

論文 オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの強さに及ぼす オートクレーブ養生条件の影響

出村 克宣*¹ 大濱 嘉彦*² 朱 明基*³

要旨: 本研究では, シリカ質混和材を混入したオートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの強さに及ぼすオートクレーブ養生時の最高温度及びポリマー結合材比の影響について検討している。その結果, ポリマー結合材比にかかわらず, オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの強さは, 最高温度の上昇に伴って増大する。しかし, EVA 及び PAE を混入した場合には, オートクレーブ養生中にポリマーが劣化して, 強さが低下する。一方, オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの強さは, ポリマー結合材比の増加に伴って増大し, シリカ質混和材の混入によって更に改善される。

キーワード: オートクレーブ養生, ポリマーセメントモルタル, シリカ質混和材, 強さ

1. はじめに

一般に, オートクレーブ養生は, 早期強度の発現を目的として, プレキャストコンクリート製品の製造に利用されている。一方, ポリマーセメントモルタル及びコンクリートについても, プレキャスト製品製造への利用が期待されるが, これまで, ポリマーセメントモルタル及びコンクリートにオートクレーブ養生を適用する試みは行われていない。従来から, 高純度シリカはオートクレーブ養生用シリカ質混和材として使用されてきた。本研究では, これに加えて, 比表面積を大きくして, その反応性を高めた高炉スラグをオートクレーブ養生用混和材として試みている。

本研究では, 高炉スラグ微粉末及び高純度シリカとポリマーディスページョンを混和したオートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルを調製し, オートクレーブ養生条件, 結合材組成及びポリマー結合材比がその強さに及ぼす影響について検討する。

2. 使用材料

*1 日本大学工学部 建築学科 工博 (正会員)

*2 日本大学工学部 建築学科 工博 (正会員)

*3 日本大学大学院工学研究科 建築学専攻 (正会員)

2. 1 セメント

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使用した。

2. 2 シリカ質混和材

シリカ質混和材としては, 高炉スラグ微粉末及び高純度シリカを使用した。なお, 高炉スラグ微粉末及び高純度シリカの性質を Table 1 及び Table 2 に示す。

2. 3 細骨材

細骨材としては, 旧 JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) に規定する豊浦けい砂を使用した。

2. 4 セメント混和用ポリマーディスページョン

セメント混和用ポリマーディスページョンとしては, JIS A 6203 (セメント混和用ポリマーディスページョン及び再乳化形粉末樹脂) に規定するスチレンブタジエンゴム (SBR) ラテックス, エチレン酢酸ビニル (EVA) 及びポリアクリル酸エステル (PAE) エマルジョンを使用した。なお, ポリマーディスページョンの全固形分に対して, シリコーンエマルジョン系消泡剤 (有

効シリコン分、30%)を、その有効シリコン分として0.7%(質量百分率)添加した。なお、ポリマーディスパージョンの性質をTable 3に示す。

Table 1 Properties of Ground Granulated Blast Furnace Slag

Density (g/cm ³)	Blaine Specific Surface (cm ² /g)	Percent Flow (%)	Activity Index (%)		
			7d	28d	91d
2.91	10070	87	128	115	106
Chemical Compositions (%)					
MgO	SO ₃	SiO ₂	ig. loss	Cl ⁻	
5.58	0.12	33.5	<0.05	0.003	

Table 2 Properties of High-Purity Silica

Density (g/cm ³)	Blaine Specific Surface (cm ² /g)	Average Particle Size (μm)	SiO ₂
2.91	5800	7.6	99.90

Table 3 Properties of Polymer Dispersions

Type of Polymer Dispersion	Density (20°C, g/cm ³)	PH (20°C)	Viscosity (20°C, mPa·s)	Total Solids (%)
SBR	1.02	9.4	64	44.7
EVA	1.07	5.2	1218	44.0
PAE	1.06	9.8	49	47.0

3. 試験方法

3.1 供試体の作製

JIS A 1171 (ポリマーセメントモルタルの試験方法)に従って、結合材:細骨材=1:3(質量比)、ポリマー結合材比を0, 5, 10, 15及び20%とし、そのフロー値が170±5一定となるように水結合材比を50.0~78.0%に調整して、供試モルタルを練混ぜた。供試モルタルを寸法40×40×160mmに成形し、2d湿空[20°C 80%(RH)]養生後、オートクレーブ養生[(120°C, 0.15MPa), (150°C, 0.50MPa)及び(180°C, 1.01MPa), 3h保持]を行った。なお、セメントに対する高炉スラグ微粉末及び

高純度シリカの置換率(以下、それぞれ、高炉スラグ置換率及び高純度シリカ置換率という)を、0及び30%として、セメントとシリカ質混和材を混合したものを結合材とした。

3.2 細孔容積の測定

寸法40×40×160mmの供試体の内部から採取したモルタル塊を、粒径約3mmに破碎して、試料とした。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、更に、全細孔容積を求めた。

3.3 曲げ及び圧縮強さ試験

JIS A 1171 (ポリマーセメントモルタルの試験方法)に従って、供試体の曲げ及び圧縮強さ試験を行った。

4. 試験結果及び考察

4.1 細孔径分布

Fig. 1からFig. 3には、オートクレーブ養生の最高温度別に、オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの細孔径分布を、又、Fig. 4には、その全細孔容積とオートクレーブ養生の最高温度の関係を示す。最高温度にかかわらず、オートクレーブ養生普通セメントモルタル(ポリマー結合材比0%, シリカ質混和材置換率0%)の細孔径分布においては、細孔半径24~75nmにおいてその細孔容積が最大になるが、それにシリカ質混和材を30%混入すると、その細孔容積のピークは、細孔半径75nm以下に移行する傾向にある。シリカ質混和材未混入の場合、いずれの最高温度においても、ポリマー結合材比20%としたオートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの細孔容積のピークを示す細孔半径は、普通セメントモルタルのそれよりも大きくなる。この場合、普通セメントモルタルと比べて、オートクレーブ養生SBR混入ポリマーセメントモルタルの細孔容積のピークを示す細孔半径は、若干大きい方に移行するだけであるが、オートクレーブ養生EVA及びPAE混入ポリマーセメントモルタルの細孔容積のピーク

クを示す細孔半径は更に大きい方に移行し、普通セメントモルタルに比べて、その全細孔容積も著しく大きい。このことから、オートクレーブ養生下でポリマーのけん化によるポリマーフィルム分解が示唆される。一方、シリカ質混和材混入の場合、最高温度にかかわらず、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの細孔径分布は、普通セメントモルタルのそれと同様の傾向を示す。しかし、いずれの最高温度においても、オートクレーブ養生 EVA 及び PAE 混入ポリマーセメントモルタルの細孔径分布では、高炉スラグ微粉末を混入した場

合、それらの全細孔容積は減少するが、高純度シリカを混入した場合、それらの全細孔容積は著しく増大し、更に、小さい細孔半径の細孔容積が減少し、大きい細孔半径の細孔容積が増加する傾向にある。又、ポリマーの種類にかかわらず、オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの全細孔容積は、オートクレーブ養生の最高温度の上昇に伴って、若干減少する傾向にある。最高温度及びシリカ質混和材混入の有無にかかわらず、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの全細孔容積は、EVA 及び PAE を混入したものよりも小さい。

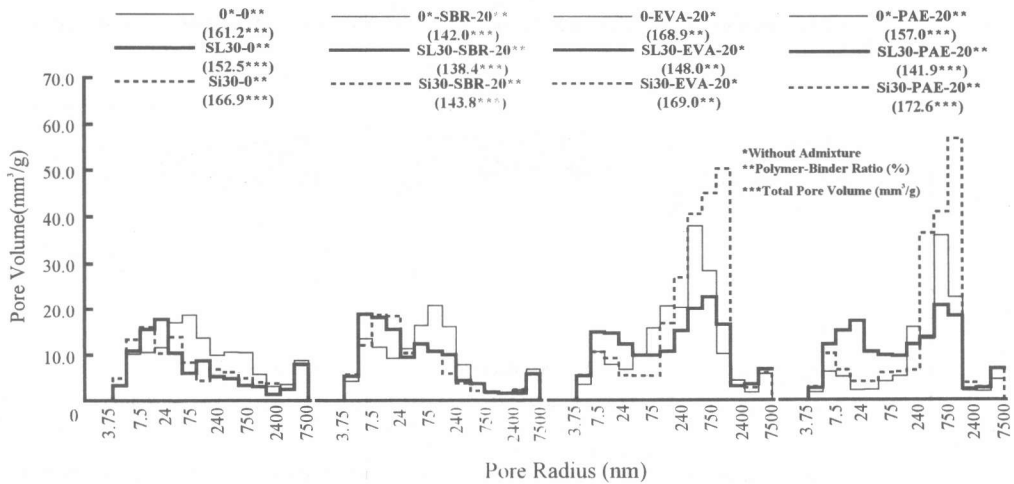


Fig. 1 Pore Size Distribution of Autoclaved Polymer-Modified Mortars at Maximum Temperature of 120°C

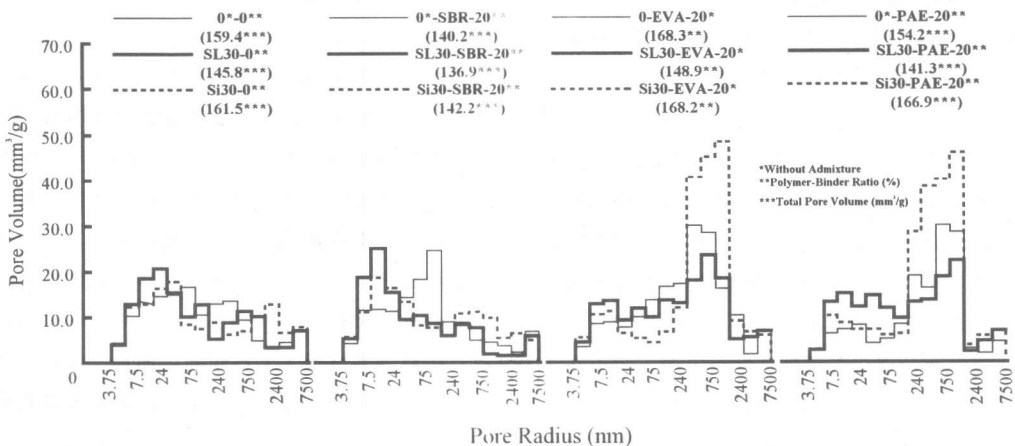


Fig. 2 Pore Size Distribution of Autoclaved Polymer-Modified Mortars at Maximum Temperature of 150°C

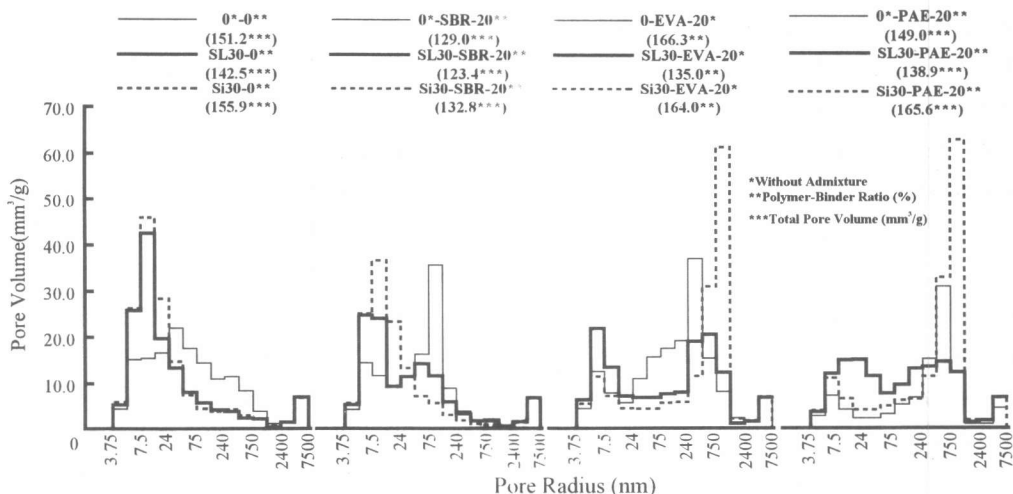


Fig. 3 Pore Size Distribution of Autoclaved Polymer-Modified Mortars at Maximum Temperature of 180°C

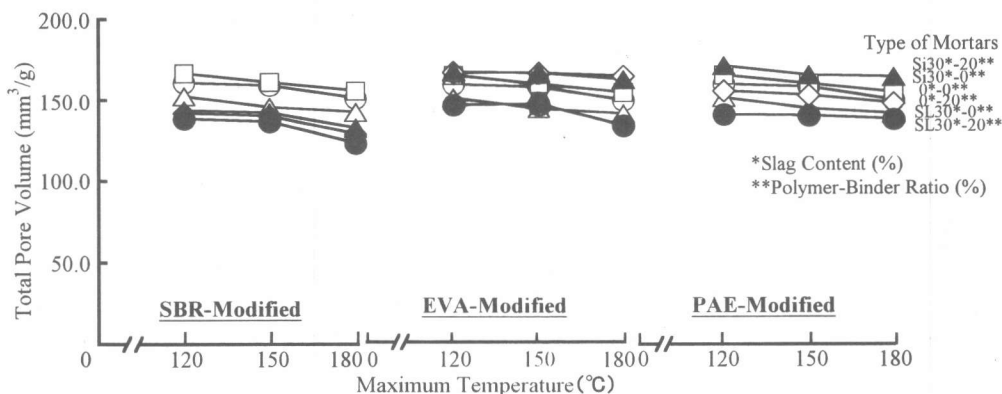


Fig. 4 Maximum Temperature vs. Total Pore Volume of Autoclaved Polymer-Modified Mortars with Slag and Silica Contents of 0 and 30%, and Polymer-Binder Ratios of 0 and 20%

4. 2 曲げ及び圧縮強さ

Fig. 5 から Fig. 7 には、シリカ質混和材未混入及び混入オートクレーブ養生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結合材比の関係を、又、Fig. 8 から Fig. 10 には、それらの曲げ及び圧縮強さと最高温度の関係を示す。最高温度及びシリカ質混和材混入の有無にかかわらず、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは、ポリマー結合材比の増加に伴って増大するが、オートクレーブ養生 EVA 及び PAE 混入ポリマーセメントモルタルのそれらは、一部の例外を除き、減少する傾向にある。ポリマーセメントモルタルの強さ発現は、モルタル中のセメント

の水和とその組織中に形成されるポリマーフィルムの形成によるものである。従って、オートクレーブ養生 EVA 及び PAE 混入モルタルのポリマー結合材比の増加に伴う強さの低下は、オートクレーブ養生中における EVA 及び PAE のけん化によるポリマーフィルムの劣化に起因するものと考えられる¹⁾。いずれのオートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルにおいても、シリカ質混和材の混入によって、それらの曲げ及び圧縮強さは増大する傾向にあり、特に、高炉スラグ微粉末を混入したものが最も大きな強さを与える。これらのことから、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルにおいては、オートクレーブ養生によってもポリ

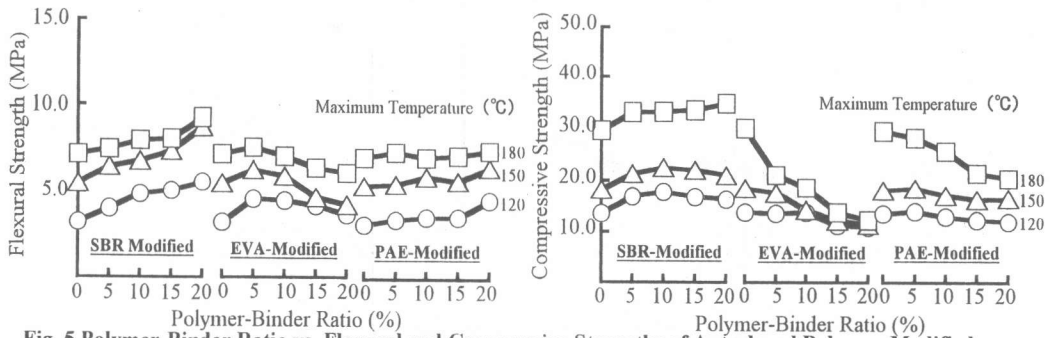


Fig. 5 Polymer-Binder Ratio vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars without Siliceous Admixtures

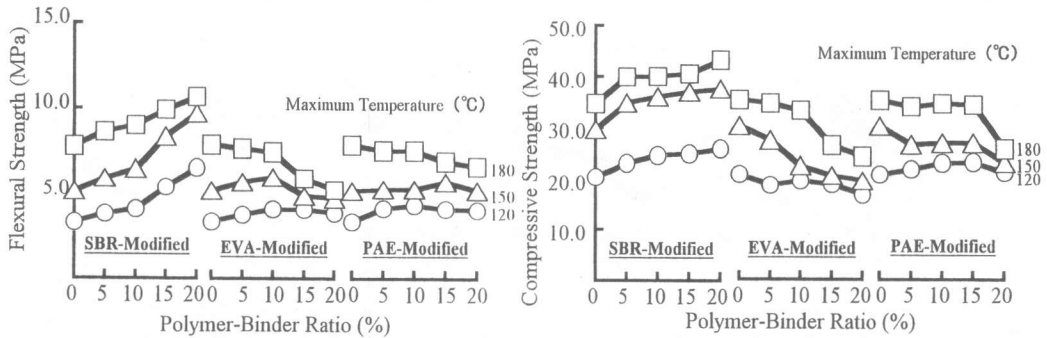


Fig. 6 Polymer-Binder Ratio vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars with Slag Content of 30%

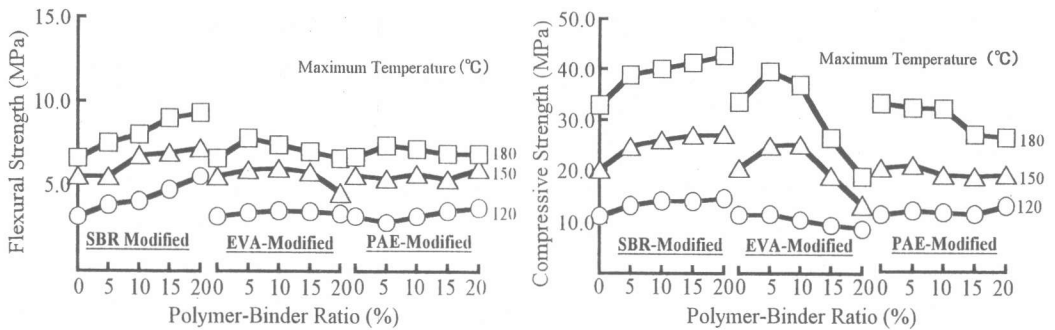


Fig. 7 Polymer-Binder Ratio vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars with Silica Content of 30%

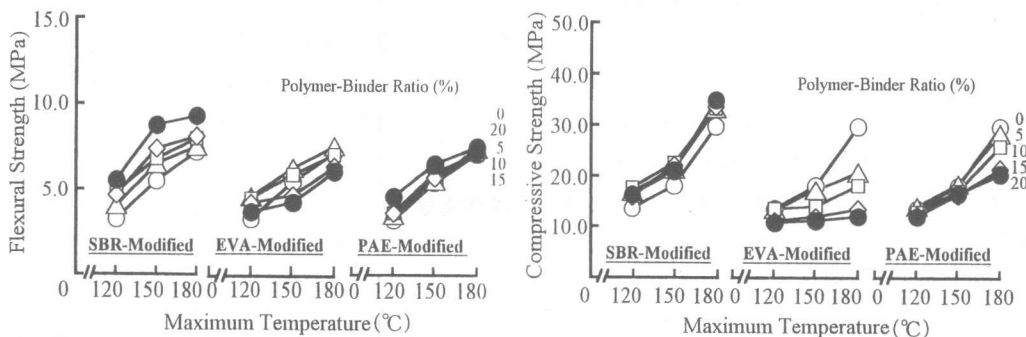


Fig. 8 Maximum Temperature vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars without Siliceous Admixtures

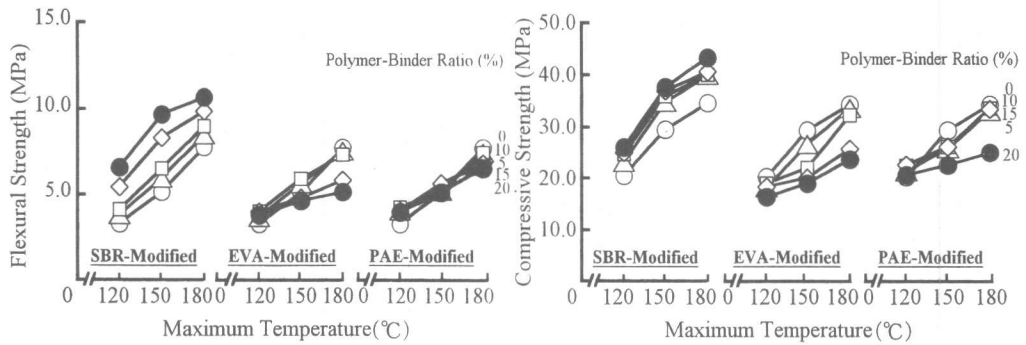


Fig. 9 Maximum Temperature vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars with Slag Content of 30%

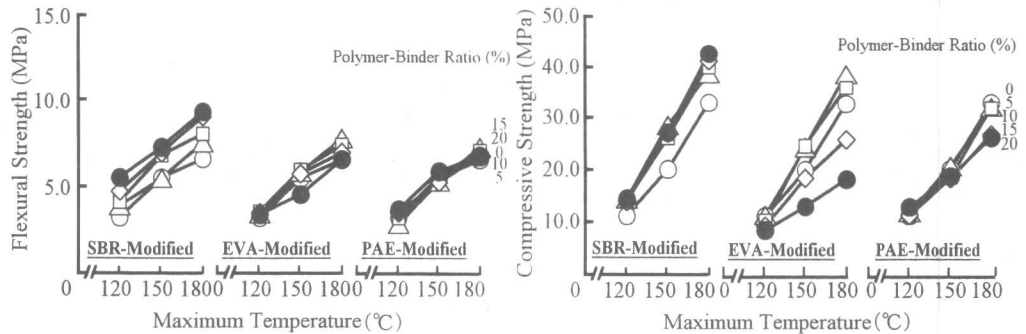


Fig. 10 Maximum Temperature vs. Flexural and Compressive Strengths of Autoclaved Polymer-Modified Mortars with Silica Content of 30%

マーの劣化が起こらず、その保水性に起因して、シリカ質材料のポズラン反応も促進され、優れた曲げ及び圧縮強さを発現するものと推察される。なお、ポリマーの種類及びポリマー結合材比にかかわらず、オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは、最高温度の上昇に伴って増大する。

5. 結論

以上の試験結果を結論づければ、次の通りである。

- (1) 高炉スラグ微粉末と高純度シリカのいずれを混入しても、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモルタルの微細構造はち密になるが、オートクレーブ養生 EVA 及び PAE 混入ポリマーセメントモルタルにおいては、オートクレーブ養生中におけるけん化によるポリマーの劣化が示唆される。
- (2) ポリマー結合材比の増加に伴って、オートクレーブ養生 SBR 混入ポリマーセメントモル

タルの曲げ及び圧縮強さは増大するが、EVA 及び PAE を混入したもののそれは減少する傾向にある。しかし、オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの曲げ及び圧縮強さは、最高温度の上昇に伴って増加する。特に、この傾向は、高炉スラグ微粉末を混入した SBR 混入ポリマーセメントモルタルにおいて著しい。

- (3) 以上の結果から、高炉スラグ微粉末及び高純度シリカを含む SBR 混入ポリマーセメントモルタルには、オートクレーブ養生の適用が可能であり、高炉スラグ微粉末及び高純度シリカのようなシリカ質混和材の混入によって、それらの強さは改善される。

参考文献

- 1) 大濱嘉彦, 出村克宣, 佐藤弘樹: オートクレーブ養生ポリマーセメントモルタルの強さ性状, 日本建築学会東北支部研究報告集, No.61, pp.347-350, 1998. 6