論文　ポリマーセメントモルタルの強さ及び防水性に及ぼす標準砂及び練混ぜ方法の影響

印南　智裕*1・大濱　嘉彦*2・出村　克宣*3

要旨：JIS A 6203（セメント混和用ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂）の改正に当って，ISO 標準砂及び豊浦標準砂を用いて，手練り及び機械練りによって練り混ぜたポリマーセメントモルタルの強さ及び防水性に及ぼす標準砂と練混ぜ方法の影響を検討している。その結果，フロー値を 170±5 一定とした場合，豊浦標準砂を用いたポリマーセメントモルタルに比べて，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの強さ及び防水性は優れている。ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの試験によって，セメント混和用ポリマーの性能評価を行うに当っては，消泡剤の添加が望ましいと考えられる。

キーワード：ポリマーセメントモルタル，強さ，防水性，標準砂，練混ぜ方法

1．はじめに

1997 年に，JIS R 5201（セメントの物理試験方法）が改正され，標準砂が豊浦標準砂から ISO 標準砂に変更された。これに伴い，JIS A 6203（セメント混和用ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂）の強さ試験に使用する標準砂も ISO 標準砂に変更されることになった。

著者らは，JIS A 6203 の改正に当って，ISO 標準砂及び豊浦標準砂を用いて，手練り及び機械練りによって練混ぜたポリマーセメントモルタルの強さ及び防水性に及ぼす標準砂の種類及び練混ぜ方法の影響を，水セメント比，空気量及び細孔容積を考慮して検討する。

2．使用材料

2．1　セメント及び標準砂

セメントとしては，JIS R 5210（ポルトランドセメント）に規定する普通ポルトランドセメントを，標準砂としては，JIS R 5201 に規定する ISO 標準砂及び旧 JIS R 5201 に規定する豊浦標準砂を使用した。なお，標準砂の性質を **Table 1** に示す。

2．2　セメント混和用ポリマー

セメント混和用ポリマーディスパージョンとしては，スチレンブタジエンゴムラテックス（D-SBR），エチレン酢酸ビニル（D-EVA）及びポリアクリル酸エステルエマルション（D-PAE）を使用した。又，セメント混和用再乳化形粉末樹脂としては，エチレン酢酸ビニル（P-EVA），酢酸ビニル・ビニルバーサテイト（P-VA/VeoVa）及びポリアクリル酸エステル（P-PAE）を使用した。なお，ポリマーディスパージョンの全固形分に対して，シリコーンエマルション系消泡剤（有効シリコーン分，30%）を，その有効固形分として 0.7%（質量百分率），又，再乳化形粉末樹脂の質量に対して，ポリエーテル系粉末消泡剤を 1.5%添加した。なお，ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂の性質を，それぞれ，**Table 2** 及び **Table 3** に示す。

3．試験方法

3．1　供試モルタルの調製

Table 4 に示す調合の供試モルタルを，フロー値が 170±5 となるように水セメント比を調整して，JIS A 1171 (試験室におけるポリマーセメントモルタルの作り方)に規定する手練り及び次に述べる機

*1　日本大学大学院工学研究科　建築学専攻（正会員）
*2　日本大学工学部　建築学科（正会員）
*3　日本大学工学部　建築学科（正会員）

Table 1 Properties of Standard Sands

Type of Standard Sand	Size (mm)	Fineness Modulus	Bulk Density (kg/l)	Density (20℃, g/cm^3)	Water Absorption (%)
ISO	0.080-2.000	2.93-3.14	1.74	2.63	0.20
Toyoura	0.106-0.300	1.36-1.52	1.52	2.63	0.11

Table 2 Properties of Polymer Dispersions

Type of Polymer Dispersion	Density (20℃, g/cm^3)	pH (20℃)	Viscosity (20℃, mPa·s)	Total Solids (%)
D-SBR	1.02	9.3	58	44.8
D-EVA	1.05	5.2	1580	44.8
D-PAE	1.02	7.4	1688	40.9

Table 3 Properties of Redispersible Polymer Powders

Type of Redispersible Polymer Powder	Appearance of Powder	Average Particle Size (μm)	Tg* (℃)	pH**
P-EVA	White	85	-5	5.4
P-VA/VeoVa	White	75	-3	7.5
P-PAE	White	70	8	8.3

Notes, *: Glass Transition Point
**: 10%Water Dispersion at 20℃

械練りにより調製した。

(1) ポリマーディスパージョンを用いる場合

計量したセメント及び標準砂を練り鉢に入れ，練混ぜ機で2min低速(自転速度：140±5r/min，公転速度：62±5r/min)で空練り後，練混ぜを中断し，計量したポリマーディスパージョン及び水を加え，直ちに1min練り混ぜた。その後，30s練混ぜを休止し，その間に，パドルに付いたモルタルをさじでかき落とし，更に，練り鉢に付着したモルタルをさじでかき落として3回練り混ぜてから練り鉢の中央に集めた。休止が終わったら，再び低速で2min練り混ぜた。練混ぜが終わったら，練り鉢を練混ぜ機から取り外し，さじで10回かき混ぜた。

(2) 再乳化形粉末樹脂を用いる場合

計量したセメント，再乳化形粉末樹脂及び標準砂を練り鉢に入れ，練混ぜ機で低速で2min空練りして，練混ぜを中断し，計量した水を加え，直ちに1min練り混ぜた。その後，(1)と同じ方法で練り混ぜた。

なお，供試モルタルについては，JIS A 1128〔フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験（空気室圧力法）〕に準じたモルタル用空気量測定器を用いて，その空気量を測定した。

供試モルタルを，強さ試験及び吸水率試験用として，寸法40×40×160mmに，又，透水量試験用として，寸法φ150×40mmに成形し，2d湿空[20℃,80%(RH)]＋5d水中（20℃）＋21d乾燥[20℃, 50%(RH)]養生を行い，供試体を作製した。

3．2 細孔容積の測定

寸法40×40×160mmの供試体の内部からのモルタル塊を粒径約3mmに破砕して試料を採取した。試料をエタノールで洗浄した後，D-dry処理を行い，水銀圧入式ポロシメーターを用いて，細孔半径3.75～7500nmの範囲で細孔容積を測定し，全細孔容積を求めた。

3．3 強さ試験

JIS A 1172（ポリマーセメントモルタルの強さ試験方法）に従って，供試体の曲げ及び圧縮強さ試験を行った。

3．4 吸水率試験

JIS A 6203に従って，供試体を80℃の乾燥機で48h乾燥させてから冷却した後，20℃の静水中に浸漬して，供試体の吸水率試験を行った。供試体の吸水率を次式によって求めた。

$$吸水率 = \frac{W_{ai} - W_{a0}}{W_{a0}} \times 100$$

ここに，W_{a0}：水中浸漬前の供試体の質量 (g)

W_{ai}：水中浸漬時間48hにおける供試体の質量 (g)

3．5 透水量試験

JIS A 6203に従って，供試体を80℃の乾燥機で48h乾燥させてから冷却した後，透水試験機に設置し，100kPaの水圧を1h加えて，供試体の透水量試験を行った。供試体の透水量を次式によって求めた。

Table 4 Mix Proportions of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands, Prepared by Machine and Hand Mixings

Type of Standard Sand	Mixing Method	Type of Polymer	Cement : Sand (by mass)	Polymer-Cement Ratio (%)	Antifoamer Content (%)	Water-Cement Ratio (%)	Air Content (%)	Flow
ISO Standard Sand	Hand Mixing	Plain	1 : 3	0	0	47.0	4.2	168
		D-SBR		10		36.0	4.2	170
		D-EVA				40.0	7.8	172
		D-PAE				37.0	12.5	172
		P-EVA				43.0	10.7	170
		P-VA/VeoVa				44.0	17.0	169
		P-PAE				48.0	6.6	170
	Machine Mixing	Plain		0	0	46.5	4.1	173
		D-SBR		10	0	36.0	5.1	170
					0.7	37.0	4.6	174
		D-EVA			0	38.0	9.8	169
					0.7	39.0	3.5	169
		D-PAE			0	34.0	≧20.0*	169
					0.7	37.0	2.5	168
		P-EVA			0	41.0	10.5	171
					1.5	44.0	4.6	170
		P-VA/VeoVa			0	42.0	18.0	167
					1.5	45.0	5.6	167
		P-PAE			0	46.0	10.5	172
					1.5	50.0	5.0	170
Toyoura Standard Sand	Hand Mixing	Plain		0	0	78.0	6.4	167
		D-SBR		10		62.0	10.0	172
		D-EVA				65.0	11.0	172
		D-PAE				51.0	≧20.0*	172
		P-EVA				58.0	≧20.0*	171
		P-VA/VeoVa				61.0	≧20.0*	168
		P-PAE				71.0	14.5	168

Note,* Unable to determine air contents of 20% or more by an airmeter.

$$透水量\ (g) = W_{pi} - W_{p0}$$

ここに，W_{p0}：透水量試験前の供試体の質量 (g)

W_{pi}：透水量試験後の供試体の質量 (g)

4．試験結果

Table 4 によれば，フロー値 170±5 一定とした場合，ポリマー及び標準砂の種類にかかわらず，ポリマーセメントモルタルの水セメント比は，普通セメントモルタルのそれよりも小さい。これは，セメント混和用ポリマーの作用によるコンシステンシーの改善に基づくものと推察される[1)]。ポリマーの種類にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの水セメント比は，豊浦標準砂を用いたもののそれよりも小さい。ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの水セメント比は，手練り及び機械練りともほぼ同じか又は，手練りの方がわずかに大きい。

Fig.1 には，ポリマーセメントモルタルの細孔径分布と全細孔容積を示す。ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルでは，豊浦標準砂を用いたポリマーセメントモルタルよりも小さい細孔半径に細孔容積のピークが存在する傾向にある。ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの細孔径分布では，その細孔容積のピークの存在する細孔半径が，(大)機械練り＞手練り＞消泡剤を添加した機械練り(小)の順に小くなる傾向がある。これに伴い，ポリマーセメントモルタルの全細孔容積は，(大)豊浦標準砂を用いた手練り＞ISO 標準砂を用いた機械練り＞ISO 標準砂を用いた手練り＞ISO 標準砂を用いて消泡剤を添加した機械練り(小)の順に小さくなる傾向にある。

Fig.2 には，ポリマーセメントモルタルの空気量と全細孔容積の関係を示す。手練りで調製し

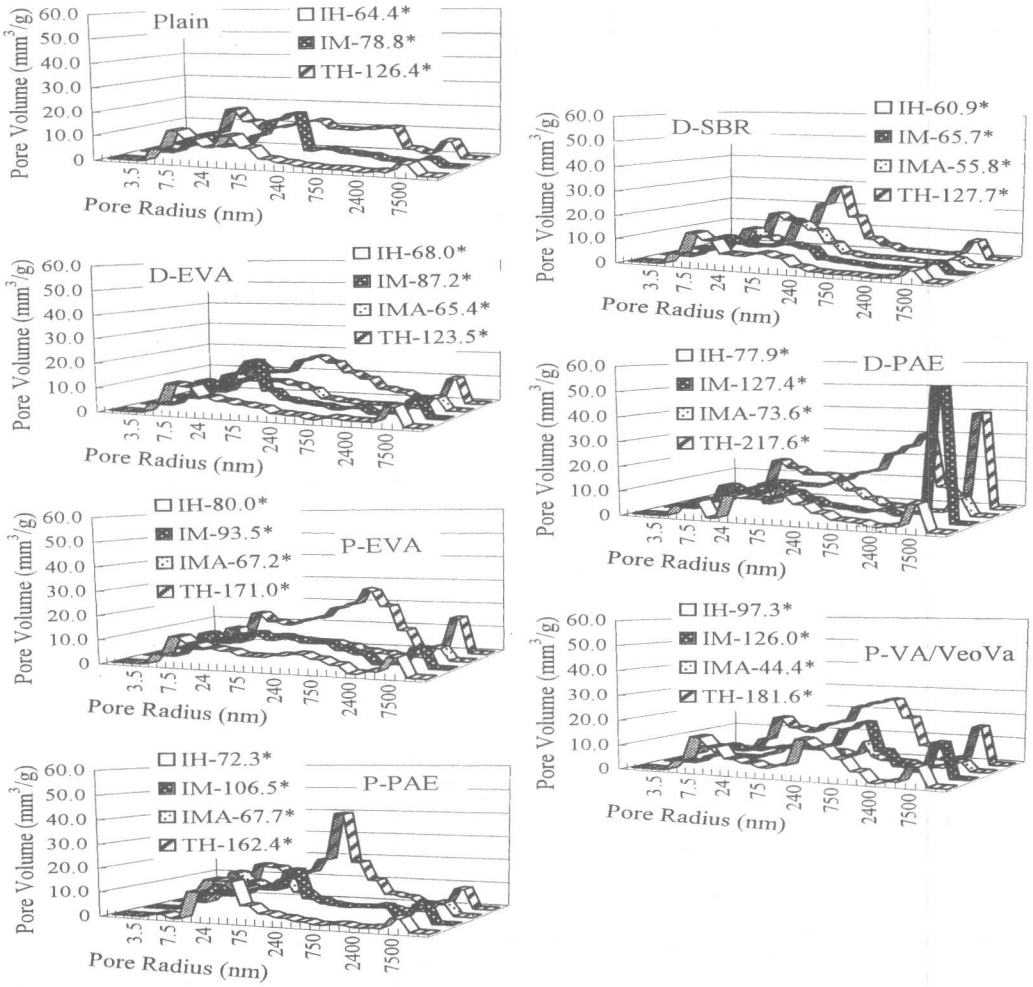

Fig.1 Pore Size Distributions of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands

Notes, * : Type of Standard Sand and Mixing Method－Total Pore Volume (mm^3/g)

IH : ISO Standard Sand, Hand Mixing　　IM : ISO Standard Sand, Machine Mixing

IMA : ISO Standard Sand, Machine Mixing with Antifoamer　　TH : Toyoura Standard Sand, Hand Mixing

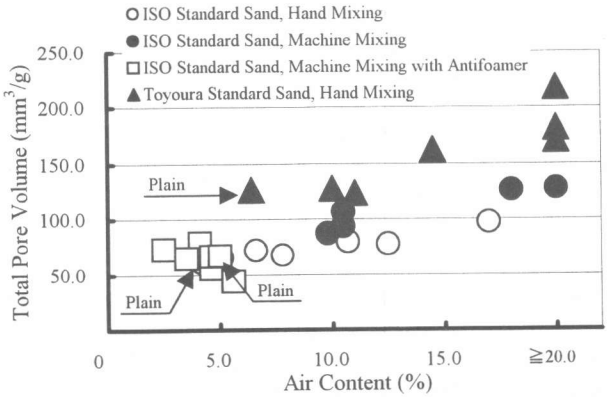

Fig.2 Total Pore Volume vs. Air Content of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands

たISO標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの空気量は，4.2%～17.0%の範囲にあるが，その空気量の増加に伴うその全細孔容積の増加の程度はわずかである。一方，機械練りで調製したISO標準砂を用いたもの及び手練りで調製した豊浦標準砂を用いたポリマーセメントモルタルにおいては，その空気量が15%以上になると，その全細孔容積の増大が著しくなるが，その空気量が少ないものでは，その空気量が増加して

も，その全細孔容積はそれほど増加しない。上述のことから，ポリマーセメントモルタルの空気量と全細孔容積の間には，必ずしも明確な相関関係があるとはいえない。本研究の限りでは，ポリマーの種類にかかわらず，ISO 標準砂を用いて，消泡剤を添加した機械練りによるポリマーセメントモルタルの空気量は，2.5～5.6%の範囲にあるが，その全細孔容積に差異はほとんど認められず，その細孔径分布も類似していることから，このポリマーセメントモルタルは，ほぼ同様の微細構造を形成しているものと考える。これらのことから，セメント混和用ポリマーとしてのセメント混和用ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂の性能評価のためのポリマーセメントモルタルの調製に当っては，消泡剤の使用が推奨される。又，消泡剤を使用しない場合には，試験に供するポリマーセメントモルタルの空気量は，10%程度以下とすべきと考える。

Fig.3 には，ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さとポリマーの種類の関係を示す。ポリマーの種類及び練混ぜ方法にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは，豊浦標準砂を用いたもののそれらよりも大きい。これは，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの水セメント比，空気量及び全細孔容積が，豊浦標準砂を用いたもののそれらより小さいことに起因するものと考える。ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの強さは，D-SBR 及び D-EVA を除いて，手練りよりも機械練りの方が水セメント比が小さいにもかかわらず，機械練りの方が小さい。これは，機械練りのモルタルの空気量が 10%以上であり，その全細孔容積が，手練りのそれよりも大きいことに起因しているものと推察される。なお，ポリマーの種類にかかわらず，機械練りによる ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは，消泡剤の添加により改善され，手練りのそれよりも大きい。

Fig.4 には，ポリマーセメントモルタルの吸水率とポリマーの種類の関係を示す。ポリマーの種類にかかわらず，水セメント比，空気量及び全細孔径容積が小さいことに起因して，ISO 標

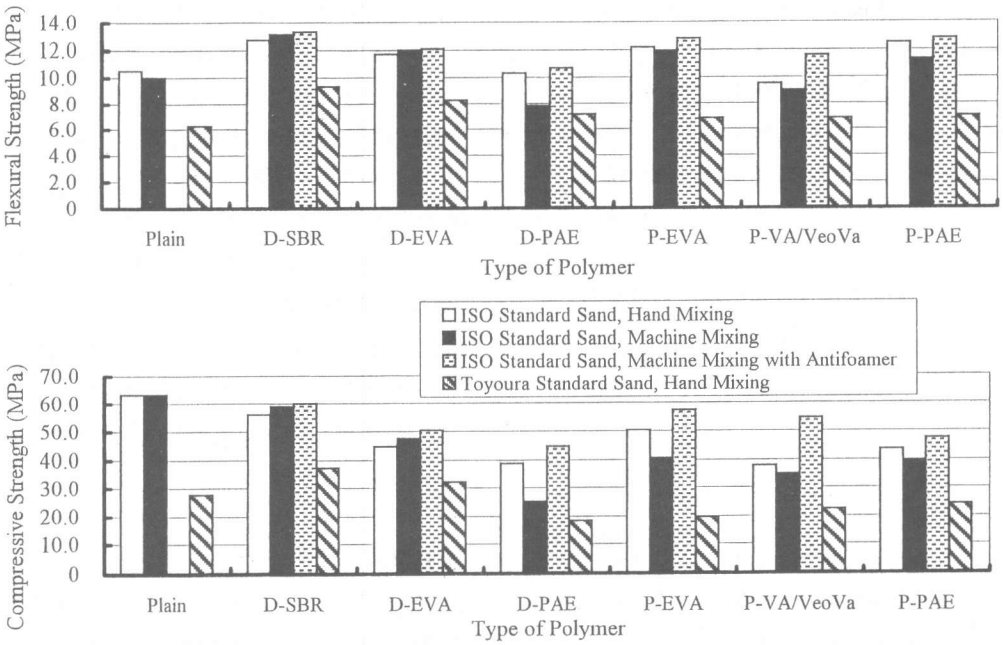

Fig.3 Type of Polymer vs. Flexural and Compressive Strengths of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands

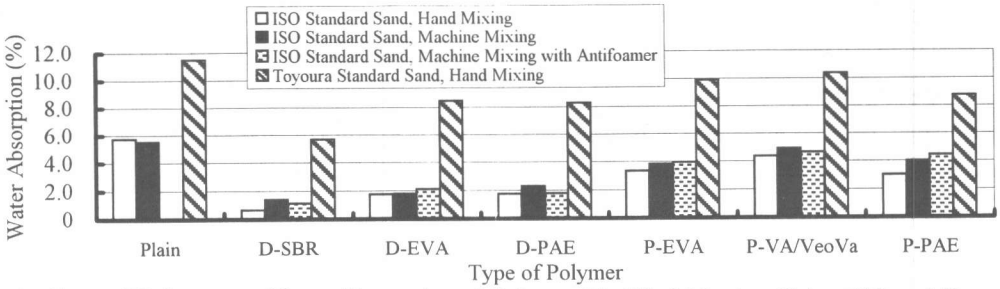

Fig.4 Type of Polymer vs. Water Absorption of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands

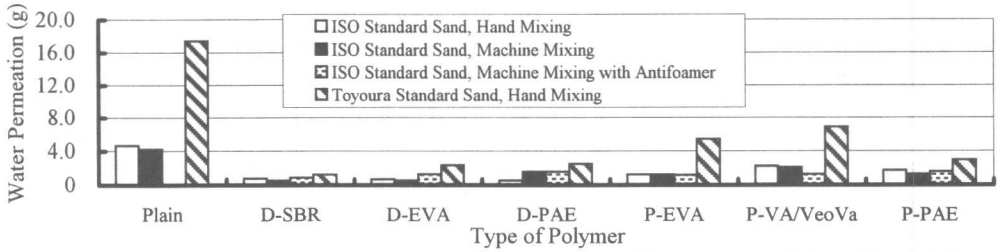

Fig.5 Type of Polymer vs. Water Permeation of Polymer-Modified Mortars Using ISO and Toyoura Standard Sands

準砂を用いたポリマーセメントモルタルの吸水率は，豊浦標準砂を用いたもののそれよりも小さい。又，空気量及び全細孔容積が小さいことから，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの吸水率は，機械練りのものよりも，手練りのものの方が小さく，その吸水率は，消泡剤の添加により改善される傾向にある。

Fig.5 には，ポリマーセメントモルタルの透水量とポリマーの種類の関係を示す。ポリマーの種類にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの透水量は，豊浦標準砂を用いたもののそれよりも小さい。これは，強さ及び吸水率と同様の理由によるものと考えられる。又，練混ぜ方法及び消泡剤添加の有無にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの透水量に大きな差異は余り認められない。

5．結論

以上の結果を結論づければ，次の通りである。

(1)ポリマーの種類及び練混ぜ方法にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの水セメント比，空気量及び全細孔容積は，豊浦標準砂を用いたポリマーセメントモルタルのそれらよりも小さい。

(2)手練りよりも機械練りのとき，ポリマーの種類にかかわらず，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの空気量及び全細孔容積は大きくなる傾向にあるが，消泡剤の添加によって減少し，類似の細孔径分布を与える。

(3)フロー値を 170±5 一定とした場合，ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの強さ及び防水性は，豊浦標準砂を用いたもののそれらよりも優れている。

(4)ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの透水量に及ぼす練混ぜ方法及び消泡剤添加の影響は余り認められない。

(5)ISO 標準砂を用いたポリマーセメントモルタルの試験によって，セメント混和用ポリマーの性能評価を行うに当っては，消泡剤の添加が望ましいと考えられる。

参考文献

1)大濱嘉彦：建築用ポリマーセメントモルタルの性状と調合設計に関する研究，建築研究報告，No.65，pp.43-47，1973．10