

# プラスチック廃棄物を骨材として用いた モルタルおよびコンクリート

山 崎 英 樹\*

## 1. ま え が き

我国におけるプラスチックの総生産量は、昭和47年度に690万 t、その廃棄量は320万 tと推定され、さらに昭和50年には生産量1千万 t、廃棄量はその50%強の510万 tに及ぶものと予測されている。

このプラスチック廃棄物は都市系のものと産業系のものの両者を合計した量であるが、これの処理に当っては、種々の公害を生じて重要な問題となっていることは周知の通りである。また、これを単なるゴミとして処分するのはもったいないことで、これの資源としての再利用に関する研究が広範囲にわたって行なわれ、実用化されているものもあるが廃棄量全体に対する比率は微々たるものである。

再利用方法のうち廃棄物を粒状に破砕して骨材として用いるのが、もっとも簡便な手段であり、これに関しては特定の種類（たとえば発泡スチロール）を対象として研究されているが、都市系の種々のプラスチックの混在したものを対象とした文献は見当たらないようである。

本報文は雑多なプラスチック成形品の破砕物をセメントモルタルおよびコンクリートの骨材として使用したとき、これがまだ固まらない状態ならびに硬化後のモルタルおよびコンクリートの2、3の性質におよぼす影響について調査したものである。

## 2. プラスチック破砕物について

数種の廃棄されたプラスチック成形品を破砕機にかけて生じた粒状物の粒度分布を調査した。試料はポリスチレン、ポリエチレン、ABS、AS、アクリル、メラミンの各種でありその1部を図-1に示す。

試料は徳利や盃などの小物が多く、また破砕機の性能により破砕されたプラスチック粒は直径8 mm以下となった。試料の粒度分布は骨材フルイ分け試験方法に準じて行ない、その結果を図-2に示した。これよりわかるように破砕物は2.5mmフルイに80%程度とどまり、0.6mm以下の粒がきわめて少ない粒度分布であり、粗粒率は平均して4.68であった。通常用いられる細骨材の粗粒率が2~3であるのに比較してかなり大きな値で、これは原料のプラスチック成形品の肉厚によって大いに影響されるものである。

\* 土木工学科

昭和48年7月9日受理

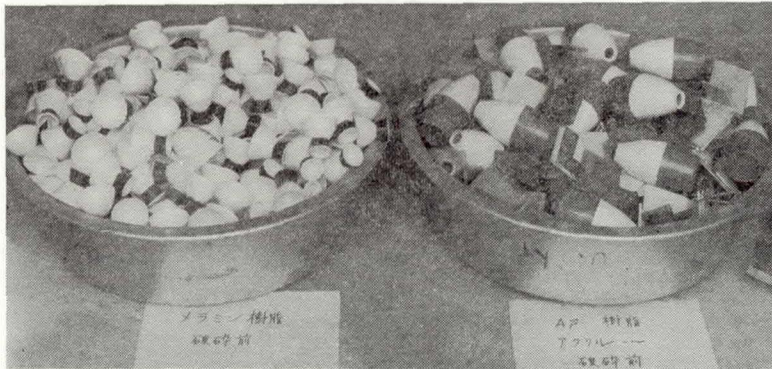


図1 不良プラスチック成形品

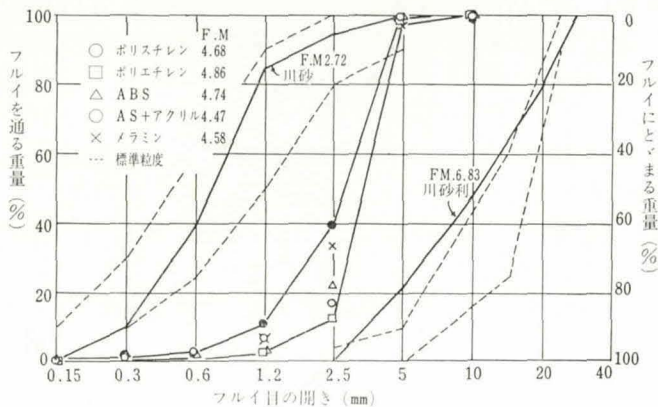


図2 プラスチック破砕物の粒度

### 3. プラスチック破砕物混入モルタル

破砕したプラスチックを骨材として用いたモルタル供試体を作製し、圧縮、曲げ強度、重量等について川砂を用いた供試体のそれらと比較した。

#### 3・1 供試体

使用した材料は、普通ポルトランドセメント（比重3.15）を、細骨材（川砂）は長野市犀川産（比重2.65、粗粒率2.72）のものを用いた（粒度分布は図一2参照）。プラスチックは成形不良品の徳利（アクリルとAS樹脂の組合せ）と盃（メラミン）を破砕したものを混合して用いた。

我国におけるプラスチックの生産を見ると熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂との割合がおおよそ3対1となっており、これよりその廃棄物の割合もほぼ同率となっているものと思われる。以上のことを考慮して熱可塑性樹脂のアクリルとASの破砕物と熱硬化性樹脂のメラミンの破砕物とを重量で3：1の割合で混合したものを骨材として用意した。

モルタルの配合は水セメント比を45%から5%きざみで60%まで変え、各W/Cごとにセ

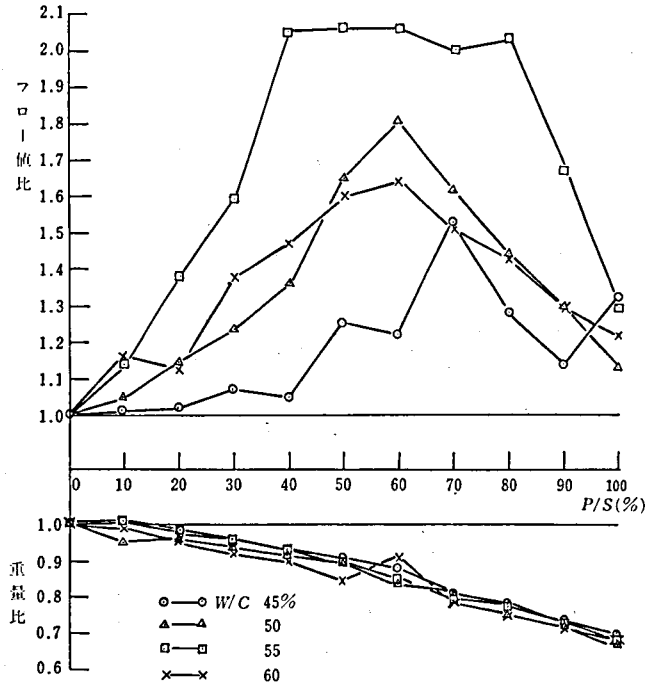


図3 フロー値と重量

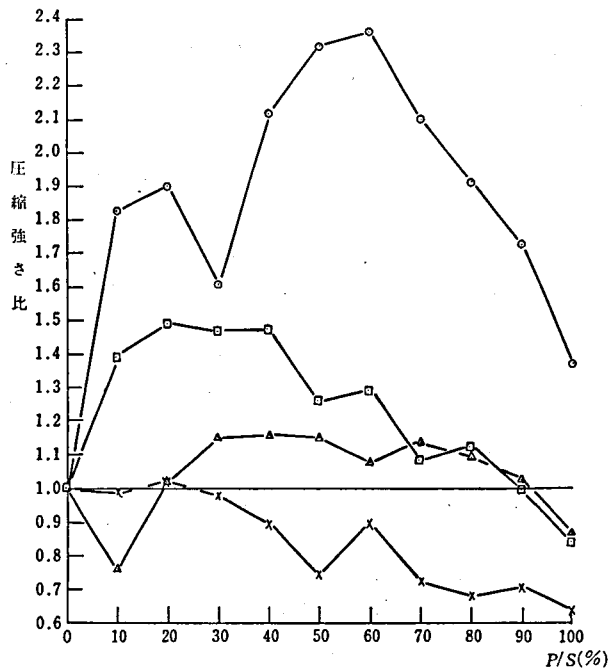


図4 圧縮強さ

メント重量および骨材容積を一定として、その一定の骨材容積内で、川砂とプラスチック粒との容積比P/Sを0～100まで10%きざみに変化させた。なおプラスチック粒の比重は可塑性1.03、硬化性1.50で両者を3:1で混合したものを1.15とした。

モルタル供試体はJIS R 5201セメントの強さ試験に準じて成形し、材令28日まで水中養生した。モルタルの混合は手練りで、各材料を一度に練鉢に入れて混練したが、どの配合でもP/Sが90%以上では、がさがさしたものとなり分離がひどく成形困難であった。

フロー試験では、P/Sが80%まではW/Cに無関係にほとんど分離しなかったが、90%以上ではプラスチック粒がフローテーブル中央に残りセメントペーストが周辺に拡がった。ワーカビリティから判断すると、W/Cが45%では水量が少ないため練りにくく、60%では分離が目立ち、50～55%のものが一般に作業性がよいことが経験された。

### 3・2 強度試験および考察

材令28日で曲げ、圧縮試験を行ないその結果をP/S=0%の場合を基準にして表わしたものが図-3～5である。

図-3にみられるようにプラスチック粒混入モルタルは、無混入のものよりいずれもフロー値が大きくP/Sが60%程度のときピークを示している。P/Sが90%以上のときは分離が極度にみられたが80%以下では、ほとんどみられずプラスチックでウォカブルなモルタルが得られた。

重量の変化については、P/Sが40%以下で約10%の軽量化、P/S=60%で約15%、P/S=100%で約30%軽量化されている。

図-4, 5から強度についてみると、曲げ、圧縮とも水セメント比が55%以下の場合、およびP/S=80%までは、プラスチック粒を混入したモルタルは無混入モルタルと同程度かそれ以上の値を示している。

以上により総合的に考察すると、プラスチック粒混入モルタルの性質は、水セメント比とP/Sによって影響されるが、W/C=50～55%でP/S=40～80%のモルタルは、ワーカビリティ、強度、重量に関して無混入モルタルよりも優れた点がみられると思われる。しかしここで注意すべきは、上記のW/CとP/Sの範囲は使用するプラスチックの種類によって変化することが考えられることである。破碎された粒の表面が発泡スチロールのようにセメントペーストとなじみのよいものと、硬質のプラスチックのようになじみの悪いものとは当然上記の範囲が異なるだろう。

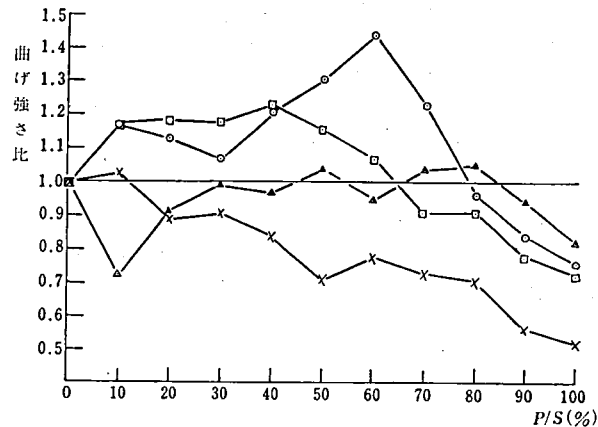


図5 曲げ強さ

産業系のプラスチック廃棄物の場合は比較的品質の一定な同種類の材料が得られるので、これを用いたモルタルの品質管理は容易であるが、都市系のものを取り扱う場合は様々な問題が存在する。すなわち、都市系廃棄物からプラスチック廃棄物を抜きだして収集することは、各種の産業および家庭の協力があれば可能であるが、この中には熱可塑性のもの熱硬化性のもの、肉厚のうすいものから厚いものまで千差万別であり、また各種の薬品や土等の汚れもあり、これらの洗浄、仕分け、破碎などさらに一定の品質の材質に保つことができないことなどである。

#### 4. プラスチック破碎物混入コンクリート

プラスチック粒を細骨材として用いたセメントコンクリートについて、ワーカビリティ、重量、強度等について調査した。

##### 4.1 材料

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は粗、細骨材とも長野市犀川産のもので、粗骨材の比重、吸水率、粗粒率はそれぞれ2.59, 1.5%, 6.83, 細骨材はそれぞれ2.63, 1.2%, 2.72であった。プラスチック粒はモルタルの場合と同様に熱可塑性3に対して熱硬化性1の割合で混合したものを使用した(図-1参照)。

##### 4.2 配合と供試体

配合設計にあたっては、プラスチック粒無混入コンクリートの配合を基準にして、細骨材の容積を一定にしてその構成(川砂とプラスチック粒との容積比)を変化させた。すなわちW/Cを50, 55%の2種とし、プラスチック粒は細骨材の1部として用いた。

テストピースは直径10cm, 高さ20cmのシリンダーを各配合ごとに3本成形し、2本にひずみゲージをはって応力ひずみ測定用とした。

##### 4.3 実験値と考察

プラスチック粒無混入コンクリートの値を基準にして各配合のもの測定値を表わしたのが図-6である。図-7, 8は応力ひずみ曲線で、これは圧縮強度の約70%まで载荷したのち除荷し、ふたたび破壊まで载荷し

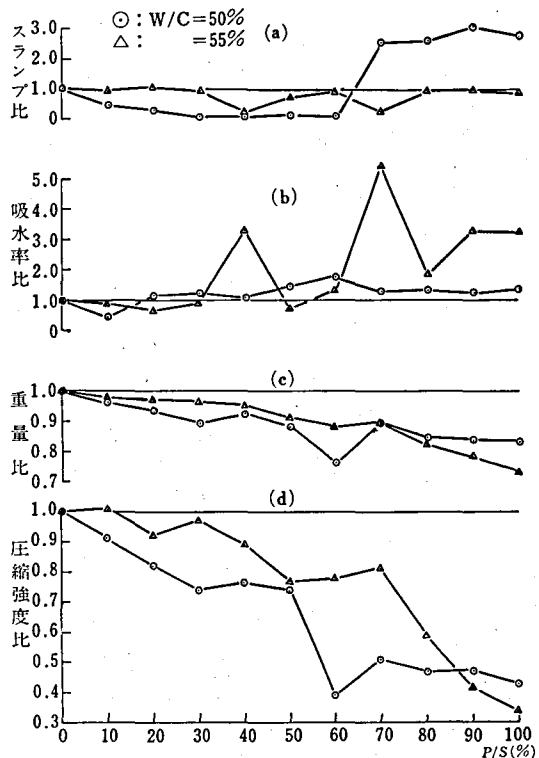
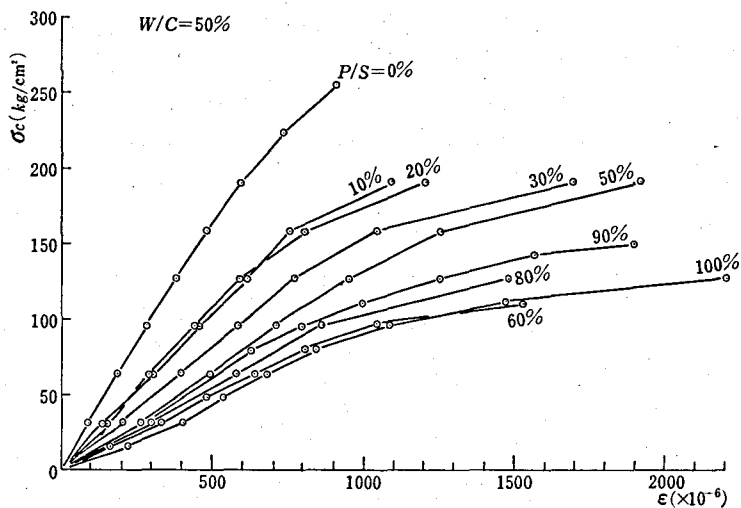
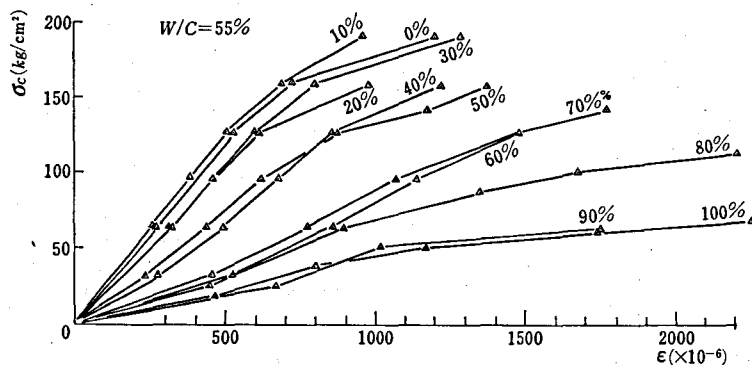


図 6

図7  $\sigma$ - $\epsilon$  曲線図8  $\sigma$ - $\epsilon$  曲線

て求めた。

コンクリートの混練は、アイリッヒミキサーを用いた。混練にあたっては、P/Sが60%をこえるとプラスチック粒が表面に浮きだしてモルタルとのまざり具合が悪くなることが見られた。これはW/Cが大きいもの程この傾向が強く、W/Cが55%の場合P/S=80%以上では、一応均一な混練はできてスランプ試験時やモールドへの填充時に完全に分離してしまった。この結果モールド上方にプラスチック粒が集積しがちで、ワーカビリチーが極めて悪くなり、成形されたテストピースの表面は凹凸の多いものとなった。

これは、硬質で表面がなめらかなプラスチック粒を用いたため、セメントペーストとの附着がわるいこと、プラスチック粒が粒径のかた寄った分布をしているため微細な粒子が少なく、このために骨材間の間隙を十分に填充できないことが原因と思われる。

図-9は圧縮試験後のテストピースの多観であるがP/Sが90~100%のものは極度に表面状態がわるい。

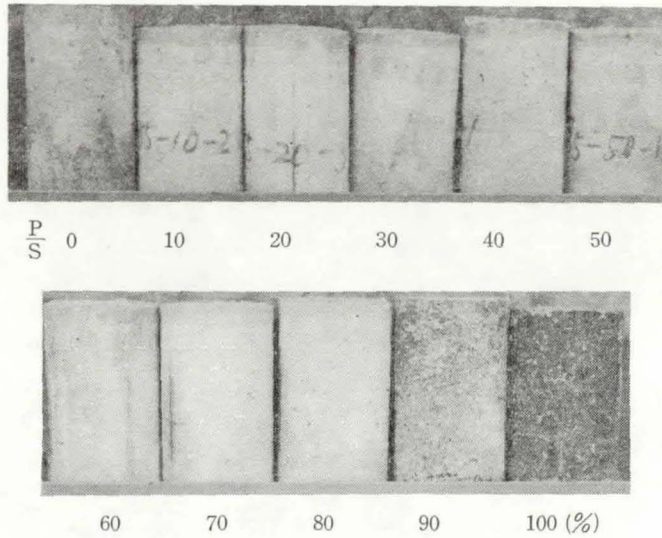


図9 供試体の外観

図一6のスランブ比をみるとP/Sが0%と100%の場合とでは、W/C=55%において、ほぼ同一の値を示しているが、実態はP/S=60%以上の場合は完全な材料の分離がなされているし、また、W/C=50%ではP/S=70%以上で大きなスランブを示しているが、これも材料分離の結果生じたものである。プラスチック粒とセメントペーストとの付着がわるいためにきわめて不安定な状態にあるといえる。

前述のモルタル試験においては、W/CにかかわらずP/Sが40~70%でフロー値が大きくなったがこの場合は材料の分離はなくウォークアブルなものであった。

テストピース脱わく時の重量と水中養生終了後の重量の差を吸水量として図一6(b)に示した。P/Sの増加とともに増大する傾向がみられるが、これは、プラスチック粒の吸水はないからワーカビリティー不良にもとづくテストピース内の空隙の増加によるものと思われる。

軽量化についてみるとP/S=100%で約20%軽くなっている。施工上安全な限度(材料の分離を生じない)であるP/S=60%においては約10%軽減したにすぎない。

重量の軽量化に比較して圧縮強度の減少率は大きくP/S=60%で約40%減少、P/S=100%のとき60%低下を示した(図一6(d)参照)。

図一7, 8は応力ひずみ曲線であるが、プラスチックの混入率が大きくなるに従い、応力は小さくなりその反面ひずみが増加する傾向がある。すなわちプラスチック粒のもつ塑性的性質が混入率の増

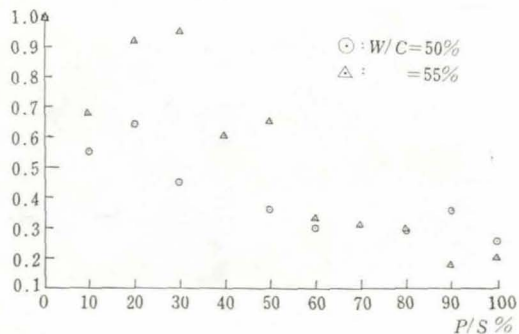


図10 ヤング係数



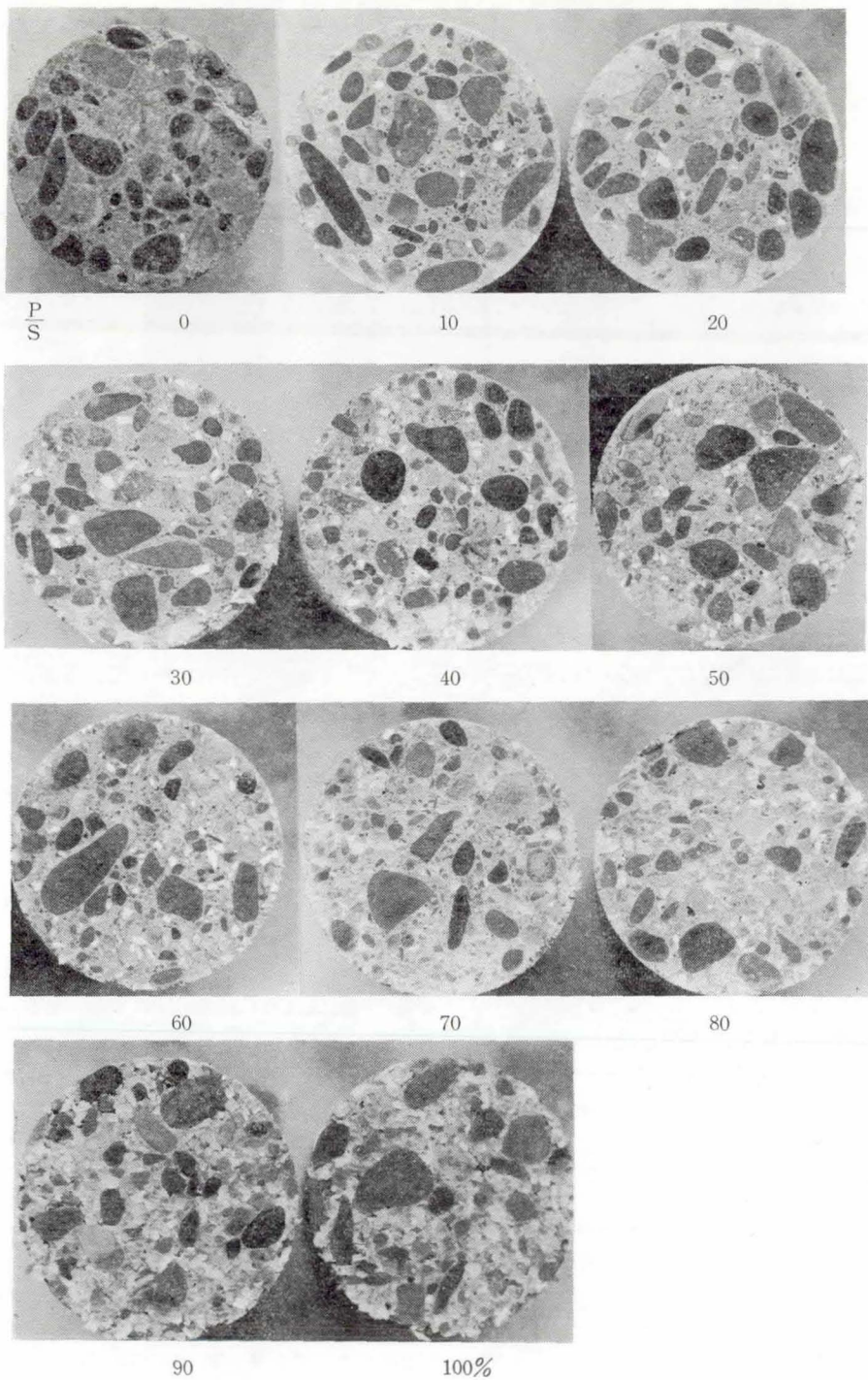


図11 供試体の断面



加とともに強くあらわれてくる。これに関しては、応力ひずみ曲線からセカントヤング係数を求めてみると明白で(図-10)、 $P/S=100\%$ のときのそれは $W/C=50$ ,  $55\%$ のときそれぞれ  $85,000$ ,  $43,000\text{kg/cm}^2$  で無混入コンクリートに対して約 $80\%$ の減少を示している。この減少率は重量や強度のそれに比較してもっとも大きいもので、この面においてプラスチック粒混入の効果が大きいことがわかる。

以上からコンクリートに関して総合的に考察してみると、プラスチック粒を細骨材として使用する場合は、 $P/S=60\%$ 以上では施工上困難で、重量の軽減率にくらべて強度およびヤング係数の減少がいちじるしく不利な面が多くあらわれる。しかし、テストピースを切断してみると(図-11参照)、その断面は各種のプラスチック粒がいきまじっているため色彩に富んでおり、コンクリート特有の冷たい感覚がない点は長所といえよう。

## 5. ま と め

廃棄物としてのプラスチック成形品を破碎したものを骨材として、それ単味の場合および川砂さらに川砂利と混用した場合のセメントモルタル、セメントコンクリートに関する本研究の範囲において、つぎのように結論される。

(1) プラスチック破碎物を混入したモルタルは、 $W/C$ と $P/S$ によって諸性質が大きく影響されるが、 $W/C=50\sim 55\%$ ,  $P/S=40\sim 80\%$ の範囲において、ワーカビリティ、強度、重量に関して無混入モルタルより優れた性質を示すようである。

(2) プラスチック破碎物を細骨材の一部あるいは全部としたコンクリートにあつては、一般に材料分離を生じやすく、混入率 $P/S=60\%$ が限度で、重量の軽減化にくらべて強度とヤング係数の低下がいちじるしくみられる。

(3) 色彩の変化に富んだ各種のプラスチック破碎物を用いたモルタルやコンクリートの切断面は美観にすぐれており、コンクリート特有の冷たさが無い。

## 6. あと が き

種々のプラスチック廃棄物の資源としての再利用の一方法として破碎物をモルタルおよびコンクリートの骨材として用い、川砂、川砂利との混用による効果を調査してみた。産業系の場合は同一品質の破碎物を得られるが、都市系の場合には多くの問題を含んでいるので、セメント製品に活用するのは容易でない。筆者の用いた材料に関していえば、さらに耐熱性や遮音性について検討しなければならないが、強度を問題にしなければかなり広い分野で利用できるものと思われる。

## 参 考 文 献

- (1) 桜内雄三郎, 新版プラスチック技術読本, 工業調査会
- (2) セキスイプラスチック ノート, 積水化学工業(株)
- (3) 前田慶之助, 固形廃棄物と公害対策, 理工図書
- (4) 山崎英樹, 土木学会中部支部研究発表会講演概要, 昭和47年