

鉄筋の線膨張係数が高温養生した石灰石 RC はりのせん断強度に与える影響

広島大学 学生会員 ○陳乃嘉, 高岡 凌我, 黒岩 省吾
 広島大学 正会員 半井 健一郎

1. 背景・目的

近年, 石灰石骨材コンクリートの利用や研究が増加している。高温履歴を材齢初期に石灰石骨材コンクリートに与えると, 骨材の周りに微細ひび割れが発生するため, 石灰石骨材コンクリートの圧縮強度や弾性係数, 引張強度は低下する¹⁾が, 骨材のかみ合わせ抵抗の増加により RC はりのせん断強度が増加すること²⁾が報告されている。また近年, 厳しい腐食性環境における RC 構造物の耐久性向上のためにステンレス鉄筋の使用が提案されている³⁾。ステンレス鉄筋の線膨張係数(約 $17\mu\text{m}/\text{m}/\text{C}$)は普通鉄筋(約 $10\mu\text{m}/\text{m}/\text{C}$)と比べて, コンクリートの線膨張係数(6~ $10\mu\text{m}/\text{m}/\text{C}$ 程度)と大きな差があるため, 高温養生時に鉄筋周りに微細ひび割れが発生し, RC はりのせん断強度に影響を及ぼす可能性がある。普通鉄筋を使用した石灰石骨材 RC はりのせん断強度について, 高温養生の影響に関する研究例はあるが, 線膨張係数が石灰石骨材コンクリートと大きく異なるステンレス鉄筋を使用した RC はりのせん断強度については議論されていない。

そこで本研究では, 石灰石骨材ステンレス鉄筋 RC はりにおける高温養生の影響を検討し, 鉄筋の線膨張係数が RC はりのせん断強度に及ぼす影響を確認することを目的とした。

2. 試験概要

RC はりの条件として, 骨材種類(普通骨材, 石灰石骨材), 鉄筋種類(普通鉄筋, ステンレス鉄筋)や養生条件(常温養生, 高温養生)の3つを変化させた。このうち本研究では, 高温養生や常温養生した普通骨材を用いたステンレス鉄筋 RC はりや石灰石骨材を用いたステンレス鉄筋 RC はりについて新たに実験を行った。本研究で使用した RC はりについては, コンクリートの水セメント比は 50%, セメント種類は高炉セメント B 種とし, 常温養生の場合は室温で養生し, 高温養生する場合, 最高温度 65C での初期高温履歴を与えた。Fig.1

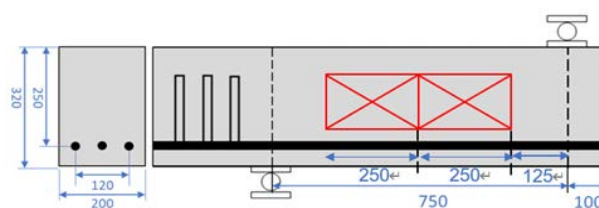


Fig. 1 Outline of RC beam

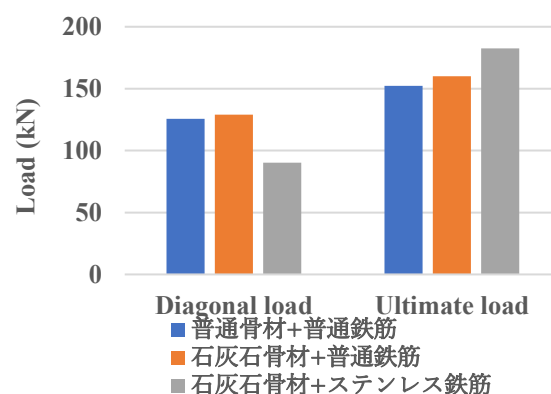


Fig. 2 Experimental results

に構造試験で用いるはりの概要を示す。D19 のステンレス鉄筋3本を使用した(鉄筋比は 1.7%)。

上記以外の普通鉄筋を用いた条件に関しては, Bui らの研究結果²⁾を参照した。Bui らの研究で使用した RC はりの配合や養生方法は本研究と一致し, D16 の普通鉄筋2本を使用した(鉄筋比は 0.8%)。

3. 載荷試験結果・考察

Fig.2 に本研究で行った鉄筋とコンクリートの線膨張係数の差が大きいステンレス鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりの載荷試験結果を示す。また, Bui らの高温養生した RC はりの載荷試験結果²⁾のうち, 鉄筋とコンクリートの線膨張係数の差が小さい RC はりとして普通鉄筋を使用した RC はりを引用した。ただし, 本研究と Bui らの研究における RC はりの鉄筋比が異なるため, 二羽式⁴⁾を用いて鉄筋比の違いが RC はりの斜めひび割れ発生荷重に与える影響を補正した結果を示す。

普通鉄筋を使う RC はり斜めひび割れ発生荷重や終局

キーワード 高温養生, 熱膨張係数, 石灰石骨材, せん断強度, RC はり

連絡先 〒739-0046 東広島市鏡山1丁目3-2 広島大学 080-3544-6969 Email: chennaijia5@gmail.com

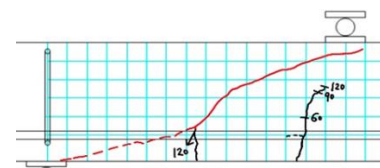
荷重は同程度になった。一方で、ステンレス鉄筋を使用した場合、斜めひび割れ発生荷重は3割低下した。これは鉄筋周りの微細ひび割れによるものと考えられる。

Fig.3 に普通鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりとステンレス鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりの破壊時のひび割れの拡大図を示す。Fig.3(a)の普通鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりは、骨材と鉄筋の線膨張係数の差異が小さいため、斜めひび割れの顕著な曲がりや分散がなく、載荷点の近傍から支点までの間にほぼ一直線の形状となった。一方、Fig.3(b)のステンレス鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりは、骨材と鉄筋の線膨張係数の差異が大きいため、斜めひび割れが載荷点の近傍から主鉄筋までに円弧のようになり、鉄筋に沿う方向に割裂ひび割れが発生した。これはステンレス鉄筋周りに微細ひび割れが発生したことによると考えられる。そのため、斜めひび割れ発生荷重は鉄筋周りの微細ひび割れの存在によって鉄筋とコンクリートの付着が悪くなり、鉄筋の局所的な曲げ抵抗であるダウエル抵抗が小さくなることで低下した。終局荷重に関してステンレス鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりは普通鉄筋を使用した RC はりと比べて約2割増加した。これは斜めひび割れの進展の仕方によるものと考えられる。Fig.4(a)(b)に普通鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりとステンレス鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりの破壊時のひび割れの全体図を示す。普通鉄筋を用いた石灰石骨材 RC はりでは、線膨張係数の差異がほぼないため、斜めひび割れが直線的に進展し、せん断破壊した後で荷重を受ける領域ははり全体からこの赤い台形部分に変わる。一方、初期高温養履歴を受けたステンレス鉄筋を使用した RC はり（線膨張係数の差異が大きい）は、曲線の斜め割裂ひび割れの影響で、圧縮力を受け持つコンクリートと引張力を受け持つ鉄筋の組み合わせによるタイドアーチ機構ができた可能性があるため、より大きな荷重が耐えられると考えられる

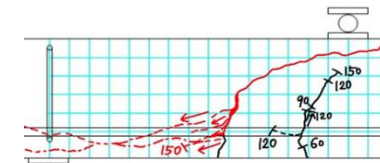
4. まとめ

ステンレス鉄筋と石灰石骨材コンクリートのように、鉄筋とコンクリートの熱膨張係数の差異が大きい RC はりでは、鉄筋周りのコンクリートに微細ひび割れが発生することにより、鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが発生する可能性があるため、鉄筋とコンクリートの付着の低下によってダウエル抵抗が低下し、RC はりの斜めひ

び割れ発生荷重を低下させた。一方で、鉄筋とコンクリートの付着が失われることにより、斜めひび割れが発生した後でタイドアーチ機構ができ、RC はりの終局荷重を増加させた。

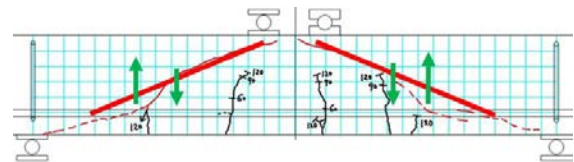


(a) RC beam with normal steel

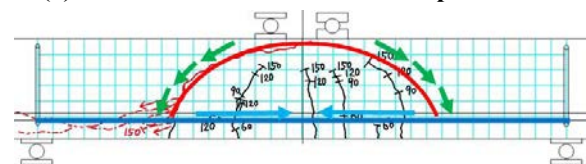


(b) RC beam with stainless steel

Fig.3 Cracks of limestone aggregate RC beams



(a) RC Beam Cured at normal temperature.



(b) RC Beam Cured at high temperature

Fig.4 Cracks of limestone aggregate RC beams

5. 参考文献

- 1) 田澤栄一ら: 高温の影響を受けるコンクリートの力学的特性に及ぼす骨材種類の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 9, No.1, pp. 13~18, 1987.
- 2) Do Cong Bui et al.: Effects of early-age thermal microcracking on material properties and structural performance of limestone aggregate concrete, Cement and Concrete Composites 124, pp. 104-267, 2021.
- 3) 山路徹ら: 海洋環境下におけるステンレス鉄筋の耐食性に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.71, No.1, pp. 58~71, 2015.
- 4) 二羽淳一郎ら: せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372, V-5, pp.167-176, 1968.8