

九州工業大学 正員 渡辺 明  
同 学生員 ○ マヌエル・カニヤス  
同 学生員 山根重記

## 1. まえがき

近年、コンクリート用骨材不足の問題が徐々に深刻化しているために、最近まで排物として取扱われていたガラス片やコンクリート塊などがコンクリート用骨材に使用された例もあると報告されている。しかし、骨材として使用されるためには、品質が良好であることは勿論、一定の品質のものが多量に供給されなければならない、これらの点で一般に使用することが困難な材料が多い。高炉スラグは従来、埋立てや路盤材として使用されていたが、熔融高炉スラグを特殊な方法で球状軽量化したスラグ軽量骨材(Pelletized Expanded Slag Aggregate 以下、PESと略す)は、筆者らが行なった基礎的実験により軽量骨材として十分使用できることがわかった。本報告では、さらにPESコンクリートの付着強度、透水性ならびにはりのせん断強度の各試験を行なったものである。

## 2. 実験の概要

### (1) 使用材料

粗骨材にはPES、細骨材には北九州産の海砂(比重 2.53 粗粒率 2.52)、セメントには普通ポルトランドセメント(比重 3.14)をそれぞれ使用した。PESの物理的性質を表-1に示す。

### (2) コンクリートの配合ならびに力学的特性

表-2に簡単なコンクリートの配合と試験項目を示す。

混和剤はボゾリス NO.5LとAE剤 NO.114を併用した。AEコンクリートの圧縮強度とセメント水比の関係は

それぞれ以下ようになった。

$$\sigma_{28} = -68 + 164 \text{ \%W} \quad (\text{PES No.1 使用})$$

$$\sigma_{28} = -239 + 237 \text{ \%W} \quad (\text{PES No.2 使用})$$

弾性係数は、圧縮強度とほぼ比例関係にある。

り、材令28日で200 $\text{kg}/\text{cm}^2$ 、250 $\text{kg}/\text{cm}^2$ の場合、約 $16 \times 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 、18~19 $\times 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ であった。圧縮強度150~250 $\text{kg}/\text{cm}^2$ における引張強度および曲げ強度との各比は、 $1/10 \sim 1/12$ および $1/6 \sim 1/7$ であり、一般の軽量コンクリートとほぼ同程度であると考えられる。

### (3) 試験項目ならびに方法

① 付着強度試験はASTMの方法にしたがい、鉄筋(普通鋼 $\phi 19$ と異形鉄筋D19を使用)を鉛直方向および水平方向に設置して打設した15cm立方体の供試体を用いて行なった。

② 透水試験はインプット方式透水試験機を用いて行なった。所定時間の試験を実施したのちコンクリート供試体中の水の浸透深さを測定し、その値を用いて拡散係数を計算して透水性を検討した。供試体は $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ で、打設後3週間 $20 \pm 1^\circ \text{C}$ の水中で養生し、1週間室内乾燥させて材令28日で試験を実施した。水压は20 $\text{kg}/\text{cm}^2$ とし、所定時間(3時間~2日間)行なった。

③ せん断強度試験は $10 \times 20 \times 80 \text{ cm}$ のはり(図-1)を製作し、スパン60cm、 $a/d = 1.14$ で3等分点に2点載荷して材令28日で実施した。養生は $20 \pm 1^\circ \text{C}$ の水中で試験前3日まで行なった。斜引張応力度を測定するため、はり側面の斜めひびわれが発生すると考えられる中立軸の位置にストレインゲージとロゼット型に貼付した。

表-1 PESの物理的性質

| PESの種類 | 最大寸法<br>mm | FE<br>純乾から | FE<br>気乾から | 吸水率<br>% | 飽和吸水率<br>% | 粗粒率<br>% | 実積率<br>% | 浮率<br>% |
|--------|------------|------------|------------|----------|------------|----------|----------|---------|
| NO.1   | 15         | 1.58       | 1.61       | 4.8      | 922        | 6.02     | 60.0     | 2.5     |
| NO.2   | 15         | 1.38       | 1.40       | 18.1     | 727        | 58.6     | 61.3     | 8.7     |

表-2 PESコンクリートの配合

| 番号    | W/C<br>(%) | W<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | S/A<br>(%) | スパン<br>(cm) | せん断強度<br>28日 $\text{kg}/\text{cm}^2$ | 試験項目  |
|-------|------------|---------------------------|------------|-------------|--------------------------------------|-------|
| AE-I  | 50         | 180                       | 39.2       | 9.4         | 219                                  | せん断*  |
|       |            |                           |            | 8.2         | 241                                  | 付着    |
| II    | 55         | 185                       | 40.2       | 12.2        | 211                                  | せん断*  |
|       |            |                           |            | 14.2        | 240                                  | 付着・透水 |
| III   | 60         | 185                       | 43.0       | 12.3        | 150                                  | 付着*   |
|       |            |                           |            | 11.4        | 179                                  | 透水    |
| IV    | 60         | 205                       | 40.0       | 23.9        | 130                                  | せん断*  |
|       |            |                           |            | 20.7        | 188                                  | 付着・透水 |
| V     | 65         | 205                       | 44.9       | 21.9        | 130                                  | せん断*  |
|       |            |                           |            | 19.1        | 182                                  | 付着    |
| VI    | 70         | 195                       | 41.4       | 24.1        | 114                                  | 透水*   |
|       |            |                           |            | 18.3        | 170                                  | 付着・透水 |
| 普通-II | 55         | 215                       | 41.6       | 12.3        | 260                                  | 透水    |
| III   | 60         | 220                       | 42.6       | 15.0        | 239                                  | 透水    |
| IV    | 60         | 230                       | 42.6       | 17.7        | 234                                  | 透水    |
| V     | 65         | 230                       | 43.6       | 16.0        | 234                                  | 透水    |
| VI    | 70         | 224                       | 44.6       | 19.0        | 190                                  | 透水    |

(注) \*はPESのNo.2を使用

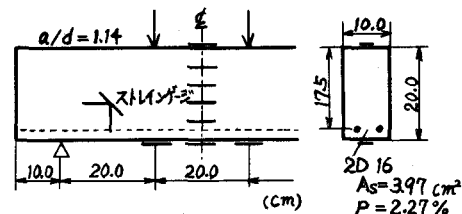


図-1 せん断試験はり

### 3. 結果および考察 (1) 付着強度試験

異形鉄鋼の平均付着応力度とすべり量の関係を図-2に示す。同図によれば、自由端（非加力端）のすべり量は0.01mmを越えようと急激に大きくなり、自由端のすべり量0.01mmに対する平均付着応力度は $\eta_c=50\%$ の場合には過大の感があり、これを除けば40~50% $\eta_c$ の間に入っていることが分かる。水平鉄筋の場合は鉛直の60~70%となり、ブリージングにより付着力が大きく減少し、付着強度は $\eta_c$ よりむしろスランプの大小に関係する傾向がみられる。普通鉄鋼の自由端すべり量0.01mmに対する付着応力度は、鉛直の場合が異形の60~70%、水平の場合が異形の約40%となった。異形鉄鋼の場合はコンクリートの割裂で、普通鉄鋼の場合は鉄筋の引き抜けによって各々破壊した。

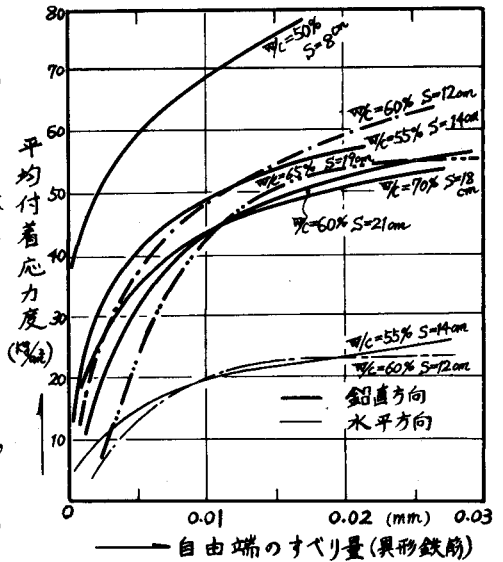


図-2 平均付着応力度とすべり量

(2) 透水試験 図-3に拡散係数と $\eta_c$ の関係を示す。同図から $\eta_c$ が65%をこえると拡散係数は急増すること、また、AEコンクリートと普通コンクリートにほとんど差がないことが分かる。しかしながら、実験結果から強度、スランプ、拡散係数一定という条件で、AEコンクリートと普通コンクリートの単位セメント量を比較すればAEの方が5~10%少なくなり、その有利性が実証された。図-4は供試体高さとの関係を示したものである。同図から、上部のコンクリートがブリージングの影響により水密性があることが認められる。

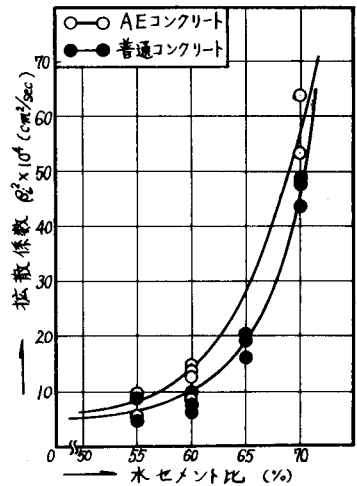


図-3 拡散係数と水セメント比

(3) セン断強度試験 無補強コンクリートはりの破壊実験を行ったが、はりの中立軸に約45度の角度で荷重載荷点と支点を結ぶ方向にかびわれが発生し、全てのはりがせん断破壊形によって破壊した。せん断強度と圧縮強度の関係を図-5に示す。最大斜引張ひびわれ発生時の応力度( $\sigma_c = S/bjd$ )は圧縮強度に関係なく、ほぼ一定であったが、破壊時の平均せん断強度( $\bar{\tau} = S/bd$ )は圧縮強度とともに大きくなっている。これは、斜引張応力度はコンクリートの引張強度に関係するが、引張強度は圧縮強度が大きくなってそれほど大きくならないためであり、ひびわれ発生時は荷重の再分配が生じてはりの圧縮部分が荷重を負担するので、圧縮強度が大きいコンクリートほどはりの破壊荷重が大きくなると考えられる。斜引張応力度18~20% $\eta_c$ は、他の軽量コンクリートに比較して若干大きいのである。

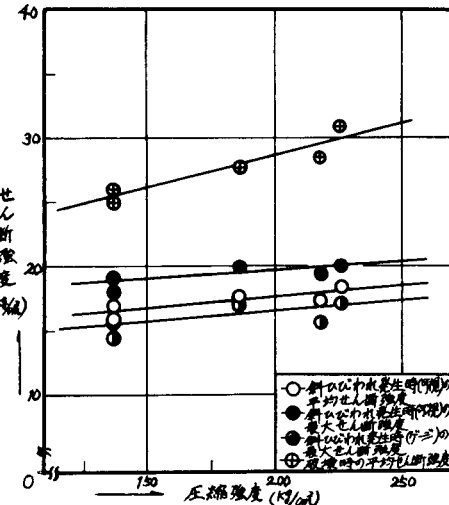


図-5 セン断強度と圧縮強度

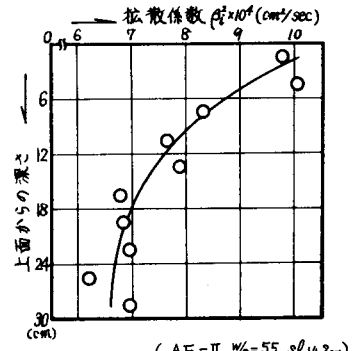


図-4 供試体高さによる拡散係数の違い