

發泡폴리스티렌(Expanded Polystyrene)의 物性和 利用

柳 基 松

(農業振興公社 農業土木試驗研究所 首席研究員)

1. 序 論

發泡폴리스티렌은 簡單히 EPS라고도 하며 우리나라에서 “스티로폼”이라 부르고 있는데 이것은 스티렌모노머(Styrene Monomer)를 重合하여 만든 폴리스티렌과 여기에 添加한 發泡劑가 主原料로 되어 있다. 이 폴리스티렌은 1930年代 美國과 獨逸에서 工業化되었고 發泡폴리스티렌은 1943年初에 美國에서 工業化가 이루어져 建物の 斷熱材, 市場에서 魚箱等에 利用되어 왔다. 그런데 發泡폴리스티렌이 道路盛土의 超輕量盛土工法으로서 軟弱地盤對策에 有效한 資材로 알려진 것은 1985年 노르웨이의 오슬로에서 開催된 “道路盛土用 플라스틱포움(Plastic Foam in Road Embankment)”에 關한 國際會議에서이다.

이 會議에서 發泡폴리스티렌블록을 盛土와같이 쌓아 올리는 라이트필(Light Fill)工法의 設計施工例가 많이 發表되었는데 1972年以後 100餘件以上の 實例가 있다고 하였다. 이 發泡폴리스티렌은 우리나라에서 아직 道路盛土로는 利用된 바 없으나 앞으로 西南海岸이 開發됨에 따라 軟弱地盤上 構造物施工時 그 對策工法으로서 價値가 있을 것으로 생각되어 本橋에서는 發泡폴리스티렌의 物性和 그 利用에 대하여 簡單히 紹介하고자 한다.

2. 發泡폴리스티렌의 製法和 物性

發泡폴리스티렌의 製造方法은 型内法과 押出法의 2種이 있다. 여기서 型内法은 폴리스티렌을

加熱하여 軟化시킴과 동시에 불룩形의 金型中에 蒸氣壓力으로 發泡하여 1~10mm程度의 獨立氣泡로 構成된 發泡粒子를 서로 融着시켜 大型블록을 만드는 것이다. 押出法은 폴리스티렌에 鹽化메틸等を 混合하고 押出機로 加熱混合物를 發泡시키면서 送出하여 冷室에서 冷却시키는 方法이다.

型内法에서는 1.82×0.91×0.4m의 不規則體를, 押出法에서는 두께 10cm의 板狀블록을 만들 수 있는데 그 單位重量은 發泡倍率에 따라서 0.01~0.03gf/cm³의 範圍가 많다.

發泡폴리스티렌의 一般的인 物性値는 表-1과 같으며 이 材料를 흙과 比較할때 單位重量이 적은데 비하여 壓縮強度 引張強度, 韌強度가 크고 또한 이것은 輕量性, 耐水性, 耐壓縮性이 있으며 酸, 알칼리, 鹽類等에 抵抗性이 좋으나 鑛油, 揮發油에 熔解되는 性質이 있으며 紫外線에 變色되기 때문에 表面保護가 必要하다.³⁾ 한편 우리나라에서 폴리스티렌을 押出法에 의하여 25倍로 發泡시킨 供試體(單位重量 約 0.04gf/cm³)의 三軸壓縮 및 一軸壓縮試驗結果는 表-2와 같다. 여기서 供試體는 發泡粒子의 平均지름이 각각 1.18mm, 2.36mm, 3.35mm인 3種인데 表-2 및 그림. 1과 같이 一軸壓縮強度는 2.3~2.8kgf/cm²으로서 發泡粒子가 클수록 強度가 低下되었다. 또한 三軸壓縮試驗結果에 있어서도 그림.2와 같이 發泡粒子가 클수록 橫壓에 對한 軸差應力이 작게 나타났다. 이것은 發泡粒子가 가늘수록 粒子의 熱融着이 良好하기 때문에 強度가 큰 것으로 생각된다. 그림.3~그림.5는 供試體 1, 2, 3에 대한 三軸壓縮試驗結果를 물의 應力圓

表-1. 發泡폴리스티렌의 一般의인 性質¹⁾

性 質	試 驗 方 法	單 位	製 造 法				
			型 內 法			押 出 法	
力學的性質	겉보기單位重量	JIS A 9511	gf/cm ³	0.025	0.020	0.016	0.029
	壓縮強度	ASTM-D 1621(變形率5%)	kgf/cm ²	1.6	1.1	0.9	3.0
	復元率	10% 變形 20回	%	97	97	98	93
	韌 強 度	JIS A 9511	kgf/cm ²	4.6	3.5	3.0	4.3
	引 張 強 度	JIS K 6767	kgf/cm ²	5.3	4.5	3.6	5.0
熱的性質	熱 傳 導 率	JIS A 1412	kcal/mh ² c	0.028	0.030	0.034	0.029
	耐 熱 溫 度	BS 3837	°C	80	80	80	75
	線 膨 脹 係 數	ASTM-D 696	×10 ⁻⁵ /°C	5-7	5-7	5-7	5-7
耐水性質	吸 水 率	JIS A 9511	gf/100cm ³	0.14	0.16	0.18	0.69
	水 蒸 氣 透 過 率	ASTM-E96-53T	gf/m ² h	0.8	1.0	1.2	0.6

(Mohr's Circle)으로 나타낸 것인데 試料와는 정반대로서 應力이 크면 클수록 剪斷強度는 작게 나타났다. 이것은 表-1과 같이 發泡폴리스티렌이

壓縮材이기 보다는 引張材임을 나타내는 것으로 생각된다.

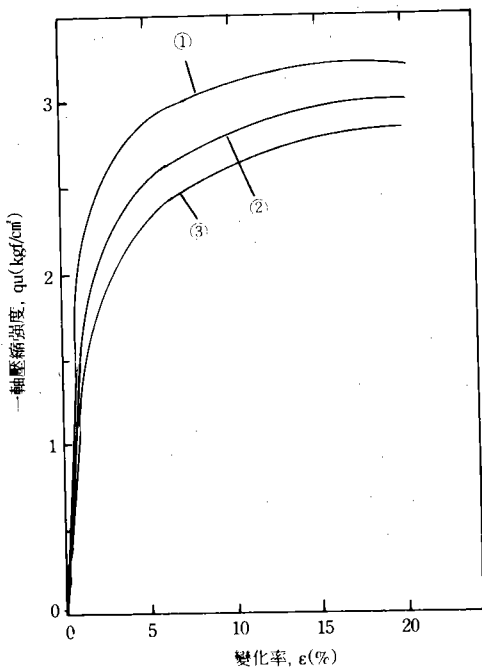


그림. 1. qu와 v의 關係.

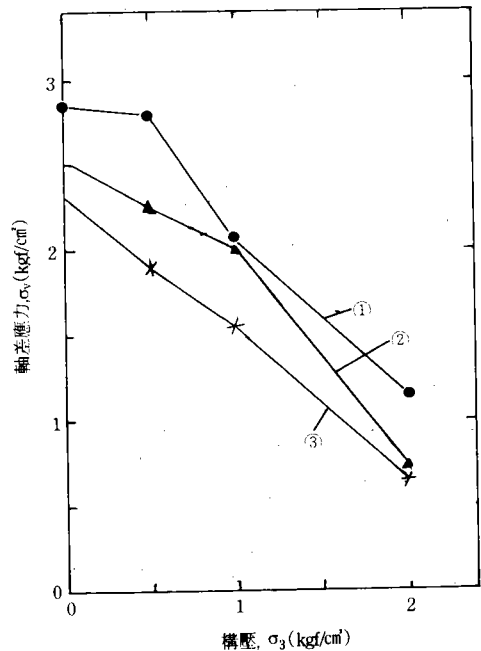


그림. 2. 橫壓과 軸差應力의 關係.

表-2. 發泡폴리스틸렌의 剪斷試驗結果.

試驗名 試料名	三軸壓縮試驗									一軸壓縮試驗		
	1			2			3			1	2	3
橫壓 (kgf/cm ²)	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	-	-	-
供試體單位重量 (gf/cm ³)	0.0416	0.0408	0.0409	0.0405	0.0416	0.0404	0.0411	0.0408	0.0407	0.0412	0.0400	0.0410
軸差應力, σ_v (kgf/cm ²) $\epsilon=5\%$ 時	2.806	2.050	1.134	2.268	2.035	0.727	1.905	1.512	0.654	-	-	-
一軸壓縮強度, q_u (kgf/cm ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.850	2.515	2.326
發泡粒子的 平均지름 (mm)	1.18			2.36			3.35			1.18	2.36	3.35
供試體의 尺寸 (mm)	φ35×70											

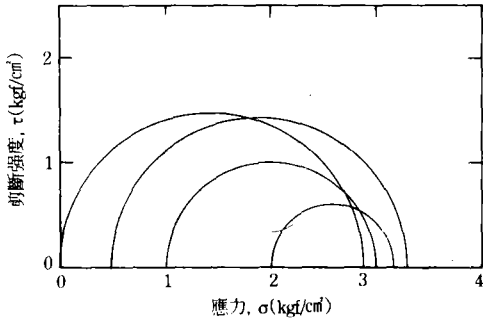


그림. 3. σ 와 τ 의 關係(供試體 1).

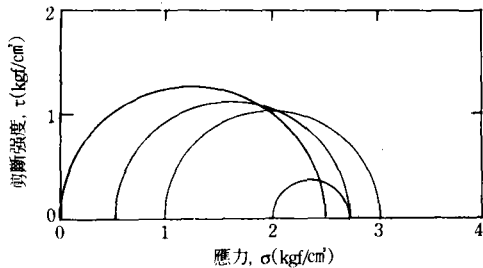


그림. 4. σ 와 τ 의 關係(供試體 2).

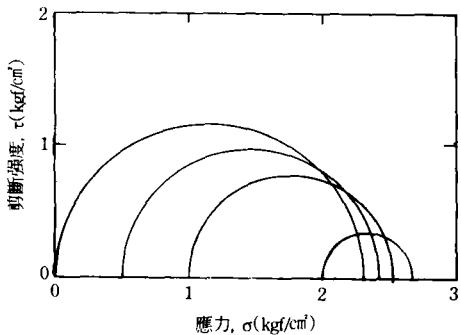


그림. 5. σ 와 τ 의 關係(供試體 3).

3. 土木工事에의 利用

發泡폴리스틸렌을 超輕量盛土工法에 利用할 경우 輕量材이므로 沈下, 支持力 및 滑動에 대한 安定性을 向上시킬 수 있다. 즉, 이것은 四角形의 構造體이므로 積層하여 쌓으면 自立의 直立面으로 할 수 있으므로 土壓을 輕減시킬 수 있으며 또한 耐水性, 緩衝性, 施工性이 있으므로 이러한 長點을 利用하여 그림. 6~그림. 9와 같이 軟弱地盤上의 道路盛土, 橋台 및 擁壁의 뒷채움, 構造物의 되메움 및 急傾斜地의 盛土等에 쓰인다.

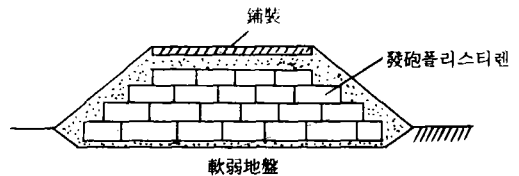


그림. 6. 軟弱地盤上의 道路盛土.

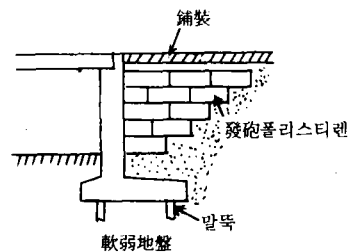


그림. 7. 橋台, 擁壁의 뒷채움.

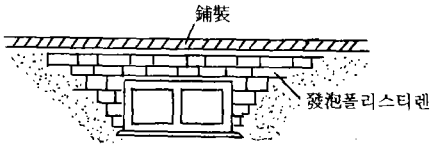


그림. 8. 構造物의 되메움.

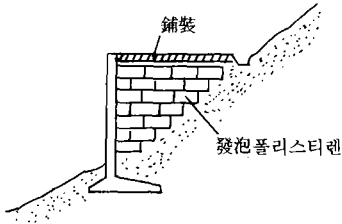


그림. 9. 急傾斜地의 盛土.

이외에도 埋設管의 基礎로 쓰이며, 發砲粒자를 모르타르로 被覆하여 輕量콘크리트用 骨材로서도 研究가 進行中에 있다. 上記와 같이 發砲폴리스티렌은 荷重輕減工法, 土壓低減工法에 利用되는데 이를 모두 發砲폴리스티렌(EPS)工法이라 부른다.

4. 結 言

發砲폴리스티렌工法에 대해서는 노르웨이에서 實際로 施工한 EPS를 每年 試料를 採取하여 單位重量, 吸水量 및 壓縮強度等을 調査研究中에 있으며 우리나라에서는 1987年度에 大韓土質工學會에서 開催한 學術發表에서 EPS工法이 發表되었으나 아직 土木資材로써는 利用되고 있지

않고 있지만 앞으로 EPS工法에 利用될 경우는 그 物性의 評價方法, 材料의 試驗方法等을 檢討해야만 될 것으로 생각된다. 또한 EPS工法은 價格이 비싼 材料를 利用하게 되므로 非經濟的이지만 構造物의 特性에 따라서는 本工法을 適用해야할 경우도 있기 때문에 우리나라에서도 各研究機關 및 製品社會가 產學協同으로 EPS工法에 關心을 가지고 研究가 進行되길 바라며, 發砲폴리스티렌 供試體製作에 協調하여 주신 (株)三湖의 “安華變”研究팀長任에게 感謝드리 는 바이다.

參 考 文 獻

1. 福住降二(1986): “發砲스티롤土木工法”, 日本土木學會論文集, NO. 373, pp 148~150
2. Thomas A. Coleman(1974): “Polystyrene Foam is Competitive, Lightweight Fill”, Civil Engineering, ASCE, Vol, 14, NO. 2, pp 68~69
3. 福田直三, 冢本英樹(1988): “ジオテキスタイル・發砲스티롤”, 土木技術, 第43卷第2號, pp 71~80
4. 山内豊聡(1987): “發砲스티로-루(ESP)의 力學的特性과 盛土材로서의 問題點”, 大韓土質工學會, 87年度 學術發表會 發表講演集, pp 107~119
5. 能等繁幸(1986): “發砲ポリヌチレンを用いた盛土工法”, 土木技術, 第41卷第3號, pp 30~34.