

曲げひび割れがあき重ね継手を有する SC はりのせん断挙動に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○森田大介 玉野慶吾 平 陽兵 鈴木義信

1. はじめに

鉄筋の代わりに平鋼を主鋼材とした鋼コンクリート複合構造（以下、SC 構造と呼ぶ）において、主鋼材の継手方法を検討している¹⁾。主鋼材は、せん断補強鋼材と配力鋼材を含めてあらかじめユニット化して使用することを想定している（図-1）。検討中の継手は、ユニットの主鋼材端部をラップさせて複数のユニットを組み立て、コンクリートとの付着を介して主鋼材間の応力伝達を行うものであり、鉄筋のあき重ね継手と同様の機構である。既往の検討²⁾では、せん断スパン内に本継手を有する SC 部材のせん断実験を行い、継手部を起点とする斜めひび割れが発生するものの、土木学会コンクリート標準示方書³⁾（以下、コン示）による計算値以上のせん断耐力を期待できること、斜めひび割れの進展が継手の性能に影響しないことを確認している。一方、曲げひび割れは継手部を起点として発生することも確認している。そこで本研究では、継手近傍に生じる曲げひび割れの有無がせん断ひび割れの経路やせん断挙動に及ぼす影響を検討した。

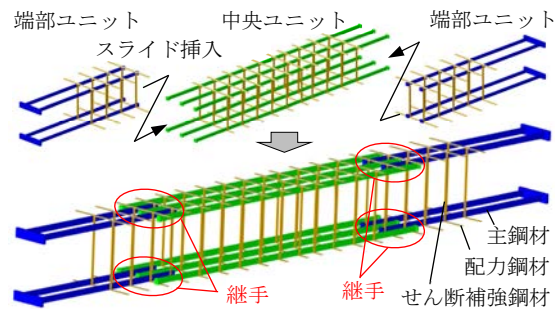


図-1 SC 構造の構成例

2. 実験概要

試験体は、図-1 に示す複数の鋼材ユニットを軸方向にスライドして差し込み、コンクリートを打ち込むことで主鋼材同士をあき重ね継手で連続化した。試験体数は2体とし、No.1 試験体は既報²⁾の試験体であり、これに対し No.2 試験体は継手近傍にあらかじめ曲げひび割れを導入した試験体である。図-2 に試験体形状を、図-3 に載荷状況を示す。支点間内の諸元は両試験体ともに同様であるが、No.2 試験体は、せん断実験の前に曲げひび割れを導入できるように支点外の部材長さを延長させた。主鋼材は、せん断スパン内で継手長 250mm のあき重ね継手で接続し、継手位置はその違いによる斜めひび割れへの影響を検討するために左右のスパンで異なるものとした。主鋼材には溶接ビードで高さ 1.5mm の突起を設け、付着力を向上させた。実験時のコンクリート強度は 46.9N/mm^2 (No.1) と 46.4N/mm^2 (No.2) であり、粗骨材の最大寸法は 20mm である。

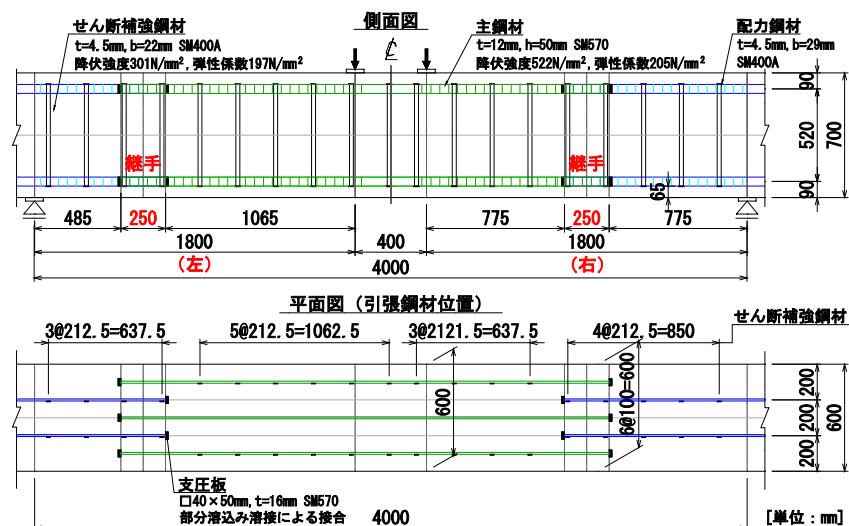


図-2 試験体形状

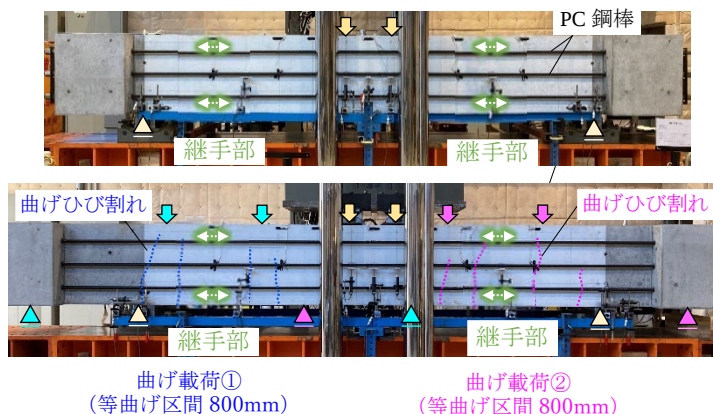


図-3 載荷状況（上：No.1 試験体，下：No.2 試験体）

キーワード せん断挙動、あき重ね継手、曲げひび割れ、突起付き平鋼

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)東京土木支店 TEL03-3404-5511

載荷は 4 点曲げの単調載荷とした。No2 試験体は、事前に載荷点と支点の位置を変えて主鋼材の継手を支間中央にした曲げ載荷を、継手部付近の主鋼材の引張応力が許容応力度⁴⁾ (235N/mm²) となるまで行い、図-3 に示す曲げひび割れを発生させた (青および紫破線)。その後、試験体には、想定している実構造物に作用する軸圧縮応力度に相当する 4.6N/mm² の圧縮応力度を総ねじ PC 鋼棒を用いた外ケーブル方式で導入した。

3. 実験結果

図-4 にせん断力-変位関係を示す。No.2 試験体は、No.1 試験体と初期の曲げ剛性やせん断ひび割れ発生 (約 300kN) 後の剛性が概ね等しく、最大せん断力も 604kN (No.1 試験体：614kN) で同程度であった。また、いずれの試験体も、右側のスパンの斜めひび割れが進展することでせん断破壊した。

図-5 に右側のスパンにおける最大せん断力を経験した直後のひび割れ状況を、表-1 に実験結果の一覧を示す。No.2 試験体のひび割れは、黒線で示される曲げひび割れから進展する斜めひび割れ (cr4) が確認され、その後、斜めひび割れ (cr5, cr6) が進展することで耐力が低下した。cr4, cr5 は曲げひび割れと交差した際に、部材高さ方向に若干ずれながら進展したが、cr6 は曲げひび割れの影響を受けずに進展した。曲げひび割れ発生後に軸圧縮応力を導入したことから、cr6 と曲げひび割れが交差した位置では圧縮状態でひび割れが閉塞しており、斜めひび割れが曲げひび割れに影響されずに進展したと考えられる。ひび割れ図には、せん断ひび割れの上端と下端を直線で結び、試験体の水平方向の軸との交角を傾斜角とした結果を示す。傾斜角は曲げひび割れの有無に関わらず同程度の値であり、同結果はコン示の設計せん断耐力に示されるコンクリートの圧縮ストラットの角度 (θ) (プレストレスの効果 $\beta_n = \cot \theta$ として算出) より若干大きい値であった。No.2 についてせん断耐力で比較すると、実験で得られたひび割れ角度の平均値である 35° を用いた場合のせん断耐力の計算値は 600kN であり、実験結果 604kN とほぼ同値であった。コン示では圧縮ストラットの角度の下限値を 36° としており、その場合のせん断耐力の計算値は 592kN となり、安全側の評価となる結果であった。

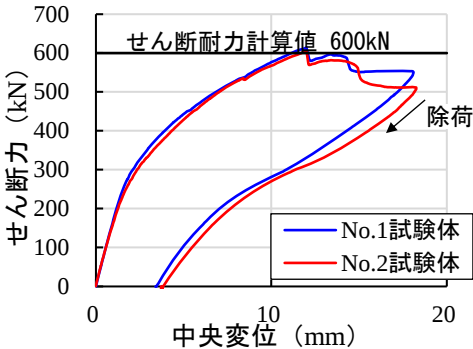


図-4 せん断力-変位関係状況

4. おわりに

軸力が卓越する SC 部材を対象に、せん断スパン内にあき重ね継手を有するはり部材を用いて、継手近傍の曲げひび割れの有無がせん断挙動に及ぼす影響を検討した。本諸元では、曲げひび割れの有無に関わらず、最大せん断力、斜めひび割れの傾斜角が同程度であることを確認した。また、せん断耐力は、コン示による計算値と概ね等しい値であった。

参考文献

1) 玉野慶吾ほか：突起付き平鋼を用いたあき重ね継手を有するはり部材の曲げ挙動：第 14 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム，pp.32-1-32-8，2021。
 2) 玉野慶吾ほか：突起付き平鋼を用いたあき重ね継手を有するはりのせん断実験，土木学会第 77 回年次学術講演会，V-617，2022。
 3) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，p.430，2017。
 4) 土木学会：2016 年制定トンネル標準示方書，p.79，2016。

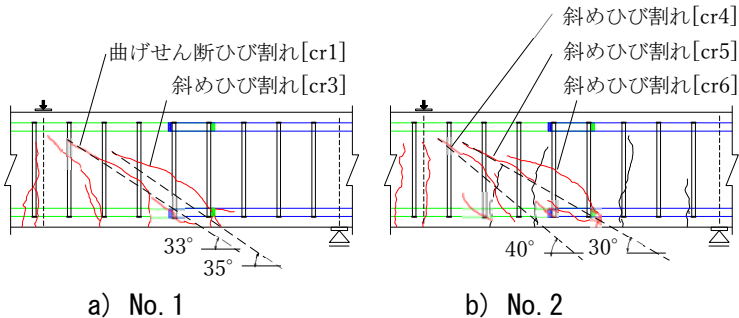


図-5 右側のスパンにおけるひび割れ状況
 表-1 実験結果の一覧

実験ケース	継手の曲げひび割れ	最大せん断力 (中央変位)	斜めひび割れの傾斜角	
			実験値 () 内は平均値	コン示 cot θ からの計算値※1
No.1 試験体	無し	614kN (12.0mm)	33° , 35° (34°)	31.9° (下限値 36°)
No.2 試験体	有り	604kN (12.0mm)	40° , 30° (35°)	

※1: θ の下限値を考慮しない値