

[43] ポリマーセメントモルタルの変形特性の温度依存性

正会員 ○大 浜 隆彦 (日本大学工学部)

正会員 白石田 和彦 (日本大学大学院)

1. はじめに

現在、ポリマーセメントモルタルは、その優れた性能を利用して、床材、接着材、防水材、防食材、補装材などの建築、土木材料として広く使用されている。しかし、ポリマーセメントモルタルは、その組織中にポリマーが導入されているため、普通セメントモルタルに比べて、その性質の温度依存性が大きいといわれる。そこで、本研究では、ポリマーセメントモルタルについて、各種温度条件下で曲げ荷重-たわみ関係及び圧縮応力-ひずみ関係を求め、その変形特性の温度依存性について検討する。

2. 使用材料

(1) セメント及び骨材 セメントとして普通ボルトランドセメントを、骨材として豊浦標準砂を用いた。

(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として、ステレンブタジエンゴム(SBR)ラテックス、ポリアクリル酸エステル(PAE)及びエチレン酢酸ビニル(EVA)エマルジョンの3種の市販品を用いた。これらの性質を表-1に示す。なお、EVAエマルジョンにはその全固形分に対して消泡剤を、その有効固形分として0.7%添加した。

3. 試験方法

(1) ポリマーセメントモルタルの調製 供試モルタルは、セメント：豊浦標準砂=1:3(重量比)、ポリマーセメント比を0、5、10及び20%と変化させ、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)に従って練り混ぜ、そのフロー値が170±5一定となるように調製した。供試モルタルの配合は、表-2に示す通りである。

(2) 曲げ強さ試験 供試モルタルを寸法 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ に成形した後、2日湿空(20°C 、80%R.H.)、5日水中(20°C)、21日乾燥(20°C 、50%R.H.)養生を行った。これを-20、0、20、50、100及び 150°C に保った後、同じ温度の恒温槽内で変位制御型万能試験機を用い、クロスヘッド速度毎分 0.2 mm で曲げ強さ試験を行い、荷重-たわみ曲線を描いた。

(3) 圧縮強さ試験 供試モルタルを寸法 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ に成形した後、2日湿空(20°C 、80%R.H.)、5日水中(20°C)、21日乾燥(20°C 、50%R.H.)養生を行って作製した供試体にワイヤーストレインゲージを張り付けた。これを20、50、100及び 150°C に保った後、同じ温度の恒温槽内で変位制御型万能試験機を用い、クロスヘッド速度毎分 1.0 mm で圧縮強さ試験を行って、応力-ひずみ曲線を描いた。又、圧縮強さの $1/3$ の圧

表-1 供試ポリマーディスパージョンの性質

Type of Polymer Dispersion	Specific Gravity (20°C)	pH	Viscosity (20°C) (cP)	Total Solids (%)
SBR	1.016	7.06	BL, Adapter 60 rpm	43.7
PAE	1.074	9.60	BL, Adapter 12 rpm	45.2
EVA	1.051	5.21	BL, No.3 Rotor 30 rpm	44.6

表-2 供試ポリマーセメントモルタルの配合

Type of Mortar	Cement : Sand (by weight)	Polymer-Cement Ratio (%)	Water-Cement Ratio (%)	Flow
Un-Modified	1:3	0	79.0	170
SBR-Modified	1:3	5	59.0	169
		10	57.9	169
		20	51.5	170
PAE-Modified	1:3	5	63.8	173
		10	56.2	174
		20	48.3	174
EVA-Modified	1:3	5	64.7	170
		10	61.2	168
		20	55.7	168

縮応力において、静弾性係数(セカントモジュラス) $E_{1/3}$ を求めた。

4. 試験結果及び考察

図-1から図-3には、各種温度条件下におけるポリマーセメントモルタルの曲げ荷重-たわみ曲線を示す。20°C以上の試験温度において、試験温度の上昇に伴い、ポリマーセメントモルタルの最大曲げたわみは減少する。この傾向は、ポリマー-セメント比の高いものはほど大きく、ポリマーセメント比20%では、150°Cの場合の最大たわみは、20°Cの場合のそれの1/2から1/3と小さくなる。これは、普通セメントモルタルよりも相当に温度依存性の大きい熱可塑性ポリマーが、モルタルの組織中に導入されていることに起因する¹⁾ものと考えられる。しかし、一部の例外を除けば、試験温度150°Cまでは、ポリマーセメントモルタルの最大たわみは、普通セメントモルタルのそれと同程度の値を与える。一方、20°C以下の試験温度の場合、試験温度の低下に伴って、すべてのポリマーセメントモルタルの最大たわみは増大する。ポリマーセメント比20%では、-20°Cの場合の最大たわみは、20°Cの場合のそれの1.2倍から1.4倍もの値を与える。しかし、試験温度の低下に伴うポリマーセメントモルタルの最大たわみの増加割合は、曲げ荷重

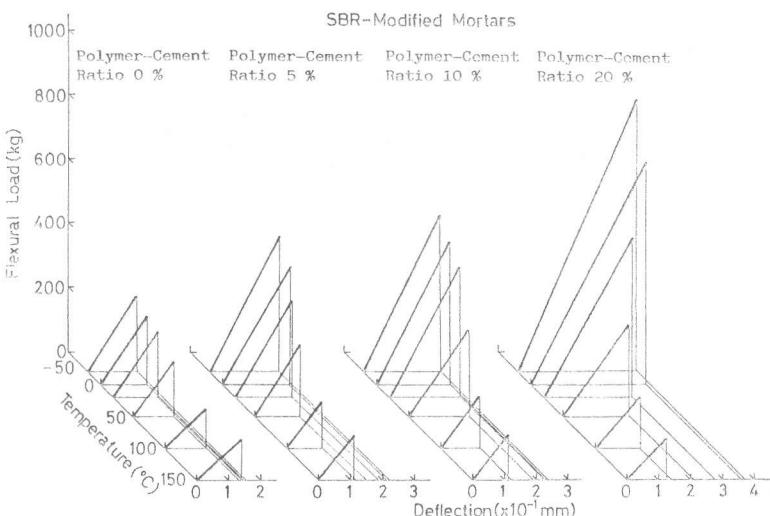


図-1 各種温度条件下におけるSBRポリマーセメントモルタルの曲げ荷重-たわみ曲線

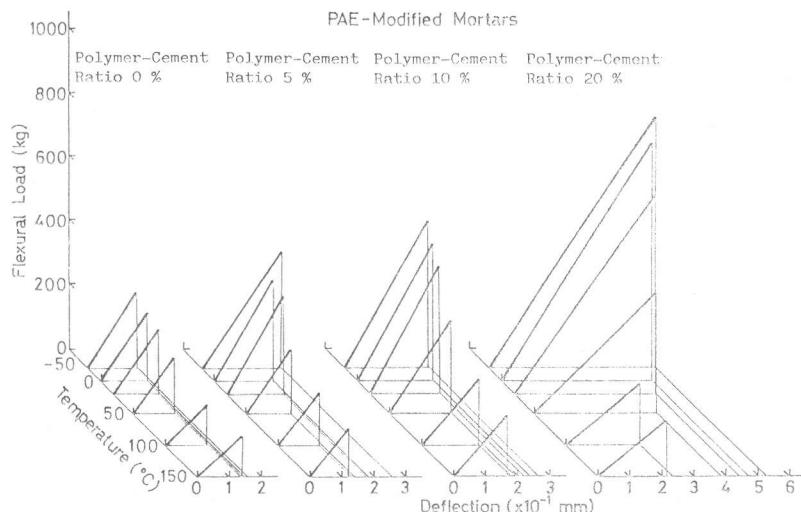


図-2 各種温度条件下におけるPAEポリマーセメントモルタルの曲げ荷重-たわみ曲線

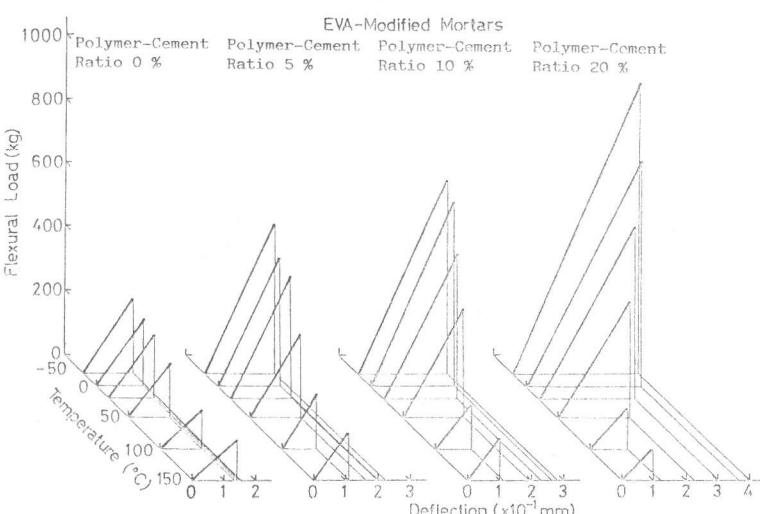


図-3 各種温度条件下におけるEVAポリマーセメントモルタルの曲げ荷重-たわみ曲線

のそれに比べてかなり小さい。これは、モルタル中の間げき中にある水が凍結することによって、液体である水が古めていた間げきが、強さを持つ固体に変わると共に、それぞれのポリマーのガラス転移点が 0°C 付近でありそれ以下の試験温度において、ポリマーはガラス状態（凍結状態）になる^{3),4)}ことから説明できよう。図-1から図-3における曲げ荷重-たわみ曲線のこう配がポリマーセメント比の増加につれて大きくなり、この傾向は後述の圧縮応力-ひずみ曲線の場合と矛盾しているように見える。この理由は、ポリマーセメントモルタルの変形挙動が、導入されたポリマーの弾性係数のみによるものではなく、ポリマーディスパージョン中に含まれる界面活性剤による減水効果や、空気連通性、ポリマー粒子のコロイド的性質などの複雑な要因の相乗効果によって支配されるためと考えられる。

図-4には、試験温度及びポリマーセメント比とポリマーセメントモルタルのタフネスの関係を示す。ここでいうタフネスとは、曲げ荷重-たわみ曲線において、最大曲げ荷重に達するまでの曲げ荷重-たわみ曲線とたわみ軸とによって閉まれる面積 ($\text{kg}\cdot\text{cm}$) をいう。 20°C 以上の試験温度において、ポリマーの種類にかかわらず、試験温度の上昇に伴って、ポリマーセメントモルタルのタフネスは減少し、試験温度 100°C から 150°C ではほぼ一定値を与える。これらの値は、普通セメントモルタルのそれとほぼ同程度である。従って、この温度範囲内では、ポリマーの混入によるモルタルのタフネスの改善は認められない。これは、前述したように、温度依存性の大き

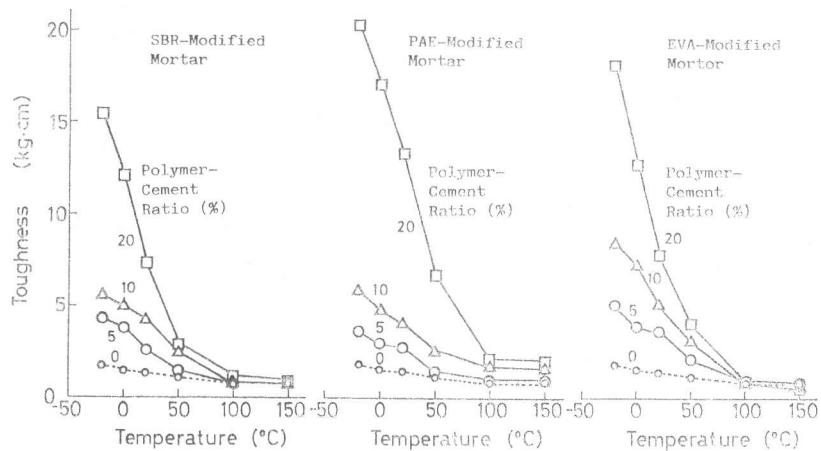


図-4 試験温度及びポリマーセメント比とポリマーセメントモルタルのタフネスの関係

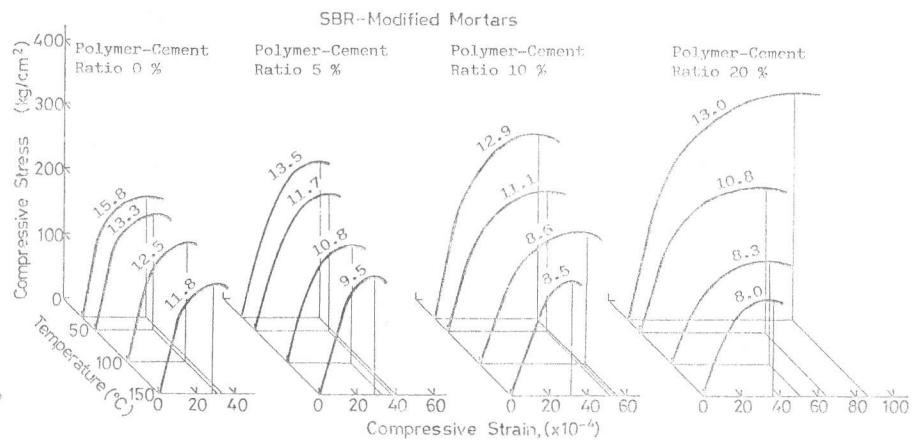


図-5 各種温度条件下におけるSBRポリマーセメントモルタルの圧縮応力-ひずみ曲線

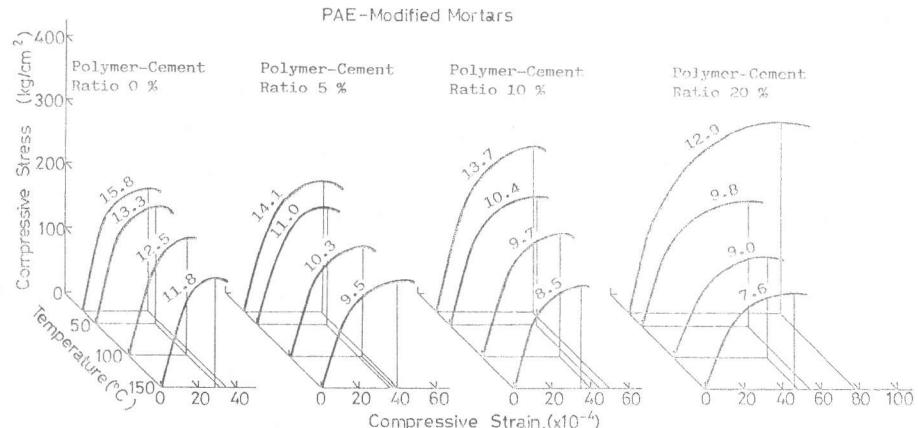


図-6 各種温度条件下におけるPAEポリマーセメントモルタルの圧縮応力-ひずみ曲線

いポリマー成分がモルタル組織中に導入されてい
るためと考えられる。又、
100 °Cまでの試験温度において、ポリマーセメント比の高いものほど、
そのタフネスは大きく、
特に、この傾向はPVA混入ポリマーセメントモルタルにおいて顕著である。

しかし、それ以上の試験温度では、ポリマーセメント比によるタフネスの

差は小さくなる。このポリマーの混入によるモルタルのタフネスの向上は、セメント硬化体とポリマーフィルムが一体化した結合材相を形成するためと、ポリマー中の界面活性剤の効果により水セメント比が低下することに起因するものと考えられる。⁵⁾一方、20 °C以下の試験温度では、普通セメントモルタルに比べ、いずれのポリマーセメントモルタルのタフネスも相当に大きく、試験温度-20 °Cにおけるポリマーセメント比20%のタフネスは、普通セメントモルタルのそれの8倍から11倍にも達する。これは、前述したように、主に曲げ強さの向上によるものと考えられる。

図-5から図-7には、各種温度条件下におけるポリマーセメントモルタルの圧縮応力-ひずみ曲線を示す。一般に、ポリマーセメント比の増加と試験温度の上昇に伴って、すべてのポリマーセメントモルタルの弾性係数は減少すると共に、高い試験温度では、ポリマーセメント比によるその差異は若干大きくなる。試験温度にかかわらず、ポリマーセメント比が高いものほど、その最大圧縮ひずみは大きくなる。試験温度の上昇に伴って、その最大圧縮ひずみは減少し、ポリマーセメント比による差異は小さくなる。しかし、いずれのポリマーセメント比における最大圧縮ひずみも、普通セメントモルタルのそれを上回っている。

5. 総 括

(1) 20 °C以上の試験温度では、試験温度の上昇に伴い、ポリマーセメントモルタルの最大たわみ及びタフネスは減少し、この傾向は、ポリマーセメント比の高いものほど著しい。

(2) 一般に、ポリマーセメントモルタルの弾性係数は、ポリマーセメント比が高いほど小さく、試験温度の上昇に伴って減少し、ポリマーセメント比によるその差異は大きくなる。ポリマーセメントモルタルの最大圧縮ひずみは、ポリマーセメント比の高いものほど大きく、試験温度の上昇に伴って減少するが、いずれも普通セメントモルタルのそれを上回っている。

(3) 高い試験温度におけるポリマーセメントモルタルのたわみ、タフネス、弾性係数及び圧縮ひずみの挙動は、温度依存性の大きいポリマー成分がモルタル組織中に導入されていることに基づくものと推察される。

参考文献

- 1) 大浜嘉彦、「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. 6.5, Oct. 1973, pp. 147 - 149.
- 2) 関田清、六車熙編、「コンクリート工学ハンドブック」、朝倉書店、Nov. 1981, pp. 493 - 494.
- 3) 波木守、大浜嘉彦、「プラスチックスコンクリート」、高分子刊行会、Sept. 1968, p. 122.
- 4) 室井宗一、「高分子ラテックスの化学」、高分子刊行会、May 1970, pp. 260 - 264.
- 5) 1) の p. 56, pp. 106 - 139.

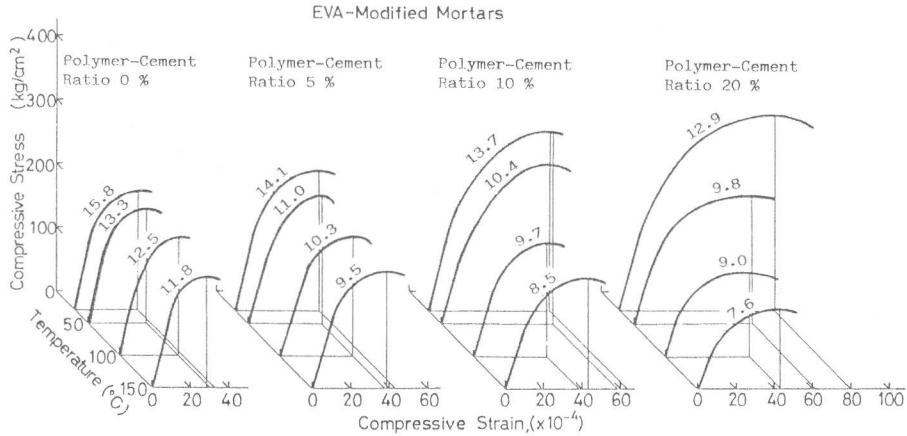


図-7 各種温度条件下におけるPVAポリマーセメントモルタルの圧縮応力-ひずみ曲線
注) 図中の曲線上の数字は弾性係数($\times 10^4$)を示す。