

鋼製シアキーと機械式継手を用いたプレキャスト RC ブロックの接続方法の提案 および曲げ・せん断実験による耐荷力評価

早稲田大学大学院 学生会員 ○花木 冬芽, 青木 康貴
早稲田大学 正会員 秋山 充良, 佐藤工業(株) 正会員 宇野 洋志城

1. はじめに

南海トラフ地震による強震動と津波により多くの橋梁が損壊・流出することが懸念されている¹⁾。橋梁は道路ネットワークの要であり、地域のレジリエンス強化のため、橋梁が同時に多数損失することを前提とした対策を発災前に準備する必要がある。この背景のもと、著者らは、米国における橋梁の急速施工 (Accelerated Bridge Construction (ABC))²⁾に関わる技術を参考に、被災後の資材や重機の確保が困難な状況下でも、事前に製造・備蓄したプレキャスト製の鉄筋コンクリートブロック (RC ブロック) を組み立てることで簡易に架設可能な緊急仮設橋の開発に取り組んでいる。本稿では、RC ブロック端部に設けた鋼製シアキーとカプラーによる接続で RC ブロック相互を連結した梁の曲げおよびせん断実験の結果を報告する。

2. 提案する接続構造

提案する接続構造を図-1 に示す。曲げ圧縮側は鋼製シアキー、引張側はカプラーで軸方向鉄筋を継ぐ構造となっている。既往研究¹⁾では、引張側は炭素繊維シートを用いていたが、その場合、緊急仮設橋の解体が困難になると予想されることから、本研究ではその代わりに機械式継手を用いた。鋼製シアキーは、コンクリートとの定着確保のため、D13 鉄筋を溶接している。鋼製シアキーには、接続部におけるせん断力の伝達、機械式継手 (カプラー) には曲げ引張力の伝達の役割を期待している。

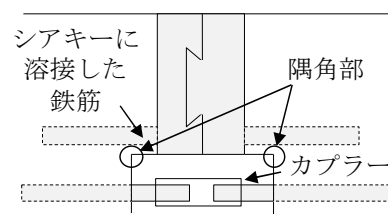
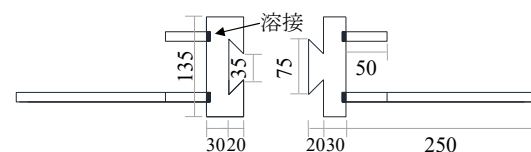


図-1 鋼製シアキーとカプラーによる継手部

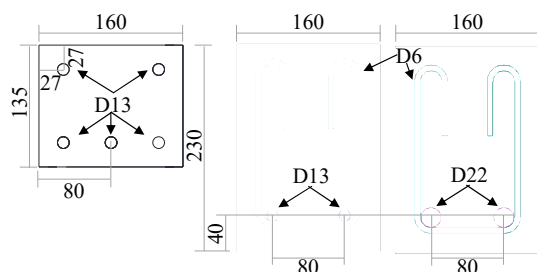
3. 実験供試体

図-2 に鋼製シアキーと供試体の断面諸元、図-3 に供試体側面図をそれぞれ示す。図-3 に示される供試体名称の最初の「B」および「C」は、破壊形式が曲げ破壊 (B) およびせん断破壊 (C) となるように設計した供試体であることを意味する。このため、C0 と C1 では、軸方向鉄筋量が曲げ破壊を意図した供試体よりも相当に多くなっている。曲げ実験では、接続部のない一体型の B0 と、接続部がそれぞれ純曲げ区間および曲げせん断区間にある B1 および B2 を比較することによって接続部が供試体の曲げ挙動に及ぼす影響を検証する。せん断実験では、接続部のない C0 と接続部が曲げせん断区間にある C1 の荷重-変位関係やひび割れ性状、あるいは最大荷重などを比較する。

コンクリートは普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材最大寸法は 20mm、水セメント比は 45%である。材齢 21 日における圧縮強度は約 40N/mm²であった。鉄筋は全て SD345 を使用した。曲げ実験では、軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達したときのスパン中央位置の変位を降伏変位 δ_y と定義し、 δ_y , $3\delta_y$, $5\delta_y$...と $2\delta_y$ ごとに荷重をホールドし、接続部の損傷状態やひび割れの状況を観察した。また、最大荷重の 80% まで荷重低下した時点を終局と定義し、載荷を終了した。



(a) 鋼製シアキー側面図



(b) 鋼製シアキー 断面図 (c) 曲げ供試体 断面図 (d) せん断供試体 断面図

図-2 鋼製シアキー、供試体断面諸元

キーワード 緊急仮設橋, レジリエンス, プレキャスト, ABC, カプラー, 鋼製シアキー

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 TEL: 03-5286-2694

4. 曲げ実験結果

曲げ実験から得られた荷重－変位関係を図－4(a)に示す。接続部のない B0 は荷重 65.9 kN (変位 4.7 mm) で供試体中央部の軸方向鉄筋が降伏した後に荷重 99.3 kN (変位 44.6 mm) が最大荷重となった。その後、圧縮縁のコンクリートが圧壊することで終局を迎えた。接続部が純曲げ区間にある B1 は、荷重 71.3 kN (変位 5.2 mm) で供試体中央部の軸方向鉄筋の降伏した後に荷重 103.6 kN (変位 39.5 mm) で最大荷重を発現した後に圧縮縁のコンクリートが圧壊することで終局を迎えた。接続部が曲げせん断区間にある B2 は、荷重 69.6 kN (変位 5.6 mm) で曲げ降伏点に達し、荷重 96.6 kN (変位 48.9 mm) で最大荷重を発現した。最終的には、圧縮縁のコンクリートが圧壊することで終局状態に達した。荷重－変位関係、最大荷重、あるいは曲げやせん断のひび割れ性状から、提案する接続構造を曲げ破壊型の供試体に適用したとしても、一体型（接続構造を有しない RC 梁）と同等の構造性能を期待できることを確認した。

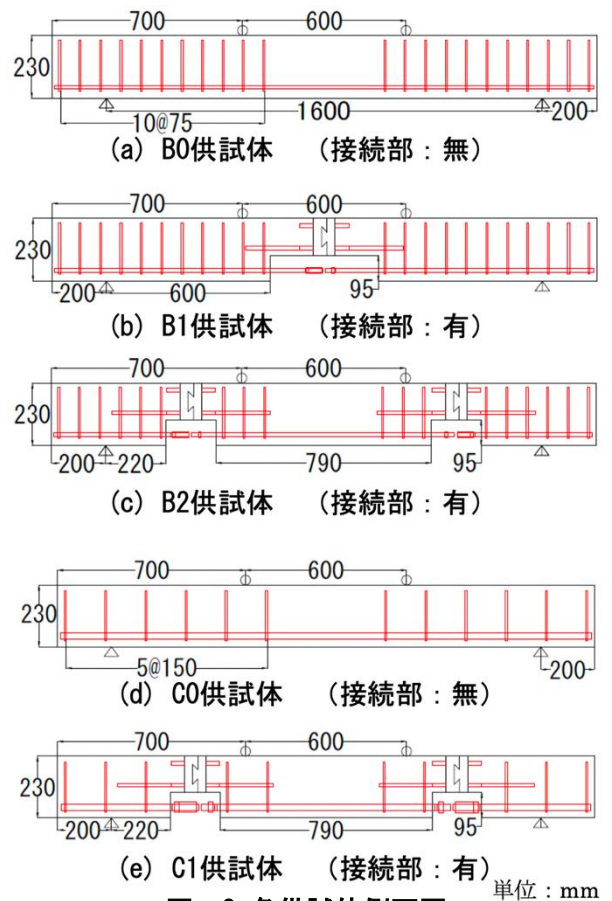
5. せん断実験結果

せん断実験から得られた荷重－変位関係を図－4(b)に示す。接続部のない C0 は、荷重 5.0 kN (変位 0.1 mm) で支点と載荷点間に曲げひび割れが発生し、荷重 218.6 kN (変位 11.0 mm) のときに大きな斜めひび割れが現れるのとほぼ同時に最大荷重となり、その後は斜めひび割れ幅の拡大とともに荷重が低下した。接続部が曲げせん断区間にある C1 は、荷重 7.3 kN (変位 0.3 mm) の際に純曲げ区間に曲げひび割れが発生した。そして、荷重 203.6 kN (変位 12.2 mm) で曲げ降伏点に到達し、荷重 217.2 kN (変位 17.3 mm) で最大荷重を発現した。最終的には、圧縮縁のコンクリートが圧壊している。C1 は、曲げせん断区間に剛性の高い鋼製シアキーがあるため、それがない場合とせん断伝達のメカニズム（見かけのせん断スパン）が異なる結果となり、曲げ破壊した。ただし、耐荷力の点では、鋼製シアキーの存在はせん断耐力を向上させる方に寄与することから、提案する接続部がせん断破壊型の梁に適用されたとしても、それが弱部とならないことを確認できた。

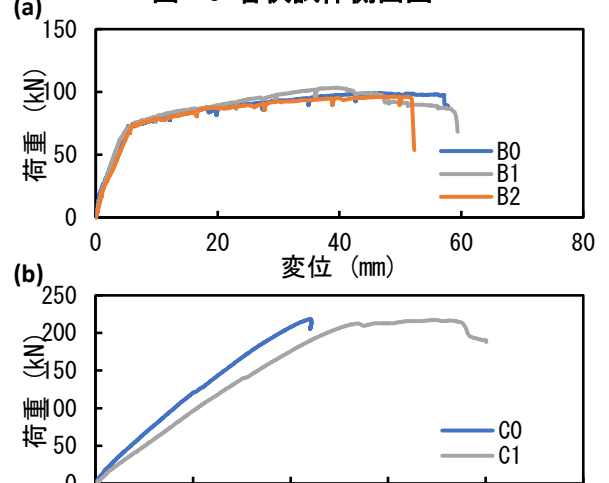
6. まとめ

南海トラフ地震後の被災地の状況を想定し、その復興工事のため、橋桁を迅速かつ容易に架設するための接続構造（鋼製シアキー＋軸方向鉄筋の機械式継手）を提案した。今後も、本実験結果を踏まえた改良を行い、災害レジリエンス強化につながる緊急仮設橋の構造を模索したい。

参考文献 1) Ishibashi, H., Akiyama, M., Fujiwara, M., Uno, Y., and Hiromitsu, T.: Precast RC blocks with connections composed of steel shear keys and CFRP sheets for the superstructure of temporary bridges in the postdisaster situation, *ASCE Journal of Bridge Engineering*, Vol. 27, No. 8, 04022061, 2022. 2) Palermo, A. and Mashal, M.: Accelerated bridge construction (ABC) and seismic damage resistant technology: A New Zealand challenge, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Vol.45, No.3, pp.123-133, 2012.



図－3 各供試体側面図



図－4 荷重－変位関係