

自己充填型曲げ補強ポーラスコンクリートの開発研究

正会員 ○大谷 俊浩^{*1} 同 村上 聖^{*2} 同 佐藤 嘉昭^{*3} 同 三井 宜之^{*4}
同 清原 千鶴^{*5} 同 平居 孝之^{*6} 同 三島 剛^{*7}

1. 材料施工-2. モルタル・コンクリートの物性

ポーラスコンクリート, 曲げ補強, 自己充填, エコマテリアル

1. はじめに

ポーラスコンクリートは内部に連続した空隙を有しており, その形状特性から, 透水, 植生, 漁礁, 吸音などの効果が期待され, 様々な研究・開発が行われている。ポーラスコンクリートはそれら機能特性を満足するために必要とされる空隙率を確保する必要があり, 空隙率を増加すれば強度が低下するため, 両者のバランスによって調合が決定されている¹⁾。

ポーラスコンクリートの適用箇所として, 道路の排水性舗装では曲げ応力が作用することから, 曲げ応力に対する検討が重要であることがわかる。しかしながら, ポーラスコンクリートの曲げ強度特性に関する研究は少なく, 曲げ補強のために下層に鉄筋コンクリートや PC を配した複合版に関する研究^{2, 3)}がみられる程度である。ポーラスコンクリートのみで大きな曲げ強度を負担させる場合はこのような補強方法が必要であると考えられるが, このような大規模の曲げ補強を必要としない箇所へ適用する場合, より簡易な補強方法の開発が望まれる。

そこで本研究では, これまでポーラスコンクリートでは, いかに結合材を垂れさせないようにするかという視点から行われてきた研究を, 発想を転換して, 結合材を積極的に垂れさせ, その結合材を下部に充填することで曲げに対する抵抗力を保持させる, 自己充填型曲げ補強ポーラスコンクリートの開発を行うことを目的とする。

2. 試験方法

実験に使用した材料を表1に示す。セメントは高炉セメント B 種, 骨材は砕石 5 号をそれぞれ使用した。

調合は表2に示すように, セメントペーストは水セメント比を 25% で一定とし, フロー値を高性能 AE 減水剤によって約 200mm に調整したものとした。また, 上部ポーラス部分の空隙率を 15, 20, 25% の 3 水準,

表1 使用材料

セメント	高炉セメントB種:密度	3.04 g/cm ³
粗骨材	砕石5号:表乾密度	2.62 g/cm ³
	吸水率	1.40 %
	粒径	13~20 mm
	実積率	57.6 %
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)	

中実部分の高さを 0, 10, 25, 45, 70, 100mm の 6 水準に設定し, それらの組合せで 14 種類の調合とした。なお表中の調合番号 1 番の中実高さ 100mm とは, 普通コンクリートで行う調合ではなく, 骨材の空隙部分をセメントペーストですべて充填するような調合としている。

混練方法は, まず, 容量 100ℓ強制二軸ミキサでセメントおよび骨材を 30 秒間練り混ぜ, 次に水および混和剤を投入して 150 秒間練り混ぜてポーラスコンクリートを作製した。

成型方法として, 一括製造の場合は, 10×10×40cm 鋼製型枠に 2 層詰めとし, 各層を突き棒で 87 回突き固め, 上層まで詰めた後, セメントペーストが垂れて中実部分の高さが所定の高さに来るまで卓上バイブレータ(振動数 3000vpm, 振幅 1.5mm) で加振した。一方, 分割製造の場合は, 所定の中実高さまで調合 1 の空隙率 0% のコンクリートを詰めて上面が平坦になるように卓上バイブレータで加振した後, 残りの部分に調合 9 のポーラスコンクリートを 1 層で詰め, 突き棒で 87 回突き固めた。図 1 および図 2 に作製した供試体の小口面の写真を示すが, 中実部分の高さにばらつきが見られたものの, 中実部分にはセメントペーストが確実に充填されていた。また, 分割製造した供試体では, 下層コンクリートと上層ポーラスコンクリートが十分に付着していることが確認できた。

作製した供試体は翌日に脱型し, 20°C 水中養生材齢 14 日で容積法による連続空隙率および全空隙率の測

Study on Flexural Reinforcement of Porous Concrete Using its Binder

OTANI Toshihiro, MURAKAMI Kiyoshi, SATO Yoshiaki, MITSUI Yoshiyuki, KIYOHARA Chizuru, HIRAI Takayuki and MISHIMA Tsuyoshi

表2 調査

調査	粗骨材種類	水セメント比 (%)	製造方法	中実高さ (mm)	空隙率 (ポーラス部) (%)	空隙率 (全体) (%)	単位質量 (kg/m ³)			単位質量 (g/m ³)
							C	W	G	SP
1	5号	25	一括	100	-	0	732.4	183.1	1509.1	4028.0
2				70	20	6	628.7	157.2	1509.1	3458.0
3				45	15	8.25	589.9	147.5	1509.1	3244.3
4					20	11	542.4	135.6	1509.1	2983.0
5					25	13.75	494.9	123.7	1509.1	2721.8
6				25	20	15	473.3	118.3	1509.1	2603.0
7				10	20	18	421.5	105.4	1509.1	2318.0
8				0	15	15	473.3	118.3	1509.1	2603.0
9					20	20	386.9	96.7	1509.1	2128.0
10					25	25	300.5	75.1	1509.1	1653.0
11			70		20	6	調査1と調査9を使用			
12			45	20	11					
13			25	20	15					
14			10	20	18					

注) C:セメント, W:水, G:粗骨材, SP:高性能AE減水剤

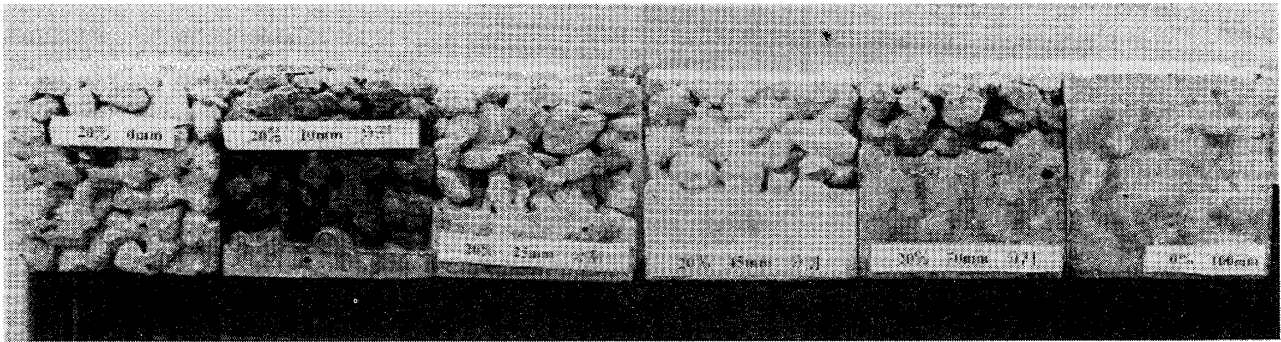


図1 供試体小口面写真 (分割製造)

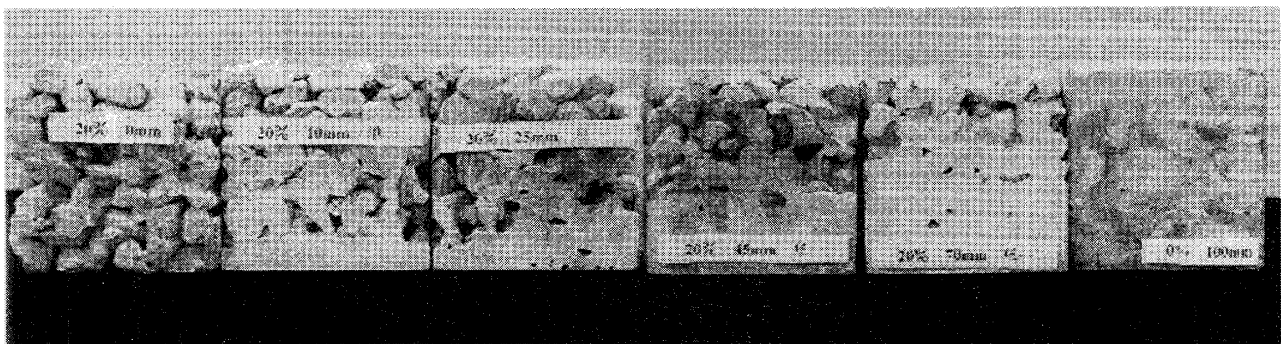


図2 供試体小口面写真 (一括製造)

定を行った後、再び 20°C水中養生を継続して材齢 28 日で曲げ強度試験を行った。

曲げ強度試験は、スパン 300mm, 打設面を上とした 3 等分点曲げ載荷とし、荷重が均一にかかるように上面載荷点部分にセメントペーストによるキャッピングを施した供試体を用いて、容量 250kN 変位制御型試験機にて行った。なお、供試体は表乾状態とした。

3. 試験結果および考察

表 3 に空隙率測定結果および曲げ強度試験結果を示す。一部ポーラス部分の空隙率が目標値より 5%以上低い値を示したものが存在した。これらは一括製造を行った供試体であり、加振が不十分で結合材の低下量が少なく、ポーラス部分の空隙率が低くなったものと考えられる。また、調査 8 のポーラス部分の空隙率が

表3 空隙率測定結果および曲げ強度試験結果

調査 番号	製造 方法	目標 中実部高さ (mm)	中実部 高さ (mm)	単位容積 質量 (g/cm ³)	ポーラス部 目標空隙率 (%)	ポーラス部 連続空隙率 (%)	ポーラス部 全空隙率 (%)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ タフネス (kN・mm)	破断時 圧板間変位 (mm)
1	一括	100	-	2.45	0	-	-	6.57	8.51	1.19
2		70	67.0	2.33	20	10.8	11.9	5.53	5.08	0.95
3		45	55.8	2.29	15	14.1	15.5	6.28	6.22	0.97
4		45	42.8	2.27	20	12.0	13.2	6.47	7.03	1.12
5		45	45.5	2.18	25	18.4	20.0	6.01	6.92	1.14
6		25	15.7	2.10	20	14.3	15.5	4.61	5.07	1.11
7		10	10.6	2.04	20	15.7	17.0	4.29	4.51	1.05
8		0	-	1.92	15	22.5	23.2	2.74	2.68	0.84
9		0	-	1.98	20	19.6	20.3	2.66	2.15	1.15
10		0	-	1.90	25	24.5	25.3	2.48	2.11	0.71
11	分割	70	73.2	2.32	20	20.7	21.5	5.65	5.36	0.87
12		45	45.7	2.22	20	16.9	17.9	5.93	5.87	1
13		25	28.8	2.09	20	21.4	22.4	4.33	3.66	0.87
14		10	10.4	2.01	20	20.3	21.0	3.01	2.64	0.86

目標値より約 8%大きい値を示したが、これは突き棒による締め込みが不十分であったためと考えられる。

図3に製造方法の違いが中実高さと曲げ強度の関係に及ぼす影響を示す。図中の中実高さは目標値ではなく、実測値で表している。図より一括製造および分割製造ともに曲げ強度は中実部高さが約45mmまでは直線的に増加するが、それ以降はほぼ横ばいの値を示していることがわかる。この様な結果を示した原因として中立軸が挙げられる。これらの供試体は50mm付近に中立軸が存在していると考えられ、それよりも中実高さが下部の場合は中実高さが高くなるほど曲げ強度は直線的に増加するが、中実高さが中立軸を超えて高くなり圧縮側を結合材で充填しても曲げの補強効果が得られなかったものと考えられる。

図4に上部ポーラス部分の空隙率の違いが中実部高さと曲げ強度の関係に及ぼす影響を示す。図より、上部のポーラス部分の空隙率が変化しても、ほとんど曲げ強度に及ぼす影響はないことがわかる。そのため、下層部を結合材で充填し曲げ補強を行った場合、曲げ強度はポーラス部分の空隙率より中実部高さによって大きく影響を受けていると考えられる。

図5に中実部高さと破断時圧板間変位の関係を示す。図より、中実部高さが変化しても破断時の圧板間変位に変化はみられない。また製造方法の違いが破断時圧板間変位に及ぼす影響は少ないといえる。ここで図示していないが、上部ポーラス部分の空隙率の違いが破

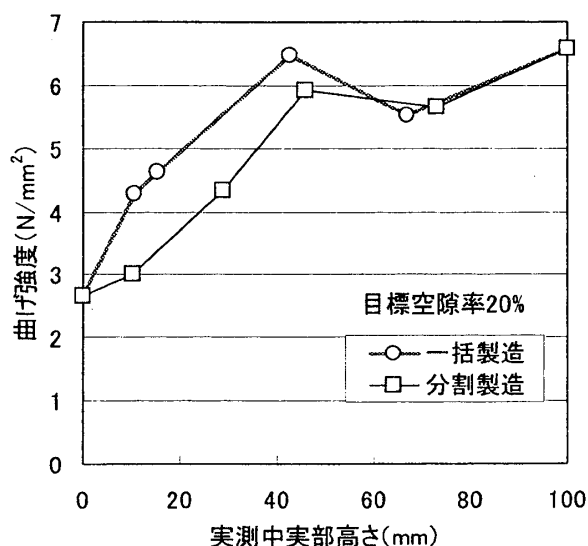


図3 中実高さと曲げ強度の関係 (製造方法の違い)

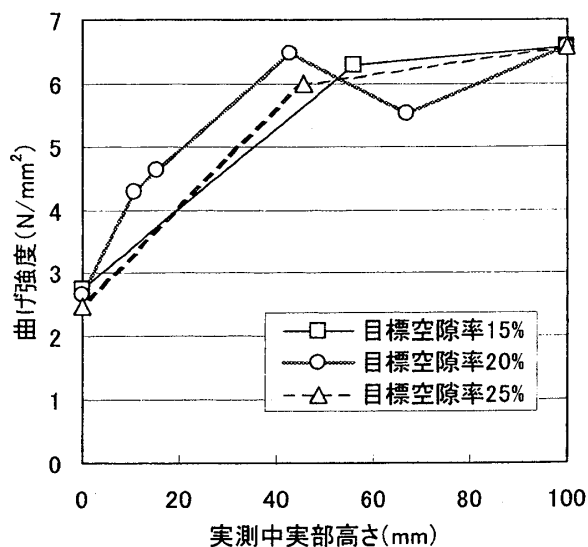


図4 中実高さと曲げ強度の関係 (上部空隙率の違い)

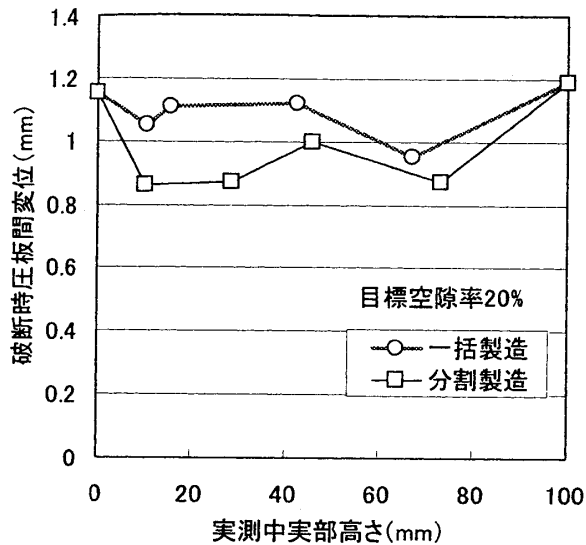


図5 中実高さと破断時圧板間変位の関係
(製造方法の違い)

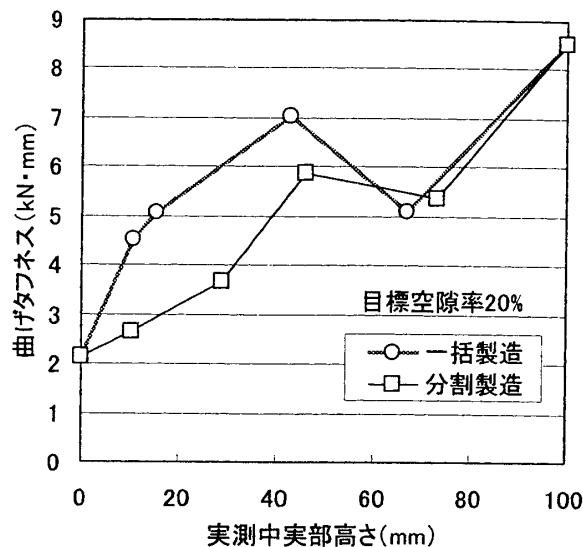


図6 中実高さと曲げタフネスの関係
(製造方法の違い)

断時圧板間変位に及ぼす影響も見られなかった。

図6に中実高さと曲げタフネスの関係を示す。図より、中実高さの増加とともに曲げタフネスが増加していることがわかる。しかしながら、曲げ強度と同じ傾向を示しており、破断時の圧板間変位に変化が見られないことから、中実高さを高くしても曲げ靱性に対する改善効果はあまりないと考えられる。また、ここでは図示していないが、破断時圧板間変位と同様に、上部ポーラス部分の空隙率の違いが曲げタフネスに及ぼす影響は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、卓上バイブレータの加振により結合材を下部に垂れさせることでポーラスコンクリートの曲げ補強が可能であるか検討を行った。その結果、本手法で曲げ補強を行っても、下層にコンクリートを打設して上部にポーラスコンクリートを打設する分割製造方法と同等以上の曲げ補強効果が得られることが確認できた。

今回の実験では使用骨材、水セメント比、フロー値、振動数および振幅といった加振条件などを一定として

供試体を作製したが、結合材が均一に充填されずに供試体の長辺方向の充填高さにばらつきがある供試体が見られた。そこで今後の検討課題として、結合材を均一に充填する方法を選定し、また骨材粒径の影響などについても検討する必要があると考えられる。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、大分大学遠矢義秋技官、同卒研究生藤田純君、湯山みのりさんらに御助力賜りました。ここに記して、深謝いたします。

【参考文献】

- 1) エココンクリート研究委員会:ポーラスコンクリートの物性試験方法(案), 日本コンクリート工学協会, 1995
- 2) 古川浩司ほか:ECC との組合せによるポーラスコンクリート RC・PC 複合版の性能改善, 日本コンクリート工学協会ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム委員会中間報告・論文集, pp.85-90, 2002.5
- 3) 鳥屋隆志ほか:排水性プレキャスト PC 舗装版に関する実験, 日本コンクリート工学協会ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム委員会中間報告・論文集, pp.97-104, 2002.5

*1 大分大学工学部福祉環境工学科 助手・工修

*2 熊本大学大学院自然科学研究科 助教授・工博

*3 大分大学工学部建設工学科 教授・工博

*4 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

*5 大分大学工学部建設工学科 助手・工修

*6 日本文理大学工学部建築デザイン学科 教授・工博

*7 大分大学大学院博士前期課程

Research Associate, Dept. of Human Welfare Eng., Faculty of Eng., Oita University, Mr. Eng.

Prof., Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architectural Eng., Faculty of Eng., Oita University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Kumamoto University, Dr. Eng.

Research Associate, Dept. of Human Welfare Eng., Faculty of Eng., Oita University, Mr. Eng.

Prof., Dept. of Architectural Designs, Nippon Bunri University, Dr. Eng.

Graduate Student, Master's Course of Architectural Eng., Oita Univ.