

鋼繊維を添加したカーボンリサイクル・コンクリートのプレキャスト部材への適用検討

大成建設(株)技術センター フェロー会員○坂本 淳, 正会員 荻野正貴
正会員 大脇英司, 正会員 岡本礼子
渡邊悟志, 加藤優志

1. はじめに

「2050年カーボンニュートラル宣言」を受け、コンクリートセクターにおいてもCO₂の排出削減が求められている。対応例として、CO₂排出量を大きく削減できる環境配慮コンクリートの開発や社会実装がある^{1,2)}。著者らはこの環境配慮コンクリートと、CO₂の資源化を図るカーボンリサイクル技術³⁾を組み合わせ、CO₂排出量がマイナスになりカーボンネガティブを達成するカーボンリサイクル・コンクリートの開発を進めている^{1,2)}。

本稿では、鉄筋コンクリート造のプレキャスト部材によるカーボンリサイクル・コンクリートの実装を想定し、鋼繊維を添加したカーボンリサイクル・コンクリートの性能と、壁部材を試作した結果について報告する。

2. 試験の概要

壁部材の試作に先立ち、材料特性に関する試験を行った。カーボンリサイクル・コンクリートと比較用コンクリートの特徴を表1に示す。これを用いてφ10cm×20cmの円柱試験体と10cm×10cm×40cmの角柱試験体を製作した。試験体は材齢2日で脱型し、材齢7日まで湿潤養生した後、20°C・80%の恒温恒湿室内に静置した。所定の材齢において圧縮強度試験(JIS A 1108)、割裂引張強度試験(JIS A 1113)、切欠きはり曲げ試験(JCI-S-001)を実施した。なお、割裂引張強度試験では鋼繊維を添加していない試験体を用い、脱型後に20°Cにて水中養生を行い試験に供した。

材料特性について確認した後、カーボンリサイクル・コン(表1)を用いて図1に示すプレキャスト部材を試作した。幅1.27m×高さ0.6m×厚さ0.12mの壁部材とし、当初はD13の鉄筋を格子状に組み、2層に配置する設計であったが、鋼繊維の添加により鉄筋量を減じて1層の配筋とした。部材の取付けに必要な金具を設置し、意匠の点からアクリル棒を埋設した。鉄筋のほか、金具やアクリル棒により型枠内に狭隘部が多く存在し、バイブレーターが十分に挿入できず締固めが困難であることが予想されたため、スランプフローを50±7.5cmとした(表1)。また、多くの埋設物によるコンクリートの体積変化の拘束により、ひび割れの発生が懸念された。そのため、試作した部材と同じ養生、乾燥条件で試験体を用意し、体積変化を拘束してひび割れ試験(JIS A 1151)を実施した。壁部材はカーボンリサイクル・コンの打込み後に材齢2日で脱型し、材齢7日まで湿潤マットで養生した。充填不良や欠損などの欠陥がないことを確認して、室温20°C、湿度60%の乾燥環境に静置し、ひび割れ発生の有無を継続して観察した。また、材齢28日と91日に、部材の上部、中部、下部からそれぞれφ6cm×12cmのコア供試験体を採取し(図1)、圧縮強度試験(JIS A 1107)を行った。

表1 使用したコンクリートの特徴

配合名	スランプフロー	[参考] 圧縮強度 20°C水中養生 材齢28日	水粉体比	使用粉体	鋼繊維	CO ₂ 吸収量	CO ₂ 原単位
カーボンリサイクル・コン	50±7.5cm	40.1N/mm ²	0.3	P	0.5vol.%	119kg/m ³	▲50kg/m ³
比較用コンクリート	50±7.5cm	—	0.5	N	0.5vol.%	—	274kg/m ³

注) P: カーボンリサイクル・コンクリート用結合材+炭酸カルシウム, N: 普通ポルトランドセメント, 鋼繊維: 0.55×35mm. CO₂原単位は土木学会コンクリートライブラリー152に基づいて算出した。

キーワード コンクリート, カーボンリサイクル, CO₂排出量削減, CO₂吸収, 混和材, 鋼繊維
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL 045-814-7210

3. 試験結果

対象の部材の脱型と出荷には、それぞれ、材齢2日で 8N/mm^2 、材齢7日で 21N/mm^2 の圧縮強度が必要である。円柱試験体を用いた圧縮強度試験の結果（図2：▲），カーボンリサイクル・コンはこれらを満足した。切欠きはり曲げ試験結果から求めた引張軟化曲線を図3に示す。カーボンリサイクル・コンの曲線形状は、壁部材の製作実績のある比較用コンクリートの曲線とよく一致し、同等の引張靱性を持つと考えられた。これらの結果から、鋼繊維を添加したカーボンリサイクル・コンは壁部材の製作に適すると判断し、同部材を試作した。

スランプフロー $49.6 \times 48.5\text{cm}$ のカーボンリサイクル・コンを用いて図1に示す壁部材を試作し、目視観察により埋設物の周囲も良好に充填され、欠損などが無いことを確認した。型枠との接触面の気泡の発生は、比較用コンクリートで製作した壁部材と同程度であった。スランプフローを $50 \pm 7.5\text{cm}$ とすることでバイブレーターの挿入が難しい形状でも良好に製作できた。

部材から採取したコア供試体の圧縮強度は、採取位置による相違はなく、平均値は材齢28日で 39.9N/mm^2 、91日で 43.8N/mm^2 であった（図2：△）。材齢7日以降は室温 20°C 、湿度60%の乾燥環境にあったが、良好に強度が発現し、水中養生した場合（図2：○，材齢28日）と同等であった。この比較から、製造管理における強度補正は不要（構造体強度補正值： 0N/mm^2 ）とした。他方、鋼繊維を添加しない試験体の材齢28日の割裂引張強度は 3.65N/mm^2 と概ね圧縮強度の約1/10であり、通常のコンクリート同様の関係性を示した。

拘束ひび割れについて、材齢28日までの試験結果を図4に示すが、ひび割れは認められなかった。また、試作した壁部材は材齢161日まで乾燥を続けたが、ひび割れなどの変状は観察されず、所定の美観を保った。

4. 結論

鋼繊維を添加したカーボンリサイクル・コンクリートの壁部材への適用に向け、材料試験と試作により所要の強度特性を満足し、製造過程における欠陥やひび割れが発生しない事を検証した。この成果に基づいて良好に社会実装することができた²⁾。

参考文献

- 1) 大脇英司：高炉スラグ微粉末を利用した環境配慮コンクリートの炭酸ガス排出抑制から炭素の有効利用への進化、コンクリート工学, Vol.59, No.9, pp.819-826, 2021.
- 2) 大脇英司・荻野正貴：カーボンリサイクル材料を用いてカーボンネガティブを実現したT-eConcrete®/Carbon-Recycleの開発：セメント・コンクリート, No.900, pp.70-75, 2022.
- 3) 資源エネルギー庁：カーボンリサイクルについて、https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/carbon_recycling/

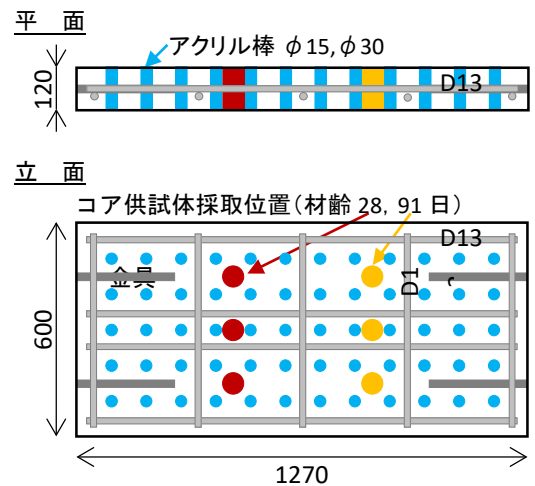


図1 試作した壁部材の概要(単位:mm)

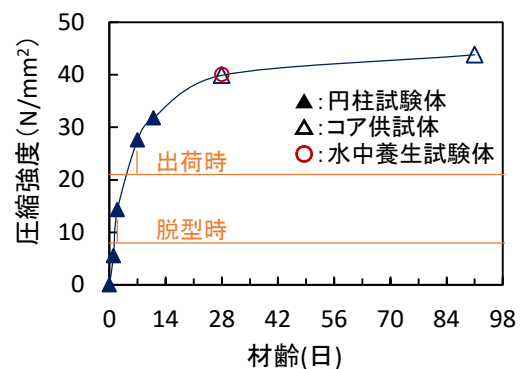


図2 圧縮強度試験の結果

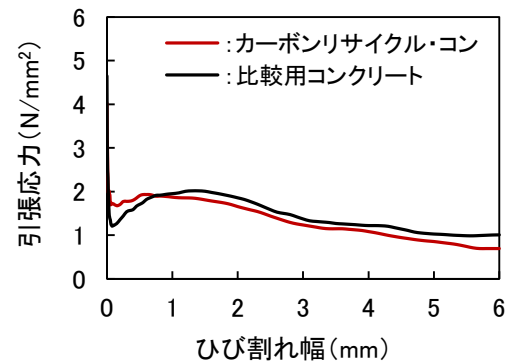


図3 切欠きはり曲げ試験の結果

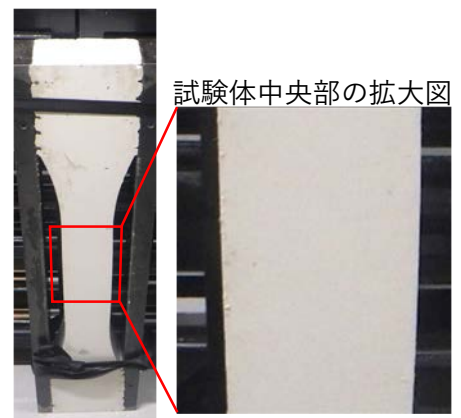


図4 拘束ひび割れ試験の結果