

V-41 2層構造ポーラスコンクリートはりの曲げおよびせん断耐力

阿南工業高等専門学校 学生会員 ○柳川貴裕
阿南工業高等専門学校 正会員 天羽和夫
高知工業高等専門学校 正会員 横井克則
徳島大学工学部 フェロー 水口裕之

1. はじめに

近年、地球的規模で環境問題が深刻化し環境保全の声が高まりつつあり、コンクリートの分野においても自然環境に貢献する資材としてポーラスコンクリートが開発され、透水・排水性舗装、吸音・防音壁、水質浄化工、緑化コンクリート等への実用化が進められている^①。本研究では、ポーラスコンクリートの利用拡大を図るため、鉄筋を主筋としたポーラスコンクリートはりとしての利用を考えた。しかし、ポーラスコンクリートは空気や水を通しやすいことから鉄筋の腐食が考えられるため、鉄筋部に普通コンクリートを用い、それ以外はポーラスコンクリートを用いた2層構造のRCはりを作製して、曲げせん断試験を行い、主筋比や有効高さなどを変化させた場合の力学的特性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料とコンクリートの配合

主筋には、SD345のD6、D10、D13およびD16の4種類を使用した。コンクリート用材料としては、普通ポルトランドセメント（比重3.16）、最大寸法が15mmと20mmの海部川産砕石（比重2.68）および那賀川産川砂（比重2.62）を用いた。配合については、普通コンクリートでは骨材の最大寸法を15mmとし、水セメント比を変化させた。また、ポーラスコンクリートでは水セメント比27%の一定とし、目標空隙率が15、20および25%になるように行った。また、コンクリートの強度は、φ10×20cmの円柱供試体から求めた。この時に、応力とひずみの関係も同時に測定した。

2.2 試験体および載荷方法

本実験では、表-1に示すような諸条件を変化させた15体のポーラスコンクリートはりと比較用はりとして全体が普通コンクリートである1体を作製した。なお、No.9の試験体のみ2層構造の普通コンクリート部を50%まで大きくして、下縁から10cmまで主筋を囲むように普通コンクリートで打設し、それ以外は普通コンクリート部を5cmとした。また、No.14では普通コンクリートの強度を他の試験体より小さく、逆にNo.15は普通コンクリートの強度を大きくした。試験体の形状および寸法の一例を図-1に示す。載荷は2点集中荷重とし、静的荷重をほぼ2KN間隔で一方向に単調に増加させ破壊に至らしめた。

3. 実験結果および考察

はりの作製時に作った円柱供試体の圧縮強度および弾性係数を用いて、土木学会の算定式から求められる終局荷重（曲げ耐力）、斜めひび割れ発生荷重（せん断耐力）の値と本実験結果の値を比較したものを表-2に示す。

表-1 試験体の種類

試験体	a/d	主筋比(%)	はり高さ (cm)	有効高さ (cm)	空隙率 (%)	骨材法 (mm)	
No.1	3.5	0.96(2-D13)	20	17.5	15	15	
No.2							
No.3	2.0				20		20
No.4							
No.5	3.5	1.51(2-D16)			0.96(2-D13)	25 普通コン	15
No.6		0.54(2-D10)					
No.7							
No.8							
No.9							
No.10	2.0	0.96(2-D13)	15	12.5	20	20	
No.11							
No.12	3.5	0.21(2-D6)	20	17.5			
No.13	2.0						
No.14	3.5						
No.15	2.0						0.96(2-D13)
No.16							

表-2 予想および最終破壊形式

試験体	計算値		実験値 最大 荷重 (KN)	曲げ耐力／ せん断耐力 (1以上 せん断破壊)	予想 破壊形式	最終 破壊形式
	せん断 耐力 (KN)	曲げ 耐力 (KN)				
No.1	51.6	47.7	49.6	0.92	曲げ引張	曲げ引張
No.2	46.8	46.1	47.2	0.99	曲げ引張	曲げ引張
No.3	68.9	80.3	67.9	1.17	せん断	せん断
No.4	46.5	45.9	44.8	0.99	曲げ引張	曲げ引張
No.5	54.4	66.2	41.1	1.22	せん断	せん断
No.6	38.7	25.5	29.2	0.66	曲げ引張	曲げ引張
No.7	37.0	39.2	31.6	1.06	せん断	せん断
No.8	60.3	49.6	47.9	0.82	曲げ引張	曲げ引張
No.9	46.4	45.9	48.9	0.99	曲げ引張	曲げ引張
No.10	40.2	42.7	46.0	1.06	せん断	曲げ引張
No.11	59.4	75.2	55.0	1.27	せん断	せん断
No.12	29.3	12.4	13.5	0.42	曲げ引張	曲げ引張
No.13	41.3	21.6	25.5	0.52	曲げ引張	曲げ引張
No.14	44.6	45.0	49.1	1.01	せん断	曲げ引張
No.15	65.6	78.4	55.3	1.20	せん断	せん断
No.16	64.3	77.6	64.6	1.21	せん断	せん断

3.1 曲げひび割れ発生荷重

実験値と計算値およびそれらの比を表－3に示す。計算値は従来から用いられている弾性理論に基づき行った。なお、実験値ははり下縁部に貼ったひずみゲージと目視とで判断した。その結果、計算1（下層部）ではすべての試験体で実験値が計算値を大きく下回ったが、計算2（上層部）では比較的精度良く求めることができた。また、2層構造の普通コンクリート部を50%まで大きくしたNo.9試験体においても同様な傾向が見られ、下層部の普通コンクリートの強度変化についてもその影響は見られなかった。したがって2層構造の場合、曲げひび割れ発生荷重は上層部のコンクリート強度に影響を受けることが考えられる。

3.2 斜めひび割れ発生荷重

計算値は既往の調査^②により、a/dが2.5より小さい試験体については石橋らの式、大きい試験体については二羽らの式を用いた。また、土木学会コンクリート標準示方書の式を用いた計算も行った。実験値については、ポーラスコンクリートの場合にはひび割れ発生判定がたいへん困難なため、目視と荷重－たわみ曲線で判断した。それらの結果を、表－4に示す。その結果、a/dが2.0の供試体については示方書による計算値は実験値に比べ相当大きい結果を示したが、石橋式で計算された結果は若干実験値が小さくなる傾向にあるが比較的精度の良い結果となった。a/dが3.0の供試体については実験値が計算値よりもやや小さくなるが、計算値を安全側に示す傾向にある示方書^②では比較的近い値となった。総合的に考えると、斜めひび割れ発生荷重を従来の計算式と比較した場合、実験値は計算値よりも0～20%程度低下すると考えられる。これはポーラスコンクリート部におけるせん断力に対する抵抗力が低下しているためと考えられるが、No.16の試験体における実験結果においては空隙率や骨材寸法の影響は特に見られなかった。

3.3 終局荷重

終局荷重の計算値と実験値およびそれらの比を表－5に示す。終局耐力の算定には、平面保持を仮定し等価応力ブロックを用いる従来と同様な方法で行った。また、コンクリートの強度は各試験体のポーラスコンクリートの強度を用いて計算を行った。その結果、実験値と計算値は近い値を示しており、従来の計算方法で終局荷重を示すことができた。しかし、低鉄筋比であるNo.6、No.12およびNo.13の試験体では実験値が計算値に比べて若干大きくなる傾向となった。

結 論

- (1) 曲げひび割れ発生荷重は、その算定において上層部のコンクリート強度を用いると実験値は計算値と一致する。
- (2) 斜めひび割れ発生荷重は、現在提案されている算定式に若干の考慮が必要となる。
- (3) 終局荷重は、従来の平面保持を仮定する方法で比較的精度良く求まる。しかし、用いる主筋が低鉄筋比の場合は、若干実験値が計算値と比べて大きくなる。

＜参考文献＞

- (1) エココンクリート研究委員会編：エココンクリート研究委員会報告集、日本コンクリート工学協会、1995.11
- (2) 横井克則・島 弘・水口裕之：RCせん断耐力算定式のFRP ロッドで補強したはりに対する適用性、コンクリート工学年次論文集、Vol.14, No.2, pp.713-716, 1992.6

表－3 曲げひび割れ発生荷重

試験体	曲げひび割れ発生荷重				
	実験値	計算1	比1	計算2	比2
No.1	11.4	16.1	0.69	11.8	0.97
No.2	8.6	16.1	0.53	9.7	0.89
No.3	21.8	28.1	0.78	16.9	1.29
No.4	9.9	16.1	0.61	9.6	1.03
No.5	10.9	16.1	0.68	9.7	1.12
No.6	8.3	16.1	0.52	9.7	0.86
No.7	7.0	16.1	0.43	6.1	1.15
No.8	15.0	16.1	0.93	—	—
No.9	10.3	24.3	0.42	9.5	1.08
No.10	7.8	18.9	0.41	7.4	1.05
No.11	12.8	33.3	0.38	13.1	0.98
No.12	9.9	24.3	0.41	9.5	1.04
No.13	15.7	37.8	0.42	15.3	1.03
No.14	8.8	18.6	0.47	8.8	1.00
No.15	17.6	46.1	0.38	15.3	1.15
No.16	15.7	37.8	0.42	14.7	1.07

備考) 計算1:普通コン、計算2:ポーラス、比=実験/計算

表－4 斜めひび割れ発生荷重

試験体	斜めひび割れ発生荷重(KN)				
	実験値	計算値1	比1	計算値2	比2
No.3	67.9	68.9	0.99	38.9	1.75
No.5	41.1	54.4	0.76	45.2	0.91
No.7	31.6	37.0	0.85	30.7	1.03
No.11	55.0	59.4	0.93	33.5	1.64
No.15	55.3	65.6	0.84	37.0	1.49
No.16	64.6	64.3	1.00	36.3	1.78

備考) 計算1:No.3,11,15,16石橋式 No.5,7二羽式
計算2:示方書式、比=実験/計算

表－5 終局荷重

試験体	終局荷重(KN)		
	実験値	計算値	比
No.1	49.6	47.7	1.04
No.2	47.2	46.1	1.02
No.4	44.8	45.9	0.98
No.6	29.2	25.5	1.15
No.8	47.9	49.6	0.97
No.9	48.9	45.9	1.07
No.10	46.0	42.7	1.08
No.12	13.5	12.4	1.09
No.13	25.5	21.6	1.18
No.14	49.1	45.0	1.09

備考) 比=実験/計算