การประยุกต์ใช้โซเดียมเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์เพสสำหรับบำรุงรักษาทางหลวง

ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทาง

วิศวกรรม

สำนักงานทางหลวงที่ 4



ปัญหา

รอยแตกแบบหนังจระเข้ (Alligator Cracks)



สาเหตุ ผิวทางเกิดการแอ่นตัวมากเกินไป เนื่องจากโครงสร้างชั้นทางไม่แข็งแรง

- **ความชื้นในชั้นทางมากเกินไป**
- **ชั้นทางมีความหนาไม่เพียงพอ**
- **มีน้ำหนักบรรทุกมากเกินไป**

เกิดจากความล้าในชั้นผิวทางแอสฟัลต์ หรือ พื้นทาง โดยแรงกระทำซ้ำ เริ่มจากผิวล่างของแอสฟัลต์ หรือ พื้นทาง เป็นตารางขนาดไม่เกิน 0.30 เมตร

การซ่อมโดย ปะซ่อม ขุดซ่อม ขุดซ่อมและเสริมผิว ก่อสร้างใหม่

รอยแตกตามขอบ (Edge Crack)



เกิดจากแรงดันด้านข้างไม่เพียงพอ หรือ ทรุดตัว จากการหดตัวของวัสดุไหล่ทาง หรือการระบายน้ำไม่ดีพอ มีวัชพืชและต้นหญ้าหนาแน่น

การซ่อม ได้แก่ อุดซ่อมรอยแตกที่กว้างกว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ขุดซ่อม

รอยแตกสะท้อน (Reflection Crack)



เกิดจากการเสริมผิวแอสฟัลต์บนผิวทางคอนกรีต หรือบนพื้นทางดินซีเมนต์ หรือแอสฟัลต์เดิม ที่มีรอยแตกอยู่แล้วและไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกวิธีก่อนการเสริมผิวแอสฟัลต์ใหม่

การซ่อม ได้แก่ อุดซ่อมรอยแตกที่กว้างกว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ขุดซ่อม

รอยแตกเป็นตาราง หรือ รอยแตกจากการหดตัว (Block Crack or Shrinkage Crack)



ตารางขนาดตั้งแต่ 0.30 เมตร ถง 3.00 เมตร มีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (ยืดและหดตัว) ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่เกิดจากการใช้มวลรวมขนาดเล็ก ค่าดูดซึมสูง ยางเพเนเตรชั่นต่ำ ผิวแอสฟัลต์มีความแข็งเปราะเพิ่มขึ้น ยืดหยุ่นน้อยลง

การซ่อม อุดรอยแตกที่มีความกว้างมากกว่า 3 มิลลิเมตร ฉาบผิว ทำเซอรเฟสรีไซคลิ่ง (Surface Recycling)

รอยแตกการขยายคันทาง (Widening Crack)



มีสาเหตุมาจากการก่อสร้างขยายคันทางโดยไม่มีการ Benching หรือการหดขยายตัวไม่เท่ากันของวัสดุชั้นทางเดิมและส่วนขยาย

การซ่อม ได้แก่ อุดซ่อมรอยแตกที่กว้างกว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ขุดซ่อม

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาความสามารถเทได้ของซีเมนต์เพสผสมเบนโทไนท์
- เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อการใช้งานสำหรับซ่อมบำรุงชั่วคราว (แบบเร่งด่วน)
- เพื่อลดความรุนแรงของความเสียหายของชั้นโครงสร้างทาง

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาความสามารถทำงานได้ กำลังในการรับน้ำหนัก การซึมลึก โดยใช้แร่ดินเหนียวชนิดโซเดียมเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์เพส สำหรับความเสียหายของผิวทางในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ

สำนักงานทางหลวงที่ 4

นิยาม แร่ดินเบนโทไนท์ (Bentonite clay)

แร่ดินเบนโทไนต์ มีโครงสร้างเป็นชั้นๆ ซ้อนกันหลายชั้นมีลักษณะการจัดเรียงตัวที่ไม่แน่นอนเมื่อนำแร่ดินเบนโทไนต์ไปละลายน้ำ แร่ดินจะเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็ว และขยายตัวได้แร่ดินเบนโทไนต์ เป็นองค์ประกอบหลักของเถ้าภูเขาไฟซึ่งจะเรียกได้ว่า เบนโทไนต์ (bentonite) แร่ดินเบนโทไนต์ (bentonite clay) เป็นชนิดหนึ่งของกลุ่มแร่ในกลุ่มสเมคโทต์ (smectite)

ชนิด แร่ดินเบนโทไนท์ แบ่งตามองค์ประกอบธาตุโซเดียม และแคลเซียม

- แร่ดินเบนโทไนต์ที่ประกอบด้วยแร่ดินโซเดียม-เบนโไนต์ (Sodium-Bentonite) จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้มากเพราะผลึกของดินที่มีขนาดเล็กมากกระจัดกระจายอยู่ในน้ำทำให้น้ำโคลนมีลักษณะกึ่งแข็ง และกึ่งเหลวคล้ายวุ้นเหมาะสำหรับเป็นน้ำโคลนไหลวนใช้ในการเจาะหรือเรียกว่า โคลนเจาะ (drilling mud)นอกจากนี้ยังใช้ผสมทรายทำเบ้าหลอมและวัสดุทนไฟ (refractories)

ชนิด แร่ดินเบนโทไนท์ แบ่งตามองค์ประกอบธาตุโซเดียม และแคลเซียม

- แร่ดินเบนโทไนต์ที่ประกอบด้วยแร่ดินแคลเซียม-เบนโไนต์ (Calcium-Bentonite) หรือเรียกประเภทที่ไม่พองตัวมาก (non swelling type) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและพองขยายตัวได้น้อยกว่าชนิดแรกแต่ก็สามารถนำมาทำโคลนเจาะหลุมตื้นๆได้ ซึ่งก่อนจะนำไปทำโคลนเจาะได้ต้องผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพด้วย soda ash polymer หรือสารเคมีอื่นเสียก่อน สำหรับแร่ดินเบนโทไนต์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ทำสารดูดซึมหรือฟอกสี (absorbents) ใช้ในเครื่องกรองน้ำมันในโรงกลั่น กรองน้ำบาดาล และน้ำมันพืชให้ปราศจากมลทินใช้ฟอกหนังและกรองน้ำมันเครื่องใช้แล้วให้คืนสู่สภาพเดิมได้

ขั้นตอนการศึกษา

- หา W/C Water-cement ratio ที่เหมาะสม
- หา ปริมาณซีเมนต์ ที่เหมาะสม
- หาปริมาณโซเดียมเบนโทไนท์ ที่เหมาะสม
- หาการซึมลึกของสัดส่วนผสมที่เหมาะสม
- หากำลังอัดประลัย

การทดลอง

- การทดลองการไหลผ่านทรงกรวย (Marsh cone) ตามมาตรฐาน ASTM C939
- การทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์เพส ตามมาตรฐาน ASTM C 494
- การทดสอบการซึมลึกในห้องปฏิบัติการ
- การทดสอบการซึมลึกในภาคสนาม

ตัวอย่างโซเดียมเบนโทไนท์ที่ใช้ในการทดลอง



หา W/C Water-cement ratio ที่เหมาะสม

Note

W = Water

C = Cement Type I

SB = Sodium bentonite

ตัวอย่างการคำนวณ

W/C = 0.38

W = 0.38C

WT = 1725 ml , WT=W+C

เมื่อ W+C = 1725 gm.

0.38C+C =1725

C(1+0.38) = 1725

C = 1725 / (1.38)

C= 1250 gm.

หากใช้ปริมาณ SB ที่ 0% , 10% , 20%, 30% และ 40 % ของปูนซีเมนต์

SB ที่ใช้

0% , 1250x(0/100) = 0 gm.

10% , 1250x(10/100) = 125 gm.

20% , 1250x(20/100) = 250 gm.

30% , 1250x(30/100) = 375 gm.

40% , 1250x(40/100) = 500 gm.

ตารางที่ 1

Water (gm.	C (gm.)	SB (gm.)	Total(gm.)	Remark
475	1250	0	1725	
475	1125	125	1725	
475	1000	250	1725	
475	875	375	1725	
475	750	500	1725	

หา W/C by Try

- 0.38 (กฤษดา ,2555)
- 0.60
- 0.80

Try SB ที่เหมาะสม 0%-40% ของซีเมนต์

วัดหาอัตราการไหลโดยเทียบจากน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศา





หาเวลา การไหลของ ซีเมนต์เพส+โซเดียมเบนโทไนท์





หาการซึมลึกของ ซีเมนต์เพส+โซเดียมเบนโทไนท์



อบที่อุณหภูมิ 110 °c เวลา 16 ชั่วโมง

ที่ระยะการหดตัว 3 มม.

หาการซึมลึกของ ซีเมนต์เพส+โซเดียมเบนโทไนท์





วัดการซึมลึกของ ซีเมนต์เพส+โซเดียมเบนโทไนท์



ตัวอย่างที่ได้ ซีเมนต์เพส+โซเดียมเบนโทไนท์+น้ำ

มีลักษณะไม่เหมาะสม



ขณะผสม

เบนโทไนท์ > 10%
ของปูนซีเมนต์



เมื่อ SET ตัว

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.





ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.

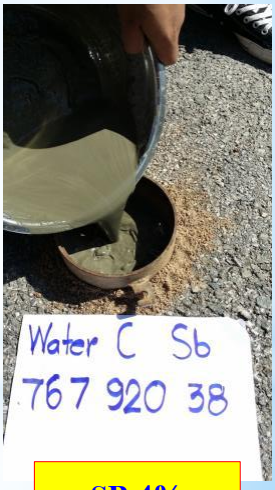
Try SB at W/C =0.8



SB 0 %



SB 2%



SB 4%

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.

Try SB at W/C =0.8



SB 6%



SB 8%

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.

Try SB at W/C =0.8





ทิ้งไว้จน SET ตัวที่ 24 ชม. จากนั้นทำการ Core

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.

Try SB at W/C =0.8



สภาพตัวอย่างถูกผสานเชื่อมแน่นดีที่ SB 0, 2, 4, 6, 8%




SB 2 %


SB 4 %


SB 6 %


SB 8 %

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม.

Try SB at W/C =0.8

ที่ SB 0% ไหลตัวในแนวดิ่งดี แต่พบช่องว่างอากาศ

ที่ SB 2% ไหลตัวสภาพแน่นดี
ผสานแนวรอยต่อได้ดีทั้งแนวดิ่ง
และแนวราบเกิดการประสานรอยต่อจนเต็ม

ที่ SB 4% ไหลตัวสภาพแน่นดี
ผสานแนวรอยต่อได้ดีทั้งแนวดิ่ง
และแนวราบแต่ไม่ประสานรอยต่อจนเต็ม

ที่ SB 6, 8% ไหลตัวสภาพแน่นดี
ผสานแนวรอยต่อได้ดีทั้งแนวดิ่ง แต่ไม่พบการผสานตัวในแนวราบ เนื่องจากตัวอย่างรอยเจาะมีรอยร้าวแนวราบให้เห็นน้อยเกินไป

ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักงานทางหลวงที่ 4

การประยุกต์ใช้โซเดียมเบนโทไนท์ผสมซีเมนต์สำหรับบำรุงรักษาทางหลวง

แปลงทดลอง ว/ด/ป 18/10/2558

อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม (w/p) 0.8 wt. Cement (gm.) 939

อุณหภูมิน้ำ (C°) 25 wt. Sodium bentonite (gm.) 19 (2 % of cement)

Calibration tool Testing

No.	Wt. CONTAINER (gm.)	Wt. CONTAINER + water (gm.)	Wt. water (gm.)	Wt_w - Wt_{ces} (gm.)	Time (sec.)	Wt. CONTAINER (gm.)	Wt. CONTAINER +W +C +BN (gm.)	W+C+BN (gm.)	Wt - Wt_{ces} (gm.)	Time (sec.)	Renark
1	502.5	2202.5	1700.0	1684.3	7.80	502.5	2227.5	1725.0	1702.3	5.59	
2	502.5	2202.5	1700.0	1685.2	7.75	502.5	2227.5	1725.0	1698.8	5.60	
3	502.5	2202.5	1700.0	1684.9	7.42	502.5	2227.5	1725.0	1701.2	5.54	
Average				1684.8	7.66	Average			1700.77	5.58	
Flow Rate (l/sec)					0.22	Flow Rate (l/sec)				0.30	

ที่ SB 0, 2, 4, 6, 8 % ได้อัตราการไหลใกล้เคียงกัน

เท่า 5.91, 5.58, 5.50, 5.64, 5.56sec ตามลำดับ

ทดลองหาการซึมตัวที่ช่องรอยต่อ 5 มม. ลึก 20 ซม.

Try SB at W/C =0.8





W/c = 0.8

NO.	WATER	CEMENT	SB	TOTAL	UNIT
		100			%
1	767	958		1725	gm.
		98	2		%
2	767	939	19	1725	gm.
		96	4		%
3	767	920	38	1725	gm.
		94	6		%
4	767	901	57	1725	gm.
		92	8		%
5	767	881	77	1725	gm.

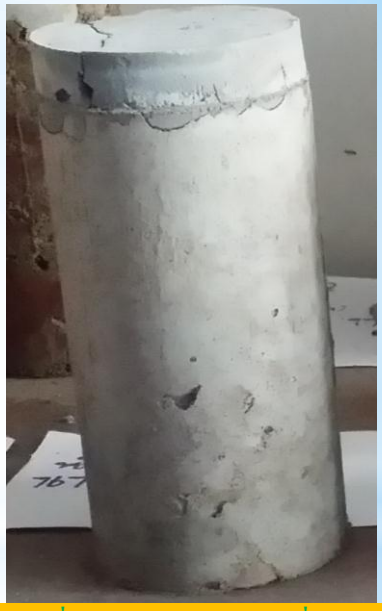




ที่ SB 4% ไหลตัวในแนวนอน



ที่ SB 0% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศ



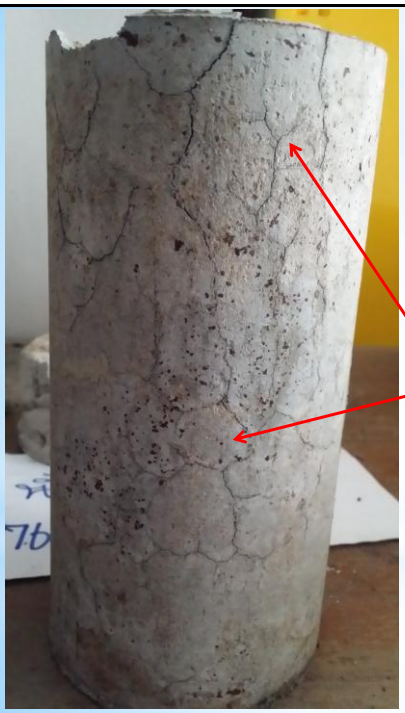
ที่ SB 2% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศ



ที่ SB 4% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อย



ที่ SB 6% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อย
เกิดการหดตัวเล็กน้อย จนเกิดรอย Crack



ที่ SB 8% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อยมาก
เกิดการหดตัวมาก จนเกิดรอย Crack

สรุปความสามารถในการซึม

ที่ SB 0% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศ

ที่ SB 2% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศ

ที่ SB 4% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อย

ที่ SB 6% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อย
เกิดการหดตัวเล็กน้อย จนเกิดรอย Crack

ที่ SB 8% ไหลตัวในแนวดิ่งดี
แต่ พบช่องว่างอากาศมีปริมาณน้อยมาก
เกิดการหดตัวมาก จนเกิดรอย Crack

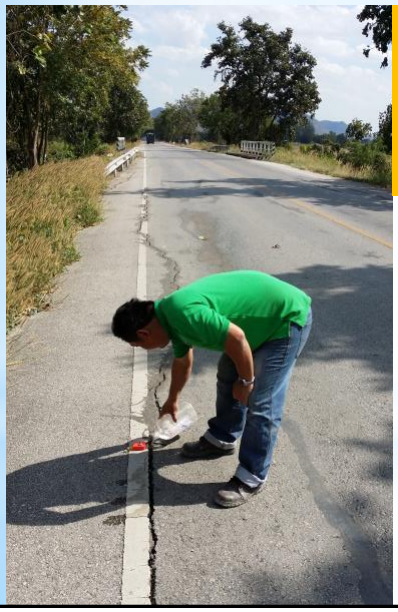
ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ขั้นตอนการทดลอง

1 ลาดน้ำทำความสะอาดรอยแตกร้าว และลด friction ของวัสดุเชื่อมประสานกับวัสดุมวลรวม

ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ขั้นตอนการทดลอง

2. ผสมวัสดุผสานในอัตราส่วน

W/(C+SB) =0.80

W= 767 gm.

C= 920 gm.

SB= 38 gm. หรือ 4% แทนที่ซีเมนต์

รวมน้ำหนักวัสดุประสาน 1725 gm.

ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ขั้นตอนการทดลอง

3. ผสมวัสดุผสานให้เข้ากัน โดยคลุกเคล้าซีเมนต์กับเบนโทไนท์ให้เข้ากันดีก่อน จากนั้นจึงเติมน้ำตามสัดส่วนผสม แล้วจึงผสมให้เข้ากันซึ่งวัสดุจะไม่จับตัวกันเป็นก้อน

ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



ขั้นตอนการทดลอง

4. จากนั้นจึงนำวัสดุประสานอุดรอยแตกร้าว วัสดุประสานจะไหลลงรอยแตกร้าวจนเต็ม จึงใช้เกียงเหล็กทำการตกแต่งบริเวณผิวหน้าให้เรียบ หรืออาจใช้ทรายสาดทับหน้าแล้วกวาดออกก็ได้

ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



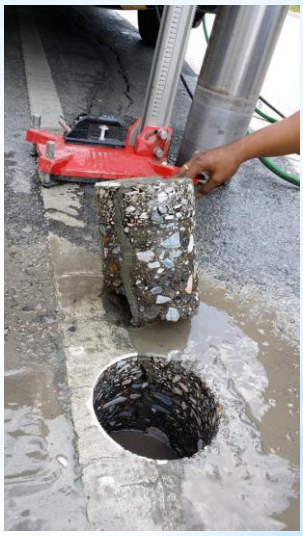
ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.





ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.





ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.





ทดลองการซึมในภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



รอยซ่อมแซมเดิม ภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.





รอยซ่อมแซมเดิม ภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.





รอยซ่อมแซมเดิม ภาคสนาม ทล. 104 กม. 8+900 LT.



การทดลองใช้ปูนขาว + โซเดียมเบนโทไนท์



ปูนขาว



โซเดียมเบนโทไนท์



น้ำสะอาด

โครงการก่อสร้างและปรับปรุงอาคารส่วนตรวจสอบ
และวิเคราะห์ทางวิศวกรรม
สำนักงานทางหลวงที่ 4 กรมทางหลวง









27 ม.ค. 2558 ปริมาณงานสะสมคิดเป็น 31.92 %

คาดว่าจะแล้วเสร็จ 100% ภายในวันที่ 30 เม.ย. 59

ตามแผนกำหนดให้แล้วเสร็จ 100%ในวันที่ 17 มิ.ย. 59