

# [65] 超軽量骨材を用いたレジンモルタルの2, 3の実験

正会員 川上 洵 (秋田大学)  
 正会員 徳田 弘 ( " )  
 正会員 加賀谷 誠 ( " )  
 吉永 昌三 ( " )

## 1 まえがき

セメントコンクリートを複合材料の観点から考えると、その大半を占める骨材と結合材であるセメントペーストより構成されている。すなわち、骨材の容積でほぼ65~80%<sup>1)</sup>を占め、残りはセメントペーストであり、したがって、骨材がコンクリートの物理的性質に与える影響は大きいと考えられる。一般に、軽量骨材ではその強度が結合材の強度より小さく、コンクリートの強度は結合材の強度に大きく影響される。したがって、コンクリートの軽量化をはかるため、単位骨材量を増すとその強度は低下する。軽量でかつ強度の大きなコンクリートを得るには、骨材の比重が小さく、高品質であることに加えて結合材が高強度であることが要求される。

本研究は、軽量かつ強度の大きいコンクリートを得るために、骨材として超軽量骨材を、また結合材として比較的高強度のレジンを用いた超軽量骨材レジンモルタルに関して2, 3の実験を行い、考察したものである。

## 2 実験概要

骨材は超軽量骨材であるパーライト(最大粒径 5mm, F.M. = 2.97, 絶乾比重 = 0.46), 発泡ポリスチレンビーズ(最大粒径 5mm, F.M. = 2.63, 絶乾比重 = 0.02, 連続粒度分布とするために骨材の発泡率が10倍および30倍のものを1:1の容積比で混合した。), フェノールレジンの微小中空球状体であるフェノーリックバルーン(最大粒径 125μ,

絶乾比重 = 0.35), シラス加熱焼成微小中空体であるシラスバルーン(最大粒径 300μ, 絶乾比重 = 0.51)の4種類を使用した。一方、結合材としてエポキシレジン(圧縮強度 700 kg/cm<sup>2</sup>, 曲げ強度 100 kg/cm<sup>2</sup>, 引張強度 100 kg/cm<sup>2</sup>)を用いた。レジンモルタルの配合は、骨材/レジン(容積比)が、パーライトの場合 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 発泡ポリスチレンビーズの場合 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, フェノーリックバルーンの場合 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, シラスバルーンの場合 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 とした。また、シラスバルーンの場合他の骨材に混入し、表-1のような混合割合で用いたが、そのときの配合は上記のものと同様である。一方、レジンモルタルの強度と比較するために、早強セメントを用い、セメントモルタルをも作成した。供試体は4×4×16cmであり、曲げ強度および圧縮強度を測定した。それぞれの骨材に対する最大強度を示す配合について、φ10×20cm 供試体を用い、静弾性係数、動弾性係数、割裂引張強度を測定した。また、φ10×20cm 供試体中心部に 銅-コンスタンタン熱電対を

表-1 骨材の組み合わせ

Perlite

Perlite	Shirasu baloon	Seriese	Symbol
1	0	0	○
2	1	I	⊙
1	1	II	●
1	2	III	●

Expanded polystyrene beads

Expanded polystyrene beads	Shirasu baloon	Seriese	Symbol
1	0	0	△
2	1	I	△
1	1	II	▲
1	2	III	△

Phenolic baloon

Phenolic baloon	Shirasu baloon	Seriese	Symbol
1	0	0	□
2	1	I	▣
1	1	II	■
1	2	III	□

Shirasu baloon

Shirasu baloon only used	Symbol
	◇

埋め込み、グローバー法<sup>2)</sup>に従い、50～55°Cの温水中で一様な温度分布にした後、約10°Cの冷水中に入れて熱拡散率を測定した。材合は、レジンモルタルの場合7日、セメントモルタルの場合14日である。

### 3 実験結果および考察

図-1 a～dは 圧縮強度と骨材/レジンの関係を示したものである。記号は表-1に従う。これらの実験より得られた最大圧縮強度を混合骨材についてみると、パーライトの場合、組み合わせⅡで 209 kg/cm<sup>2</sup>、発泡ポリスチレンビーズの場合、組み合わせⅢで 204 kg/cm<sup>2</sup>、フェノーリックバルーンの場合、組み合わせⅢで 302 kg/cm<sup>2</sup> であり、シラスバルーンのみの場合 400 kg/cm<sup>2</sup> である。すなわち、シラスバルーンのみを用いたときの圧縮強度が最大であり 配合によっても強度の変動が少ない。他の骨材についても、シラスバルーンの混入量が多い

ほど圧縮強度は大きい。このことは、骨材自体の強度は期待できないが、充填材としての増粘および増量効果が期待できることを意味しているものと思われる。図-1 cで見られるように、フェノーリックバルーンの場合も微小粒子による充填材としての効果があると考えられるのであって、シラスバルーンの影響が最も少ないことが認められる。また、最大強度を示す配合は骨材/レジンは2～3.5の範囲にあり、人工軽量骨材レジンモルタルの骨材/レジンは2～3.5<sup>3)</sup>の範囲にあるという報告にほぼ一致している。これは、この配合において結合材と骨材間の空隙が少なくなっていることが考えられる。図-1 a, bでは、貧配合になると強度は急激に低下しシラスバルーンを混入しないときには 50 kg/cm<sup>2</sup>、以下となる。これは、供試体の表面が荒々しくなることから結合材としてのレジンの量が不足しているためであると考えられる。パーライトおよび発泡ポリスチレンビーズの組み合わせⅢで、骨材/レジンは4では十分な流動性が得られず、施工性からみて3.5が限界であった。一方、富配合になると、100 kg/cm<sup>2</sup>程度以上の強度が期待できると考えられる。これに対し、

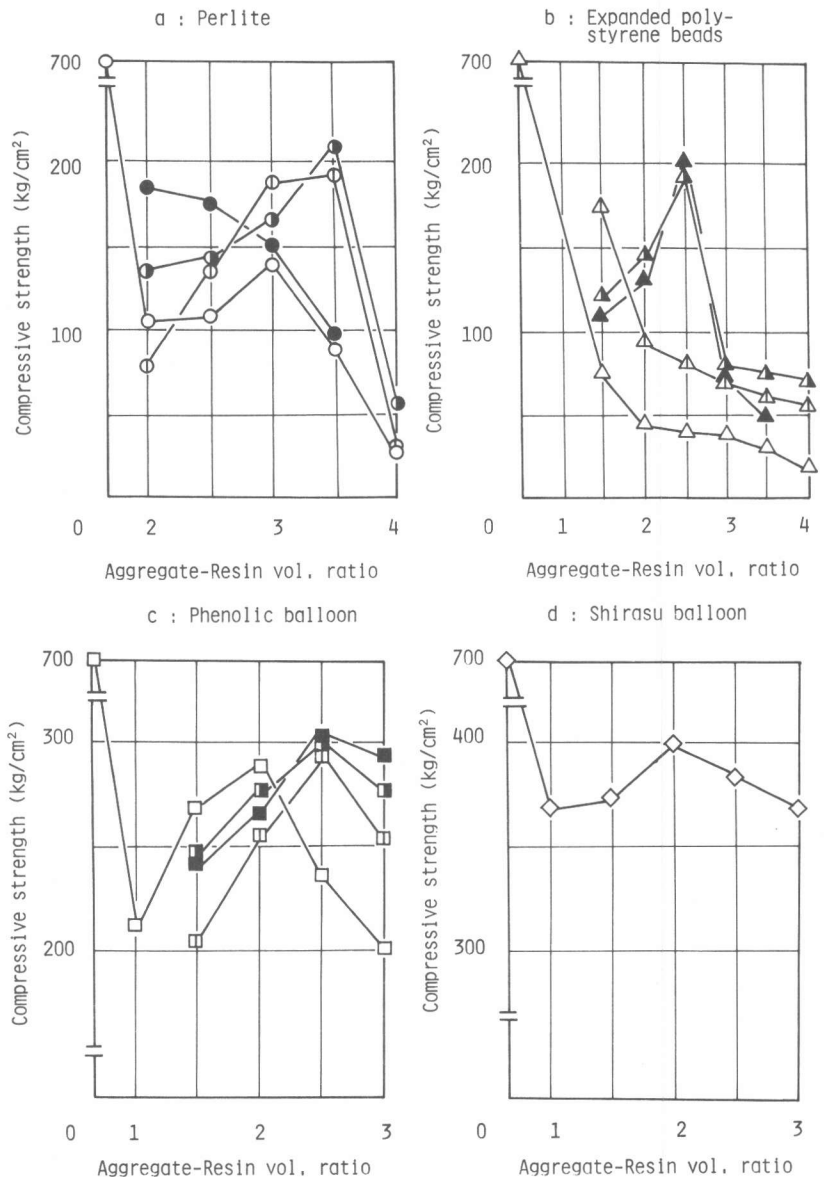


図-1 圧縮強度—骨材/レジン (容積比)

表-2 最大強度を示す配合における力学的性質

Aggregate and its Seriese	Aggregate-Resin vol. ratio	Compressive strength kg/cm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/cm <sup>2</sup>	Compressive strength-Tensile strength ratio	Static modulus of elasticity kg/cm <sup>2</sup>	Dynamic modulus of elasticity kg/cm <sup>2</sup>	Poisson's ratio	Unit weight t/m <sup>3</sup>	Thermal diffusivity m <sup>2</sup> /hr × 10 <sup>-5</sup>
Perlite II	3.5	198	49.2	4.02	2.21×10 <sup>4</sup>	2.64×10 <sup>4</sup>	0.29	0.63	85.4
Expanded polystyrene beads III	2.5	197	44.7	4.41	4.37×10 <sup>3</sup>	4.98×10 <sup>3</sup>	0.38	0.71	69.4
Phenolic baloon III	2.0	294	62.2	4.73	4.49×10 <sup>3</sup>	5.16×10 <sup>3</sup>	0.36	0.64	88.6
Shirasu baloon	2.0	386	69.5	5.55	1.90×10 <sup>4</sup>	2.08×10 <sup>4</sup>	0.37	0.74	78.4

0では、どの配合においても 200 kg/cm<sup>2</sup> 以上の強度を示し、最大強度との差は 100 kg/cm<sup>2</sup> 程度である。さらに d では、この傾向は顕著になり、骨材/レジンの変化に対応する最大強度と最小強度の差は小さく、またその最小強度は 370 kg/cm<sup>2</sup> 程度であってかなり安定している。したがってパーライトおよび発泡ポリスチレンビーズのように強度が期待できない骨材を用いる場合、その配合による強度のばらつきが、フェノリックバルーンおよびシラスバルーンのような微粒の骨材を用いる場合より大きいので、骨材/レジンや微粒の骨材の混入量を十分に検討する必要があるように考えられる。

表-2は、それぞれの骨材に対する最大圧縮強度を示す配合における力学的性質などを示したものである。この表により圧縮強度/引張強度は 4~5.5 であり、一般に軽量骨材コンクリートでいわれている 9~15<sup>4)</sup> に比べ半分以下の値を示している。これはレジンの引張強度がセメントの引張強度に比べて2倍以上大きいことに基づいていると考えられる。静弾性係数は約 4.4 × 10<sup>3</sup> ~ 2.2 × 10<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup> であった。これはレジン自体の弾性係数が小さく、さらに骨材自体の強度が小さいことにより全体の弾性係数も小さくなったと考えられる。

図-2 a ~ d はこのときの応力-ひずみ曲線を示したものである。応力-ひずみ曲線は直線的な傾向を示しており、割線弾性係数と初期弾性係数の差は小さく、また初期弾性係数と動弾性係数は比較的一致しているように思われる。この結果は、軽量骨材コンクリートにおける弾性係数の傾向と同様と思われる。また、ポアソン比(圧縮強度の 1/3 付近)は、0.29 ~ 0.38 であり、軽量骨材コンクリートの約 1.5 倍程度であった<sup>3)</sup>。熱拡散率は 6.9 ~ 8.9 × 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/hr であり、人工軽量骨材レジンモルタルの熱拡散率の約半分である。これは、骨材の比重が小さいためと考えられる。

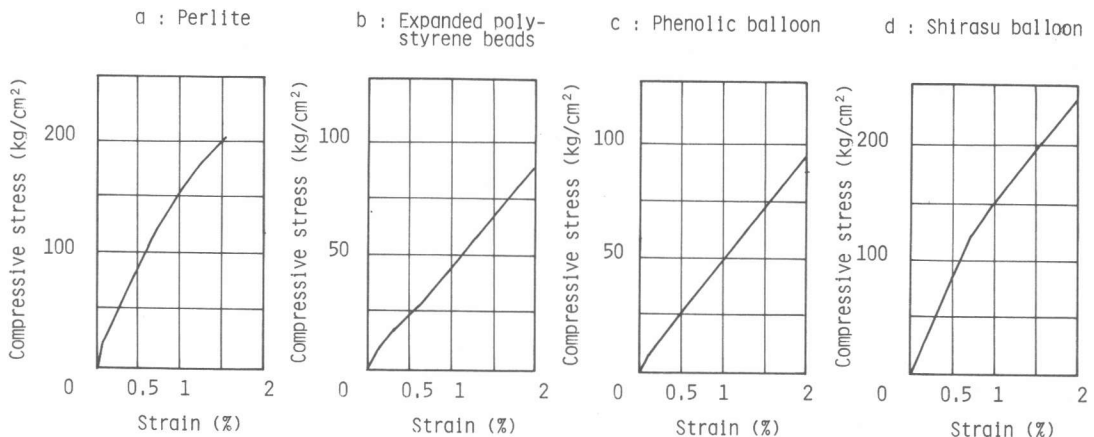


図-2 応力-ひずみ曲線

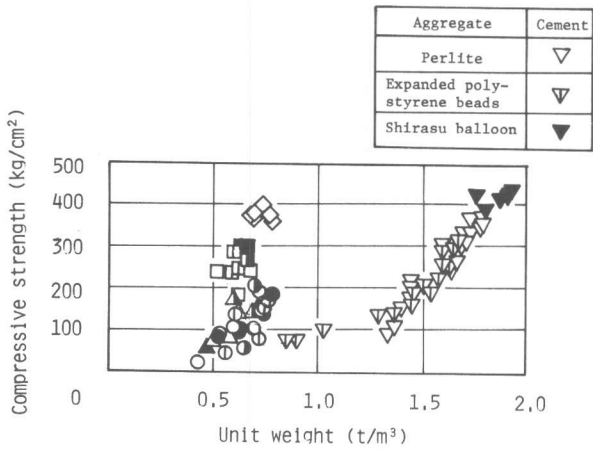


図-3 圧縮強度—単位容積重量

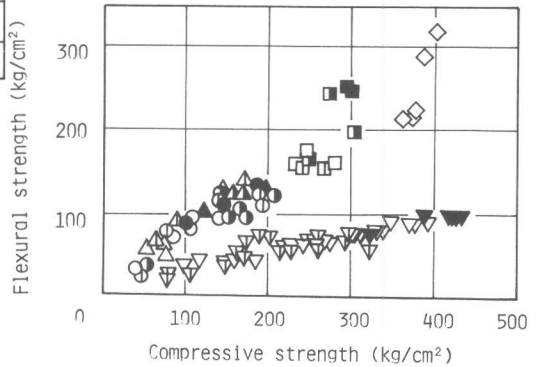


図-4 圧縮強度—曲げ強度

図-3は、圧縮強度と単位容積重量の関係を示している。圧縮強度が200～300 kg/cm<sup>2</sup>の範囲での単位容積重量は、レジンの場合0.5～0.7 t/m<sup>3</sup>、セメントの場合1.4～1.7 t/m<sup>3</sup>であった。同じ強度の場合、その単位容積重量を比較すると、セメントモルタルの方がレジンモルタルのほぼ2倍であった。

図-4は、圧縮強度と曲げ強度の関係を示している。両者の間には、結合材の種別ごとに、直線関係が認められる。圧縮強度/曲げ強度はレジンの場合0.64～3、また、セメントの場合2.4～6.3であった。結合材をセメントの場合と比較すると、同じ圧縮強度の場合、レジンモルタルの曲げ強度はセメントモルタルのその2.5倍であった。

#### 4 まとめ

配合と強度の関係は、使用する骨材の種別およびそれらの組み合わせによっても異なるが、最大強度を示す配合は、人工軽量骨材レジンモルタルの場合とほぼ一致し、その骨材/レジンの容積比は2～3.5であった。また、ある程度以上の強度を期待するためには、骨材間にレジンが均一に分布しなければならないと考えられることより、上述の配合がそれに相当すると思われる。

圧縮強度と単位容積重量および曲げ強度の関係より、従来のセメントコンクリートでは得ることの難しかった軽量でそして強度の大きいコンクリートを製造することが可能であると考えられる。

#### 5 あとがき

超軽量骨材を用いレジンモルタルを作成し、その物理的性質についての実験を行い考察を加えた。将来、その単位容積重量が1 t/m<sup>3</sup>以下ということより海洋浮遊構造物へ、また、熱拡散率の小さいことよりその特長を生かした構造物への応用も十分考えられる。海洋浮遊構造物への応用を考える場合、レジンモルタルの海水に対する耐久性が問題となり、その検討も必要であると思われる。

(参考文献)

- 1) セメント協会：コンクリートの材料，コンクリートブックNo. 1，セメント協会，1975
- 2) Bureau of Reclamation, Thermal Properties of Concrete, Boulder Canyon Project, Final Report, Part VI, 1940
- 3) M. Kawakami and H. Tokuda: Some Experimental Results on Strengths and Thermal Properties of Light-Weight Aggregate Resin Mortar, Proceeding of the 20th. Japan Congress on Materials Research, 1977
- 4) 軽量骨材コンクリートハンドブック編集委員会編：軽量骨材コンクリートハンドブック，日刊工業新聞社，

1969