

1. まえがき

不飽和ポリエステルを使用したレジンコンクリートは一般に硬化収縮が大きく、実用配合のもので $3000 \times 10^{-6} \sim 4000 \times 10^{-6}$ 程度の収縮ひずみを生じる。この硬化収縮ひずみは、不飽和ポリエステルが重合する際に生じる容積変化によるものであり、樹脂量を減らすことによって小さくなると考えられるが、樹脂量を減らした場合ワーカービリティが悪くなり強度の減少を来す。レジンコンクリートのワーカービリティについては、セメントコンクリートのそれとはかなり異なり、コンシステンシーに対応する要素としてペーストの粘性およびペースト量の多少による軟らかさで示される性質が考えられる。また、アラスチシティに乏しいため、スランプ試験等によってワーカービリティを測定することには問題があり、むしろ粘性流体と考え流下時間と測定する方法が適当と考えられる。フィニッシュビリティについては、ペースト自体の粘着性が高いため、主としてペースト量の多少による軟らかさと α/β に依存するようである。これらのことから、本研究では種々のペースト配合比および希釈剤の添加量に対して、スランプ試験、Vee-Bee 試験、流下試験等を行ない、その結果と硬化後の物理的性質および経験的な作業性などからワーカービリティについて考察した。

2. 使用材料

レジンコンクリートの基材として不飽和ポリエステル、希釈剤としてスチレンモノマー、硬化剤としてメチルエチルケトンパーオキサイト+フタル酸メチル、硬化促進剤としてナフテン酸コバルトを用いた。比重は各々 20°C において 1.12, 0.91, 1.05, 1.12 である。ただし、ここを用いる不飽和ポリエステルとは製品として既に約 40% のスチレンモノマーおよび自然重合を防ぐための重合禁止剤などが加えられているものという。使用した骨材の性質を表-1 に示す。微粒充填材としては炭酸カルシウム、比重 2.70 を使用した。

3. 実験方法

ペーストに加えぬ希釈剤量と強度の関係を調べるため、粗骨材 I および II と細骨材 I を用い表-2 の配合を基準として希釈剤比（ポリエステル重量 100 に対する希釈剤の重量比）を、0, 3, 6, 9 と変化させ、その圧縮および割裂試験ならびに硬化始発時間の測定を行なった。レジンペースト量と強度およびワーカービリティの関係については、粗骨材 III, 細骨材 II を用い、ペースト：炭酸カルシウム = 1 : 1.2, 細骨材率 36%, ペースト量 8.2%, 10.1%, 12.0%, 13.4%, 14.8% の各配合について、それぞれ希釈剤比 0, 6, 12 のペーストを用い、計 15 配合について圧縮および割裂ならびにワーカービリティに関する試験を行なった。ワーカービリティに関する試験として、まず従来用いられてきたスランプ試験および Vee-Bee 試験を行ない、次に図-1 に示すような箱を振動台（Vee-Bee 試験用, 3000 rpm, 最大振幅 0.3 mm）に取り付け、単位容積（1 l）の流下時間を測定した。試料の突き固めは 3 層各々 10cm^2 当り 1 回の割合で行なった。強度試験については $\phi 75 \times 15\text{cm}$ 円柱供試体を用い、養生はすべて空気中常温養生とした。

4. 実験結果および考察

図-2 に、ペーストの希釈剤量を変化させた場合の圧縮強度、引張強度および硬化始発時間の関係を示す。この図から、強度に関する最適希釈剤量が存在し、それをピークに強度は減少する、希釈剤量の増加につれて硬化始発時間も長くなるなどが判る。すなわち、不飽和ポリエステルを用いたレジンコンクリートでは、スチレンモノマーは希釈剤であると同時に架橋剤でもあり、ペーストの粘度調整のみに用いる

表-1 使用骨材の性質

	粗骨材 I	粗骨材 II	粗骨材 III	細骨材 I	細骨材 II
石 質	玄武岩	玄武岩	角閃岩	海砂	海砂
最大粒径	20 mm	13 mm	20 mm	—	—
比 重	2.69	2.69	2.96	2.57	2.55
単位容積重量	1515 kg	1477 kg	1690 kg	—	1590 kg
実積率	57.2 %	55.9 %	57 %	—	62 %
粗粒率	6.73	6.20	6.86	3.01	2.88
吸水率	0.83 %	1.18 %	0.48 %	—	1.38 %

表-2 レジンコンクリートおよびペーストの配合

レジンペースト	炭酸カルシウム	粗骨材 I	粗骨材 II	粗骨材 III
kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	I	II
234	279	637	786	394
ポリエステル	希釈剤	硬化促進剤	硬化剤	
100	6	1	0.5	

（ペーストの配合は重量比である）

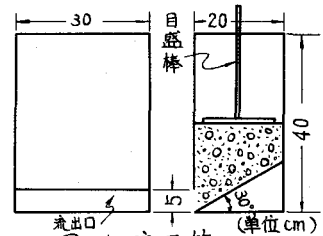


図-1 流下箱

ことはできない。図-3は、ペースト量とスランパ値の時間的变化を表わしたもので、スランパコーン引き上げ直後も0秒としている。これらの結果から、スランパコーン引き上げ後約20~30秒後のスランパ値を測定すれば、ほぼ安定した値が得られることが判る。ペースト量と Vee-Bee 値の関係を図-4に示す。セメントコンクリートの Vee-Bee 値は5~10秒程度であるが、レジンコンクリートでは粘性が高いため適度のワーカビリチーを有するペースト量12%の配合でも25秒程度となっている。いずれにせよ、スランパ試験、Vee-Bee 試験ともにコーンの引き上げおよび最終値の判定に個人誤差が入ることは避けられない。ペースト量と流下時間の関係を図-5①、②、③に示す。①、②、③はそれぞれ希釈割合が0、6、12の場合の結果である。ここで、経験的な軟らかさの程度を、A:硬い、B:やや硬い、C:適当、D:やや軟らかい、E:非常に軟らかい、の5段階に分け、分離の程度を、I:分離しない、II:やや分離する(締まる)によって上部にペースト層ができる、III:分離する、IV:ひどく分離する、の4段階に分類し、図中に記号で示してある。□は適度のワーカビリチーを示すものである。これらの結果から、希釈割合が0、6、12の場合の最適ペースト量は12%、10.1%、8.2%程度と考えられ、その時の流下時間は19秒、24秒、30秒、ペーストの粘度は3.0、1.8、1.3ポイズであった。それらを図示すると図-6のようになり希釈割合を増した場合、すなわちペーストの粘度が下がればペースト量を減少させてよいことがわかる。実際の配合決定の方法としては、使用骨材の相違やA/A および炭酸カルシウム/ペースト(Ca/P)などの違いによってワーカビリチーが異なることや、ポリエステルの粘度が温度や貯蔵期間などによって変化を受けるとなどから、まずペーストの粘度もしくはペースト+炭酸カルシウムの粘度とコンクリートのワーカビリチーとの関係を求め、これに適合するペースト量を決定する方法が考えられる。図-7は、希釈割合6のペーストを用いた場合の圧縮強度および弾性係数とペースト量の関係を示したものである。この図から、ほぼ最適ワーカビリチーを有する配合で最高強度が得られていることが判る。またコンクリートに必要な最少のペースト量は骨材の空隙を満たす量に等しいと考えて、本実験での必要最少ペースト量を計算すると4.5重量%となる。結局、前述の最適ワーカビリチーを与える配合でも約4~10%の余剰ペーストが含まれていることになる。最後に、本実験を行なうに当たり適切な御助言および御協力を頂きました九州産業大学官川邦彦助教授、亀井鶴隆副子、土木材料実験室の皆様へ感謝致します。

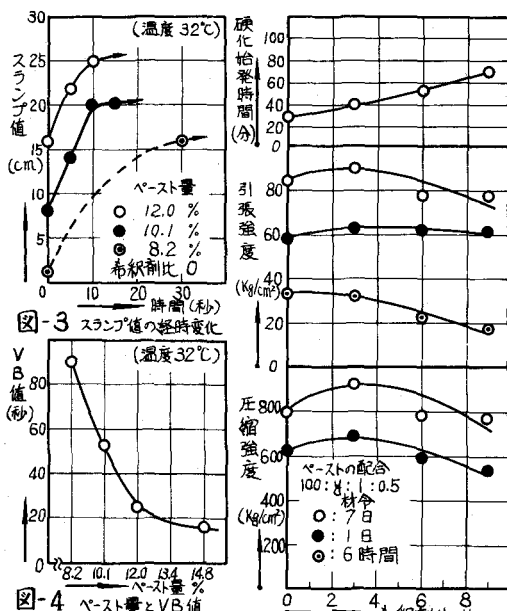


図-3 スランパ値の経時変化

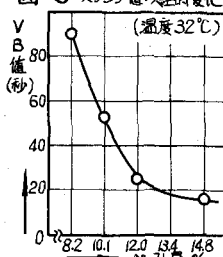


図-4 ペースト量とVB値

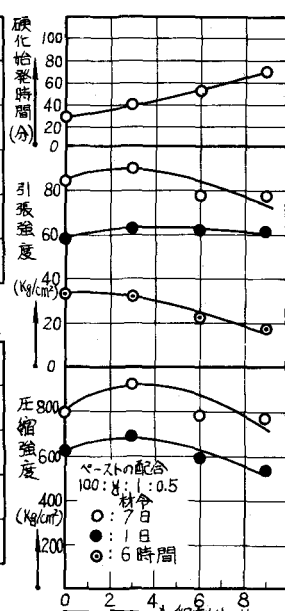


図-2 希釈割合と諸性質

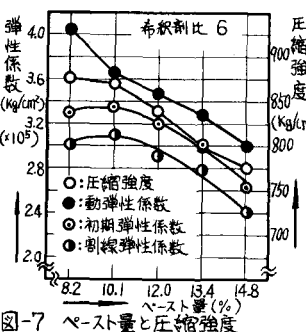


図-7 ペースト量と圧縮強度

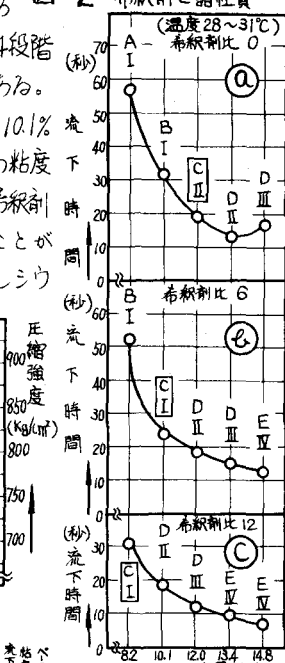


図-5 ①②③ 流下時間とペースト量

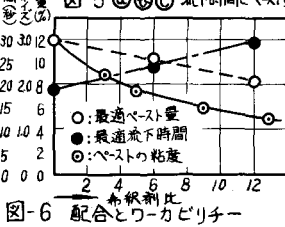


図-6 配合とワーカビリチー