

Ⅲ－12

減容 EPS 混合土の特性

日本大学大学院 学生員 ○青山 高明

日本大学工学部 正会員 古河 幸雄

1. 研究背景および目的

発泡スチロールは軽量、断熱、緩衝材など利点が多い材料の一つで、生産量は増加の一途をたどっている。しかしそのリサイクル率は40%弱と半以下となっている。そこで有効利用と軽量地盤材料の有用性という二つの観点から、発泡スチロールの減容材料(以下、減容 EPS)に着目し、地盤材料としての材料特性を検討した。

2. 実験概要

試料には減容 EPS、福島県で採取した砕石およびまさ土、カオリン粘土を使用した。減容 EPS は減容方法の違いにより性質に及ぼす影響を検討するため、摩擦熱法と熱熔融法の2種類を準備した。また砕石は、減容 EPS の砕石材料としての位置付けを調べるため、母岩の密度や硬さが異なるものを福島県相馬市と大熊町(以下、相馬・大熊と略す)で採取したものを使用した。地盤材料として検討する場合、粒度分布が結果に大きく影響を及ぼすと考えられる。したがって、実験を行う場合、粒度分布を統一して実施する必要がある。これを踏まえ、図-1 に試験を行う際の粒度分布を示す。この粒度分布は、タルボットの式 $P=(d/D)^n$ を適用し、 $n=0.6$ として粒度を調整した。図中に示したようにこの粒度分布は、クラッシャーラン C-20 と、粒調砕石 M-25 の両者の粒度範囲にあり、道路用の材料として評価も可能である。この条件で締固め回数を変化させた場合、締固めエネルギーの違いによる締固め特性と透水性、破砕性、および単粒子の強度についても調べた。また、減容 EPS を土と混合した場合、どのような特性を示すかを調べるために福島県三春町で採取したまさ土およびカオリン粘土(以下、粘土と略す)を用いた。

3. 実験結果および考察

減容 EPS および砕石の物理的性質を表-1 に示す。すりへり減量は、減容 EPS 同士で比較すると2倍弱の差がある。砕石同士では約2.5倍の差があり、粒子の密度が大きい相馬の方が大熊より小さくなっている。これは母岩の性質がすりへり減量に反映されているものと推測される。しかし、砕石で認められる粒子の密度が大きいとすりへり減量が小さくなる傾向は減容 EPS には認められなかった。減容 EPS の粒子の密度は水よりも軽く、材料としての軽量性が発揮できる素材といえる。吸水率は減容 EPS の方が砕石より大きい。減容 EPS は砕石と比べて多孔質なため、その空隙に水が入った分大きい値になったと考えられる。減容 EPS 同士でみると、積比重が小さい熱熔融の方が摩擦熱より多孔質なため、吸水率が大きくなったと思われる。

表-2 に締固め試験、修正 CBR 試験の結果を示す。減容 EPS の最適含水比は砕石の2倍ほど高く、最大乾燥密度は砕石の方が3~4倍高い値となった。減容 EPS の修正 CBR は30%弱となった。この状態で道路用材料として用いるのは不適切である可能性がある。そこで減容 EPS に密度増加を期待して、まさ土や粘土を加えた。

配合割合は体積比で減容 EPS が1に対し、まさ土および粘土を0.3、0.7、1の割合で混ぜた。表-3 にまさ土および粘土を混ぜた減容 EPS 混合土の修正 CBR 試験結果を示す。まさ土、粘土とも配合割合を大きくするほど、相対的に修正 CBR 値は小さくなる傾向が現れた。どちらも混入した土の特性が大きく反映したといえる。粘土はオーバーコンパクションが認められ、それが修正 CBR の低下に反映していると考えられる。

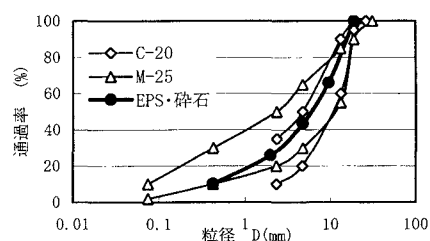


図-1 試験時の粒度分布

表-1 試料の物理的性質

試料名	減容 EPS		砕石	
	摩擦熱	熱熔融	大熊産	相馬産
すり減り減量(%)	4.32	7.57	24.58	10.40
粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	0.812	0.951	2.787	3.013
積比重	0.970	0.960	2.680	2.943
吸水率 (%)	3.1	4.0	1.5	0.6

締固めエネルギーを変化させた場合、粒子の破碎性や締め固まり具合、透水性について検討した。締固めは、15cm モールド、4.5kg ランマーを用いて3層で突き固めた。図-2は、間隙比と透水係数の関係であり、直線傾向を表している。各試料とも間隙比が大きくなるほど、透水係数も大きくなる傾向を示した。減容 EPS はほぼ同程度の傾きを示した。減容 EPS と碎石を比べると、同じ間隙比でも減容 EPS の透水係数の方が大きい値を得た。同じ間隙比でも、碎石は締め固めている過程ですり減り、細かい粒子が生まれ、一つ一つの空隙が小さくなり、透水係数が減容 EPS より低くなったと考えられる。減容 EPS はすり減りにくいことから締固めの粒子破碎による空隙への目詰まりが少なく、それが透水性に影響したものと思われる。このような材料は軽量で、かつ透水性を求められるような構造物に適していると言える。図-3 は各層 92 回で締固めたときの各試料の粒度分布を示したものである。碎石は締固め後に粒子が破碎し初期粒度より細粒化していることが分かる。中でも大熊は他の試料より初期粒度とのずれが大きい。減容 EPS は初期粒度と近似している。この粒子破碎による粒度分布の差異を数量化するため単位 B_M^* 値を用いて評価した。表-4 は各試料、各回数での単位 B_M^* 値である。単位 B_M^* は粒子破碎の影響を調べるため、試験前と試験後の粒度分布から残留率差の差より求めるものであり、この単位 B_M^* 値が小さい程粒子破碎が少ないことを意味し、粒度分布が近似する。この表より碎石は締固めた回数が多くなる程、単位 B_M^* 値の変化は大きくなる傾向があり、破碎しやすいといえる。しかし、減容 EPS は回数が変化しても大きく変化する傾向は現れなかった。表-5 には単粒子破碎試験結果の平均強度を示した。平均強度は熱溶融 EPS が高い値を示した。このことから、熱溶融 EPS は他の材料より2倍程度強度が大きいということが分かった。

4. まとめ

- ・減容方法による性質変化は物理的、力学的性質とも影響しない。
 - ・減容 EPS は碎石と比べて密度が小さく、すりへり試験や粒子破碎、単粒子破碎試験の結果から弾性に優れており、軽量性も發揮できる素材である。
 - ・減容 EPS は碎石と同じ間隙比でも、透水係数は大きい。
 - ・減容 EPS 単体の修正 CBR は切り込み碎石に相当する。
 - ・減容 EPS 混合土の修正 CBR は混合する土の特徴を反映する。
- これらのことから、減容 EPS は特性を考慮することで、様々な場所に地盤材料として利用できるという結論に至った。

謝辞：本研究は、文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学工学部）：研究課題「中山間地及び地方都市における環境共生とそれを支える情報通信技術に関する研究（研究代表：小野沢元久）」の一環として実施したものである。

表-2 締固め試験と修正 CBR 試験結果

試料名	W _{opt} (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	修正 CBR (%)
摩擦熱	11.1	0.609	29.5
熱溶融	12.4	0.652	26.6
大熊	4.7	2.086	62.7
相馬	5.4	2.315	79.7

表-3 修正 CBR 結果 (単位:%)

配合割合	まさ土	粘土
摩擦熱 1: ± 0.3	17.9	6.9
摩擦熱 1: ± 0.7	18.1	2.8
摩擦熱 1: ± 1	13.9	1.3
熱溶融 1: ± 0.3	20.8	7.4
熱溶融 1: ± 0.7	16.2	3.5
熱溶融 1: ± 1	12.5	1.3

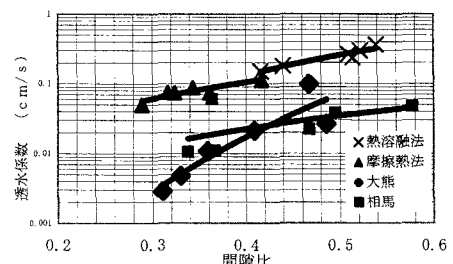


図-2 間隙比と透水係数の関係

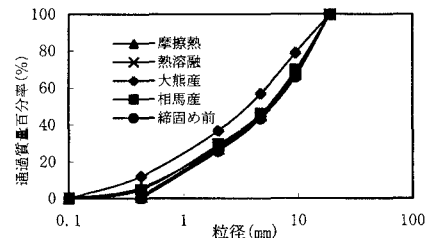


図-3 粒子破碎の関係の一例

表-4 各回数ごとの単位 B_M^* 値

突固め回数	25 回	67 回	92 回	150 回
摩擦熱	0.963	0.808	0.953	0.471
熱溶融	0.48	0.286	0.409	0.43
大熊産	1.515	1.717	1.915	1.838
相馬産	0.49	0.76	0.706	1.046

表-5 単粒子破碎の結果一例 (1.91~0.95 cm)

試料名	摩擦熱	熱溶融	大熊	相馬
平均強度 (MN/m ²)	10.073	18.234	9.409	10.744