

[62] ポリマーセメントコンクリートの配合設計試案

正会員 ○大 浜 嘉 彦 (日本大学工学部)
 正会員 西 村 正 (W. R. グレース)
 正会員 三 宅 豊 久 (日本大学工学部)
 真 野 孝 次 (建材試験センター)

1. はじめに

ポリマーセメントコンクリートは、水硬性セメント、セメント混和用ポリマーディスパージョン、骨材及び水の混合物であり、普通コンクリートとほぼ同様に製造、施工され得る。最近、この種のコンクリートの耐震壁、防水屋根スラブ、耐食構造部材などへの利用に対する関心が高まっている。

ところで、ポリマーセメントコンクリートを実際の構造物に利用しようとする場合、その配合設計資料や配合表があれば便利であることは言うまでもない。床材、防水材、接着材及び防食材など、主に仕上げ材として広く使用されているポリマーセメントモルタルの配合設計法は、既に、大浜により提案されている¹⁾。しかしながら、ポリマーセメントコンクリートの配合設計に関する報告はほとんどなく、ポリマーセメントコンクリートの発展のためには、その配合設計法の確立が必要と考えられる。そこで、本研究は、スチレンブタジエンゴムラテックスを用いたポリマーセメントコンクリートの一連の配合について、スランプ、空気量及び圧縮強度試験を行い、これらの結果をもとにして、ポリマーセメントコンクリートの配合設計法を提案するものである。

2. 使用材料

(1) セメント及び骨材

セメントは市販の普通ポルトランドセメントを、骨材は阿武隈川旧河川敷の川砂及び川砂利を使用した。

表-1 にはセメントの化学成分及び物理的性質を、

表-2 には骨材の性質を示す。

(2) セメント混和用ポリマーディスパージョン

セメント混和用ポリマーディスパージョンは市販のスチレンブタジエンゴム (S B R) ラテックスを使用した。表-3 にはその性質を示す。

(3) 消ほう剤

消ほう剤はシリコンエマルジョン系の市販品 (有効固形分、30%) を使用した。なお、消ほう剤の添加率は、予備試験の結果、十分にその消ほう効果を確認した 0.7 % (ポリマーディスパージョンの全固形分に対する消ほう剤の有効固形分) とした。

3. 試験方法

3.1 コンクリートの配合及び練りませ

コンクリートの配合は表-4 に示す要因を考慮して、合計 135 配合とした。コンクリートの練りませは J I S A 1138 (試験室におけるコンクリートの作り方) に準じて行った。

表-1 セメントの化学成分及び物理的性質

Chemical Compositions (%)									
Ig.loss	Insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total	
0.5	0.1	22.2	5.2	3.2	65.3	1.4	1.8	99.7	

Physical Properties										
Specific Gravity	Residue on Sieve of 88 μ (%)	Blaine's Specific Surface Area (cm ² /g)	Setting Time		Flexural Strength of Mortar (kg/cm ²)			Compressive Strength of Mortar (kg/cm ²)		
			Initial Set (h-min)	Final Set (h-min)	3d	7d	28d	3d	7d	28d
			3.17	1.0	3230	2-25	3-31	35	53	74

表-2 骨材の性質

Type of Aggregate	Maximum Size (mm)	Fineness Modulus	Specific Gravity	Water Absorption (%)	Unit Weight (kg/l)
Fine Aggregate	2.5	6.68	2.62	1.60	1.80
Coarse Aggregate	20.0	2.51	2.55	3.11	1.64

表-3 セメント混和用ポリマーディスパージョンの性質

Total Solids (%)	Specific Gravity (20°C)	pH	Viscosity (20°C, cP)
48.0	1.018	8.2	27

表-4 ポリマーセメントコンクリートのコンシステンシー及び圧縮強度に影響を及ぼす要因

Water-Cement Ratio W/C (%)	Sand-Aggregate Ratio S/a (%)	Unit Cement Content C (kg/m ³)	Polymer-Cement Ratio P/C (%)
30	40	250	0 5
40	45	300	10 15
50	50	400	20

3.2 スランプ及び空気量試験

スランプ試験は JIS A 1101 (コンクリートのスランプ試験方法) に、空気量試験は JIS A 1128 (まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による方法 (空気室圧力方法)) に準じて行った。

3.3 供試体の作製

供試体はスランプ試験の結果、スランプが 1 ~ 18 cm のコンクリートを JIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方) に準じて、寸法 $\phi 10 \times 20$ cm に成形し、その後、2日湿空 (20℃、80% R. H.)、5日水中 (20℃) 及び 21日乾燥 (20℃、50% R. H.) の 28日養生を行い作製した。

3.4 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法) に準じて行った。

4. 試験結果及び考察

4.1 スランプ及び空気量

ポリマーセメントコンクリートのスランプ及び空気量試験結果を表 5 に、ポリマーセメントコンクリートの水セメント比 (又は単位水量) とスランプの関係を、単位セメント量別に図 1 に示す。表 5 に示すように、本研究で取り扱ったポリマーセメントコンクリートは過度に硬く、成形不能なもの、又、過度に軟らかくて、スランプの測定が不可能なものなどがあり、スランプは 0 ~ 26 cm と広範囲に及んでいる。空気量はスランプが測定不可能な場合、

あるいは、スランプ 0 cm の場合を除いては、普通コンクリートと同様に 1 ~ 2 % である。図 1 によれば、一般に、ポリマーセメントコンクリートのスランプは、水セメント比 (又は単位水量) 及びポリマーセメント比の増加に伴い大きくなる傾向を示す。又、同一水セメント比あるいは同一単位水量の場合、スランプは、ポリマーセメント比が高いものほど大きいことが認められる。この傾向は、細骨材率が小さく、単位セメント量の多いものほど顕著である。以上のことから、ポリマーセメントコンクリートのコンシステンシーに影響を及ぼす要因としては、当然のことながら、水セメント比、単位水量、ポリマーセメント比、単位ポリマー量、単位セメント量及び細骨材率が挙げられる。特に、水セメント比及びポリマーセメント比、あるいは、単位水量及び単位ポリマー量がポリマーセメントコンクリートのコンシステンシーに及ぼす影響が大きい。そこで、ポリマーセメントコンクリートのスランプ制御因子を次式のごとく定義した。

$$\varphi = V_p + V_w$$

ここに、 φ : スランプ制御因子 (l/m^3)、 V_p : ポリマーセメントコンクリートの単位容積中のポリマ

表 5 ポリマーセメントコンクリートのスランプ及び空気量

Water-Cement Ratio W/C (%)	Unit-Cement Content C (kg/m ³)	Sand-Aggregate Ratio S/a (%)	Slump (cm)					Air Content (%)						
			Polymer-Cement Ratio P/C (%)					Polymer-Cement Ratio P/C (%)						
			0	5	10	15	20	0	5	10	15	20		
30	250	40	0	0	0	0	0	1.0	IM	IM	IM	3.9	4.2	1.8
		45	0	0	0	0	0	IM	IM	IM	IM	IM	IM	2.6
		50	0	0	0	0	0	IM	IM	IM	IM	IM	IM	
	300	40	0	0	0	0	0.5	6.0	IM	IM	IM	2.1	2.3	2.0
		45	0	0	0	0	4.5	IM	9.2	3.6	2.8	2.3		
		50	0	0	0	0	3.0	IM	9.0	8.9	5.4	2.7		
		40	0	1.0	10.5	22.5	23.5	8.9	1.5	1.5	1.5	1.7		
		45	0	0.5	8.0	19.5	22.5	IM	2.2	1.5	1.8	1.9		
		50	0	0	6.0	17.5	20.5	IM	2.1	2.0	2.3	1.9		
	40	250	40	0	0	0.5	2.5	6.0	IM	7.0	1.5	1.7	2.1	
			45	0	0	0	0.5	4.0	IM	IM	3.3	1.1	2.2	
			50	0	0	0	0	2.0	IM	IM	2.5	2.3		
300		40	0.5	0	3.0	11.5	20.0	2.0	1.6	1.8	1.9	1.9		
		45	0	0	2.0	7.5	16.5	9.0	2.5	2.4	2.2	2.0		
		50	0	0	1.0	5.0	14.0	IM	4.9	2.0	2.0	2.4		
		40	0.5	16.5	23.0	24.5	>26.0	1.5	1.2	1.2	1.2	0.4		
		45	0	14.0	22.5	23.5	26.0	1.5	1.4	1.4	1.2	0.8		
		50	0	10.0	21.5	23.0	26.0	IM	1.7	1.3	1.6	0.9		
50		250	40	0	1.5	6.0	10.5	15.0	9.8	1.5	1.2	1.0	1.1	
			45	0	0	4.5	9.5	14.0	IM	1.8	1.5	1.3	1.5	
			50	0	0	3.0	7.5	12.5	IM	2.1	2.1	1.6	1.7	
	300	40	0.5	9.5	16.0	22.0	25.5	3.2	1.9	1.6	1.4	1.2		
		45	0	6.5	14.0	21.0	24.0	7.5	1.7	2.2	1.7	1.7		
		50	0	4.0	11.5	20.0	23.0	5.1	1.9	1.8	1.9	2.0		
		40	16.5	25.5	26.0	>26.0	>26.0	1.2	0.9	0.7	0.6	0.6		
		45	16.0	25.0	25.5	26.0	>26.0	1.5	1.0	0.8	0.7	0.7		
		50	13.5	24.5	25.0	26.0	>26.0	1.7	1.0	1.1	0.8	0.8		

Note, IM: Impossible to measure

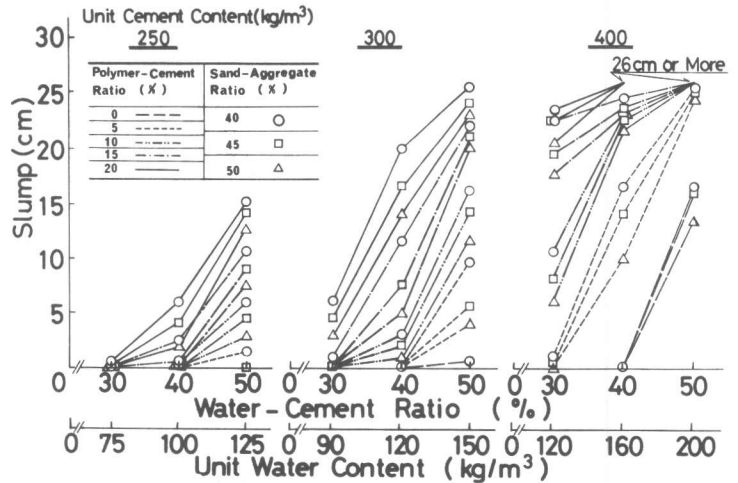


図 1 単位セメント量 250、300 及び 400 kg/m³ のポリマーセメントコンクリートの水セメント比及び単位水量とスランプの関係

の容積 (ℓ/m^3)、 V_w : ポリマーセメント
 トコンクリートの単位容積中の水の容積
 (ℓ/m^3)

これは、普通コンクリートに適用されている Lyse
 の一定単位水量の法則を拡張したものである。図-2
 はポリマーセメントコンクリートの φ とスランプの関
 係を示すものである。これから明らかなように、 φ と
 スランプの間には、 φ が一定の範囲 (スランプでは 1
 ~ 21cm) では、極めて高い相関性があり、ポリマーセ
 メントコンクリートのスランプは φ の関数として、次
 式の一般式で表すことができる。

$$Slump = A \varphi - B$$

ここに、 $Slump$: スランプ (cm)、 φ : スランプ
 制御因子 (ℓ/m^3)、 A, B : 実験定数

4.2 圧縮強度

ポリマーセメントコンクリートのポリマーセメント
 比と圧縮強度の関係を図-3に示す。図-3から明ら
 かなように、ポリマーセメントコンクリートの圧縮強
 度は、いずれの配合においても、普通コンクリートの
 それと比べて相当に高い。この場合、普通コンクリ
 ートと同様に、単位セメント量の多い、水セメント比の
 小さいものほど高い圧縮強度を与える。しかしながら、
 細骨材率の違いによる圧縮強度の差はほとんど認めら
 れない。又、ポリマーセメント比の変化に伴うポリマ
 ーセメントコンクリートの圧縮強度をみると、配合により、そ
 の発現は多少異なるものの、ポリマーセメント比約 10% で最大
 値を示し、20% では低下して、普通コンクリートと同程度に
 なる。大浜は、Talbot の「空げき説」を拡張した「空げき-結
 合材比」を用いて、ポリマーセメントモルタルの実用強さ算定
 式の提案に成功している。¹⁾ 本研究では、大浜の「空げき-結
 合材比」の逆数である「結合材-空げき比」を α とし、次式
 のごとく定義した。

$$\alpha = \frac{V_c + V_p}{V_a + V_w} \left(= \frac{\text{結合材容積}}{\text{空げき容積}} \right)$$

ここに、 α : 結合材-空げき比

V_c : ポリマーセメントコンクリートの単位容積中の
 セメントの容積 (ℓ/m^3)

V_p : ポリマーセメントコンクリートの単位容積中の
 ポリマーの容積 (ℓ/m^3)

V_a : ポリマーセメントコンクリートの単位容積中の
 空気の容積 (ℓ/m^3)

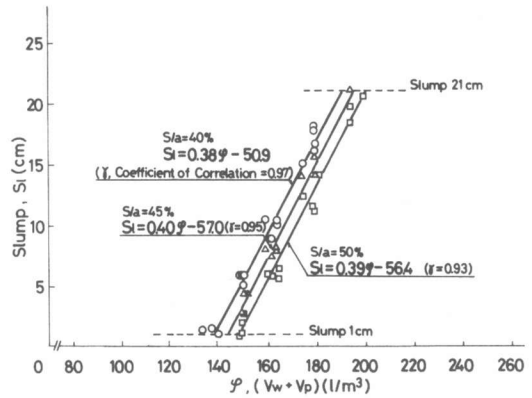


図-2 ポリマーセメントコンクリートのスランプとス
 ランプ制御因子 (φ) の関係

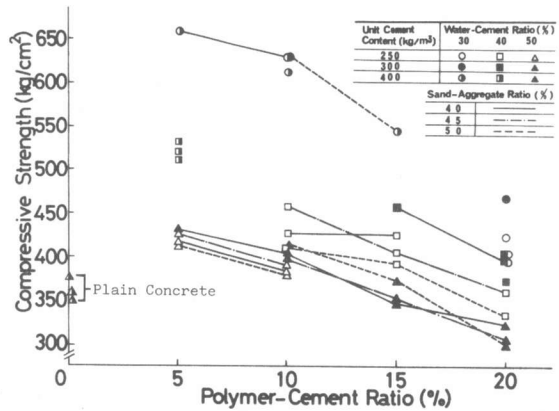


図-3 ポリマーセメントコンクリートの圧縮強度とポ
 リマーセメント比の関係

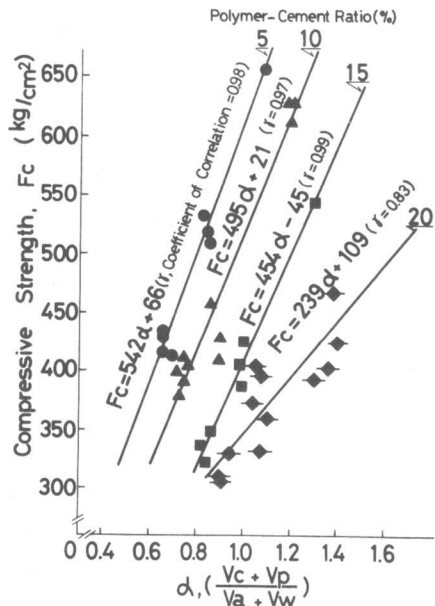


図-4 ポリマーセメントコンクリートの圧縮強度と結合材-
 空げき比 (α) の関係

Vw: ポリマーセメントコンクリートの単位容積中の水の容積 (l/m^3)

ポリマーセメントコンクリートの α と圧縮強度の関係を示す図-4から明らかなように、 α と圧縮強度の間には非常に高い相関性があり、その圧縮強度は α の関数として、次式の一般式で表すことができる。

$$F_c = a\alpha + b$$

ここに、 F_c : 圧縮強度 (kg/cm^2)、 α : 結合材一空格き比、
a, b: 実験定数

5. ポリマーセメントコンクリートの配合設計法の提案

以上の試験結果に基づいて、図-5に示すフローチャートのように、ポリマーセメントコンクリートの配合設計法を提案し、以下にその手順を例題によって示す。なお、図-6には所要水セメント比及び単位セメント量の計算図を与える。

〔例題〕

主な配合設計条件: 圧縮強度、 $F_c 400 kg/cm^2$ 、スランブ、 $S_d 18 cm$

〔解〕

(1) スランブ制御因子、 φ の決定 $S_d = 18 cm$ から、図-2より、 $S/a 40\%$ で $\varphi = 182 l/m^3$ 、 $S/a 45\%$ で $\varphi = 187 l/m^3$ 、 $S/a 50\%$ で $\varphi = 192 l/m^3$ 。

(2) 結合材一空格き比、 α の決定 $F_c = 400 kg/m^2$ から、図-4より、 $P/C 5\%$ で $\alpha = 0.62$ 、 $P/C 10\%$ で $\alpha = 0.77$ 、 $P/C 15\%$ で $\alpha = 0.98$ 、 $P/C 20\%$ で $\alpha = 1.23$ 。

(3) 水セメント比、 W/C 及び単位セメント量、 C の決定 P/C 別の α に対応する W/C 及び C を図-6より定めると、 $P/C 5\%$ で $W/C = 52\%$ 、 $C = 244 kg/m^3$ 、 $P/C 10\%$ で $W/C = 48\%$ 、 $C = 263 kg/m^3$ 、 $P/C 15\%$ で $W/C = 42\%$ 、 $C = 321 kg/m^3$ 、 $P/C 20\%$ で $W/C = 34\%$ 、 $C = 400 kg/m^3$ 。

(4) 使用材料の所要量の算定 (1)~(3)の結果より、使用材料の所要量を求める。なお、空気量は2.0%と仮定する。(1)より求めた φ を満足する単位ポリマー量、 P 及び単位水量、 W を(3)から定める。 $\varphi = 183 l/m^3$ ($S/a = 40\%$ の時)より、 $P/C = 15\%$ 、 $W/C = 42\%$ 、 $C = 321 kg/m^3$ であるから、 $W = 135 kg/m^3$ 、 $P = 48 kg/m^3$ 。又、 $S/a = 40\%$ より、細骨材 = $729 kg/m^3$ 、粗骨材 = $1065 kg/m^3$ と定まる。本例題で求めた試し練り配合は表-6に示す通りである。

6. 総括

SBRラテックスを用いたポリマーセメントコンクリートについて、「スランブ制御因子」 φ を用いた実用スランブ算定式、「結合材一空格き比」 α を用いた実用圧縮強度算定式並びに水セメント比と単位セメント

量計算図を利用し、図-5に示す手順に従ってその配合設計法を提案することができた。今後、市販の各種混和用ポリマーディスパージョンを含むコンクリートについても、本研究で提案した配合設計法が適用可能か否かを検討する予定である。

<参考文献>1) 大浜: 建築研究報告, No 65, Oct. 1973, pp. 243 - 253.

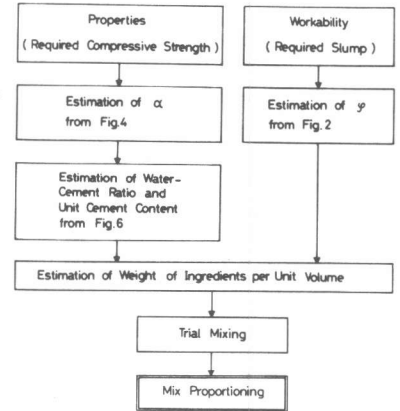


図-5 ポリマーセメントコンクリートの配合設計プロセス

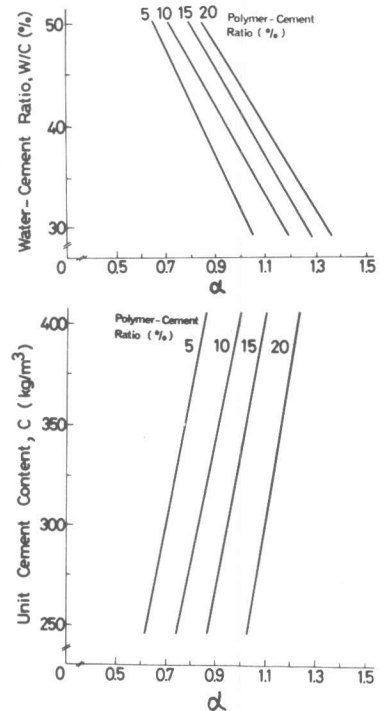


図-6 ポリマーセメントコンクリートの水セメント比及び単位セメント量の計算図

表-6 ポリマーセメントコンクリートの配合

Water-Cement Ratio W/C (%)	Polymer-Cement Ratio P/C (%)	Sand-Aggregate Ratio S/a (%)	Mix Proportion by Weight (kg/m^3)				
			Water	Cement	Sand	Gravel	Polymer Solid
42	15	40	135	321	729	1065	48