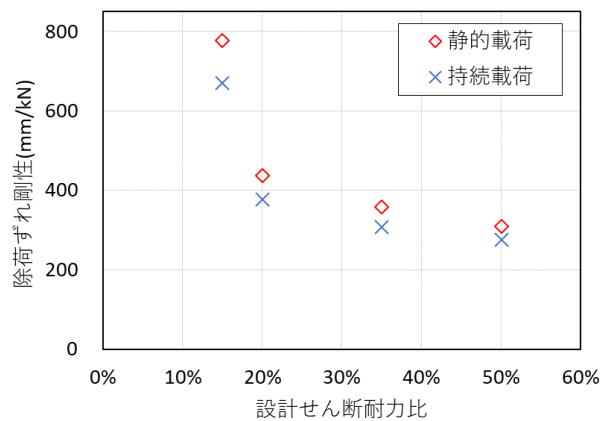


図-9 除荷ずれ剛性と設計せん断耐力比の関係