

軽量屋上保水ブロックの開発に関する研究

宇都宮大学工学部 学生会員 ○ ヴォンタンヴァン
 宇都宮大学工学部 正会員 藤原浩己
 宇都宮大学工学部 学生会員 川島顕

1. 研究概要

近年、都市特有の気候として都市部の気温がその周辺地域に比べて上昇するというヒートアイランド現象が深刻化している。ヒートアイランド現象を引き起こす原因は、緑地や水面などの面積が減少する一方で、建物や道路などの人工構造物が増加することにより、自然に行われていた蒸発散量が減少すること、また人工構造物からの多大な熱放射によって、大気内に熱が蓄えられることが考えられ、都市の熱環境を悪化させている。したがって、都市における熱環境の悪化を緩和するには、地表面被覆の改善や屋上保水性ブロックの開発が有効と考えられる。屋上保水性ブロックでは、保水性を有することで、雨天時には雨水が屋上に設置された保水性ブロックに吸収され、晴天時には保水された水分が蒸発する。その時、水分が周辺の熱を吸収することで気温や室内温度を低減することができ、ヒートアイランド現象の緩和に効果があると考えられる。また、屋上での荷重、運搬コスト、作業性を考慮し、軽量であることが望ましい。そこで、本研究は環境配慮型コンクリートブロックとして、リサイクル材料を資源としてその特徴を生かし、軽量でかつ保水性能を持った即脱コンクリートブロックを開発することを検討した。

2. 配合選定実験

本研究では、強度 1N/mm^2 、吸水率 80%、密度 1g/cm^3 のブロックを設定する目標とした。目標を達成するため各種材料を段階的に用いて、軽量保水性ブロックを試作し、特性を把握した。

2.1 使用材料

使用材料を表 1 に示す。今回ブロック保水性を付与させるにあたり、リサイクル材料を用いた。よって、以下にこれらの特徴を示す。

パーライトくずとは、真珠岩等水分を含むガラス質流紋岩類を粉碎後、高温で焼成・発泡させたパーライトの製造において、品質を満足しなかったものである。製品となったパーライトは非常に軽量であり、発泡により多孔質構造であり、高い吸水性を有する。パーライトくずについても同様に高い吸水性が確認された。本研究では、ブロックの保水性向上および軽量化を目的とし、これを使用した。

PS 灰は、製紙業から出る廃棄物のうちの大部分である製紙汚泥（ペーパースラッジ）を焼却処理した後に残る灰である。ペーパースラッジには、製紙原料のうち、紙とならない微細繊維や、タルク、カオリンなどの填料、及び古紙混入異物などが含まれている。これを焼却処理した PS 灰は SiO_2 を多く含み、ポゾラン反応が期待できる。本研究では、粉体であるため、吸水率が高いこと、ポゾラン反応による強度増加が見込まれるため、これを使用した。

また、本研究では、繊維を使用した。これは、導管状の形状を有し、繊維質量の 80% の水分を保持することができるものであるため、今回、強度確保及び吸水率向上のため、これを使用した。

表 1 使用材料

種別	記号	材料名	平均繊維長 (mm)	吸水率 (%)	密度 (g/cm^3)
水	W	上水道	-	-	1.00
粉体	C	普通ポルトランドセメント	-	-	3.15
	PA	パーライトくず	-	-	0.52
	PW	硬質パーライト	-	-	0.50
	PS	PS灰	-	20.60	2.27
繊維	UF	コンクリート補強用天然系繊維	2.30	85.00	1.10
混和剤	SP	レオビルド 8000Ss	-	-	1.05

表 2 基本配合

BASE	単位量 (kg/m^3)					
	C	PA	PS	W	UF500	SP
基本配合	320	329	200	149	5	11

キーワード： ヒートアイランド現象 軽量保水性ブロック リサイクル材料 パーライト

連絡先：〒321 - 8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室 TEL 028-689-6209

表 3 試験結果

No	セメント量 (kg/m ³)	PS (kg/m ³)	体積率PA:PW	実密度 (g/cm ³)	強度 (N/mm ²)	吸水率(%)
1	220	160	100-0	0.98	4.20	49.34
2			50-50	1.09	7.33	42.66
3			0-100	1.23	10.33	30.27
4		220	100-0	1.00	3.50	48.85
5			50-50	1.08	3.86	41.49
6			0-100	1.10	7.84	33.66
7		240	100-0	0.96	2.33	52.48
8			50-50	1.05	3.84	46.01
9			0-100	1.15	8.13	39.19
10	270	160	100-0	0.98	2.81	49.67
11			50-50	1.15	6.08	34.22
12			0-100	1.23	14.77	32.90
13		220	100-0	1.04	4.61	44.75
14			50-50	1.09	4.85	42.34
15			0-100	1.23	14.71	32.92
16		240	100-0	1.07	4.63	43.18
17			50-50	1.11	6.01	42.56
18			0-100	1.16	10.55	36.43
19	320	160	100-0	1.19	5.04	39.56
20			50-50	1.33	8.32	37.12
21			0-100	1.52	19.30	24.59
22		220	100-0	1.13	3.92	46.59
23			50-50	1.31	6.18	40.86
24			0-100	1.49	16.14	32.13
25		240	100-0	1.16	4.48	45.42
26			50-50	1.30	8.11	40.73
27			0-100	1.40	13.97	30.57

2.2 配合条件

基本配合を表 2 に示す。既往の研究^{1) 2)}より、単位セメント量 320kg/m³、単位水量 160kg/m³、単位 PS 灰量 200 kg/m³としたものを基本配合とした。これを基に、単位セメント量を 220、270 及び 320 kg/m³の 3 水準、単位 PS 灰量を 160、200 及び 240kg/m³の 3 水準、細骨材のパーライトくずに対する硬質パーライト体積置換率を 0、50 及び 100%の 3 水準を組み合わせ、合計 27 配合について試験を行い、強度・吸水率・密度についてその傾向を把握した。

練り混ぜには、公称容量 10L のオムニミキサーを用いた。練り混ぜ方法は、材料投入後 30 秒間空練りし、練り混ぜ水投入後 1 分間練混ぜた。

2.3 試験項目

圧縮強度試験：JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準拠して行った。また供試体寸法及び質量を測定し、見かけ密度の算出を行った。

吸水率試験：JPEA の定める「保水性舗装用コンクリート品質規格」における吸水性試験方法に飽水質量を測定したものを加え、吸水率を算出した。

なお、供試体は成型後、最高温度 65 で蒸気養生を行った後材齢 1 日で強度試験を行った。

2.4 試験結果：

試験結果を表 3 に示す。図 1 及び図 2 に密度と吸水率の関係を示す。

表 3 より、圧縮強度について全配合が目標の 1 N/mm²

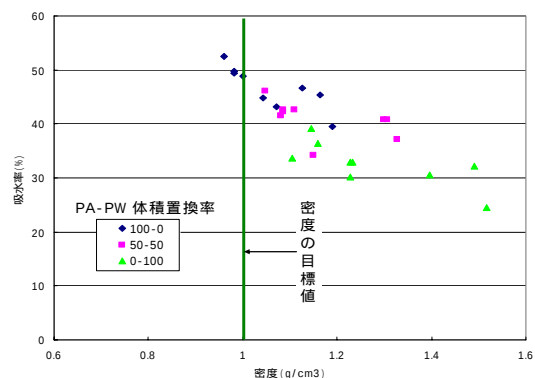


図 1 PA-PW 体積置換毎のブロック実密度と吸水率関係

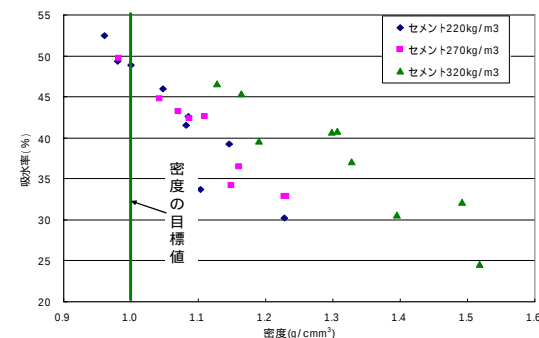


図 2 単位セメント量毎のブロック実密度と吸水率関係

を満足した。これは、PS 灰のポズラン反応が十分に生じたため、圧縮強度が増大したことが要因だと考えられる。

図 1 より、パーライトくずに対する硬質パーライトの体積置換が 100%の場合、ブロックの密度が目標値を満足した。吸水率に関しても体積置換が 100%の場合は、目標値を満足しないものの良好な傾向を示した。これは、パーライトくずにおける吸水率が硬質パーライトのそれより高いことが原因だと考えられる。

また、図 2 より、単位セメント量の増加に伴いブロックの実密度は増加したことが分かる。今回、全配合において圧縮強度の目標値を満足したため、ブロック軽量化を考慮し、以下の試験では単位セメント量を 220 kg/m³とすることとした。

3. パーライトの選定

3.1 実験概要：

前節の結果、吸水率は最大値が 50%前後となり、目標値の 80%を満足する配合は得られなかった。ここでは、吸水率が目標値に達するように、パーライトの種類を変え、ブロックの吸水率向上を目的とした検討を行った。ここでは 3 種類のパーライトを用いて実験を

表 4 使用材料

種別	記号	材料名	粒度 (mm)	平均繊維 長(mm)	吸水率 (%)	密度 (g/cm ³)
水	W	上水道	-	-	-	1.00
粉体	C	普通ポルトランドセメント	-	-	-	3.15
	P5B	硬質パーライト	5以下	-	-	0.20
	P2	パーライト細	2.5以下	-	-	0.15
	P3	パーライト粗	5以下	-	-	0.17
	PS	PS灰	-	-	20.60	2.27
繊維	UF	コンクリート補強用天然系繊維	-	2.30	85.00	1.10
混和剤	SP	レオヒルド 8000S ₂	-	-	-	1.05

表 5 配合

NO	配合	単位量(kg/m ³)							密度 (g/cm ³)
		C	P2	P3	P5B	PS	W	UF500	
1	P2-160	118	0	0	160	153			0.66
2	P2-200	115	0	0	200	153			0.70
3	P2-240	112	0	0	240	153			0.74
4	P3-160	0	104	0	160	153			0.65
5	P3-200	0	102	0	200	153			0.69
6	P3-240	0	99	0	240	153			0.72
7	P2&P3-160	59	52	0	160	153			0.66
8	P5B-160	0	0	139	160	153			0.68
9	P5B-200	0	0	136	200	153			0.72
10	P5B-240	0	0	132	240	153			0.76

表 6 試験結果

NO	配合	実密度 (g/cm ³)	強度 (N/mm ²)	吸水率 (%)
1	P2-160	0.91	1.49	73.84
2	P2-200	0.89	1.64	69.14
3	P2-240	0.90	1.47	70.10
4	P3-160	0.89	1.83	70.82
5	P3-200	0.90	1.50	64.99
6	P3-240	0.92	1.62	65.89
7	P2&P3-160	0.90	1.57	70.14
8	P5B-160	1.02	1.40	56.60
9	P5B-200	0.95	1.05	62.19
10	P5B-240	0.94	0.85	66.00

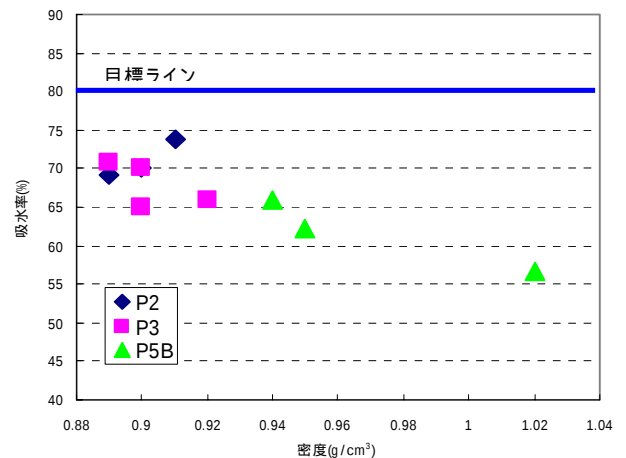


図 3 密度・吸水率分布図

行い、吸水率の目標を満足する配合を検討するとともにブロックの軽量・保水性状を把握した。

3.2 使用材料：

使用材料を表 4 に示す。

3.3 配合条件：

配合を表 5 に示す。前節の結果より、単位セメント量 220 kg/m³ とし、PS 灰は、単位 PS 灰量を 160、200 及び 240kg/m³ の 3 水準、パーライトを P2,P3 及び P5B の 3 種類を組み合わせた 9 配合、さらに単位 PS 灰量 160 kg/m³、P2,P3 を 50% づつ混合した配合を加え、合計 10 配合について実験を行った。

3.4 試験項目：

2.3 と同様とした。

3.5 試験結果：

表 6 に試験結果を示す。また、密度と吸水率の関係を図 3 に示す。

P2、P3 を用いた場合、吸水率は目標値を満足しなかったものの 80%に近い値を示した。P5B を使用した場合、密度、吸水率ともに目標値を満足しない結果となった。これは、P5B が P2,P3 より硬質であり、細かいため、振動加圧による締め固めにより材料が密となり、試験体の空隙が減少し、毛細管現象が発生しにくくなってしまったため、吸水率が低くなってしまったと供に、密度も大きくなってしまったと考えられる。よって、目標値を満足するブロックの開発には P2 または P3 を使用することが望ましいと確認された。

表 7 実機試験示方配合

配合	単位量(kg/m ³)								密度 (g/cm ³)
	C	PA	P2	PS	W	UF500	SP	合計	
NO1	220	361	-	160	153	5	8	907	0.91
NO2	220	-	118	160	153	5	8	663	0.66
NO3	220	181	59	160	153	5	8	785	0.79
NO4	270	353	-	160	151	5	9	949	0.95
NO5	270	177	58	160	151	5	9	830	0.83

4 . 実機試験

4.1 概要：

室内実験結果より、目標値に最も近い配合を選出し、実機試験を行うことにより、室内実験との性能の整合性を確認した。

4.2 配合条件：

配合を表 7 に示す。これまでの実験結果より、目標の軽量保水ブロック性状に最も近い配合を選出し、実機試験を行った。表に示された配合は前節 2.4 における表 3 の No1、No10 及び 3.3 における表 5 の No1 の計 3 配合。さらに、配合選定実験で最も良好な結果が得られたのはパーライトくず (PA) を使用した場合であり、また、パーライト選定実験では P2 を使用した場合であった。そこで、これらの体積割合を 1:1 とし、単位セメント量が 220 及び 270kg/m³ を組み合わせた 2 配合、合計 5 配合について実機実験を行った。

表 8 試験結果

配合	実密度(g/cm ³)		強度(N/mm ²)		吸水率(%)	
	室内	実機	室内	実機	室内	実機
NO1	0.98	1.12	4.20	3.32	49.3	27.0
NO2	0.91	0.88	1.49	3.86	73.8	40.2
NO3	1.02	0.89	1.40	3.42	66.6	36.5
NO4	0.98	1.20	2.81	6.17	49.7	21.9
NO5	0.86	1.03	1.81	4.32	68.0	27.1

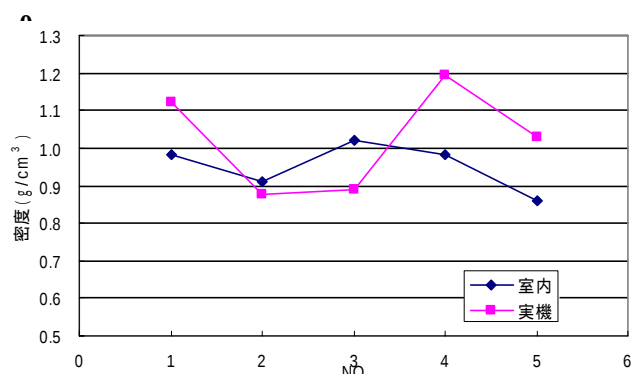


図 4 密度比較図

4.3 試験結果：

試験結果を表 8 に示す。また、図 4～図 6 にそれぞれ密度・圧縮強度・吸水率の結果を図に表したものを示す。

図 4 より、密度については、実機試験のものは室内試験のものとは比べ、大きくなった。これは、実機試験におけるプレス圧が室内試験のものより大きく、締め固めが密になり、試験体の残存空隙が少なくなってしまうため、密度が大きくなってしまったものと考えられる。また、No2, No3 については実機試験のものは室内試験のものよりも密度が小さい。これは、パーライト (P2, P3) が非常にもろく、締め固めの際、実機のプレス圧によりパーライトがつぶされてしまい、パーライトの粒径が変化し、空隙が発生したためではないかと考えられる。

図 5 より、圧縮強度はほぼすべての配合において室内試験のものよりも大きな値となった。これは、密度の場合と同様にプレス圧が大きいことため試験体が密となったため、強度が増加したものと考えられる。

図 6 より、吸水率については、実機試験のものと室内試験のもので同様の傾向を示した。しかし、すべての配合において、実機試験のものは室内試験のものを下回る結果となった。これは、前述の通り、試験体が密となったため、空隙が減少し、空隙内に含むことのできる水分が減少したことが原因と考えられる。また、空隙が減少したため、毛細管現象が阻まれてしまったことも原因の一つであると考えられる。

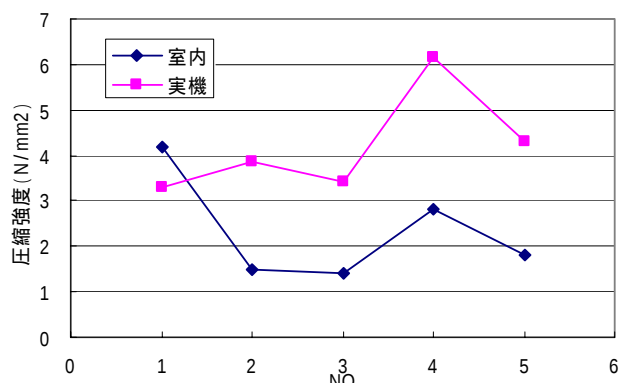


図 5 圧縮強度比較図

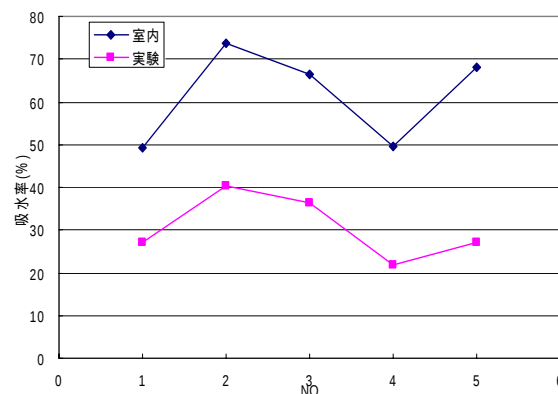


図 6 吸水率比較図

5.まとめ

吸水率の目標値は満足しなかったものの試験室段階においては、密度・強度の目標値を満足し、吸水率においても 70%を超えるブロックを試作することができた。しかし、実機試験を行うと試験室のものより、試験体を作製する際のプレス圧の違いにより、吸水率が大きく減少してしまうことが確認された。よって、今後は、実機試験における試験体作製条件を再現し、吸水率の目標値を満足する配合選定を検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 藤田浩史：ペーパースラッジ灰を用いた超硬練りコンクリートの諸特性に関する研究 宇都宮大学大学院修士論文 2007 年
- 2) 川島顕：リサイクル材料を用いた保水性インターロッキングブロックの特性に関する研究 宇都宮大学卒業論文 2006 年