

多量の膨張材を混和した石灰石骨材 RC はりのせん断耐力

広島大学 学生会員 ○濱本 将大
 広島大学 学生会員 溝邊 飛鳥
 広島大学 正会員 半井 健一郎

1. 背景・目的

近年、収縮低減効果や国内産出量の豊富さなどからコンクリート材料としての石灰石骨材の利用が増加している。しかし、石灰石骨材は破砕値が大きく、破断面を滑らかにするため、コンクリートの破壊エネルギーやせん断補強のない RC はりのせん断強度は普通骨材を用いた場合と比べ低下することが報告されている¹⁾。

一方で、普通骨材を用いた場合に比べ石灰石骨材コンクリートはモルタルと粗骨材の熱膨張係数の差が大きくなることから、石灰石骨材コンクリートに高温履歴を与えた場合、石灰石骨材のまわりには微細ひび割れが発生する²⁾。微細ひび割れは圧縮強度や弾性係数、引張強度を低下させるが、石灰石骨材を用いたことで低下した終局荷重および破壊エネルギーを増加させる³⁾。

また、コンクリートの収縮補償やケミカルプレストレスの導入を目的として膨張材が広く使用されている。収縮補償を超えた多量の膨張材を混和した場合、セメントペーストの曲げ断面に微細ひび割れが発生している様子が既往の研究で確認されている⁴⁾。膨張材の過剰混和によって微細ひび割れが発生するならば、常温での養生でも高温履歴を与えた場合と同様に、石灰石骨材コンクリートの低下したせん断耐力および破壊エネルギーが回復する可能性がある。

以上より、本研究では石灰石骨材 RC はりのせん断耐力に及ぼす膨張材の影響を検証し、微細ひび割れの作用効果を確認することを目的とした。

2. 試験概要

膨張材の単位置換量を変化させたせん断補強筋のない石灰石骨材 RC はりを作製し、載荷試験を行った。表 1 には各配合における使用材料と配合を示し、図 1 には供試体概要を示す。膨張材には低添加型を用い、単位置換量がそれぞれ 40kg/m^3 (Ex40LN)、 60kg/m^3 (Ex60LN) の

2 配合のコンクリートを用いて RC はりを作製した。水結合材比は 50% とし、セメント種は高炉セメント B 種を用いた。加えて、作製した 3 配合の破壊エネルギー特性を調べるため $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱を用いた破壊エネルギー試験を行った。蛍光エポキシ樹脂含浸法を用いてひび割れの有無を確認した。また、膨張材無混和の石灰石骨材 RC はり(LN)と普通骨材 RC はり(NN)の載荷試験結果を既往の研究³⁾⁵⁾から引用し、本研究との比較対象とした。

養生方法は温度管理のされていない室内での封緘養生とし、材齢 28 日以降に試験を行った。RC はりは材齢 7 日に脱枠し、以降試験材齢までアルミテープで封緘を保った。破壊エネルギー試験で用いた角柱供試体は RC はりに合わせて材齢 7 日に脱枠し、その後試験材齢まで封緘養生した。一方、蛍光エポキシ樹脂含浸法で用いた円柱供試体については、RC はりにおける鉄筋による拘束を模擬するため、試験直前に脱枠した。

表 1 使用材料と配合

配合名	W/B (%)	膨張材 (kg/m^3)	粗骨材	細骨材
NN ⁵⁾	50	0	粗面岩	粗面岩
LN ³⁾			石灰岩	粗面岩
Ex40LN		40	石灰岩	石英斑岩
Ex60LN		60		

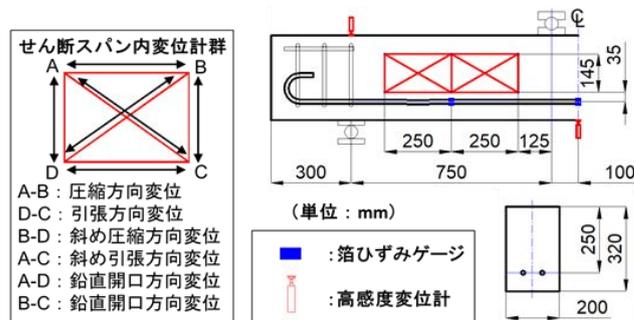


図 1 RC はり供試体概要

キーワード 石灰石、膨張材、ケミカルプレストレス、微細ひび割れ、せん断耐力

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科 先進理工系科学専攻

社会基盤環境工学プログラム 事務室 TEL : 082-424-7819

3. 試験結果と考察

図 2 に各配合における載荷試験と破壊エネルギー試験の結果を示す。石灰石骨材を用いた 3 配合で比較すると、膨張材を混和した 2 配合は無混和の LN より終局荷重は増大した。これは Ex40LN と Ex60LN で比較しても同様の傾向が見られた。また、Ex40LN および Ex60LN と NN の終局荷重を比較しても、石灰石骨材を用いた 2 配合ともに NN を上回った。石灰石骨材を用いることで低下した終局荷重は膨張材の混和によって回復するばかりでなく、普通骨材と同等以上になることが分かった。破壊エネルギー特性についても、膨張材を混和した場合、普通骨材の値を下回ったものの、石灰石骨材を用いたことで低下した破壊エネルギーは増加した。

図 3 に Ex60LN の蛍光エポキシ樹脂含浸法の結果を示す。Ex60LN の供試体では極微細な空隙が多数発生しているものの、微細ひび割れを観察することができなかった。EX40LN については微細な空隙もほとんど確認できなかった。

本研究で作製した Ex40LN および Ex60LN の円柱供試体では微細ひび割れが観察できなかった一方で、既往の研究と同様に破壊エネルギーは増加した原因として、養生期間中におけるコンクリートの膨張に対する拘束の影響を受けていると推定される。蛍光エポキシ樹脂含浸法に用いた円柱供試体は打込みから試験直前まで鋼製型枠による拘束を受け拘束膨張していたが、破壊エネルギー試験に用いた角柱供試体は材齢 7 日に脱枠したことで、それ以降コンクリートは拘束膨張から自由膨張へと変化したと考えられる。これにより角柱供試体には体積増加によって微細ひび割れが生じ、破壊エネルギーが増加した可能性がある。

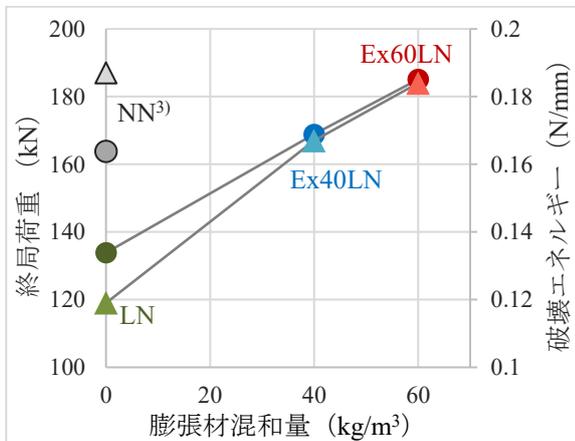


図 2 載荷試験および破壊エネルギー試験結果 (○：終局荷重 △：破壊エネルギー)

これら材料試験の結果をふまえると、軸方向鉄筋から拘束を受ける RC はりには微細ひび割れが生じていない可能性があり、載荷試験におけるせん断耐力の増加分についてはケミカルプレストレスのみが影響を及ぼしていると考えられる。

4. 結論

本実験の結果として、膨張材を過剰に混和することでケミカルプレストレスが作用し、石灰石骨材 RC はりのせん断耐力は普通骨材を用いた場合と同等以上になることが分かった。しかし、せん断耐力の向上には微細ひび割れが寄与していない可能性があり、当初期待した効果を得ることはできなかったと考えられる。

参考文献

- 1) P. E. Regan, et. al.: The influence of aggregate type on the shear resistance of reinforced concrete, *The Structural Engineer*, pp.27-32, 2005.
- 2) 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報告集，9-1, pp. 13-18, 1987.
- 3) 西川博貴：初期高温履歴が石灰石骨材を用いた RC はりのせん断強度に及ぼす影響，広島大学修士論文，2019.
- 4) 酒井雄也，岸利治：特徴的挙動メカニズムの検討による膨張コンクリートの性質の理解，日本材料学会学術講演会講演論文集，Vol. 61, pp. 117-118, 2012.
- 5) 川井菜緒ら：RC はりのせん断強度に及ぼす収縮および破壊エネルギーの影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 36, No. 2, pp. 451-456, 2014.7.

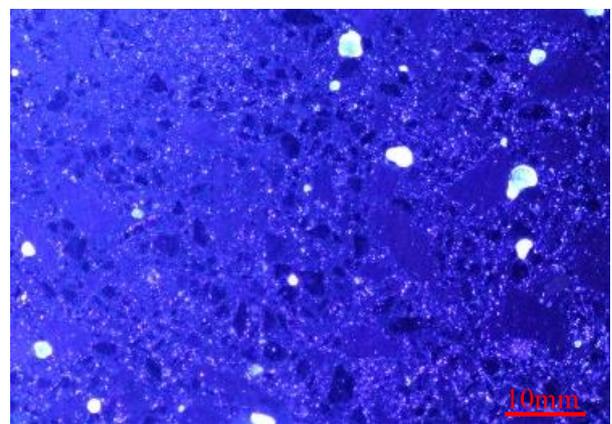


図 3 蛍光エポキシ樹脂含浸法結果 (Ex60LN)