

炭素繊維補強ウレタンを注入した中空梁の曲げ破壊性状

東京都市大学 学生会員 ○石川実希
正会員 栗原哲彦

1. はじめに

自然災害（地震や台風など）により電柱が倒れ、道路を緊急車両などが通行できなくなった事例が報告されている¹⁾。災害時の道路通行不可は復旧作業の遅延を招くため、電柱の倒壊は出来る限り最小限に抑えなければならない。そこで、地盤沈下の補修工事に使用されている硬質発泡ウレタンに注目し、電柱の中空洞部に注入することで、倒壊を防ぐ程度の強度・変形を得られるのではないかと考えた。本研究では中空はりの中空部分に、炭素繊維補強ウレタンを注入し、曲げ破壊時の補強効果を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要²⁾

中空断面を有する RC 梁（幅 100×高さ 100×長さ 1000mm，中空部径 54mm）を，W/C=50%および 30% のコンクリートにて作製した。中空部に注入する硬質発泡ウレタンには長さ 3mm の炭素繊維を 2.5%混入させた。本研究の実験ケースを表 1 に示す。供試体を各ケース 2 本作製した。コンクリートの配合を表 2 に示す。主鉄筋およびスターラップには D6 を使用した。

図 1 に配筋図を示す。

2.2 荷重方法及び計測項目

図 2 に示すように 2 点对称の曲げ試験（スパン 800mm）を実施し，破壊性状を確認するとともに，荷重－変位曲線を計測した。なお，試験機の都合により変位 25mm 程度で試験を終了とした。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れ性状

一例として，図 3 に高強度コンクリート中空梁の荷重試験後のひび割れ状況を示す。ウレタンの有無に限らず曲げひび割れ発生後に梁上縁の圧壊により終局を向えた。このひび割れ性状は普通コンクリート中空梁においても同様の結果であった。

3.2 荷重－変位曲線

図 4 に荷重－変位曲線を示す。また，各荷重および各荷重時の変位を表 3 に示す。表中の比は，ウレタン

表 1 実験ケース

	コンクリート		鉄筋	ウレタン	炭素繊維		試験体 本数
	種類	W/C(%)			長さ(mm)	混入率(%)	
中空梁	普通コンクリート	50	主鉄筋(D6) スターラップ(D6)	注入	3	2.5	2
				無注入			2
	高強度コンクリート	30		注入			2
				無注入			2

表 2 コンクリートの示方配合

水セメント比(%)	W/C	空気量 (%)	単位量(kg/m³)						
			W	C	S	G	Ad1	Ad2	Ad3
50	5	168	337	754	984	3.37	3.37	-	-
30	5	168	561	674	880	-	-	-	4.49

水：水道水
セメント：早強ポルトランドセメント 表乾密度 3.14g/cm³
細骨材：千葉県君津市宿産 表乾密度 2.46g/cm³
粗骨材：東京都西多摩郡産 表乾密度 2.67g/cm³
AE 減水剤：25%水溶液 (Ad1)
補助 AE 剤：1%水溶液 (Ad2)
高性能減水剤 (Ad3)

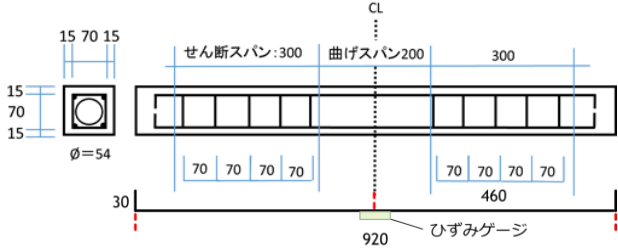


図 1 鉄筋配置図及び断面図

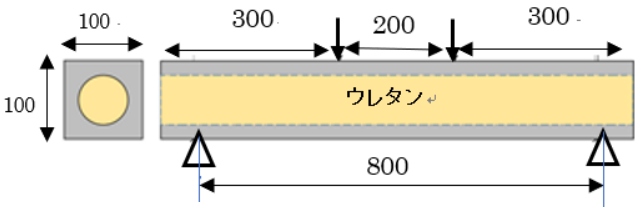


図 2 2 点对称の曲げ試験



(a) ウレタン無注入



(b) ウレタン注入

図 3 ひび割れ性状（高強度コンクリート）

キーワード 電柱，ウレタン，中空はり，炭素繊維

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL：03-5707-0104（代） E-mail：nkuri@tcu.ac.jp

表 3 実験結果一覧

ウレタン	鉄筋	W/C(%)	ひび割れ時						降伏時						最大時					
			荷重			変位			荷重			変位			荷重			変位		
			値(kN)	平均(kN)	比	値(mm)	平均(mm)	比	値(kN)	平均(kN)	比	値(mm)	平均(mm)	比	値(kN)	平均(kN)	比	値(mm)	平均(mm)	比
無注入	有	50	4.75	6.18	1.00	0.27	0.62	1.00	15.00	15.25	1.00	12.40	12.45	1.00	15.8	15.5	1.0	11.4	11.5	1.0
			7.60			0.97			15.50			12.50			15.2			11.6		
		30	6.60	6.53	1.00	0.46	0.37	1.00	18.00	18.25	1.00	13.00	13.40	1.00	19.7	19.8	1.0	24.4	23.8	1.0
			6.45			0.28			18.50			13.80			19.8			23.3		
			2.55			0.07			16.52			7.20			16.7			7.2		
			2.90			0.07			17.67			9.87			17.7			10.0		
注入	有	50	5.80	5.58	0.86	0.49	0.44	1.18	18.02	17.64	0.97	13.99	16.38	1.22	18.2	18.6	0.9	13.3	17.5	0.7
			5.36			0.38			17.27			18.77			19.0			21.7		
		30	2.55			0.07			16.52			7.20			16.7			7.2		
			2.90			0.07			17.67			9.87			17.7			10.0		
			5.80			0.49			18.02			13.99			18.2			13.3		
			5.36			0.38			17.27			18.77			19.0			21.7		

無注入の結果に対する比を示している。

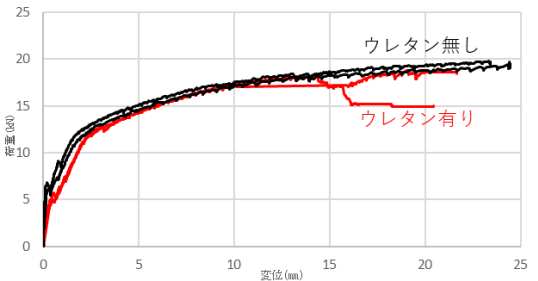
荷重－変位曲線の形状は、通常の RC 梁と同様のものとなり、ウレタンを注入したことによる大きな形状の変化はなかった。各荷重においては、高強度コンクリートでは各荷重値にウレタン有無の差異はほとんどなかった。普通コンクリートの最大荷重において、ウレタン無注入に対して、ウレタンを注入すると最大荷重が 1.1 倍となり、炭素繊維を混入したウレタンの補強効果が表れた。実際の電柱はコンクリート断面積に比べ中空部の断面積割合が大きくなっている。そのため中空部のウレタン補強効果が発揮されやすいと考える。今後、実際の電柱の断面比率に近づけたケースを検討する必要があると考える。

3.3 炭素繊維混入状況

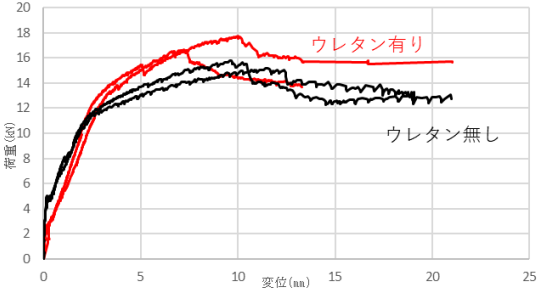
図 5 に、載荷試験後の中空梁（ウレタン注入）の断面をコンクリートカッターで切断した切断面を示す。切断位置は梁中央部付近とした。また、ウレタンを注入する際は、コンクリートは乾燥状態としており、また、コンクリートを打ち継ぐ際に施される表面処理は行っていない。図より、中空部に隙間なくウレタンが注入されていることが分かる。さらに、表面処理を行っていないが、ウレタンはコンクリートにしっかりと付着しており、載荷において付着がはがれたような状況は確認できなかった。ただ、注入されたウレタンを良く観察すると、わずかながらに炭素繊維の混入ムラが確認された。今後より均一な混入・注入方法の工夫が必要と考えられる。

4. まとめ

以上より、炭素繊維を混入したウレタンを中空部に注入した RC 梁の破壊性状を検討した。その結果、中空部へのウレタンの注入状況は良好であり、隙間なく注入を行えた。しかし、普通コンクリートにおいては最大荷重に補強効果を確認できたが、高強度では補強効果を確認出来なかった。

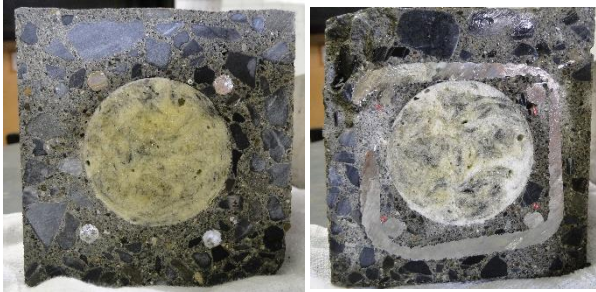


(a) 高強度コンクリート



(b) 普通コンクリート

図 4 荷重－変位曲線



(a) 高強度コンクリート (b) 普通コンクリート

図 5 ウレタンの注入状況

謝辞

本研究は、株式会社アップコンとの共同研究であり、材料の提供・施工を行っていただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 国土交通省：地震等による電柱の倒壊状況，http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_05.html
2) 大塚希多郎：下面にウレタン補強した無筋コンクリート梁の補強効果の検討，平成 29 年度東京都市大学卒業論文