

ภาคผนวก ก

แนวทางแก้ปัญหาความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน โดยใช้วัสดุมวลเบาแทนดินถม

1. การใช้วัสดุมวลเบาแทนดินถมบริเวณเชิงลาดสะพาน

ในปัจจุบัน ได้มีการใช้วัสดุมวลเบาแทนดินถมสำหรับการก่อสร้างคันทาง และบริเวณเชิงลาดสะพาน เพื่อลดน้ำหนักของคันทางที่กระทำต่อดินอ่อนฐานราก และลดการทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพาน วัสดุมวลเบาที่มีหลายชนิด ได้แก่ EPS Blocks, Expanded-Beads Mixed Lightweight Soil, Air Foamed Mortar and Air Foamed Lightweight Stabilized Soil, Coal Ash and Granulated Slag, Volcanic Ash Soil, Hollow Structures, Wood Chips, Shells, Tire Chips เป็นต้น ดังสรุปในตารางผนวกที่ ก1 (Miki, 1996)

Geofoam (EPS Blocks) เป็นวัสดุมวลเบาซึ่งผลิตโดยการทำให้ Poly Styrol ขยายตัว ขนาดมาตรฐานของ EPS Block ทั่วไป มีความกว้าง 1 m ยาว 2 m และหนา 0.5 m (มีปริมาตรเท่ากับ 1 m^3) มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $0.01 - 0.03 \text{ Tons/m}^3$ และมีกำลังรับแรงอัดประมาณ 7 ถึง 18 Tons/m^2 ซึ่งขึ้นกับความหนาแน่น

Expanded-Beads Mixed Lightweight Soil เป็นการปรับปรุงดินโดยการผสม Expanded Poly Styrol หรือ Expanded Poly Propylene และปูนซีเมนต์ เพื่อให้มีกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้น หรือบางครั้งอาจมีการใส่เส้นใย (Fiber) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทาน มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง $0.7 - 1.3 \text{ Tons/m}^3$ และมีกำลังรับแรงอัดประมาณ 5 ถึง 20 Tons/m^2 ซึ่งขึ้นกับปริมาณปูนซีเมนต์

Air Foam Mortar หรือ Air Foamed Stabilized Soil เป็นการปรับปรุงคุณภาพดินโดยการผสมระหว่างดิน ปูนซีเมนต์ น้ำ และสารเคมีที่นำมาเป็น Foaming Agent วัสดุ Air Foamed Stabilized Soil มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง $0.6 - 1.2 \text{ Tons/m}^3$ และมีกำลังรับแรงอัดขึ้นกับชนิดและปริมาณวัสดุผสม

Coal Ash เป็นวัสดุซึ่งมีหน่วยน้ำหนักแห้งประมาณ $0.88 - 1.49 \text{ Tons/m}^3$ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ เมื่อนำมาบดอัด จะมีคุณสมบัติประสานกันระหว่างเม็ดวัสดุ มีค่า Cohesion (c') ประมาณ $4 - 20 \text{ Tons/m}^2$ และค่ามุมเสียดทาน (ϕ') เท่ากับ 29 – 37 องศา

Granulated Slag เป็นผลผลิตที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของตะกอนจากเตาหลอม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Hard และ Soft เมื่อบดอัดแล้ว มีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง $1.20 - 1.35 \text{ Tons/m}^3$ และมีค่ามุมเสียดทาน (ϕ') ประมาณ 35 องศา

Volcanic Ash Soil เป็นดินภูเขาไฟ ซึ่งมีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง $1.2 - 1.4 \text{ Tons/m}^3$

Hollow Structures เป็นการนำวัสดุท่อหรือกล่องซึ่งมีรูกลวงมาใช้แทนวัสดุดินถมบริเวณเชิงลาดสะพานดังแสดงในภาพผนวกที่ ก1 ราคาค่าก่อสร้างค่อนข้างสูง

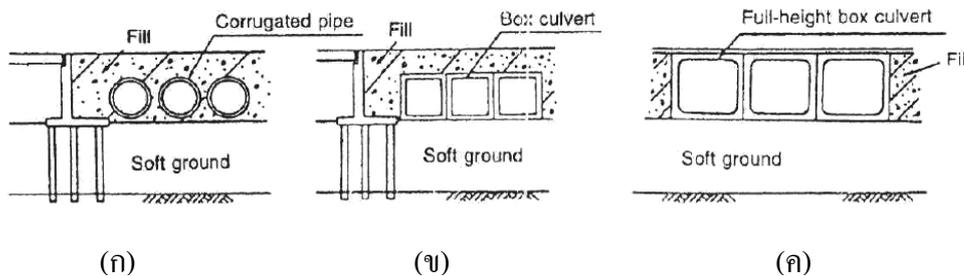
Wood Chips หรือเศษไม้ มีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง $0.7 - 1.0 \text{ Tons/m}^3$ เมื่อนำมาบดอัดจะมีปริมาตรลดลงประมาณ 40 % การนำเศษไม้มาใช้ควรเลือกให้มีขนาดเล็กกว่า 15 cm เพื่อลดช่องว่างขนาดใหญ่ภายในวัสดุ

Tire Chips หรือเศษยางรถยนต์ มีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.7- 0.9 Tons/m³ และมีมุมเสียดทาน (ϕ') ประมาณ 19 - 25 องศา และมีค่า Cohesion (c') ประมาณ 1 Tons/m² มักใช้เป็นวัสดุถมเหนือระดับน้ำใต้ดินและต้องมีชั้นดินปิดทับด้านบนบนประมาณ 90 cm เพื่อป้องกันสารเคมีแพร่ออกจากเศษยาง

ตารางผนวกที่ ก1 ประเภทของวัสดุถมเบา

วัสดุถมเบา	หน่วยน้ำหนัก (Tons/m ³)	คำอธิบาย
1 EPS Blocks	0.01 - 0.03	เบามาก, เป็นยางสังเคราะห์ที่มีความยืดหยุ่น (Expandable Synthetic Resins)
2 Expanded-Beads Mixed Lightweight Soil	ประมาณ 0.7 หรือ มากกว่า	มีหน่วยน้ำหนักไม่แน่นอน, มีคุณสมบัติการบดอัดและการยุบตัวคล้ายดิน, และสามารถใช้ดินในพื้นที่เป็นส่วนผสมในการก่อสร้าง
3 Air Foamed Motar and Air Foamed Lightweight Stabilized Soil	ประมาณ 0.5 หรือ มากกว่า	สามารถควบคุมความหนาแน่นได้, เป็นของเหลวและสามารถแข็งตัวเมื่อปล่อยทิ้งไว้, และสามารถใช้ดินในพื้นที่เป็นส่วนผสมในการก่อสร้าง
4 Coal Ash, Granulated Slag, เป็นต้น	ประมาณ 1.0 - 1.5	วัสดุเม็ด, สามารถประสานตัวได้เมื่อปล่อยทิ้งไว้
5 Volcanic Ash Soil	1.2 - 1.5	วัสดุธรรมชาติ
6 Hollow Structures	ประมาณ 1.0	Corrugated Pipes, Box Culverts, เป็นต้น
7 Wood Chips	0.7 - 1.0	มักนิยมใช้เป็นวัสดุถมใต้ระดับน้ำใต้ดิน, ต้องป้องกันปัญหาการเสื่อมสภาพของวัสดุ
8 Shells	ประมาณ 1.1	มีขนาดประมาณ 12 - 76 mm, มีแรงเสียดทานระหว่างชั้นดี
9 Tire Chips	0.7 - 0.9	นิยมใช้เป็นวัสดุถมเหนือระดับน้ำใต้ดิน, ต้องมีชั้นดินคลุมอย่างน้อย 0.9 m

ที่มา : ดัดแปลงจาก Miki (1996)



ภาพผนวกที่ ก1 การนำวัสดุท่อหรือกล่องซึ่งมีรูกลวงมาใช้แทนวัสดุดินถมบริเวณเชิงลาดสะพาน

(ก) Corrugated Pipe (ข) Box Culvert (ค) Full Height Box Culvert

1.1 การใช้ EPS Geofam ในการแก้ปัญหาการทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพาน

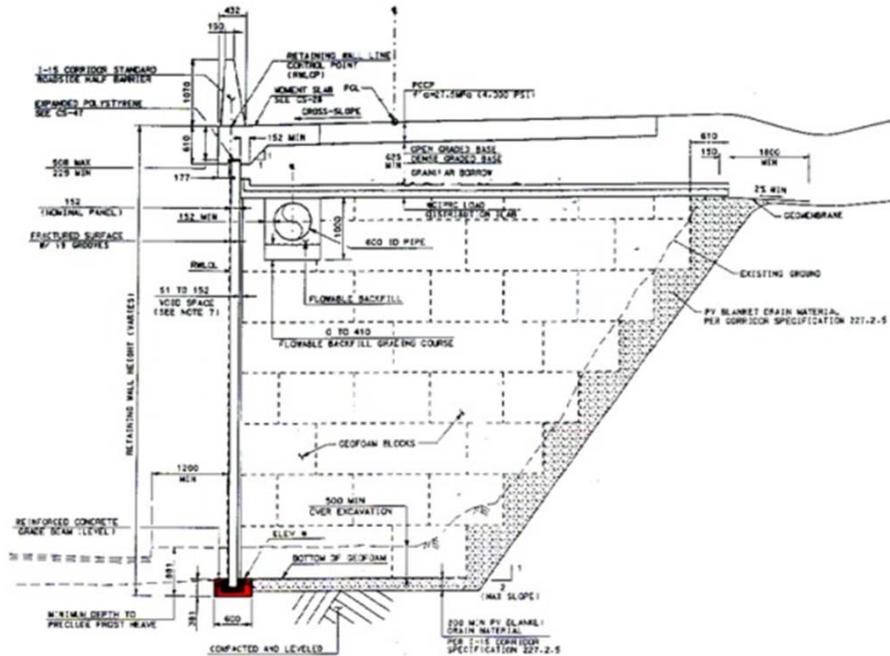
Expanded Polystyrene Geofam (EPS) เป็นวัสดุประเภทพลาสติกโฟม ซึ่งมีน้ำหนักเบา EPS ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1950 (BASF, 1997) และปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมโยธาหลายประเทศ ได้แก่ นอร์เวย์ เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมันนี และ มาเลเซีย เป็นต้น

ประเทศนอร์เวย์ และเนเธอร์แลนด์ได้นำ EPS มาใช้ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1965 และ ค.ศ. 1970 ตามลำดับ และในปี ค.ศ. 1972 Norwegian Public Road Authorities ได้บรรจุวัสดุ Geofam เป็นวัสดุมวลเบาสำหรับการก่อสร้างคันทาง โดยใช้เป็นวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพานเพื่อแก้ปัญหาการทรุดตัวที่แตกต่างระหว่างสะพานและถนน

ในประเทศเยอรมันนี EPS ถูกใช้เป็นครั้งแรก เมื่อ ประมาณทศวรรษ 1960 เพื่อเป็นฉนวนป้องกันการแข็งตัวของวัสดุโครงสร้างทาง (Frost Protection) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำ EPS มาใช้ในการก่อสร้างทาง และวัสดุถมหลังกำแพงกันดิน ตัวอย่างเช่น โครงการก่อสร้าง Highway 160 มลรัฐโคโรลาโด ในปี ค.ศ. 1989 และ โครงการก่อสร้าง Interstate I-15, Salt Lake City สำหรับ Winter Olympic Game ในปี 2002 ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก2 (Yamanaka, et al., 1996; Mohamad, 1996; <http://www.geofam.com>)

EPS เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุถม เพราะมีน้ำหนักเบา (เบากว่าดินประมาณ 100 เท่า) ทำให้ลดแรงกดที่กระทำต่อดินฐานราก ลดแรงดันดินด้านข้าง และก่อสร้างได้เร็วบนดินฐานรากอ่อน เนื่องจากไม่ต้องก่อสร้างคันทางเป็นขั้นๆ (Stage Construction) เพื่อรอให้ดินฐานรากทรุดตัว EPS จึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการทรุดตัวเกิดพิคัดและการทรุดตัวที่แตกต่างของคันทาง และเชิงลาดสะพาน ใช้ซ่อมแซมเชิงลาดซึ่งเกิดการพิบัติ และเป็นวัสดุถมหลังกำแพงกันดิน และโครงการก่อสร้างและซ่อมแซมสายทางซึ่งมีระยะเวลาดำเนินการจำกัดและปริมาณการจราจรสูง เป็นต้น (FHWA, 2006)

สำหรับประเทศไทยนั้น ได้มีการนำ EPS Geofam มาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างปรับการทรุดตัวของบริเวณเชิงลาดสะพานบน ถนนราชพฤกษ์ และบางช่วงของถนนลาดห้วยบางพลี อ.คลองด่าน



ภาพผนวกที่ ก2 ตัวอย่างการใช้ EPS Geofam เป็นวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพาน

(http://gefoam.syr.edu/GRC_i15.asp)

1.2 คุณสมบัติของ EPS

EPS Geofam เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเบา เป็นฉนวน และรับพลังงานที่กระทำได้ดี (Energy Absorption) และยังมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมคล้ายกับดินธรรมชาติ โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญสามารถสรุปได้ดังนี้

- | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| - ความหนาแน่น (Density) | - กำลังรับแรงกด (Compression) |
| - Initial Elastic Modulus และ Poisson's Ratio | - กำลังรับแรงดึง และแรงดัด |
| - ความล้า (Creep) | (Tension and Flexural Strength) |
| - สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานพื้นผิว | - ฉนวนความร้อนและการทนไฟ |
| - การดูดความชื้น (Water Absorption) | - ความทนทานต่อสารเคมีและสภาวะแวดล้อม |
| - อิทธิพลของรังสี Ultraviolet | - อิทธิพลของ Loading Rate และ Cyclic Loading |

โดยทั่วไป EPS Geofam มีขนาด กว้าง 1.2 m ยาว 2.4-4.8 m และหนา 25-914 mm American Standard Testing Material (ASTM) ได้ออกมาตรฐานควบคุมคุณภาพของ EPS Geofam "Standard Specification for Rigid Cellular Polystyrene Geofam" (ASTM D6817) ดังตารางผนวกที่ ก2

ตารางผนวกที่ ก2 Specifications ของ EPS Geofoam ตามมาตรฐาน ASTM D6817

(<http://www.geofoam.com/>)

Foam-Control EPS Geofoam Properties								
Property		ASTM D6817						
		EPS12	EPS15	EPS19	EPS22	EPS29	EPS39	EPS46
Density ¹ , min.	lb/ft ³ (kg/m ³)	0.70 (11.2)	0.90 (14.4)	1.15 (18.4)	1.35 (21.6)	1.80 (28.8)	2.40 (38.4)	2.85 (45.7)
Compressive Resistance ¹ @ 1% deformation, min.	psi psf (kPa)	2.2 320 (15)	3.6 520 (25)	5.8 840 (40)	7.3 1050 (50)	10.9 1570 (75)	15.0 2160 (103)	18.6 2680 (128)
Elastic Modulus ¹ , min	psi (kPa)	220 (1500)	360 (2500)	580 (4000)	730 (5000)	1090 (7500)	1500 (10300)	1860 (12800)
Flexural Strength ¹ , min.	psi (kPa)	10.0 (69)	25.0 (172)	30.0 (207)	40.0 (276)	50.0 (345)	60.0 (414)	75.0 (517)
Water Absorption ¹ by total immersion, max.,	volume %	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0
Oxygen Index ¹ , min.	volume %	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Buoyancy Force	lb/ft ³ (kg/m ³)	61.7 (990)	61.5 (980)	61.3 (980)	61.1 (980)	60.6 (970)	60.0 (960)	59.5 (950)
Additional Properties for Compressible Applications								
Compressive Resistance ¹ @ 5% deformation, min.	psi psf (kPa)	5.1 730 (35)	8.0 1150 (55)	13.1 1890 (90)	16.7 2400 (115)	24.7 3560 (170)	35.0 5040 (241)	43.5 6260 (300)
Compressive Resistance ¹ @ 10% deformation, min.	psi psf (kPa)	5.8 840 (40)	10.2 1470 (70)	16.0 2300 (110)	19.6 2820 (135)	29.0 4180 (200)	40.0 5760 (276)	50.0 7200 (345)

¹ See ASTM D6817 Standard for test methods and complete information

2. เอกสารอ้างอิง

- BASF Corp. 1997. Styropor Technical Information. Technical Information. BASF Corp. Germany.
- Briaud, J.L., R.W. James and S.B. Hoffman. 1997. Settlement of Bridge Approaches (The Bump at the End of the Bridge). **Transportation Research Record: Jour of Transportation Research Board, NCHRP Synthesis 234**. National Research Council, Washington D.C., USA.
- Miki, G. 1996. Ten Year History of EPS Method in Japan and its Future Challenges. **Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method (EPS Tokyo'96)**: 394-410.
- Mohamad, E.B. 1996. History of EPS as Embankment Fill in Malaysia under PIC and Its Future. **Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method (EPS Tokyo'96)**: 257 – 264. EPS Construction Method Development Organization. Tokyo, Japan.
- Yamanaka, H., T. Onuki, H. Katsurada, I. Kitada, K. Kashima, A. Takamoto and M. Maruoka. 1996. Use of Vertical Wall-Type EPS Elevated Filling (H=15m) for Bridge Abutment Backfill. **Proceedings of the International Symposium on EPS Construction Method**: 223-233. Tokyo, Japan.
- <http://www.geofoam.com>
- http://geofoam.syr.edu/GRC_i15.asp
-
-