

V-1

不飽和ポリエステルレジンモルタルの最適配合について

九州産業大学 正会員 山崎竹博

1. 配合の考え方

レジンコンクリートの最適配合を決定するための基本的な考え方は、単位レジン量を少なくし、高強度を得、作業に必要なコンシステンシーを確保し、材料分離を少なくすることである。これらの考え方は、セメントコンクリートの最適配合にも共通するが、レジンコンクリートでは樹脂が高価であり、ヒンガム降伏値が認められないこと、レジン自体が材料分離するため変形や強度の低下を生じること、温度および希釈剤配合比によってレジンそのものの粘度が変化することなど、基本的性質が異なる。そこで、本研究では、このようなレジンコンクリートの最適配合を求めた第一段階として、まずレジンモルタルの最適配合について考察を試みた。レジンモルタルの構成材料は、レジン(不飽和ポリエステル、スチレンモノマー、硬化促進剤、硬化剤)、微粒充填材(炭酸カルシウム)、細骨材であるが、ワーカビリティへの影響因子は細骨材粒子間にあるペーストの容積および粘度と考えることができる。この内、ペーストの粘度はレジンの粘度と微粒充填材量によって変化し、レジンの粘度は温度および希釈剤量によって変化する。すなわち、レジンモルタルのワーカビリティは、ある材料温度における単位ペースト容積と微粒充填材率(炭酸カルシウム重量/レジン重量)およびスチレン配合比によって決定されるものと考えられることができる。

2. 実験概要

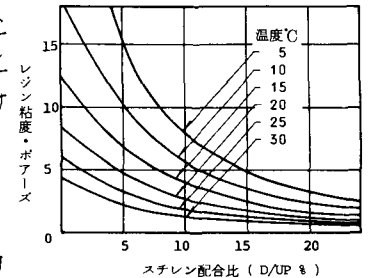
レジン、ペースト、モルタルの粘度は回転粘度計を用いて測定した。フロー試験ならびにモルタルの曲げおよび圧縮強度試験はJIS 5201に準じて、図・1 温度およびスチレン配合比とレジン粘度
引張試験はφ5×10cm円柱供試体の割裂試験によって求めた。このとき、コンシステンシー試験にはスチレン配合比5種×微粒充填材材率5種×単位ペースト容積4種の合計100配合、強度試験にはスチレン配合比6種×微粒充填材材率6種の計36配合、432供試体を使用した。なお、硬化促進剤および硬化剤のポリエステルに対する重量比はそれぞれ0.5、0.7であり、試験時の材料温度はすべて20℃一定となるよう注意した。

3. 実験結果および考察

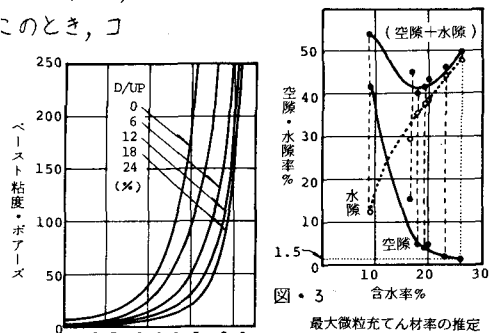
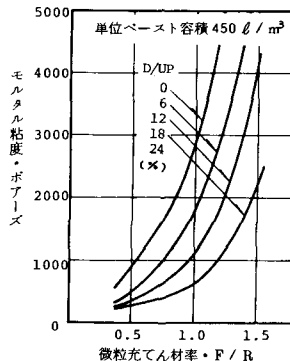
(1) レジンの粘度 実測値から得られた温度およびスチレン配合比とレジン粘度の関係を図・1に示す。それらの図・2 微粒充填材材率とペーストの粘度

関係を関数表示するには、スチレン配合比とレジン粘度の関係を導き、それに温度による係数を乗ずればよく、結局式(1)のように表示されること判った。このとき、不飽和ポリエステル樹脂は原料や製造過程の違いで粘度にはらつきを生じることがある。このため、任意の条件下での粘度を計算できる。ただし、V: レジンの粘度(ポアーズ)、

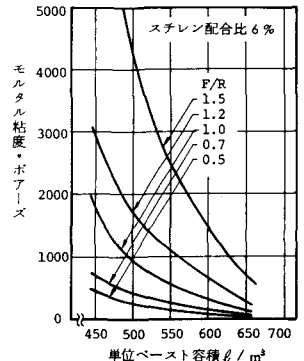
$$V=a \frac{(D-33.8)(T-56.1)}{(D+9.26)(T+3.33)} \dots (1)$$



図・1 温度およびスチレン配合比とレジン粘度


図・2 微粒充填材材率とペーストの粘度
レジン容積を50%とすれば
最大微粒充填材率は2.7 / 1.11 = 2.43


図・4 微粒充填材材率とモルタルの粘度



図・5 単位ペースト容積とモルタル粘度

α : 材料特性係数 (本材料では 1.51 とする。), D : 希釈剤配合比 (ポリエステル樹脂に対する重量百分率, % で表示), T : 材料温度 ($^{\circ}\text{C}$)

(2) ペーストの配合と粘度 微粒充てん材率ならびに希釈剤配合比が変化した時のペースト粘度を実測し、図・2 の関係を得た。図・1 を併用すれば、レジン粘度とペースト粘度の関係が容易に判る。さて、実用上の F/R は図・2 から 2.0 以下であると見られるが、ここでは炭酸カルシウムと水を用いて締固め試験を行ない F/R の最大値を推定してみた。その結果、実用的なペーストでは水の容積が 50% 以上必要なことが判り、最大微粒充てん材率は 2.43 と推定された。

(3) モルタルの配合と粘度 F/R および D/UP が変化した時のモルタル粘度の変化の一例を単位ペースト容積 450 l/m^3 の場合について示す。また一例として、図・4 の $D/UP = 6\%$ の関係が単位ペースト容積の変化に伴いどのように変化するかを図・5 に示した。このようなレジンモルタルの粘度をセメントモルタルのコンシステンシーと比較するためフロー試験を行なった。その結果、

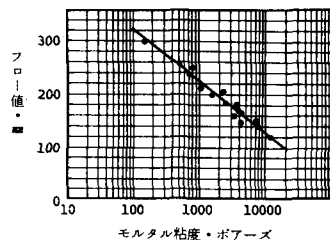
粘度とフロー値は図・6 のように片対数座標上で直線関係を示すことが判った。その関係から、一般的フロー値 18.5 cm を与えモルタルの粘度は 2500 ポアーズとなる。ここで、図・1 ~ 図・5 までの試験結果を統合すれば図・7 の関係が得られ、2500 ポアーズのモルタルの配合は、その内から目的に合った性質を得よう自由に定めることができる。

(4) モルタル配合と材料分離 打設後のレジンモルタル上部には乳白色のペーストが浮きよってくる。そこで、

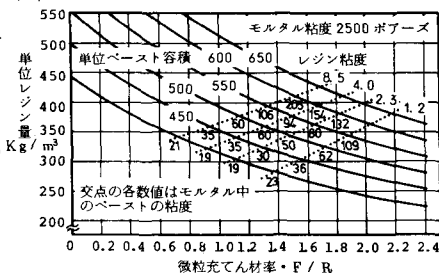
全容積に対するその割合をペースト分離率として単位ペースト容積との関係で示せば図・8 のように直線的関係が得られ、単位ペースト容積 450 l/m^3 ではほぼ材料分離が無くなることが判った。すなわち、細骨材の空隙率は 37% であるから、その空隙容積の約 1.2 倍のペースト容積を用いればよいこととなる。しかし、図・9, 10 に示すように D/UP を非常に大きくすると 8% 程度の材料分離は生じる。

(5) 配合とモルタル強度 F/R および D/UP がモルタル強度に与える影響の一例を図・11, 12 に曲げ強度を用いて示す。その結果から F/R の違いによる強度のピークは、 D/UP の変化につれて、材料分離が生じない方向に移動することが明らかとなった。また、 D/UP の強度に与える影響は F/R の変化に関係なく、本実験での使用材料では 6% で最大強度となった。

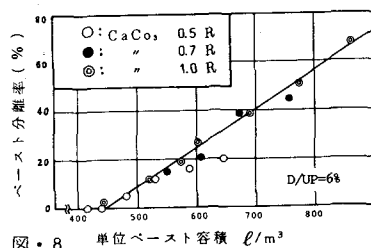
4. 結論 以上、レジンモルタルの配合は用途に応じて自由に選べるが、特に強度を重視すれば、その最適配合は $D/UP = 6\%$, $F/R = 1.0$, 単位ペースト容積 $= 1.2 \times$ 空隙容積として得られることが判った。



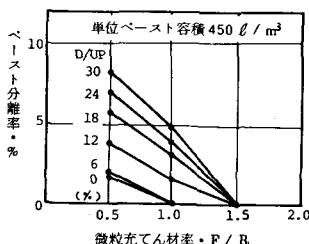
図・6 モルタル粘度とフロー値



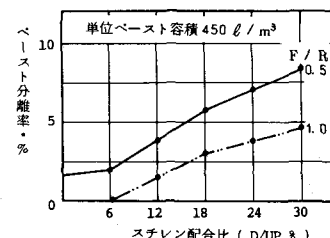
図・7 コンシステンシー一定の配合図



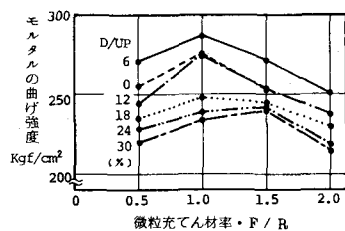
図・8 単位ペースト容積 l/m^3



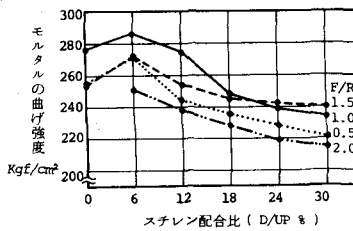
図・9 微粒充てん材率と材料分離



図・10 スチレン配合比と材料分離



図・11 微粒充てん材率とモルタルの曲げ強度



図・12 スチレン配合比とモルタルの曲げ強度