

プレパックド工法による再生コンクリート部材の構造特性 －その2 ブリーディングおよび圧縮強度－

日大生産工（院） ○若林 和貴

日大生産工 師橋 憲貴

日大生産工 桜田 智之

1. はじめに 再生コンクリートは乾燥収縮率が大きいため、建築物の主要構造部への適用が懸念されている。一方、コンクリートの打設方法にはプレパックド工法が知られており、一体打ちコンクリートと比べて乾燥収縮が小さいとされている¹⁾。そこで、本研究ではプレパックド工法を用いて乾燥収縮を抑制した再生コンクリート梁部材の付着性状を検討する。その1では既往の一体打ちコンクリートと比較を行うために水セメント比を 63.5% に設定して注入モルタルの流動性評価と圧縮強度の測定を行った。その結果、注入モルタルに使用する細骨材の粒径と置換量が決定した²⁾。しかし、圧縮強度は構造部材の設計基準強度を大きく下回る結果となった。そこで、本報では注入モルタルに求められる調合設計規準値の算定と圧縮強度の向上を目指し、注入モルタルの水セメント比を 45%、55%、65%の 3 パターンに設定し、ブリーディングおよび圧縮強度の傾向について検討を行った。

2. ブリーディング率および膨張率試験

2.1 試験概要 表-1 に土木学会規準が定める注入モルタルの調合設計規準値を示す。注入モルタルは沈下に伴い分離を引き起こし、モルタルと粗骨材との付着力の低下を引き起こす傾向がある。これを補うため膨張性を付与し、ブリーディングによる沈下量の補償や粗骨材とモルタル間の付着強度を増大させる必要がある。そのため、調合設計には P ロート

フロー値の他、ブリーディング率および膨張率の規準値を満たす必要がある。本実験では式(1)、(2)によりブリーディング率および膨張率を算出した。なお、測定は写真-1 に示すポリエチレン袋方法³⁾を適用した。

表-1 調合設計規準値

Pロート フロー値 (秒)	ブリーディング率 (3時間経過)	膨張率
16～20	3%未満	5～10%

$$\text{ブリーディング率(\%)} = \frac{B}{V} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{膨張率(\%)} = \frac{(V'+B')-V}{V} \times 100 \quad (2)$$

B(ml) : ブリーディングによる水量
(3 時間経過)

V(ml) : モルタルの体積(3 時間経過)

B'(ml) : ブリーディングによる水量
(20 時間以上経過)

V'(ml) : モルタルの体積(20 時間以上経過)

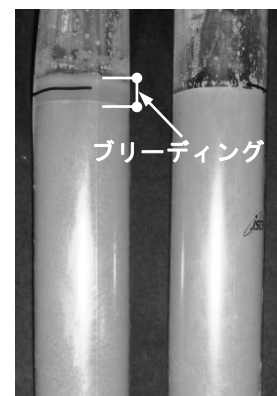


写真-1 ポリエチレン袋方法

Structure Characteristic of Recycled Aggregate Concrete
Using the Preplaced Aggregate Concrete Method
－Part2 Bleeding and Compressive Strength－

Kazuki WAKABAYASHI, Noritaka MOROHASHI and Tomoyuki SAKURADA

2.2 注入モルタル混和剤の特性 表-2 に混和剤の主成分および特徴を示す。その1ではモルタルの材料分離の抑制とPロートフロー値の調整を行うため注入モルタル混和剤(以降、P1700)を用いた。本実験では適度な膨張性の付与および水セメント比の小さい注入モルタルの流動性を増大させるために P610 を併用した。表-3 に細骨材の骨材品質を示す。細骨材の粒径は注入モルタルの充填が容易になるようふるい、1.2mm 以下のものを使用した。図-1 にブリーディングと P610 の関係を示す。P610 の使用量に比例して膨張率が増加した。しかし、同時にブリーディング率も増加傾向を示した。この結果より、P1700 を併用して材料分離を抑制する必要があると考えられる。図-2 にPロートフロー値と P610 の関係を示す。P610 の使用量に比例してPロートフロー値が速くなる傾向を示した。なお、注入モルタルの性質は温度や練り混ぜ時間に大きく影響するため、ブリーディング試験およびPロート試験は室温 20℃の恒温で行い、練り混ぜ時間を3分間に定めた。なお、ここではP610の基本的な性質を把握するため、調合には普通ポルトランドセメントと天然砂を使用し、水セメント比を55%、砂セメント比を0.5に設定して試験を行った。

2.3 水セメント比の変化に伴う混和剤の調合

表-4 に水セメント比が45%、55%、65%時のPロートフロー値を示す。それぞれPロートフロー値が設計規準値を満たすように数回の試し練りを繰り返し、P1700とP610の添加量を調整した。天然砂に再生砂を50%置換した注入モルタルも概ね規準値を満たした。表-5 に表-4 と同じ調合を施したときのブリーディング率および膨張率の結果を示す。P1700の使用量の増加に伴いブリーディング率が抑制された。また、P610の増加に比例して膨張率も増加傾向を示した。

表-2 混和剤の主成分および特徴

混和剤	形態	主成分	特徴
P1700	粉末	・メラミンスルホン酸系化合物 ・水溶性高分子エーテル系化合物	・ブリーディングの抑制 ・材料分離の抑制 ・流動性の増大
P610	粉末	・リグニンスルホン酸化合物 ・アルミニウム粉末	・流動性の増大 ・適度な膨張性 ・初期硬化速度の遅延性

表-3 細骨材の骨材品質

細骨材	最大寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	実積率 (%)	吸水率 (%)
天然	5.0	2.54	2.61	65.0	2.65
	1.2	2.39	2.46	77.5	2.71
再生(L)	5.0	2.01	2.24	73.1	11.32
	1.2	1.93	2.14	78.1	10.79

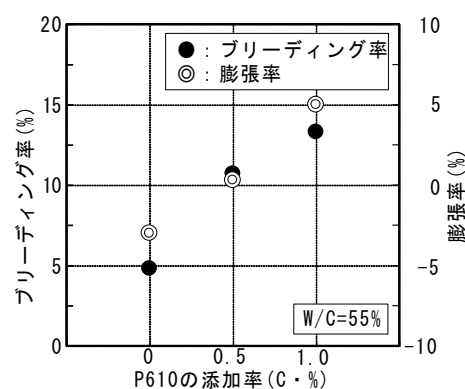


図-1 ブリーディングと P610 の関係

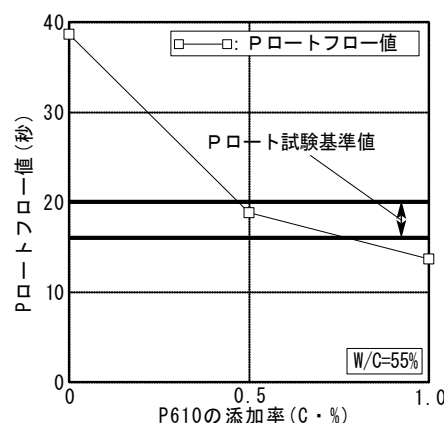


図-2 Pロートフロー値と P610 の関係

表-4 Pロートフロー値

細骨材 置換率	注入モルタル				Pロート フロー値 (秒)
	水セメント比 W/C (%)	砂セメント比 S/C	P1700 (%)	P610 (%)	
天然砂 (100%)	45	0.5	0.1	0.9	19.22
	55		0.6	0.4	17.68
	65		1.0	0	18.67
天然砂 (50%) 再生砂 (50%)	45		0.1	0.9	21.01
	55		0.6	0.4	18.54
	65		1.0	0	16.55

3. 圧縮強度

3.1 実験概要 圧縮強度はコンクリートにとって最も基本的かつ重要な力学特性値である。本実験では水セメント比を45%、55%、65%の3パターンに設定し、プレパックドコンクリートの圧縮強度を計測する。表-6に本実験のコンクリートに使用した粗骨材の品質を示す。本実験ではモルタルの充填が容易に行えるように15mm以上にふるい分けした粗骨材を使用した。ふるった結果、粗骨材の吸水率は大幅に低下した。再生粗骨材は吸水率が5.0%以下である中品質(M)のものを使用した。圧縮強度試験はφ100×200mmのコンクリート供試体を適用した。図-3にテストピースの打設方法を示す。モルタルの注入は、注入管を10mm程度引き上げてからモルタルを流下させて行。モルタルを注入するとともに型枠側面を木槌で軽く叩いてモルタルの行き渡りを確実にし、注入を続けながら注入管を徐々に引き上げ抜き取る。モルタル注入時は漏斗中のモルタルがなくなると空隙の原因となるため、常時モルタルを流し続けるように注意して打設を行った。

3.2 調査条件 表-7にプレパックドコンクリートの調査を示す。試験体名のPはプレパックド工法を、Nは天然骨材のみで作製した普通コンクリートを、RMは天然粗骨材に再生粗

骨材を50%置換した再生コンクリートを、RMMはRMの天然細骨材に再生細骨材を50%置換した再生コンクリートを表す。混和剤はPロートフロー値が規準値を満たしたときの調合とした。

表-5 ブリーディング率および膨張率

細骨材 (置換率)	注入モルタル			ブリー ディング 率 (%)	膨張率 (%)	
	水セメント比 W/C (%)	砂セメント比 S/C	混和剤			
			P1700/C (%)			P610/C (%)
天然砂 (100%)	45	0.5	0.1	0.9	2.51	5.50
	55		0.6	0.4	0.13	1.81
	65		1.0	0	0	0.33
天然砂 (50%)	45		0.1	0.9	2.79	5.51
再生砂 (50%)	55		0.6	0.4	0.12	1.89
	65		1.0	0	0	0.34

表-6 粗骨材の骨材品質

粗骨材	寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	実積率 (%)	吸水率 (%)
天然	5~20	2.70	2.73	60.6	1.28
	15~20	2.68	2.70	59.7	0.94
再生(M)	5~20	2.38	2.49	60.9	4.52
	15~20	2.41	2.52	59.8	4.32

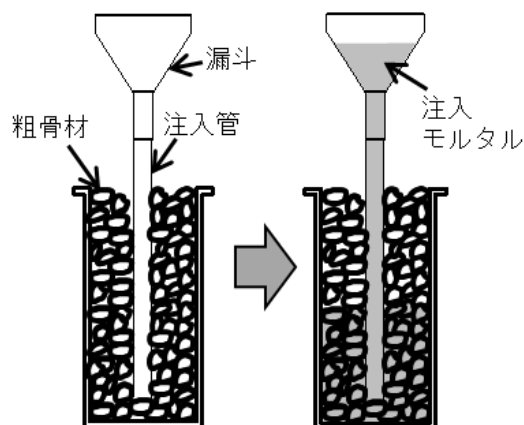


図-3 打設方法

表-7 調査表

試験体名	粗骨材 (15～20mm)		注入モルタル									
			水セメント比 W/C (%)	混和剤		砂セメント比 S/C	単位量 ^{注)} (kg/m ³)				細骨材 S	
	P1700/C (%)	P610/C (%)		水 W	セメント C		P1700	P610				
									天然 (%)	再生 (%)	天然	再生
PN	100	—	45	0.1	0.9	0.5	459	1019	1.02	9.17	509	—
			55	0.6	0.4		510	927	5.56	3.71	463	—
			65	1.0	0.0		552	849	8.49	0.00	425	—
PRM	50	50	45	0.1	0.9		459	1019	1.02	9.17	509	—
			55	0.6	0.4		510	927	5.56	3.71	463	—
			65	1.0	0.0		552	849	8.49	0.00	425	—
PRMM	50	50	45	0.1	0.9		452	1003	1.00	9.03	251	251
			55	0.6	0.4		503	914	5.48	3.65	228	228
			65	1.0	0.0		545	838	8.38	0.00	210	210

注:ここでの単位量とは、注入モルタル1mをつくるときに用いる材料重量を表す。

3.3 実験結果 表-8に材齢28日経過時の圧縮強度と割裂強度を示す。水セメント比が45%のとき、再生粗骨材と再生細骨材とともに50%置換したPRMMは他の試験体と比較して圧縮強度が大幅に低い値となった。図-4に水セメント比の変化に伴う圧縮強度の傾向を示す。PRMは水セメント比の減少に比例して圧縮強度が概ね増加する傾向を示した。それに対してPNとPRMMの圧縮強度は、65%－55%間では急激に増加し、55%－45%間ではあまり上昇が見られなかった。

4. まとめ 注入モルタルのブリーディングとプレパックドコンクリートの圧縮強度について検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) P610を1.0%近く付与することにより、調合設計規準値に定められる膨張率の値を満たすことができた。
- 2) P610の使用により発生したブリーディングはP1700を併用することによって抑制できることがわかった。
- 3) 水セメント比が45%のとき、設計規準条件を全て満たすことができた。
- 4) プレパックドコンクリートは普通の一体打ちコンクリート同様、水セメント比の減少に伴い圧縮強度が増加する傾向を示した。本実験により水セメント比が45%のコンクリートは調合設計規準値を満たし、さらに適度な圧縮強度を示した。今後は水セメント比を45%に設定したプレパックドコンクリート(PN、PRM、PRMM)と既往の一体打ちコンクリート(N、RM、RMM)について乾燥収縮性状および付着性状の比較結果を報告する。

謝辞 本研究に際し、葛西再生コンクリート工場には再生骨材の手配とご提供をいただきました。また、混和剤メーカーB社には注入モルタル混和剤のご提供をいただきました。ここに記して深く感謝申し上げます。

表-8 実験結果（材齢28日）

試験体名	水セメント比 (%)	圧縮強度 σ_B (N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)
PN	45	29.2	2.86
	55	23.8	2.52
	65	10.7	1.81
PRM	45	28.3	2.55
	55	20.9	2.52
	65	12.3	1.77
PRMM	45	23.2	1.98
	55	20.2	2.02
	65	11.7	1.63

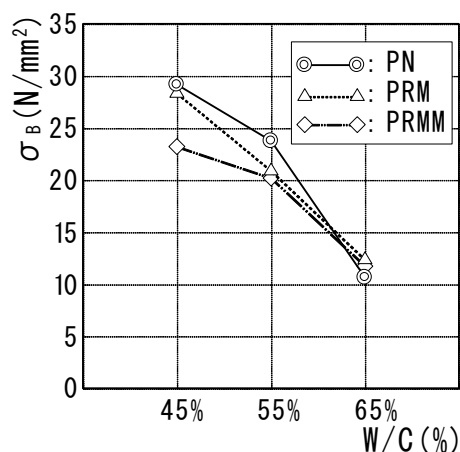


図-4 水セメント比の変化に伴う圧縮強度の傾向

参考文献

- 1) 小谷一三、大友忠典：構造用コンクリートおよびマスコンクリートとしてのプレパックドコンクリート、コンクリートジャーナル、技報堂、vol. 8、1970年8月、pp. 47-57
- 2) 若林和貴、師橋憲貴、桜田智之：プレパックドコンクリート工法を適用した再生コンクリート梁部材の付着性状—その1 注入モルタルの材料特性—、日本建築学会学術講演梗概集(東海)、材料施工、pp. 491-492、2012. 9
- 3) 土木学会規準：「プレパックドコンクリートの注入モルタルの流動性試験方法(Pロータによる方法)」、「プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリーディング率および膨張率試験方法(ポリエチレン袋方法)」、JSCE-F521、pp. 206-207、JSCE-F522-2007、pp. 208-209、2007年