

膨張材を用いた鉄筋コンクリートはりの載荷試験

早稲田大学 学生会員 ○大藪 恭佑, 早稲田大学 フェロー 清宮 理
五洋建設(株) フェロー 内藤 英晴, 東亜建設(株) 正会員 羽瀧 貴士, 東洋建設(株) フェロー 佐野 清史

1. まえがき

膨張コンクリートの膨張特性は, 使用するセメントの種類により異なることは知られているが, これらを比較した報告例は少ない. また, 膨張材のひずみ特性についての研究は多く行われているが, ひび割れ発生状況や強度についての研究はあまり多く行われていない. そこで本論文では, 膨張材を混和した普通・高炉および低発熱コンクリートを用いた 50×50×300cm の比較的大型の RC はり部材について曲げ載荷試験を実施し, 荷重 - 変位関係, 荷重 - ひび割れ幅関係および切欠曲げ試験の破壊エネルギーについて考察した.

2. 載荷試験の概要

コンクリートの配合を表 1 に示す. 試験ケースは, 普通ポルトランドセメント(N)・高炉セメント B 種(B)および低発熱ポルトランドセメント(L)の 3 ケース, 膨張材(EX)の有無について 2 ケースの, 計 6 ケースである. 主筋は D19 を 16 本でかぶり 4cm で等間隔にはり内に設置し, 拘束鉄筋比は 1.83%とした. また, 載荷概要図を図 1, 各試験体の圧縮強度, 引張強度および曲げ強度を表 2 に示す.

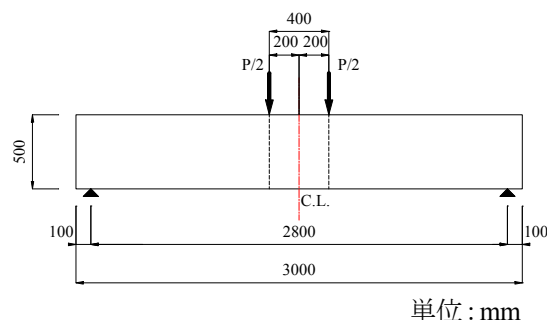


表 1 コンクリートの配合

図 1 載荷概要図

試験体名	W/C	s/a	単位量(kg/m ³)							Ad ₁	Ad ₂
	(%)	(%)	W	C	EX	S1	S2	G	AE 減水剤	(ml)	(ml)
NEX	47	42.5	158	317	20	753	—	1020	3.37	843	6.9
NN			158	337	—	753	—	1020	3.37	843	6.9
BEX	48.9	41.8	165	317	20	586	146	1047	2.36	590	10.1
BB			165	337	—	584	146	1047	2.36	590	10.1
LEX	47	43.9	163	325	20	622	161	1033	3.45	868	6.9
LN			163	347	—	620	161	1033	3.47	868	6.9

表 2 各試験体の圧縮強度, 引張強度および曲げ強度

試験体名	NEX	NN	BEX	BB	LEX	LN
圧縮強度(N/mm ²)	37.4	36.6	32.5	31.7	39.2	36.5
引張強度(N/mm ²)	3.38	3.29	2.82	3.01	2.98	3.20
曲げ強度(N/mm ²)	7.19	6.21	4.91	5.74	6.65	7.22

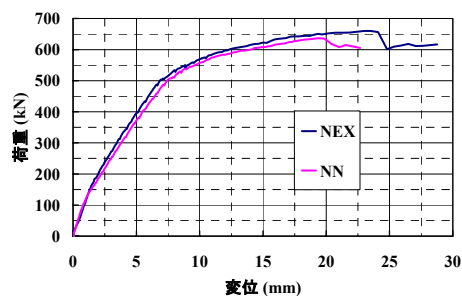


図 2 荷重 - 変位関係(N)

3. 試験結果および考察

3.1 荷重 - 変位関係

膨張材混入の有無の差を膨張材の効果として, 普通セメントでは 156 μ , 高炉セメントでは 238 μ , 低熱セメントでは 744 μ の膨張ひずみが発現した.

普通・高炉および低発熱コンクリートはりの載荷試験で得られた荷重 - 変位関係をそれぞれ図 2, 図 3 および図 4 に示す. また, 曲げひび割れ発生までの荷重 - 変位関係から得られる初期剛性を図 5 に示す. 普通セメントおよび高炉セメントを用いたコンクリート製はり部材については, 膨張材の添加の有無により初期剛性はやや大きくなるが, 同程度の初期剛性であった. 低熱セメントを用いたコンクリート製はり部材については, 見かけの初期剛性が 60%程大きくなった. また, 何れのセメントを用いたコンクリート製のはり部材においても, 膨張コンクリート製のはり部材は普通コンクリート製のはり部材に比べ曲げひび割れ発生荷重がやや大きくなった. 膨張コンクリート

キーワード 膨張材, 載荷試験, 破壊エネルギー, ひび割れ幅

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-01 室 清宮研究室 TEL 03-5286-3852 E-mail : kyosuke.o-w-777@ruri.waseda.jp

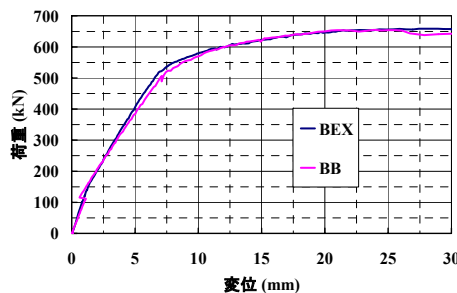


図3 荷重 - 変位関係(B)

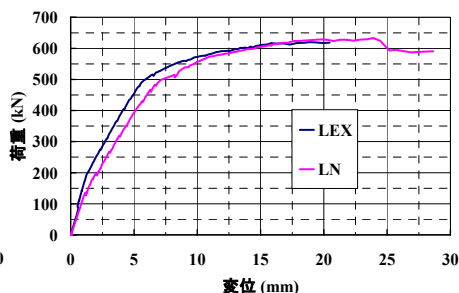


図4 荷重 - 変位関係(L)

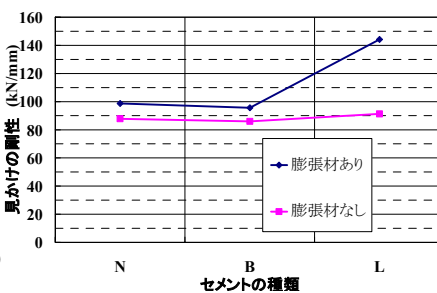


図5 初期剛性の比較

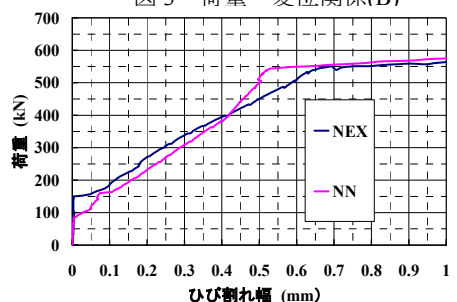


図6 荷重 - ひび割れ幅関係(N)

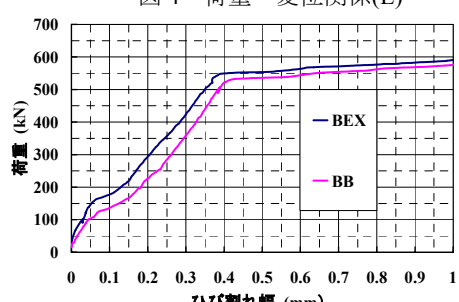


図7 荷重 - ひび割れ幅関係(B)

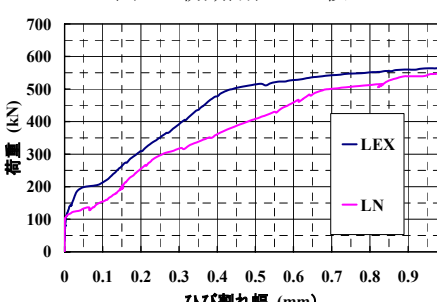


図8 荷重 - ひび割れ幅関係(L)

と普通コンクリートの曲げひび割れ発生荷重の差は、普通セメントでは 55.0(kN), 高炉セメントでは 28.0(kN), 低熱セメントでは 16.45(kN)と大きな値となった。膨張材によりひび割れ発生荷重が増加した。

3.2 荷重 - ひび割れ幅関係

普通・高炉および低発熱コンクリートの載荷に伴うひび割れ幅の変化を π ゲージで計測した結果をそれぞれ図 6, 図 7 および図 8 に示す。なお, 図 6, 図 7 および図 8 に示すひび割れ幅は, 等曲げ区間に発生したひび割れでほぼ同じ性状のもの同士を比較した。何れのセメントを用いたコンクリートでも膨張コンクリートが普通コンクリートよりもひび割れ幅は約 0.05mm 小さかった。また, 膨張コンクリートと普通コンクリートのひび割れ幅の差はひび割れ発生から鉄筋の降伏点付近まではほぼ変わらず膨張材のひび割れ幅抑制効果が確認できた。

3.3 切欠曲げ試験の破壊エネルギー

100×100×400mm の試験体を用いて行った切欠曲げ試験での各配合の破壊エネルギーを図 9 に示す。普通セメントを用いたコンクリートでは, 膨張コンクリートが普通コンクリートよりも破壊エネルギーが大きくなったが, 高炉セメントおよび低熱セメントを用いたコンクリートでは, ほぼ同程度の破壊エネルギーとなった。低熱セメントを用いた膨張コンクリートで普通コンクリートに比べ比較的破壊エネルギーが小さかったのは, 低熱セメントを用いた膨張コンクリートの引張強度が普通コンクリートに比べ小さかったことが原因と考えられる。

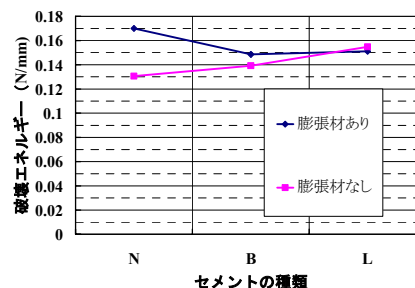


図9 切欠曲げ試験の破壊エネルギーの比較

4. まとめ

比較的大型の RC はり部材において, 普通ポルトランドセメント, 高炉セメント B 種, 低発熱ポルトランドセメントを用いた膨張コンクリートは, プレストレス作用によるひび割れ抵抗性の増加が確認できた。この効果は, 普通ポルトランドセメントや高炉セメント B 種を用いた膨張コンクリートに比べ, 低発熱ポルトランドセメントを用いた膨張コンクリートで顕著に見られた。また, 初期剛性については, 低発熱ポルトランドセメントを用いたコンクリート製のはり部材でやや大きかったが他の 2 種類のコンクリートでは同程度であった。切欠曲げ試験における破壊エネルギーは, 普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートでは膨張コンクリートが普通コンクリートよりも大きくなったが, 高炉セメント B 種および低発熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートではほぼ同程度であった。膨張材の混入により力学特性は若干向上した。

なお本研究は, 早稲田大学, 五洋建設(株), 東亜建設(株), 東洋建設(株), 若築建設(株), 佐伯建設(株)で実施中の共同研究によるものである。

・参考文献 土木学会: 膨張コンクリート設計施工指針, pp.147-163, 1993.7