

九州工業大学 正員 渡辺 明
 同上 正員 高山 俊一
 同 大学院 学生員 〇十河 茂幸

1. まえがき

近年、社会の急速な発展により、構造物の大規模化、長大化、プレハブ化が進み、それにつれてコンクリートの軽量化、高強度化への要請が次第に高まりつつあることは周知のとおりである。一方、天然骨材の枯渇に伴って、膨張頁岩、膨張粘土、フライアッシュ、スラグ等を主原料とする人工軽量骨材の重要性が逐年認められるようになってきている。諸外国においては、膨張スラグの利用開発が数年来行なわれ、特にペレットタイプのものが人工軽量骨材として使用されているが、我国においてはまだコンクリート用骨材として、スラグ人工軽量骨材は一般には使用例をみない。そこで筆者らは、膨張スラグを特殊な方法で粒状化したスラグ人工軽量骨材（ここでは Pelletized Expanded Slag の略号 PES と呼ぶ）および、その骨材を使用したコンクリートの物性を調べ、その有用性を検討することにした。ここにその結果を報告する。

2. スラグ人工軽量骨材の物理性質

1) 粒度

人工軽量骨材は天然骨材と異なり骨材粒子の大きさにより骨材強度が変化が大きいため、普通骨材に比べて非常に厳しい粒度規定が設けられている。表-1 は人工軽量粗骨材の標準粒度の規定をまとめたものである。PES の粒度曲線および各規定の標準粒度の範囲を図-1 に示す。本実験に使用した PES は土木学会指針等の粒度規程には少し範囲をはずれるが ASTM C330 の規程には入っている。なお、粗粒率 $F_M = 6.10$ であった。

表-2 PES の物理性質

絶乾比重	表乾比重		吸水量 (%)		単位体積重量 (kg/m³)	実積率 (%)	浮遊率 (%)
	I	II	I	II			
1.20	1.38	1.43	10.9	18.9	715	60	7.6

2) 比重・単位容積重量

PES の総乾比重、表乾比重、単位容積重量、実積率、浮遊率などは表-2 に

示すとおりである。なお表乾比重 I は絶乾状態の骨材を 24 時間吸水させた後表乾状態にし、その重量を見掛け容積で割った値である。表乾比重 II は気乾状態の骨材を 24 時間吸水後表乾状態とした場合の比重である。

3) 吸水量・吸水速度

PES の吸水量は表-2 に示すとおりである。吸水量 I は絶乾状態の骨材、また吸水量 II は気乾状態の骨材をそれぞれ 24 時間吸水させた後、表乾状態とした時の吸水量である。

一般に、人工軽量骨材の吸水速度は非常に緩慢であるといわれているが、筆者らの実験でも 100 日間経過してなお吸水量は増加している。PES についても同様の結果が得られた。(図-2)

3. スラグ人工軽量骨材の配合について

本実験では粗骨材に PES、細骨材に門司恒児産の海砂 ($F_M = 2.60$, 比重 = 2.58) を用いた軽量 1 種コンクリートで行なった。なお、PES は気乾状態より 24 時間吸水させた後表乾状態としたものを使用した。本実験に用いた配合を表-3 に示す。なお、セメントは M 社製普通ポルトランドセメントを用い、減水剤としてポゾリス NO.5L および NO.5LA5-2 を使用した。

表-1 軽量粗骨材の標準粒度

規程規定	骨材法	ふるい呼び寸法 (mm)
		20 15 10 5 2.5
JIS 5002 土木学会指針 国産標準	15~5	100 100~95 70~40 10~0 —
ASTM C330	15~5	100 100~90 80~40 20~0 10~0

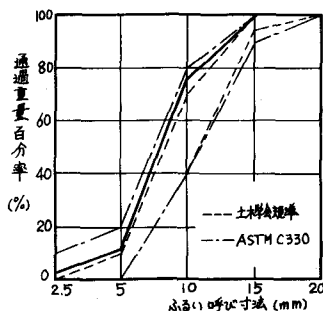


図-1 PES の粒度曲線

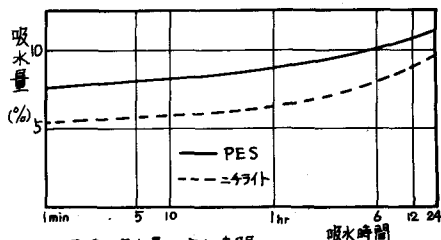


図-2 吸水量と吸水時間

4. スラッグ軽量骨材コンクリートの物理性質

1) 強度特性、弾性係数および単位容積重量について

一般に軽量骨材コンクリートは空気量により強度が大きく変化するので、空気量を無視して強度を論ずることはできない。そこで配合D I J KについてAE剤を変化させ、空気量と圧縮強度の関係を調べた結果を図-3に示す。これによると空気量1%の増加につき圧縮強度は約5%低下することがわかる。この値は軽量コンクリートの一般的値と一致する。この結果より配合A~Hの σ_{28} を空気量5%に補正し C/W との関係を図-4に示した。図-4で明らかのように $\sigma_{28}=240 \text{ kg/cm}^2$ 程度で強度に横ばいの傾向がみられ、 $C/W \sim \sigma_{28}$ 線の傾斜がそれ以下の強度の場合と異なりゆるやかになる。最小自乗法により $\sigma_{28}=240 \text{ kg/cm}^2$ 以下の場合の $C/W \sim \sigma_{28}$ 線の式を求めると次式となる。

$$\sigma_{28} = -122 + 178 C/W$$

圧縮強度に対する曲げおよび引張強度の大体の範囲を表-4に示す。単位重量は表-3に示すごとく一般の軽量コンクリート(ニチライトの場合1.90)と比し若干軽くなる。弾性係数は $\sigma_{28}=200 \sim 250 \text{ kg/cm}^2$ の時 $17.0 \sim 18.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ であった。

2) 乾燥収縮について

PESコンクリートの配合Iについて乾燥収縮試験を行ない、膨張負若系人工軽量骨材コンクリートと比較した。一般の軽量骨材コンクリートは骨材の吸水量が多いため乾燥するのに時間がかかり、収縮曲線はなだらかなといわれているが、PESコンクリートのそれは、それ程緩慢でなく収縮量もやや大きいようである。

3) 耐久性について

PESコンクリートの凍結融解に対する抵抗性を調べる為、AE剤不混入の配合DとAE剤を混入した配合Jの2種について試験した。市販の膨張負若系軽量粗骨材と川砂使用のコンクリートの場合に耐久性が非常に悪いといいくつかの報告があるがPESコンクリートでは耐久性が非常に良好であることがわかった。また、PESコンクリートではAE剤不混入の場合にも十分耐久性が認められるが、コンクリート表面がかなり浸食される為、やはりこの場合もAEコンクリートとすることが必要であると思われる。なお、現在実験中につき206サイクルでの供試体の状態を図-1に示す。

5. まとめ

PESおよびPESコンクリートの物性についての実験結果の概略を述べたが、我国で市販されている人工軽量骨材と比し、ほとんど劣るところはなく、耐久性などの面ではむしろ優れている性質を示した。とにもかくにも副産物利用の為、製造コストの安い英が最大の強みで、今後大きく期待できると信ずる。最後に、この研究にあたり御協力下さった新日鉄化学(株)セメント研究所 阪本好史所長、大平舗道(株)藤原彰信所長他の皆様に深謝する次第である。

表-3 PESコンクリートの配合およびスランプ、空気量、単位重量の結果

	w/c (%)	S/a (%)	単位量 kg/m ³				混和剤	空気量 (%)	平均 寸法 (cm)	単位容積 重量 (kg/L)
			w	C	S	G				
A	35	38	150.5	430	637	583	セメント	3.3	14.0	1.87
B	40	39	152	380	668	586	"	3.7	8.9	1.88
C	45	40	153.5	341	696	586	"	2.4	2.8	1.85
D	50	41	155	310	734	592	"	5.1	3.5	1.87
E	55	42	156.5	285	748	579	"	5.4	6.2	1.85
F	60	43	158	263	771	573	"	5.0	7.3	1.84
G	65	44	159.5	245	794	566	"	5.2	5.3	1.85
H	70	45	161	230	817	559	"	6.0	3.0	1.86
I	50	41	155	310	723	583	ボツリス トレス トレス	6.2	5.5	1.86
J	50	41	155	310	713	575	ボツリス トレス トレス	6.8	7.3	1.82
K	50	41	155	310	702	566	ボツリス トレス トレス	9.1	9.1	1.80

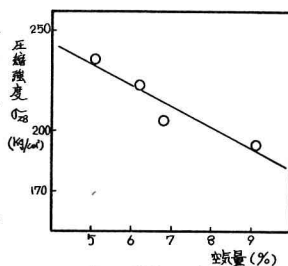


図-3 空気量と圧縮強度

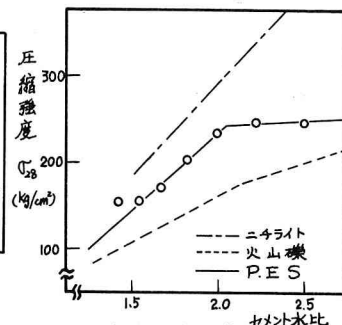


図-4 C/W と σ_{28} の関係

表-4 引張強度、曲げ強度と圧縮強度との関係

	引張強度 圧縮強度	曲げ強度 圧縮強度
P.E.S	$\frac{1}{11} \sim \frac{1}{12}$	$\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8}$
膨張負若系 軽量骨材 (ニチライト)	$\frac{1}{11} \sim \frac{1}{12}$	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{11}$

備考: 圧縮強度 = 200 kg/cm^2

