

ポリスチレン塊の骨材としての利用について

鳥取大学 正員 矢村 潔
鳥取大学 学生員 山内 政己
鴻池組(株) 高浜 靖彦

1. はじめに

本研究は、ポリスチレン(発泡スチロール)片をセメントモルタル中に混入し、非吸水性の超軽量コンクリートを開発することと試みたものである。すなわち、包装材あるいはクッション材等として大量に使用されているポリスチレンの使用済の廃材の処理(再利用)と、養殖用イカダ、浮魚礁、オイルフェンス、小型浮桟橋等の小型海洋浮体構造物用の軽量材料の獲得を目指したものである。ここでは、ポリスチレン混入コンクリートの比重、強度等の基礎的性質を実験によって把握すると共に、これを用いた小型鉄筋コンクリートはりの載荷実験を行い、その力学的挙動を明らかにした。

2. 実験概要

ポリスチレン混入コンクリートの性質に関する実験: 本実験で採用した要因は、発泡スチロール混入率(40, 45, 50, 55, 60 % by vol.), モルタルの水セメント比(0.32, 0.35, 0.40, 0.45), モルタルの水セメント比(1.2, 1.0, 0.5)である。ポリスチレンは、粒径10~30mmで実積率が60%程度である。モルタルには、普通ポルトランドセメント、河口砂と海砂の混合砂(比重2.59, FM2.73)を使用、また水セメント比が小さい場合には、高流動化剤を添加した。練り混ぜはモルタルミキサーを使用し、練りあげたモルタル中に発泡スチロールを投入し再度練り混ぜる方法をとった。供試体は $\phi 15 \times 30$ cm円柱供試体とし、養生28日まで恒温恒湿室(20°C, RH90%)にて気中養生した。

鉄筋コンクリートはりの載荷実験: ポリスチレン混入コンクリートを使用した鉄筋コンクリートはりの力学的挙動を把握するため図-1に示すような複鉄筋短形断面を有するはりの静的載荷実験を行った。使用したポリスチレン混入コンクリートの配合を表-1に示す。また鉄筋には $\phi 13$ mm異形棒鋼(降伏点強度3940kgf/mm²)を引張側、圧縮側それぞれ2本ずつ(引張、圧縮鉄筋比:1.2%)使用した。またせん断スパンには、最終的にせん断破壊しないように十分な量の $\phi 6$ mm鉄筋製スターラップを配した。コンクリートの打設、養生時はコンクリートの性質に関する実験の場合とほぼ同様である。なお同一条件で2本のはりについて載荷実験を行った。

3. 実験結果と考察

ポリスチレン混入コンクリートの比重は、ポリスチレンの混入割合に大きく支配され、本実験では、混入率40%で1.3, 混入率60%で0.9程度であった。この値は、配合から計算される値とほぼ一致している。本実験で得られた比重とポリスチレン混入率との関係は表-1 配合表

2に示す範囲にある。次に強度について、ポリスチレン混入コンクリートの圧縮強度は、やはりポリスチレン混入率に大きく影響される。本実験では、ポリスチレン混入率が40%で60~90kgf/cm², 60%で15~25kgf/cm²程度であった。他の要因の影響

については、モルタルの強度が高いほど、すなわち水セメント比が小さいほど、セメント砂比が大きいほど、高くなる傾向が若干みられるが、同一条件でのばらつきを考えると無視してもさしつかえない程度であり、むしろ施工性のよいものを採用する方が好ましいと考えられる。本実験で

発泡スチロール 混入率 (% by vol.)	水セメント 比 W/C	単位重量 (kgf/m ³)			
		水 W	セメント C	砂 S	発泡スチロール G
45	0.45	161	357	714	11.7

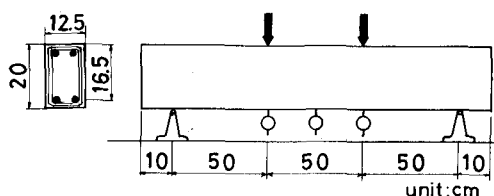


図-1 断面形状と載荷装置

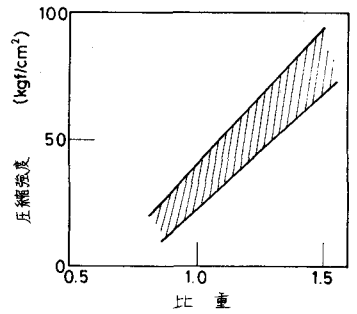
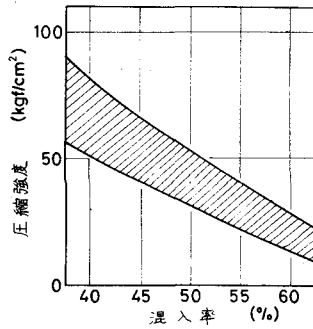
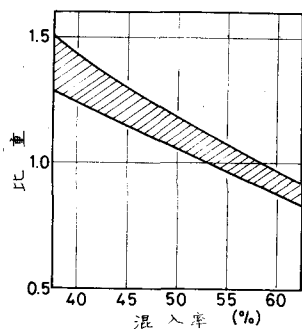


図-2 比重と混入率の関係

図-3 圧縮強度と混入率の関係

図-4 圧縮強度と比重の関係

得られた、混入率による圧縮強度の範囲を図-3に示す。また、本実験で得られた各配合における圧縮強度と比重の範囲を図-4に示す。この図からポリスチレン混入コンクリートの比重と圧縮強度の間には、ほぼ直線関係が認められる。

表-2 試験時の圧縮強度とヤング係数

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均
σ_c (kgf/cm ²)	39.2	36.0	37.1	34.5	27.4	50.1	37.4
$E_c (\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2)$	1.59	2.16	2.86	2.53	1.27	2.29	2.12

表-3 はりの強度

供試体	補強材	終局耐力 (tonf)	平均 (tonf)
No.1	4D13	4.21	4.28
No.2	4D13	4.34	

次にポリスチレン混入コンクリートを用いた鉄筋コンクリートはりの載荷実験に関して、用いたポリスチレン混入コンクリートの試験時状況における強度ヤング係数を表-2に、はりの強度を表-3に示す。また、はりのスパン中央たわみと荷重の関係を図-5に示す。コンクリートの圧縮強度は30~50 kgf/cm²となっており、先の図-3に示した値より若干低目であった。またそのばらつきは、変動係数では8%程度となり普通のコンクリートの3倍程度になっている。ヤング係数は、普通コンクリートの1/10程度と考えて差しつかえない。はりの強度は、コンクリートを無視し、外力モーメントによって断面に生じる引張力を引張鉄筋で、圧縮力を圧縮鉄筋だけで保持していると仮定し(コンクリートの圧縮強度、引張強度を共に0とする。), かつ鉄筋が降伏しているとして計算した値の80~85%程度である。またこの値は、図-5

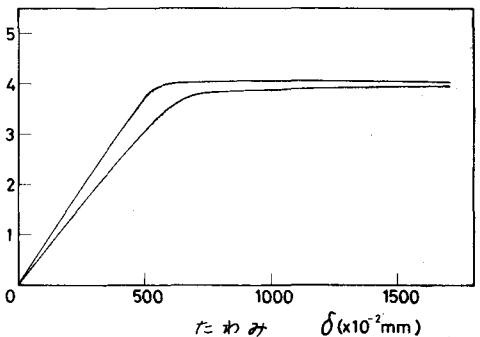


図-5 荷重とたわみの関係

圧縮強度300 kgf/cm²程度のコンクリートを用いた同一断面を有するはりの70%程度である。また変形に関しては、普通コンクリートを用いた場合と比較して、いわゆる弾性域での曲げ剛性が約1/2程度である。また曲げひびわれ等の発生および進展状況は普通コンクリートの場合と比較して大差なく、とくに大きなひびわれがはいるといようなことはなかった。

以上のことから、ポリスチレン片をモルタルに混入することにより比重1~1.4程度の超軽量材料を得ることができ。しかし、圧縮強度、ヤング係数等では、普通のコンクリートと比較して極端に小さく、そのままでは利用し得る範囲はきわめて限られてくるが、これを複鉄筋断面を有する鉄筋コンクリートはりとして利用した場合、十分に外力に抵抗できる構造部材とすることが可能である。とくに先に述べたような海洋浮体構造物では、大部分の部材で正負交替荷重を受けることになり、断面はコンクリートの圧縮強度の如何にかかわらず、複鉄筋構造とする必要がある。したがって、このような海洋構造物への適用性を考える場合、ポリスチレン混入コンクリートの圧縮強度の低さは、それほど重大な欠点とはならないと考えることができよう。