

## 一軸引張応力下における膨張コンクリートのテンションスティフニング効果とひび割れ特性

東京大学大学院 学生員 ○サハミットモンコン ラクティボン  
 日本道路（株） 非会員 薄木義貴  
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

## 1. 目的

鉄筋コンクリートが引張を受ける場合、コンクリートにひび割れが発生した後も、コンクリートは引張り力を分担し、その効果はテンションスティフニングと呼ばれている。既往の研究<sup>1), 2)</sup>においても膨張コンクリートのテンションスティフニングは普通コンクリートに比べ高いと考えられることを指摘しているが、それらの研究では、膨張コンクリートに入るケミカルプレストレスの影響を差し引かずに比較しており、また、普通コンクリートの供試体については実験していないため、ひび割れ分散の論議は完全ではない。本研究では、コンクリートのテンションスティフニング及びひび割れ性状から、膨張コンクリートの特性を明確にすることを目的とし、一軸引張応力下におけるコンクリートの両引張試験を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体

矩形断面内の中央に鉄筋を貫通させた鉄筋コンクリート供試体を作製し、一軸引張試験を行った。断面積は100mm×100mmで供試体長さ2100mmとし、D19の鉄筋を用いた。また比較用に普通コンクリートの供試体も同数作製した。ネジ節鉄筋と異形鉄筋の節形状の違いについても比較した。表-1にコンクリートの配合を、表-2に各供試体の詳細を示す。膨張コンクリート供試体では鉄筋で膨張を拘束する為に拘束板を用いた。拘束方法はナット

表-1 コンクリートの配合

	W/(C+E) (%)	s/a(%)	単位置量(kg/m <sup>3</sup> )					混和剤	
			W	G	E	S	G		
普通N	50	48	165	330	0	860	956	1.98	1.98
膨張E	50	48	164	268	60	860	956	1.98	1.98

表-2 供試体詳細

供試体名	コンクリート	鉄筋	拘束方法	載荷条件
NS-1	普通コンクリート	ネジ節鉄筋	—	100 kN
NS-2	普通コンクリート	ネジ節鉄筋	—	降伏まで
NR-1	普通コンクリート	異形鉄筋	—	100 kN
NR-2	普通コンクリート	異形鉄筋	—	降伏まで
ESN-1	膨張コンクリート	ネジ節鉄筋	ナット+鉄板	100 kN
ESN-2	膨張コンクリート	ネジ節鉄筋	ナット+鉄板	降伏まで
ESM-1	膨張コンクリート	ネジ節鉄筋	モルタル+鉄板	100 kN
ESM-2	膨張コンクリート	ネジ節鉄筋	モルタル+鉄板	降伏まで
ERM-1	膨張コンクリート	異形鉄筋	モルタル+鉄板	100 kN
ERM-2	膨張コンクリート	異形鉄筋	モルタル+鉄板	降伏まで

による締付けと、端部に先行打設したモルタルによる固定の二種類とした。また供試体端部に非付着区間を設け、ここにスパイラル鉄筋を配置して、縦ひび割れ抵抗性をあげることで、この部分の試験区間への影響を極力無くし、全ての供試体は湿潤養生し、材齢28日に載荷を行った。

## 2.2 試験方法

図-1に示すようにアクリル板にワイヤーを固定し、錘を吊るすことでワイヤーのたるみを失くし変位測定を行った。それ以外に荷重、コンクリートのひずみ、鉄筋のひずみも計測した。載荷は万能試験機で行い、荷重が100kNに達するまでと鉄筋が降伏するまでの2パターンを計測した。

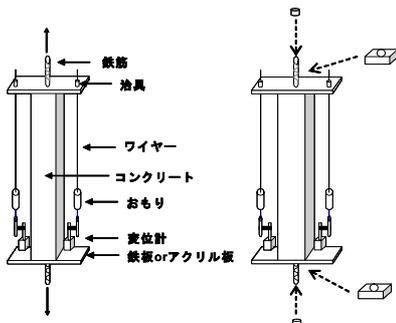


図-1 供試体の載荷の様子

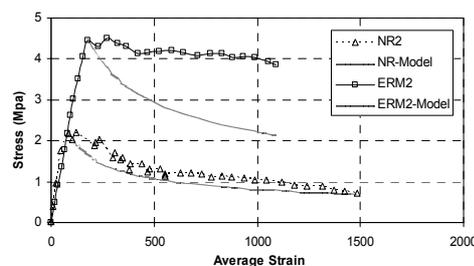


図-2 平均応力-平均ひずみ関係

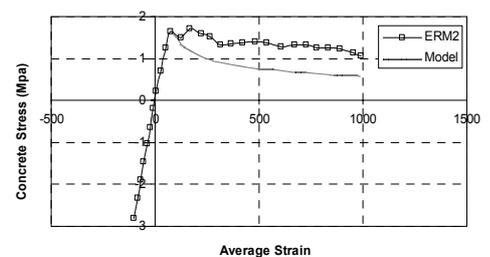


図-3 プレストレスを除いた結果

キーワード テンションスティフニング、ひび割れ、ケミカルプレストレス、付着

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所 岸研究室 電話：03-5452-8093

3. 結果とその考察

3.1 テンションスティフニング効果

普通コンクリートと膨張コンクリートの平均応力-平均ひずみ関係を図-2 に示す。膨張コンクリートはケミカルプレストレスの効果があるのでひび割れ発生応力は非常に高い。しかしながら、普通コンクリートと膨張コンクリートを比較するためにはプレストレスを除かなければならない。図-3 にプレストレスを除いた膨張コンクリートの平均応力-平均ひずみ関係を示す。

図-4 にテンションスティフニングのモデルを示す。付着係数(β)はひび割れ発生後のコンクリートの応力分担程度を示す。付着係数と正規化

ひずみの関係を図5に示す。膨張コンクリートの付着係数(β)は普通コンクリートに比べ明らかに高い。この傾向は、普通コンクリートであれば、コンクリートと鉄筋の付着が良いと考えられる。

3.2 ひび割れ性状

載荷後に部材のひび割れ本数・間隔の測定も行い、膨張コンクリートと普通コンクリートのひび割れ分散を比較・評価をした。図-6 に各供試体のひび割れ間隔を示す。

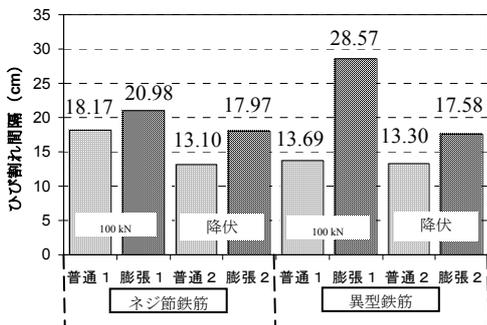


図-6 各供試体のひび割れ間隔

供試体名の 1, 2 はそれぞれ 100kN 条件までのものと降伏条件までのものという意味である。全てのパターンにおいて、普通コンクリートより膨張コンクリートはひび割れ間隔が広いことが分かる。また、膨張コンクリートの方がひび割れ本数は少ないことから、ひび割れ発生を抑えていると言える。

4. まとめ

本研究の結果から以下のことが明らかとなった

- 1) 膨張コンクリートは、普通コンクリートに比べ、ひび割れ間隔が広く、ひび割れ発生を抑えている。
- 2) 膨張コンクリートはひび割れ発生以降の急激な応力低減が無く、弾塑性的な挙動を示している結果、テンションスティフニング効果が高い。

参考文献

- 1) 石村隆敏, 丸山誉史, 細田暁, 岸利治: 膨張コンクリートのテンションスティフニング効果に関する実験的研究, 日本コンクリート工学協会, Vol.23, No.3, p.583-588, 2001
- 2) 古谷明寿, 細田暁, 岸利治: 膨張コンクリートの曲げ部材におけるひび割れ抵抗性に対する多軸拘束の効果, 日本コンクリート工学協会, Vol.23, No.3, p.589-594, 2001
- 3) 岡村甫, 前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂出版

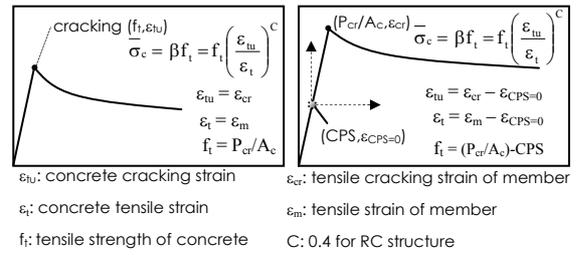


図-4 テンションスティフニングのモデル<sup>3)</sup>

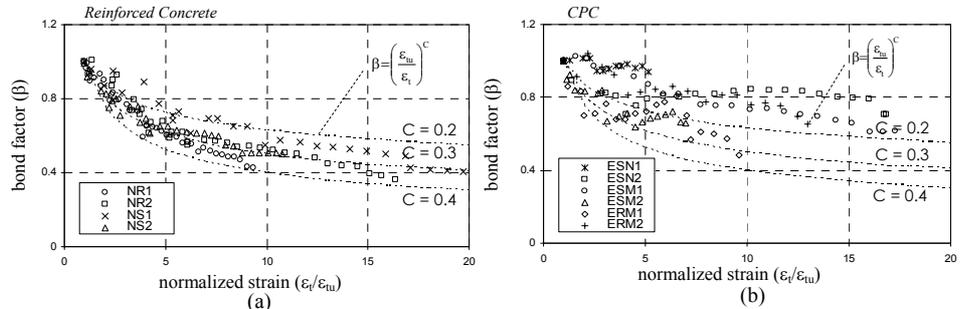


図-5 普通コンクリートと膨張コンクリートの付着係数 - 正常ひずみ関係