

D32の鉄筋を使用したあと施工プレート定着型せん断補強鉄筋による耐震補強効果の検証

大成建設(株) 正会員 ○河村 圭亮, 正会員 畑 明仁, 正会員 村田 裕志
成和リニューアルワークス(株) 正会員 岡本 晋

1. はじめに

既設 RC 構造物のせん断耐力を向上させる耐震補強技術として、図-1 に示すようにドリルで削孔した孔内に可塑性に優れた専用モルタルを充填した後、両端に定着プレートを取り付けた補強鉄筋（以下、PHB）を挿入する工法が普及している¹⁾。水門など大型土木構造物の補強では、重量などの観点から挿入可能な範囲で断面積が大きい鉄筋を用いて施工本数を減らすことが効率的である。そこで、D32の鉄筋を用いた PHB の適用性について検討する。端部定着性能は PHB 端部の引抜き実験を行って検証済み²⁾であり、本研究では補強した RC 梁試験体の載荷実験を実施してせん断補強効果を検証した。

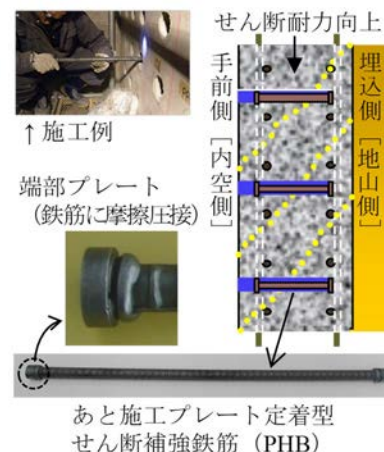


図-1 PHBによるせん断補強

2. 実験概要

RC 梁試験体の概要を図-2 に示すが、幅 950mm×高さ 1,050mm×全長 7,000mm で、せん断スパン比 2.67 のものが 1 体である。せん断補強鉄筋がない試験体を製作した後、材齢 28 日で PHB の施工を行った。PHB に用いた鉄筋は SD345・D32 で、両端部に摩擦圧接した鋼製円形プレートは、直径 48mm、厚さ 19mm である。PHB は、スパン 1 は上面から、スパン 2 は下面から挿入して、断面内に 2 列、軸方向に 435mm 間隔で配置した。補強後のせん断耐力を実験で確認できるようにするため、主鉄筋には異形 PC 鋼棒を使用してせん断破壊が生じるように設計した。材料試験の結果、PHB に用いた鉄筋の降伏強度は 384N/mm²、ヤング係数は 19.4kN/mm²、載荷実験時のコンクリートの圧縮強度は 41.6N/mm²、充填モルタルの圧縮強度は 65.3N/mm² であった。

載荷方法は、図-2 に示すように中央 2 点で上から加力する正載荷と下から加力する負載荷を繰り返して荷重を漸増させるものとした。試験体の等曲げ区間中央における鉛直変位と PHB のひずみを測定した。

3. 実験結果

せん断力と鉛直変位の関係を図-3 に、各スパンで最大せん断力に到達した後の破壊状況を図-4 にそれぞれ示す。正載荷、負載荷ともにせん断力±520kN で斜めひび割れが発生した。その後もせん断力は増加しており、PHB がせん断力負担して補強効果を発揮していることが分かる。正載荷は、+1,204kN が最大せん断力で、スパン 1 でせん断破壊が生じた。負載荷は、-1,793kN が最大せん断力で、スパン 2 でせん断破壊が生じた。それぞれ PHB を挿入した面が圧縮側となるスパンでせん断破壊が生じ、いずれも最大せん断力は設計計算値¹⁾ (1,113kN) を上回っ

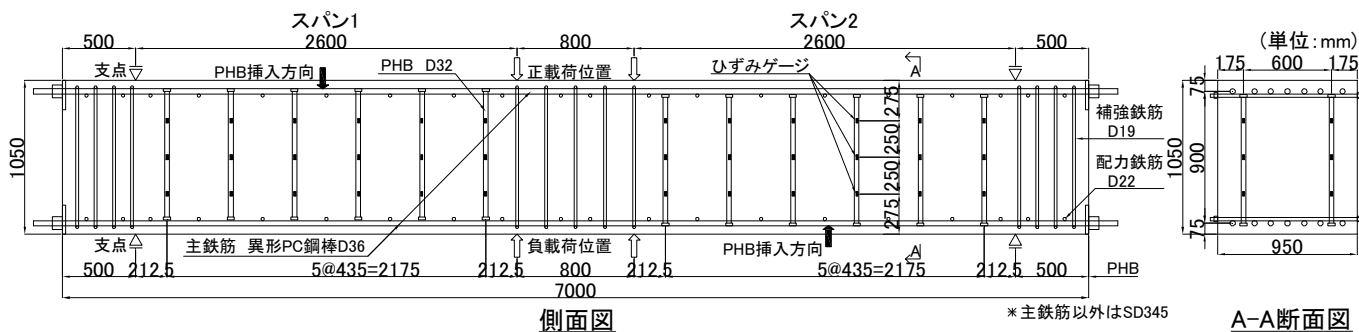


図-2 RC 梁試験体

キーワード 耐震補強, あと施工せん断補強, 機械式定着, 太径鉄筋, 正負交番載荷実験

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7221

た. これより, D32 の鉄筋を使用した PHB でも, これより細径の鉄筋を用いた場合と同様に十分なせん断補強効果が得られることが実験的に明らかになった. 正載荷と負載荷で最大せん断力に差がある結果となった要因については, PHB のひずみと斜めひび割れの進展経路より考察する.

正載荷, 負載荷の最大せん断力時点で, せん断破壊面付近で計測した PHB のひずみを図-4 中に示す. 載荷点から 1 列目の PHB は, 挿入側のプレートより少し内側で斜めひび割れと交差し, 近い計測点では降伏ひずみ (1,979 μ) の約 80% のひずみが生じた. 載荷点から 2 列目の PHB は, D32 の場合に十分な定着効果を發揮できる端部から鉄筋径の 5.5 倍²⁾以上離れた位置で斜めひび割れと交差し, 鉄筋は降伏した. 載荷点から 3 列目の PHB は埋込側のプレート付近で斜めひび割れと交差した.

ここで, 載荷点から 1 列目と 2 列目に配置された PHB の斜めひび割れ付近のひずみにヤング係数と断面積を乗じた値の和を PHB が負担するせん断力 V_{phb} とする. 作用せん断力から V_{phb} を引いた値をコンクリートが負担するせん断力 V_c とした時の, V_c と V_{phb} の負担割合を表-1 に示す. 最大せん断力時点で V_{phb} は正載荷と負載荷で大差がなく, V_c の違いが耐力差に大きく影響したと考えられる.

図-4 より斜めひび割れの進展経路に着目すると, スパン 1 の方が圧縮側への膨らみが大きく, スパン 2 の方が図中に緑色矢印で示す斜めひび割れ位置から圧縮縁までの範囲が広い. 斜めひび割れの進展経路を制御して比較された既往の研究^{3), 4)}では, 圧縮側の領域が広いほどせん断耐力が増加することや, これは圧縮応力伝達領域が広くなることでアーチ機構が卓越するためであることが明らかにされている. 今回実施した実験でも表-1 に示した結果を踏まえると同様のことが言え, 2 つのスパンで斜めひび割れの進展状況に違いが生じたことで, コンクリートが負担できるせん断力に差が生じて, 最大せん断力に差がある結果になったと考えられる. 一方で, いずれのスパンでも斜めひび割れと交差する位置で PHB は十分に引張力を負担しており, せん断補強効果を發揮した.

4. まとめ

D32 の鉄筋を用いた PHB でせん断補強した RC 梁試験体の正負交番載荷実験を行い, 最大せん断力は設計計算値を上回ることを検証した. 斜めひび割れの進展状況の違いにより, コンクリート負担分のせん断力に差が生じたが, 斜めひび割れと交差する位置で PHB は引張力負担してせん断補強効果を發揮することが示された.

参考文献 1) 河村圭亮ほか: 後施工プレート定着型せん断補強鉄筋を用いた耐震補強工法の開発と技術の信頼性向上への取り組み, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.1, No.1, pp.269-277, 2022. 2) 河村圭亮ほか: あと施工せん断補強に用いる太径のプレート定着型鉄筋の端部定着性能に関する考察, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.75, V-589, 2020. 3) 小林薫ほか: RC 部材に引張強度の高い領域を付与してせん断破壊制御を行うための基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.7-12, 2014. 4) 山田雄太: 複数の穿孔を有するせん断補強筋の無い RC はりのせん断耐力機構, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.75, No.4, pp.265-278, 2019.

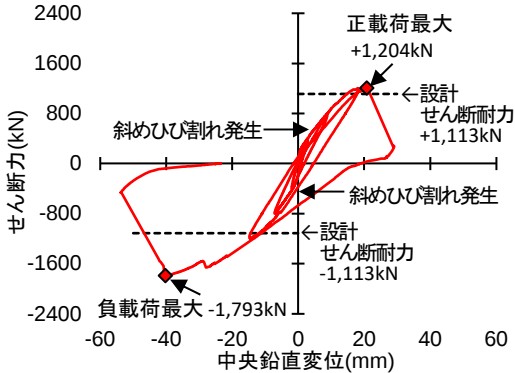
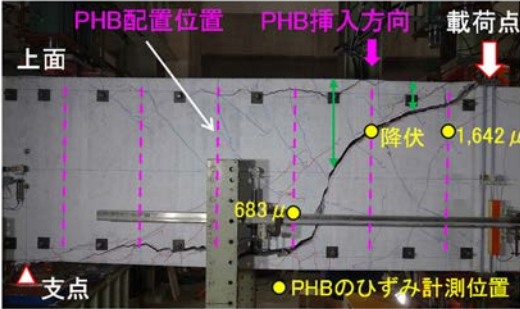
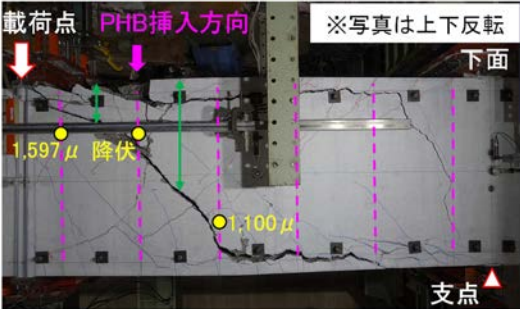


図-3 せん断力-中央鉛直変位関係



正載荷のせん断破壊時 (スパン1)



負載荷のせん断破壊時 (スパン2)

図-4 最大せん断力到達後の破壊状況

表-1 せん断力負担割合

	正載荷	負載荷
V_c	152 kN	691 kN
V_{phb}	1052 kN	1102 kN
V_{max}	1204 kN	1793 kN