



## Joint Plain Concrete Pavement (JPCP)

ทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง  
ช่วง กม. 27+920 ถึง กม.28+760

โดย

จุฑา สุนิตย์สกุล<sup>1</sup>

ชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์<sup>2</sup>

ฉัตรชัย จันท<sup>3</sup>

<sup>1</sup> วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

<sup>2</sup> วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

<sup>3</sup> วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

## Joint Plain Concrete Pavement (JPCP)

ทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม. 27+920 ถึง กม.28+760

**จุฑา สุนิตย์สกุล**

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

**ชัยรัตน์ ศุภขวโรจน์**

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

**ฉัตรชัย จันท**

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

### บทคัดย่อ

กรมทางหลวง ได้ดำเนินก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตครั้งแรกในปี 2503 ที่ทางหลวงหมายเลข 1 ช่วงอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ - ลาดพร้าว ระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร และได้เปิดการจราจรในปี 2507 ซึ่งมีการใช้งานได้ดี ไม่พบปัญหาการ Pumping ทั้งที่ก่อสร้างโดยปราศจากชั้นทรายรองถนนคอนกรีต ปัจจุบันหลายประเทศในแถบอเมริกาเหนือหรือยุโรปตะวันตก ได้มีการใช้ถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตแบบไม่มีการเสริมเหล็ก (Joint Plain Concrete Pavement: JPCP) แต่ยังคงใช้เหล็กยึด (Tie Bar) และเหล็กเดือย (Dowel Bar) เนื่องจากพบว่าถนน JPCP มีอายุการใช้งานที่มากกว่าถนน Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

เพื่อศึกษาให้เกิดความเชื่อมั่นในการใช้งานถนนแบบ JPCP บทความนี้จึงได้นำเสนอผลการประเมินความแข็งแรงทางหลวงหมายเลข 3471 สาย ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ตอน บ.หนองพะวา - ต.ชุมแสง ช่วง กม.27+920 ถึง กม.28+760

### บทนำ

ถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตเป็นถนนประเภททางผิวทางแข็ง (Rigid Pavement) เนื่องจากปอร์ตแลนด์คอนกรีตมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) สูง จึงมีการแอนตัวน้อยมากเมื่อน้ำหนักกระทำบนผิวทาง ซึ่งจะรับน้ำหนักในลักษณะเดียวกับแผ่นพื้น (Plate) จึงทำให้สามารถกระจายน้ำหนักจากการจราจรลงสู่ดินคันทางเป็นพื้นที่กว้าง มีผลให้หน่วยแรง (Stress) ที่เกิดขึ้นในดินคันทางมีค่าต่ำ

ในการออกแบบโครงสร้างถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีต จะต้องพิจารณาถึงชนิดของชั้นวัสดุใต้ผิวทางปอร์ตแลนด์คอนกรีต คุณภาพของคอนกรีต ปริมาณการจราจร การออกแบบทางเรขาคณิต

ความหนาของผิวทางพอร์ตแลนด์คอนกรีต และการกำหนดระยะห่างระหว่างรอยต่อเพื่อใช้ในการควบคุมรอยแตก ความสะดวกและความรวดเร็วในการก่อสร้าง หน่วยแรงที่ควบคุมการเคลื่อนตัว และการถ่ายน้ำหนักการจราจรระหว่างแผ่นคอนกรีต

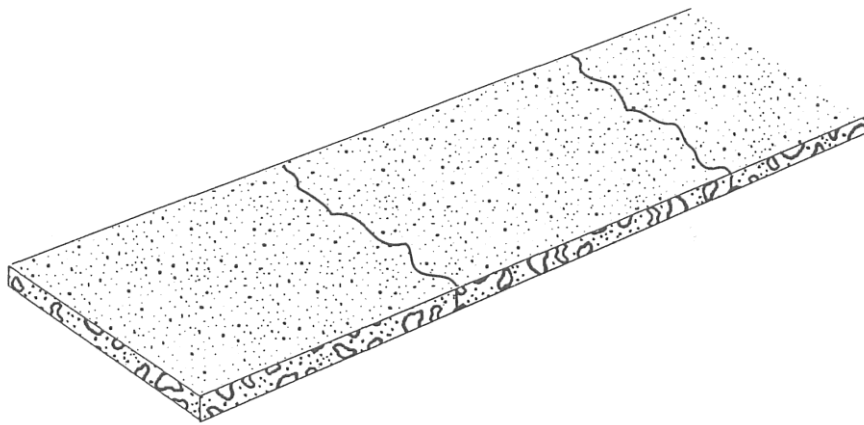
ถนนซีเมนต์คอนกรีตเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ จะมีการหดตัวแต่เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างผิวทางซีเมนต์คอนกรีตและชั้นรองใต้ถนนคอนกรีต ทำให้เกิดรอยแตกเกิดขึ้นตามภาพที่ 1.1 โดยจะมีระยะห่างระหว่างรอยแตกประมาณ 12 ถึง 45 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศภายหลังการก่อสร้าง และวัสดุชั้นรองใต้ถนนคอนกรีต และภายหลังการก่อสร้างถนนผิวทางคอนกรีตจะเกิดการ Curling and Warping และน้ำหนักจากการจราจร ทำให้เกิดรอยแตกตามภาพที่ 1.2 ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดให้เกิดจุดอ่อนตัวขึ้นในถนนผิวทางพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตโดยการตัดรอยต่อ เพื่อให้เกิดรอยแตกในบริเวณที่ต้องการตามภาพที่ 1.3 ในการถ่ายเทแรงกระทำจากการจราจรของถนนซีเมนต์คอนกรีตระหว่างรอยต่อ ทำได้โดยการขัดกันของวัสดุมวลรวม (Aggregate Interlock) และหรือเหล็กเดือย (Dowel Bars) ซึ่งจะเป็นเหล็กกลมเรียบ

กรมทางหลวง ได้ดำเนินก่อสร้างถนนพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตครั้งแรกในปี 2503 ที่ทางหลวงหมายเลข 1 ช่วงอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ – ลาดพร้าว ก่อสร้างบนชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมปราศจากชั้นทรายรองถนนซีเมนต์คอนกรีต ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 6 เมตร มีระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร และได้เปิดการจราจรในปี 2507 ซึ่งมีการใช้งานได้ดี ไม่พบปัญหาการ Pumping ต่อมาได้ก่อสร้างถนนซีเมนต์คอนกรีตสายที่สองคือสายกรุงเทพ-นครปฐม ก่อสร้างบนชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 36 เมตร ระยะทางประมาณ 41 กิโลเมตร ถนนสายนี้เกิดปัญหาการ Pumping ภายหลังการก่อสร้างได้ไม่นาน ผลจากการเกิด Pumping ของถนนสายนี้ ทำให้กรมทางหลวงก่อสร้างถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต โดยมีชั้นทรายรองถนนคอนกรีต (อีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ 2527) โดยในความคิดเห็นของผู้จัดทำบทความนี้ ถนนคอนกรีตที่ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 36 เมตร จะเกิดการหดตัวจากสภาพแวดล้อมมากกว่าถนนคอนกรีตที่ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 6 เมตร จึงอาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการอัดทะลัก

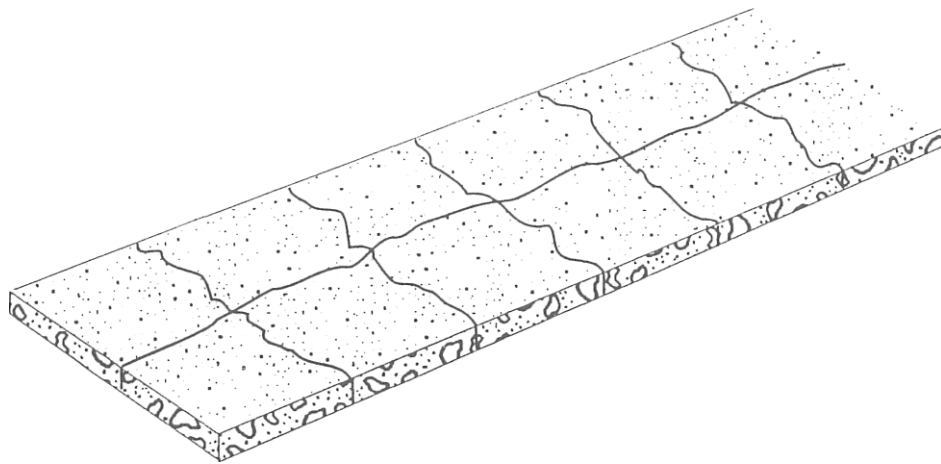
ในปี 1995 กรมทางหลวง ได้จัดทำแบบมาตรฐานพอร์ตแลนด์คอนกรีต บริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต (Joint) ใช้ Dowel Bars เป็นเหล็กในการถ่ายเทแรงกระทำจากการจราจร ซึ่งเป็นเหล็กเส้นกลม SR 24 ตาม มอก. 20 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ระยะห่าง 300 มิลลิเมตร สำหรับถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีตความหนา 230 และ 250 มิลลิเมตร ในปี 2015 แบบมาตรฐานพอร์ตแลนด์คอนกรีต กรมทางหลวงได้เปลี่ยนเหล็ก Dowel Bars เป็นเหล็กเส้นกลม คุณสมบัติตาม AASHTO M36 Grade 60 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30, 32 และ 35 มิลลิเมตร สำหรับถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีตความหนา 230, 250 และ 280 มิลลิเมตรตามลำดับ ระยะห่าง 300 มิลลิเมตร และในปัจจุบัน กรมทางหลวงได้ออกแบบถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีตบนวัสดุชั้นรองถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต ชนิดต่างๆ เช่น หินคลุก ทราย ดินซีเมนต์ และแอสฟัลต์คอนกรีต เป็นต้น

ในปี 2005 หน่วยงาน The American Concrete Pavement Association (ACPA) ได้จัดทำแบบสอบถามหน่วยงานราชการในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ที่ดูแลด้านงานทางพบว่ามีการใช้ JPCP เป็นหลักดังแสดงในภาพที่ 2 ทั้งนี้หลายมลรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ใช้ JRCPC เช่นมลรัฐ Texas (TXDOT, 2018) เนื่องจากปัญหาการบำรุงรักษารอยต่อตามขวาง

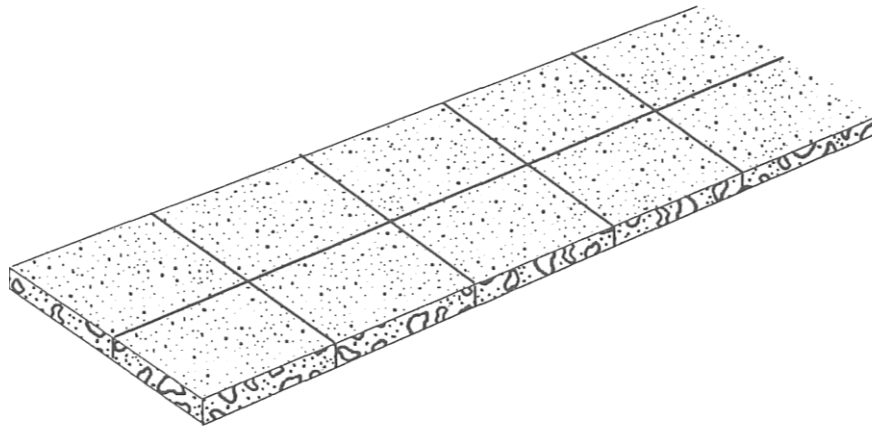
ถนน JPCP ไม่เสริมเหล็กเสริมกันการแตกร้าว จึงมีระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวางน้อยกว่า 15 ฟุต (4.6 เมตร) ทำให้เกิดการหดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศน้อย เมื่อความกว้างของรอยแตกมีระยะแคบ ทำให้เกิดการซึมผ่านของน้ำจากผิวจราจรลงสู่โครงสร้างชั้นทางด้านล่างได้น้อย จึงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น FHWA (2007)



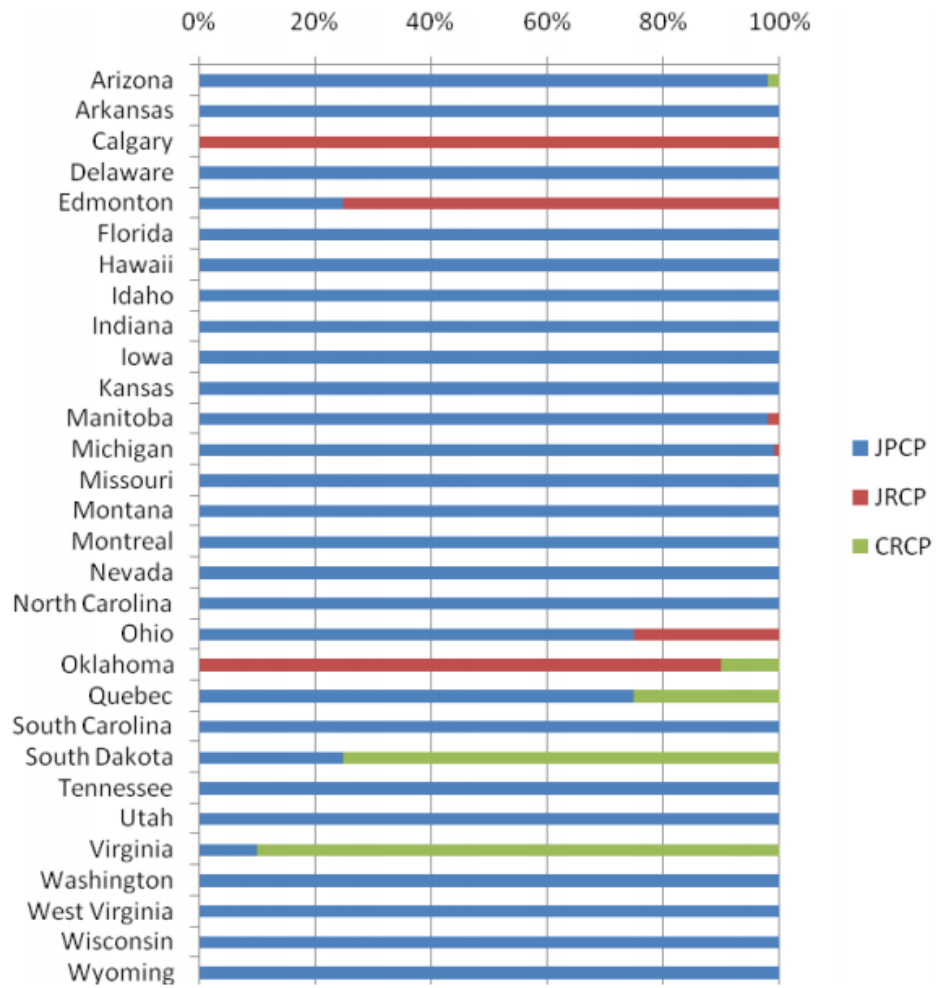
ภาพที่ 1.1 การแตกเริ่มต้นภายหลังการก่อสร้างถนนคอนกรีตที่ไม่มีรอยต่อ



ภาพที่ 1.2 การแตกภายหลังการก่อสร้างถนนคอนกรีตที่ไม่มีรอยต่อ เนื่องจากสภาพแวดล้อมและการจราจร



ภาพที่ 1.3 Properly jointed pavement



ภาพที่ 2 ภาพแสดงผลแบบสอบถามของ ACPA (ACPA, 2005)

## 1. การแก้ไขปัญหาการอัดทะลักของถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต

การอัดทะลักของถนนถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต เกิดขึ้นกับถนนสายกรุงเทพ-นครปฐม ก่อสร้างบนชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 36 เมตร ระยะทางประมาณ 41 กิโลเมตร ถนนสายนี้เกิดปัญหาเกิดการ Pumping ภายหลังจากการก่อสร้างได้ไม่นาน ผลจากการเกิด Pumping ของถนนสายนี้ ทำให้กรมทางหลวงก่อสร้างถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต โดยมีชั้นทรายรองถนนคอนกรีต (ธีระชาติ รื่นไกร ฤกษ์ 2527) ซึ่งในความคิดเห็นของผู้จัดทำบทความนี้ ถนนคอนกรีตที่ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 36 เมตร จะเกิดหลุดตัวจากสภาพแวดล้อมมากกว่าถนนคอนกรีตที่ระยะห่างรอยต่อตามขวาง 6 เมตร จึงอาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการอัดทะลัก

กรมทางหลวงได้ออกแบบถนนถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต ที่ก่อสร้างบนชั้นแอสฟัลต์คอนกรีต เช่น ทางหลวงหมายเลข 3, 36, 210, 315, 344 เป็นต้น ก่อสร้างบนชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ โดยมีชั้นแผ่นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุ Interlayer เช่น ทางหลวงหมายเลข 11, 290, 315, 331, 349 เป็นต้น และก่อสร้างบนชั้นหินคลุกรองถนนคอนกรีต เช่น ทางหลวงหมายเลข 1, 2, 7, 11, 12, 349 เป็นต้น

## 2. การกำหนดความหนาของถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต

การออกแบบความหนาสามารถดำเนินการได้ โดยใช้วิธีการตาม PCA ปี 1984 หรือ AASHTO ปี 1993 ในการออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางนี้ จะกำหนดความหนาตามวิธีการของ AASHTO ปี 1993 โดยในทศวรรษที่ 1950 องค์กร AASHTO ได้จัดทำแปลงทดสอบที่เมือง Ottawa มลรัฐ Illinois เพื่อจัดทำวิธีการออกแบบความหนาดนแบบเชิงประสบการณ์ (Empirical Design) โดยในปี 1961 ได้จัดทำวิธีการออกแบบฉบับแรก และได้ดำเนินการปรับปรุงจนถึงปี 1993 ซึ่งมีสมการที่ใช้ในการคำนวณความหนาชั้นผิวทางพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตตามสมการที่ 1

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_f) \times \log_{10} \left[ \frac{(S'_c \times C_d)(D^{0.75} - 1.132)}{215.63(j) \left( D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right)} \right] \quad (1)$$

โดยที่

$W_{18}$  = Predicted Number of 80 KN (18,000 lb.) ESAL

$Z_R$  = Standard normal deviate

(ได้จากค่า R ตามตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2)

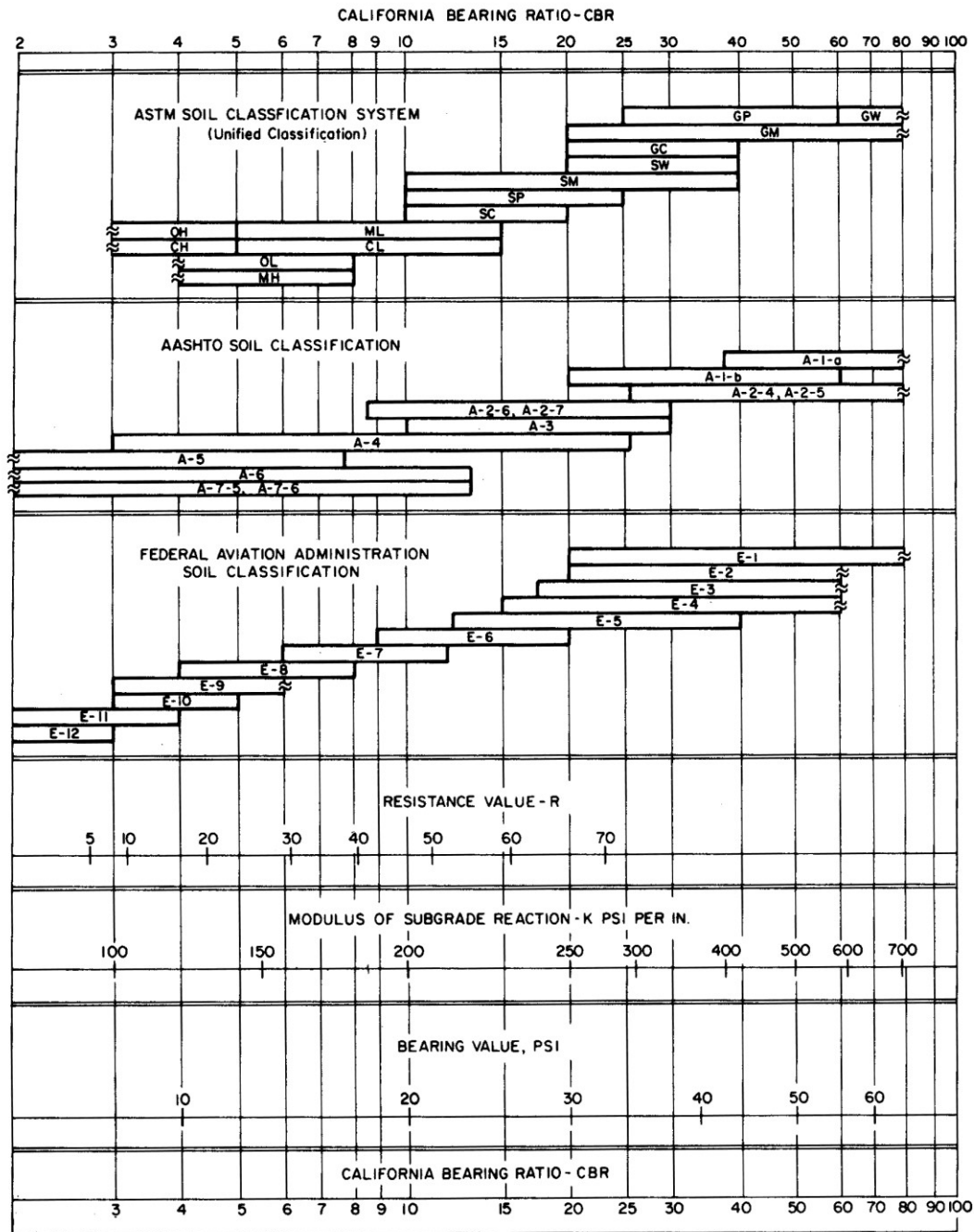
$S_o$	=	Combined standard error of the traffic prediction and performance prediction โดยมีค่า 0.30-0.40 สำหรับการออกแบบถนนคอนกรีต
$D$	=	Slab depth (inches)
$J$	=	Load transfer coefficient (value depends upon the load transfer efficiency) ตารางที่ 1.3
$p_t$	=	Terminal serviceability index
$\Delta PSI$	=	Difference between the initial design serviceability index ( $p_o$ ) and the design terminal serviceability index ( $p_t$ )
$S'_c$	=	Modulus of rupture of PCC (flexural strength) (psi)
$C_d$	=	Drainage coefficient (มีค่าประมาณ 0.8-1.2)
$E_c$	=	Elastic modulus of PCC = $57,000(f'_c)^{0.5}$ (psi)
$k$	=	Modulus of subgrade reaction (psi/in) ตามภาพที่ 3

### 3. หน่วยแรงที่เกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมและแรงเสียดทาน

ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นระหว่างผิวคอนกรีตด้านบนและด้านล่าง จะทำให้เกิดการโก่งตัวของคอนกรีตในลักษณะเฉพาะตัวดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งพฤติกรรมนี้เรียกว่า Curling และ Warping ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้บ่อยครั้ง คอนกรีตอาจเกิดความล้า ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืน (Curling) และการเปลี่ยนแปลงความชื้น (Warping) ในแต่ละวัน โดยจะมีปัจจัยหลายอย่างที่จะช่วยป้องกันการเกิดการโก่งตัวเช่นนี้ได้ ได้แก่ น้ำหนักของผิวคอนกรีต เหล็กเดือย เหล็กยึด การขัดกันของผิวคอนกรีต (Aggregate Interlock) และแรงเสียดทานระหว่างผิวคอนกรีตกับชั้นรองถนนคอนกรีต ผลของการเกิด Curling และ Warping จะทำให้เกิดหน่วยแรงดึง และหน่วยแรงอัดในคอนกรีตเพิ่มขึ้นจากปกติ ซึ่งคอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดได้สูงจึงอาจไม่มีปัญหา แต่ในกรณีที่เกิดแรงดึงในคอนกรีต อาจส่งผลให้เสียหายเกิดเป็นรอยแตกได้โดยเฉพาะในช่วงที่คอนกรีตยังพัฒนากำลังอยู่ ภายหลังเปิดการจราจร ผิวด้านบนการโก่งตัวขึ้น จะทำให้เกิดรอยบริเวณกึ่งกลางแผ่นถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีต

กรณีที่ชั้นรองถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตที่แกร่งมากเกินไป อาจไม่เป็นผลดีเพราะเมื่อเกิด Curling และ Warping บริเวณขอบหรือบริเวณกลางแผ่นคอนกรีตอาจเกิดลักษณะเป็นช่องว่าง หรือทำให้ไม่สามารถถ่ายแรงลงไปชั้นรองพื้นทางได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ชั้นรองถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตที่มีความยืดหยุ่นดี

จะสามารถปรับสภาพให้คอนกรีตสามารถถ่ายแรงได้สม่ำเสมอว่า ทั้งนี้ต้องพิจารณาขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อมด้วย (ภาพที่ 5) โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน สำหรับวัสดุประเภทพื้นทางผสมซีเมนต์ อยู่ในช่วงระหว่าง 300 – 800 psi (21 – 56.2 ksc) (Jung et. al., 2010)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR และค่าความแข็งแรงของดินชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงค่า Reliability for Various Functional Classifications (R)

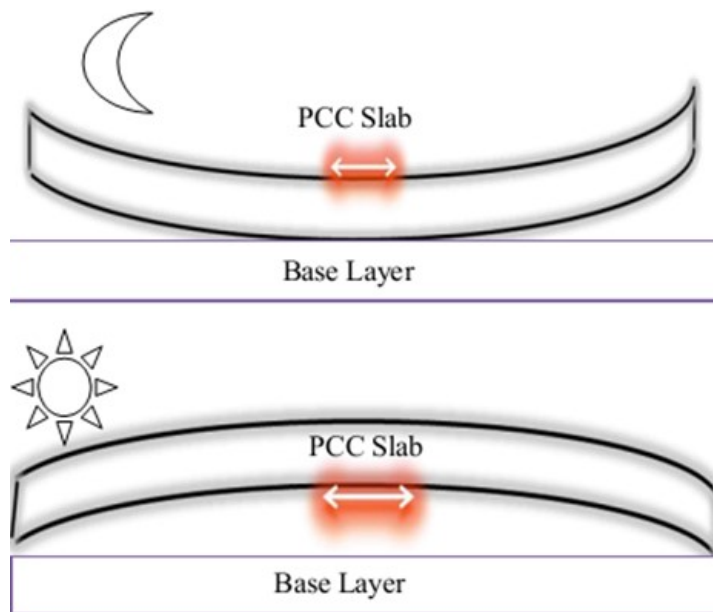
Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85 – 99.9	80 – 99.9
Principal Arterials	80 – 99	75 – 95
Collectors	80 – 95	75 – 95
Local	50 – 80	50 – 80

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงค่า  $Z_R$  จากค่า Reliability ( R ) ที่พิจารณาเลือกใช้

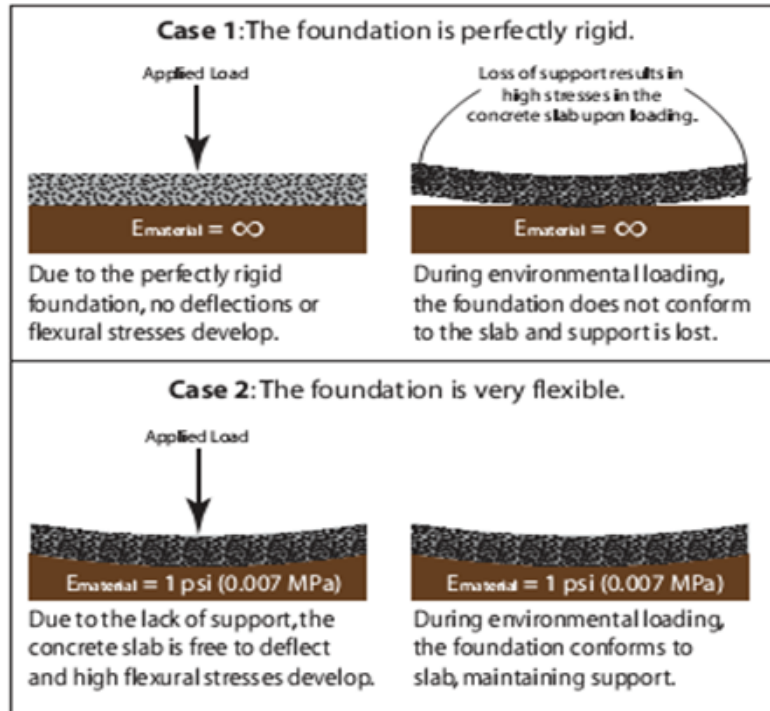
Reliability R (Percent)	Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

ตารางที่ 1.3 ตารางแสดงค่า Load Transfer Coefficient (J)

Condition	J Factor
Undoweled PCC on crushed aggregate surfacing	3.8
Doweled PCC on crushed aggregate surfacing	3.2
Doweled PCC on HMA (without widened outside lane) and tied PCC shoulders	2.7
CRCP with HMA shoulders	2.9 – 3.2
CRCP with tied PCC shoulders	2.3 – 2.9



ภาพที่ 4 การโค้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น (Curing and Warping) (Jung et. al., 2010)



ภาพที่ 5 แบบจำลองการเกิดการอ่อนตัวจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นกรณีที่ชั้นพื้นทางมีลักษณะแกร่ง (Perfectly Rigid) และลักษณะยืดหยุ่น (Flexible) (Jung et. al., 2010)

#### 4. การกำหนดระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง

ในการกำหนดระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวางสำหรับถนน JPCP เพื่อให้ได้ถนนที่มีอายุการใช้งานยาวนานนั้น FHWA (2007) แนะนำให้ระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวางไม่มากกว่า 15 ฟุต ในการพิจารณากำหนดระยะห่างระหว่างรอยแตกสามารถพิจารณาตามขนาดของ Joint Opening ตามสมการ 2 โดยที่ระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง 4.2 m. จะได้ระยะความกว้างของรอยแตกเป็น 0.12 mm. หรือพิจารณาจาก Curling and Warping Stress ตามสมการที่ (3) โดยที่  $L/L$  มีค่า 4.5 ถึง 5.5 (ACI, 2006) ตามภาพที่ 6

$$\Delta L = CL(\alpha_t \Delta T + \epsilon) \quad (2)$$

โดยที่  $\Delta L$  = ระยะความกว้างของรอยแตกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

$C$  = Adjustment factor due to slab subbase friction 0.65 for stabilized base and 0.8 for granular subbase

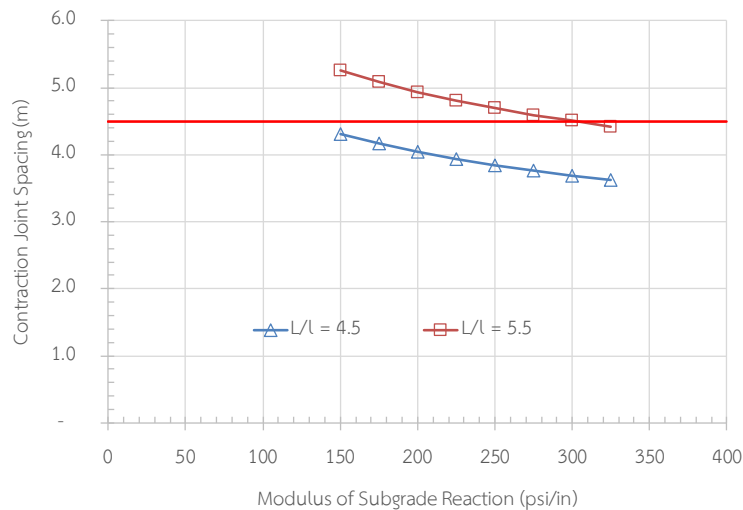
$\alpha_t$  = The coefficient of thermal expansion of concrete (5 ถึง  $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$ )

$\Delta T$  = ความแตกต่างของอุณหภูมิ

$\epsilon$  = Drying shrinkage coefficient of concrete (0.5 ถึง  $2.5 \cdot 10^{-4}$ )

$$l = \left[ \frac{E_c \cdot D^3}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k} \right]^{0.25} \quad (3)$$

- โดยที่
- l = Radius of relative stiffness (inch)
  - $E_c$  = Modulus of elasticity of concrete (psi)
  - D = Slab thickness (inch)
  - $\mu$  = Poisson's ratio
  - k = Modulus of subgrade reaction psi/in



ภาพที่ 6 การพิจารณาระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง สำหรับความหนาถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีต 25 เซนติเมตร

## 5. การพิจารณาขนาดของ Tie Bar

เหล็ก Tie Bars ใช้สำหรับยึดแผ่นถนนพอร์ตแลนด์คอนกรีตเข้าตามด้วยกัน โดยไม่ใช้ในการถ่ายน้ำหนักเช่นเดียวกับ Dowel Bars แบบมาตรฐานกรมทางหลวงสำหรับถนน JRCP ปี 2015 Tie Bars เป็นเหล็กข้ออ้อย SD40 มีคุณสมบัติตาม มอก. 24 ขนาด 16 mm. ยาว 76 cm. ระยะห่าง 60 cm. ซึ่งการพิจารณาเหล็ก Tie Bars สำหรับ JPCP จะดำเนินการพิจารณาออกแบบเช่นเดียวกับ JRCP

## 6 การพิจารณาเลือกใช้ขนาดของ Dowel Bars

ถนนที่มีปริมาณ ESALs น้อยกว่า 5 ล้านเที่ยว ผู้ออกแบบสามารถพิจารณารอยต่อตามขวางที่ไม่มี Dowel Bar ได้ แต่ในกรณีที่ปริมาณ ESALs มากกว่า 5 ล้านเที่ยว ผู้ออกแบบควรพิจารณาให้มี Dowel Bars เพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายน้ำหนักโดยการยอมให้แผ่นถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตที่รับน้ำหนักถ่ายน้ำหนักบางส่วนลงหน้าไปยังแผ่นถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตที่อยู่ติดกันก่อนที่น้ำหนักจริงจะเข้าไป

Dowel Bars เป็นท่อนเหล็กกลม ซึ่งจะช่วยลดการแอ่นตัว คอนกรีตบริเวณรอยต่อ และช่วยลด Stress ที่เกิดขึ้นในแผ่นคอนกรีตที่รับน้ำหนักและแผ่นคอนกรีตที่อยู่ติดกันในการพิจารณาเลือกใช้ขนาดของเหล็ก Dowel Bars ตามวิธีการของ Portland Cement Association (PCA) ปี 1975 แสดงในตารางที่ 2 โดยมีระยะห่างระหว่างเหล็ก Dowel Bars 12 นิ้ว หรือ 300 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ตารางแสดง PCA 1975 Recommended Dowel Size and Length

Slab Thickness (in.)	Dowel Diameter (in.)	Dowel Length (in.)
5	0.625	12
6	0.750	14
7	0.875	14
8	1.000	14
9	1.125	16
10	1.250	18
11	1.333	18
12	1.500	20
All dowels spaced at 12 in. on centers		

ในปี 1991 PCA ได้แนะนำการเลือกใช้ Dowel Bars ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 in. (32 mm.) และ 1.50 in (38 mm.) สำหรับถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตความหนาไม่น้อยกว่า 10 in. (254 mm.) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 in. (38 mm.) สำหรับถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีตความหนาไม่น้อยกว่า 10 in. (254 mm.) โดยมีระยะห่างระหว่างเหล็ก Dowel Bars 12 นิ้ว หรือ 300 มิลลิเมตร

ในปี 1993 AASHTO ได้แนะนำให้ใช้ Dowel Bars ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1/8 เท่าของความหนาถนนปอร์ตแลนด์คอนกรีต หรือกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก Dowel Bars ตามขั้นตอนของแต่ละหน่วยงานหรือตามประสบการณ์ โดยมีระยะห่างระหว่างเหล็ก Dowel Bars 12 นิ้ว หรือ 300 มิลลิเมตรและความยาว 18 นิ้ว

**7. การออกแบบแนะนำโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม. 27+920 ถึง กม.28+760**

โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม. 27+920 ถึง กม.28+760 เป็นการก่อสร้างทางเพื่อขยายผิวจราจรแบบแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นผิวทาง Joint Plain Concrete Pavement (JPCP) จาก 2 ช่องจราจรเป็น 4 ช่องจราจร ปริมาณการจราจรที่ใช้ในการออกแบบแนะนำ สํารวจโดยสำนักอำนวยความปลอดภัยปี 2561 แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งกม. 27+920 ถึง กม.28+760 ที่ต่อจากถนนคอนกรีตที่ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ

จากการที่ประเทศที่พัฒนาวิธีการออกแบบถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต ที่กรมทางหลวงได้นำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างชั้นทาง นิยมใช้ Joint Plain Concrete Pavement (JPCP) แทน Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP) ตามหัวข้อ 1 ดังนั้นในการออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม. 27+920 ถึง กม.28+760 จึงได้พิจารณาเลือกใช้ผิวทาง JPCP

**ตารางที่ 3** ปริมาณการจราจรทางหลวงหมายเลข 3471 ที่ใช้ในการออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทาง

กม. ที่สำรวจ	ADT	%Truck
0+500	5,255	8.68

การออกแบบความหนาของถนน JPCP สามารถดำเนินการได้ตามออกแบบความหนาถนน JRCP ซึ่งในการออกแบบนี้จะดำเนินการตามวิธีการของ AASHTO ปี 1993 ซึ่งผลการออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทางฯ แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งมีชั้นหินคลุกรองถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต โดยให้ทำการขุดรื้อผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและโครงสร้างชั้นทางเดิมที่เสียหายออกให้ได้ระดับและทำการ Scarify และบดอัดชั้นทางเดิมให้แน่นและทำการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทางต่อไป

ผู้ออกแบบโครงสร้างชั้นทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ได้จัดแบบรูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทาง ตามที่แสดงในภาพที่ 5 โดยแบบแนะนำรายละเอียด JPCP และ Dowel Bar Basket แสดงในภาคผนวก ก

**ตารางที่ 4** รายการคำนวณความหนา JPCP โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471  
 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม.27+920 ถึง กม.28+760

1993 AASHTO Pavement Thickness Design:			
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง ช่วง กม.27+920 ถึง กม.28+760			
ADT ปี 2561	5,300	vehicles	
Truck Traffic	10 %		
Design Period	20	yrs	
Growth Rate	5 %		
Lane Dist	0.5		
Truck Factor	2.5		
Construction Time	3	yrs	
Portland Concrete Properties			
f <sub>cr</sub>	42	ksc	
f <sub>c'</sub>	350	ksc	
E <sub>c</sub>	4,021,862	psi	
ADT (Year Opening to Traffic)	6,135	vehicles	
AESAL (20 Year Design Period)	9,256,093	ESALs	
CBRsubgrade = 4%: k-value =	125	psi/in	
Subbase and Base Thickness =	12	inch	
Thus, k-value =	225	psi/in = 61.07	kPa/mm.
W18 =	9,256,093		ESALs Applications Over Design Period
PCC MR =	597	psi	Concrete Modulus of Rupture Typ. Range 550 to 750 psi
E =	4,021,862	psi	Concrete Elastic Modulus Typ. Range 3 to 6 million psi
k-value =	225	psi/in	Modulus of Subgrade Reaction Typ. Range 100 to 500 psi/in
R =	90	%	Reliability Typ. Range 80 to 95%
So =	0.4		Standard Deviation Typ. Range 0.3 to 0.5
J =	2.8		Load Transfer Coefficient Typ. Range 2.2 to 4.4
Cd =	1		Drainage Coefficient Typ. Range 0.9 to 1.1
Pi =	4.5		Initial Serviceability Typ. Range 4.5 to 4.8
Pt =	2.5		Terminal Serviceability Typ. Range 2.0 to 3.0
Design Pavement Concrete Thickness (D)	9.68	inch =	25.0 cm



## 8.2 การทดสอบความแข็งแรงถนนคอนกรีตด้วยอุปกรณ์ FWD

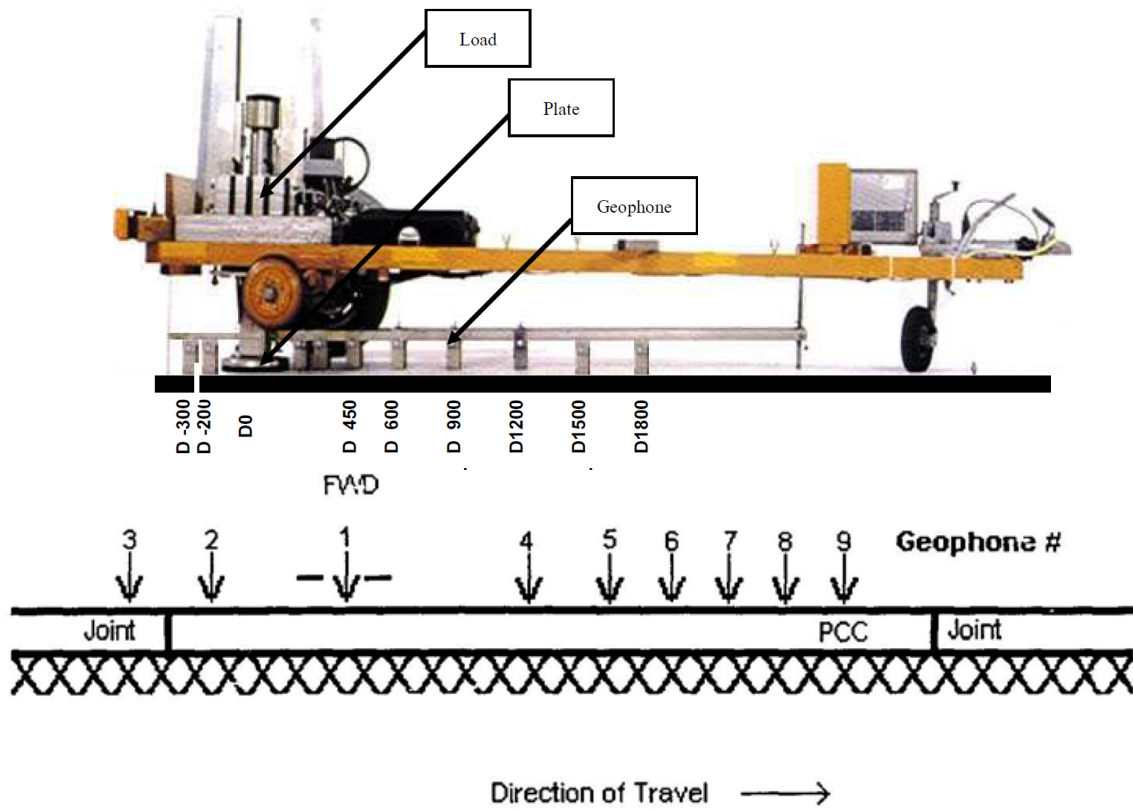
การทดสอบความแข็งแรงถนนคอนกรีตด้วยอุปกรณ์ FWD นั้นสามารถทำการทดสอบได้ โดยการติดตั้ง Geophone (ตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน) วางในระยะตำแหน่ง -30, -20, 0, 45, 60, 90, 120, 150, 180 cm. Plate ถ่ายแรงของเครื่อง FWD ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งตัวโพลดเซล จะติดตั้งที่ตำแหน่ง 0 ดังแสดงในรูปที่ 8 น้ำหนักที่ใช้กระทำผ่านแผ่นถ่ายแรงมีขนาดที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) 707 kPa ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วยแรงดันลมยางของล้อรถบรรทุกพลาเดียวขนาด 10 ตัน กระทำกับพื้นผิวทางเป็นพื้นที่วงกลม

แสงชัย เทพสิทธิธารกรณ์ และชาโณ พงศ์ศรี (2551) ได้แสดงผลการทดสอบ FWD ซึ่งจะได้คุณสมบัติของพอร์ตแลนด์คอนกรีตและวัสดุรองถนนดังนี้ (1) Elastic Modulus of Concrete (Ec) (2) ค่า LTE บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีต (3) ค่าความแตกต่างของการแอ่นตัว (Differential deflections: DD) บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีต และ (4) ค่า Modulus of Subgrade Reaction: K) ไตแผ่นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อ (kj) และที่กลางแผ่นคอนกรีต (kc)

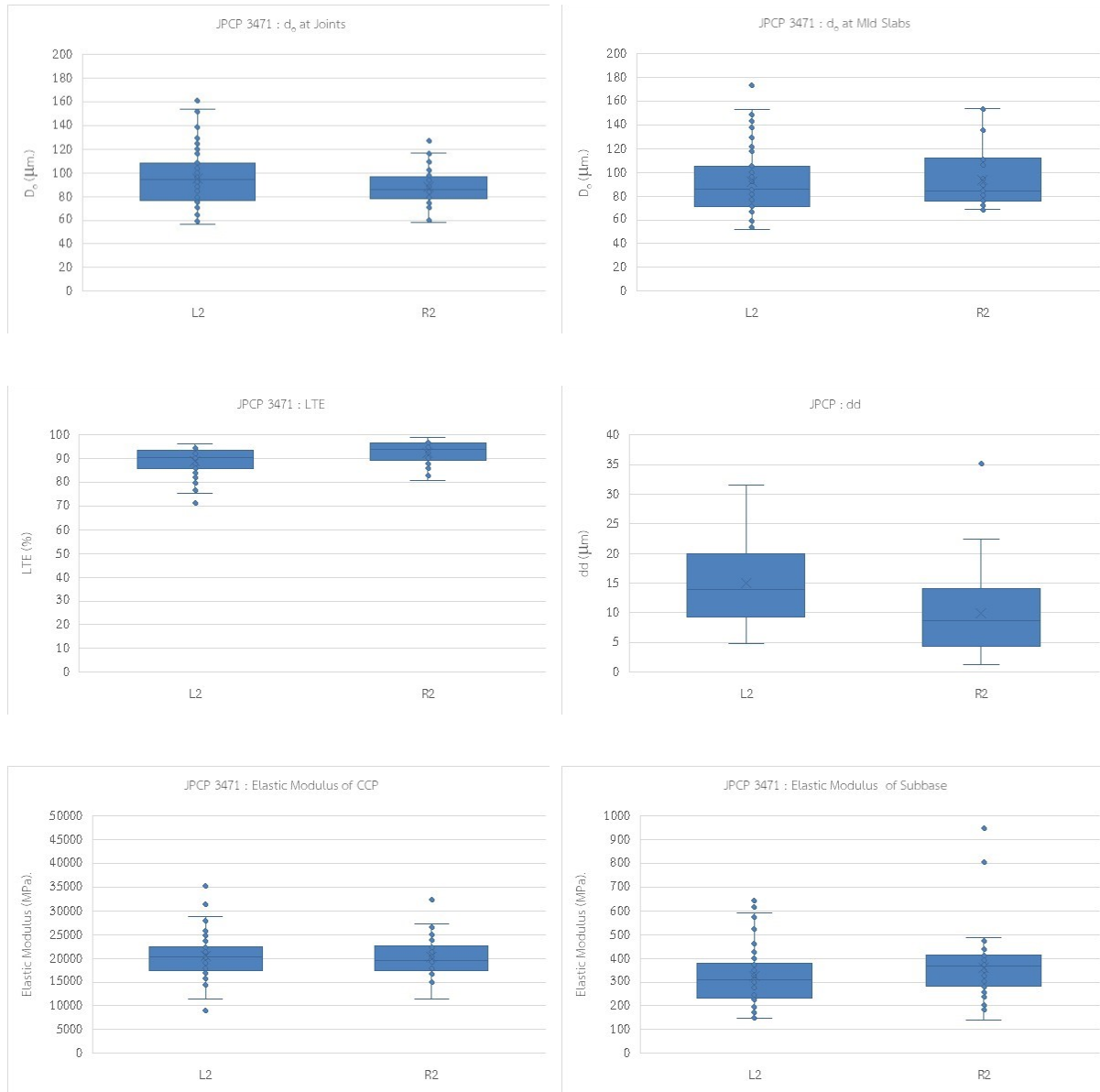
FHWA ได้แนะนำรอยต่อถนนพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตควรได้รับการบูรณะเมื่อ (1) Faulting ของแผ่นคอนกรีตมีค่ามากกว่ากว่า 3 mm. (2) ค่า LTE น้อยกว่า 70% (3) ค่าทรุดตัวแตกต่างระหว่างแผ่นที่รับน้ำหนักและแผ่นถัดไปต้องไม่มากกว่า 0.25 mm. และ (4) ค่า Faulting ของแผ่นคอนกรีตรวมมีค่ามากกว่า 525 mm/km. (Vandenbossche, 2005)

## 8.3 ผลการทดสอบ FWD

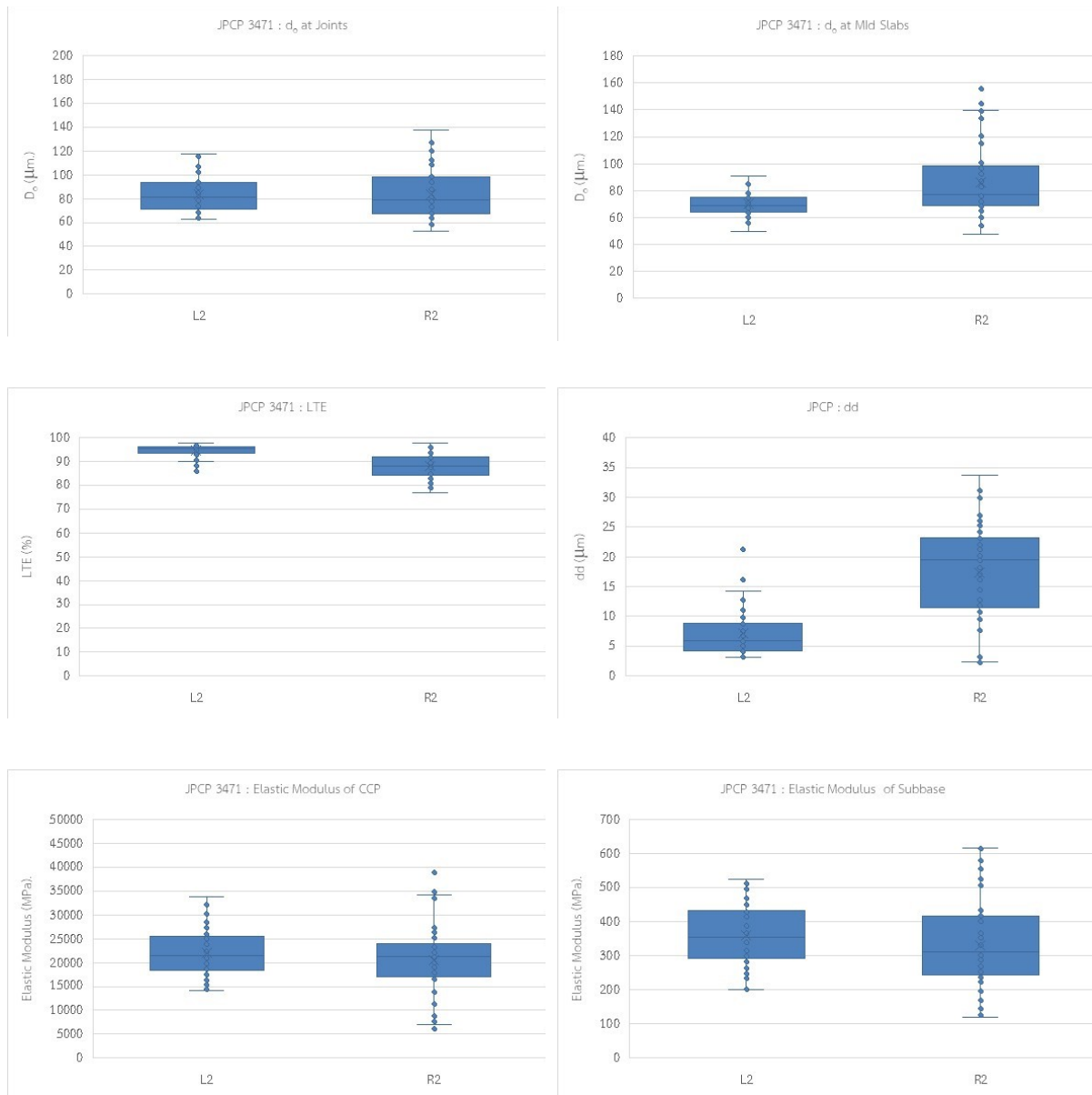
ผลการทดสอบการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 3471 ในช่วงผิวทาง JPCP และ JRCP ระหว่างรอยตัดตามขวาง 6.0 และ 10.0 เมตร แสดงในรูปที่ 9 ถึง 11



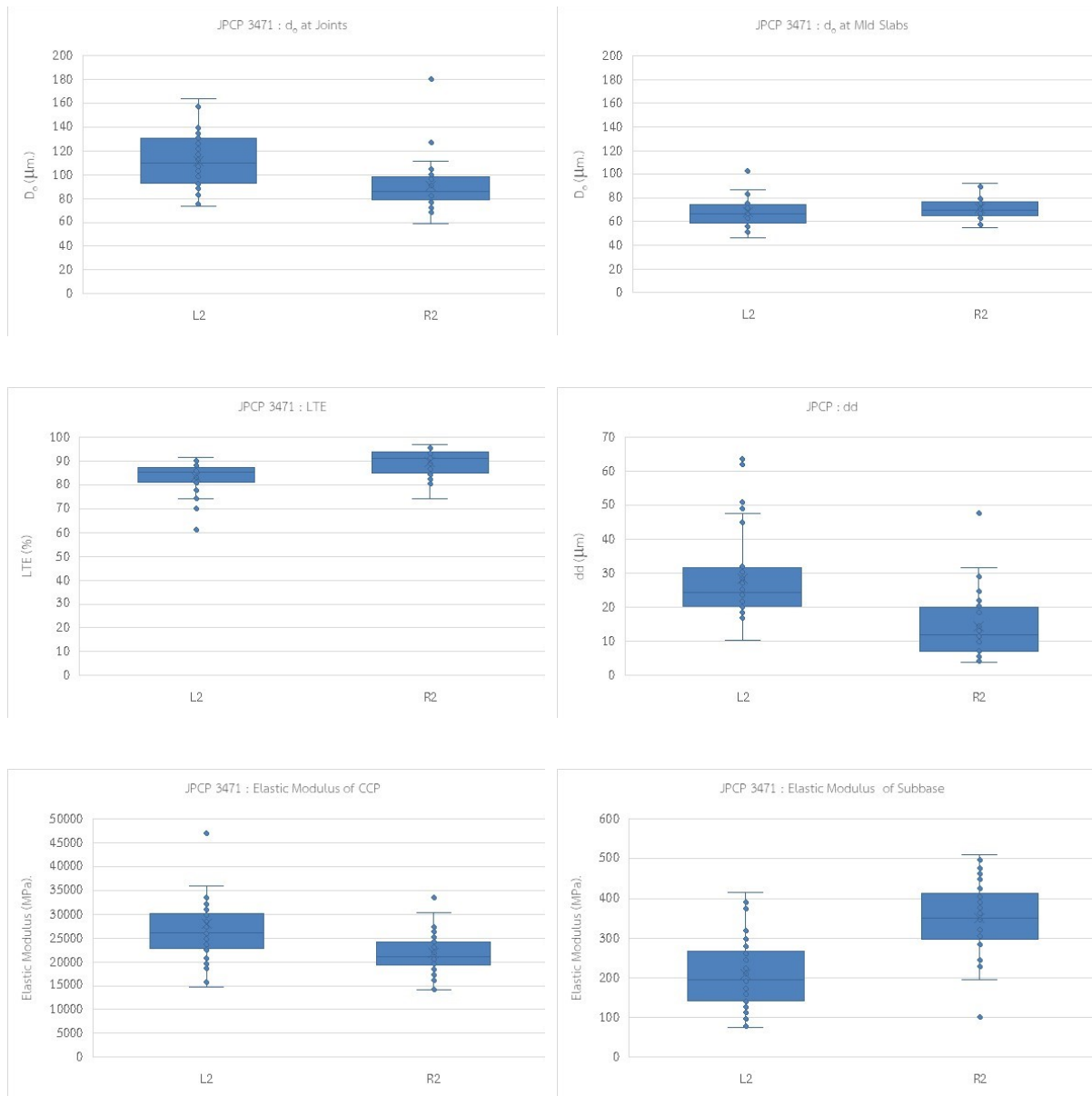
ภาพที่ 8 รูปแสดงการทดสอบ Load Transfer Efficiency ด้วยอุปกรณ์ Falling Weight Deflectometer



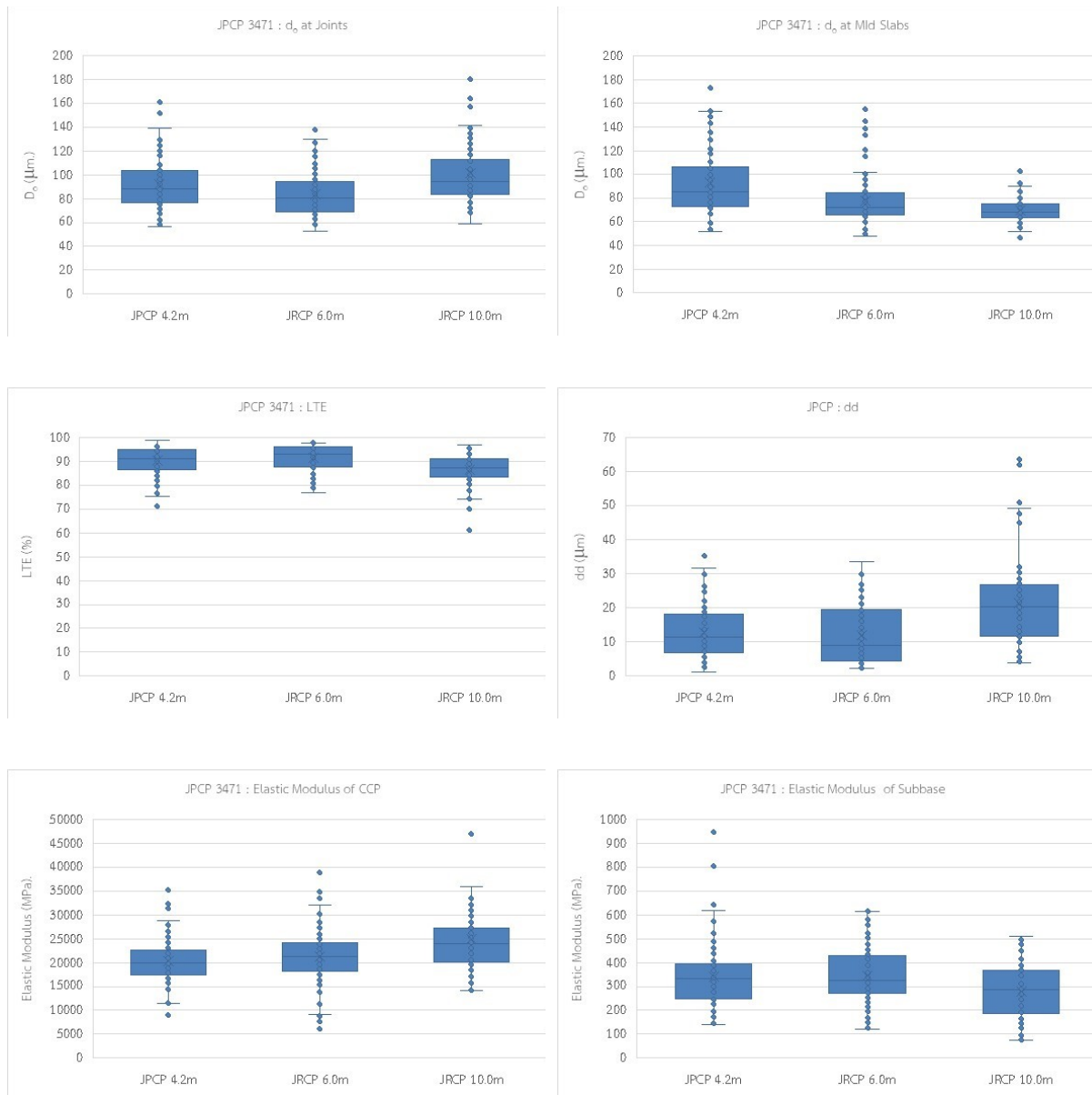
ภาพที่ 9 ภาพแสดงผลการทดสอบความแข็งแรงด้วย FWD ผิวทาง JPCP (4.0 m.)



ภาพที่ 10 ภาพแสดงผลการทดสอบความแข็งแรงด้วย FWD ผิวทาง JRPC (6.0 m.)



ภาพที่ 11 ภาพแสดงผลการทดสอบความแข็งแรงด้วย FWD ผิวทาง JRPC (10.0 m.)



ภาพที่ 12 ภาพแสดงผลการทดสอบความแข็งแรงด้วย FWD ผิวทางซีเมนต์คอนกรีต

## 9. บทสรุป

จากผลการตรวจสอบความแข็งแรงด้วยอุปกรณ์ Falling Weight Deflectometer (FWD) ทั้งสามรูปแบบผิวทางซีเมนต์คอนกรีต คือ JPCP ระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง 4.2 ม. JRCP ระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง 6.0 ม. JRCP ระยะห่างระหว่างรอยต่อตามขวาง 10.0 ม. พบว่า

1. ค่าการยุบตัวจากการทดสอบที่บริเวณรอยต่อ JRCP (10.0 ม.) มีค่าการยุบตัวสูงสุด
2. ค่าการยุบตัวจากการทดสอบที่บริเวณกึ่งกลางแผ่น JPCP (4.20 ม.) มีค่าการยุบตัวสูงสุด
3. ค่า Load Transfer (LTE) ของ JPCP (4.20ม.) และ JRCP (6.0 ม.) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ JRCP (6.0 ม.) มีค่าการกระจายตัวสูงกว่า
4. ค่า Differential Deflection ของ JPCP (4.20ม.) และ JRCP (6.0 ม.) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ JRCP (6.0 ม.) มีค่าการกระจายตัวสูงกว่า
5. ค่า Elastic Modulus of Cement Concrete Pavement ของ JRCP (10.0 ม.) มีค่าสูงสุด
6. ค่า Elastic Modulus of Subbase มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสามรูปแบบ

## 10. เอกสารอ้างอิง

ACPA (2005) ACPA 2005 Survey of State Agencies.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington DC.

American Concrete Institute (2006), Concrete Overlays for Pavement Rehabilitation.

FHWA (2007), Tech Brief: Long-Life Concrete Pavements: Best Practices and Directions from the States., Washington, D.C., USA.

Julie M. Vandenbossche (2005), Effects of Slab Temperature Profiles on Use of Falling Weight Deflectometer Data to Monitor Joint Performance and Detect Void, Transportation Research Board, Washington DC., pp 75-85.

Jung Y.S., Zollinger D.G., Cho B.G., Won M., and Wimsatt A.J. (2010). "Subbase and Subgrade Performance Investigation and Design Guidelines for Concrete Pavement, Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation Office.

Portland Cement Association, (1975), Basic Concrete Construction Practices, John Wiley & Sons, Inc., NY., USA.

Portland Cement Association, The Design for Concrete Highway and Street Pavements. PCA, Skokie, IL, USA. (1984).

Portland Cement Association, (1991), Concrete Paving – 100 Years of Progress Through Innovation. Concrete in Highway Transportation, No. 10, Portland Cement Association, Skokie, IL., USA.

TXDOT (2018) Pavement Design Manual, Texas Department of Transportation, Texas

Vandenbossche J.M. (2005) “Effects of Slab Temperature Profiles on Use of Falling Weight Deflectometer Data to Monitor Joint Performance and Detect Void” Transportation Research Board, Washington DC., pp 75-85.

กรมทางหลวง (1995) Standard Drawing for Highway Construction สำนักสำรวจและออกแบบ กรุงเทพฯ

กรมทางหลวง (2015) Standard Drawing for Highway Construction สำนักสำรวจและออกแบบ กรุงเทพฯ

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ (2527), การออกแบบความหนาผิวทางคอนกรีตตามวิธีของ PCA, วารสารวิศวกรรมโยธา และการก่อสร้าง ฉบับที่ 3 ปีที่ 1 หน้า 245-294.

แสงชัย เทพสิทธิทรกรณ์ และชาโน พยงค์ศรี (2551) การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางคอนกรีต การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2551 โดยโปรแกรม ELMOD สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

**ภาคผนวก ก.**

แบบแนะนำรายละเอียด JPCP  
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง  
ช่วง กม. 27+920 ถึง กม. 28+760



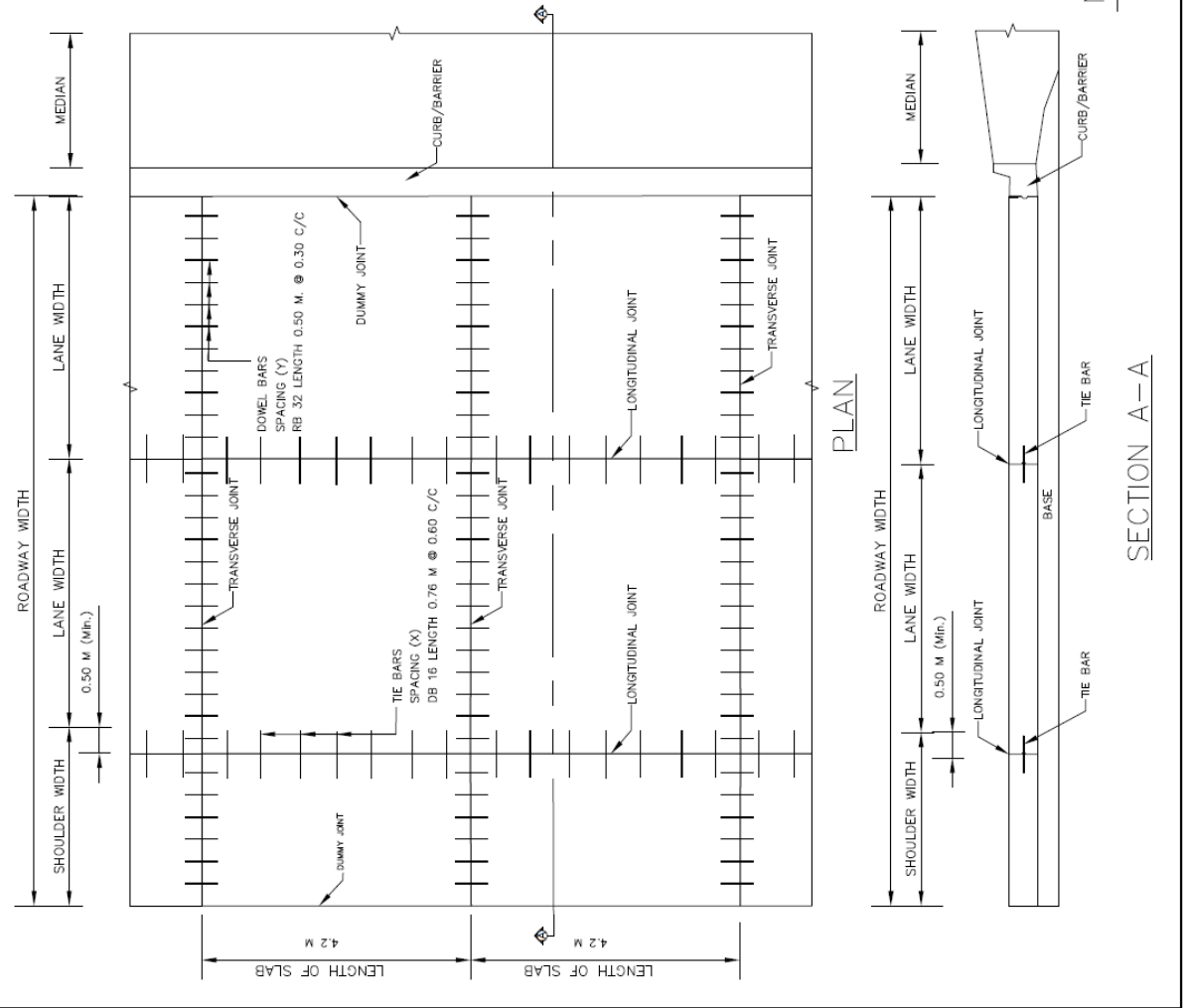
แบบแนะนำรายละเอียด JPCP  
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง  
ช่วง กม. 27+920 ถึง กม. 28+760

**ขนาดมาตรฐาน**

1. มิติต่างๆ ที่แสดงไว้ในแบบเป็นหน่วยเมตร ยกเว้นระบุไว้เป็นอย่างอื่น
2. การก่อสร้างถนนคอนกรีตต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ พท.-ม. 309/2544 "มาตรฐานถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต"
3. คอนกรีตสำหรับผิวทางคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (JPC) ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 3.1 คอนกรีตต้องมีกำลังต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 375 KSC สำหรับตัวอย่างทางคอนกรีต 2 ลูกบาศก์ ฟุต  $0.15 \times 0.15 \times 0.15$  ม. ที่อายุ 28 วัน โดยคอนกรีตต้องมีค่าผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (PORTLAND CEMENT) ไม่น้อยกว่า 375 กก./ลบ.ม. และต้องมีค่า W/C ไม่มากกว่า 0.42 โดยน้ำหนัก และค่าปูนซีเมนต์ต่อไม่น้อยกว่า 0.02 ม. และไม่เกินกว่า 0.07 ม.
- 3.2 ปูนซีเมนต์ มีคุณสมบัติตาม มอก.ป.5 ประเภท 1 หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก มีคุณสมบัติตาม มอก.2594 ชนิด 1 จำนวนทั่วไป สังกัดเกณฑ์ GU หรือประเภทอื่นที่ได้รับความเห็นชอบ
- 3.3 วัสดุผสมรวม มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดที่ พท.-ป.201 สำหรับส่วนผสมและวิธีอัดกำลังที่กำหนดที่ พท.-ป.202 สำหรับมวลรวมรวม
- 3.4 สายเคเบิลเสริมเหล็ก มีคุณสมบัติตาม มอก.733 จะรับน้ำหนักได้รับความเค้นตามขีดด้วยแรงกดจนไม่ให้เกิดโพรงซึ่งในวันใช้การต้องไม่เกิน 30 เมตร
- 4.1 รัศมีความเค้นรวมเหล็กของคอนกรีต ค่าความเค้นรวมของคอนกรีต ไม่น้อยกว่า 0.02 ม. และไม่เกินกว่า 0.07 ม. ค่าปูนซีเมนต์ต่อรวม พท.-ท.304 ไม่กรณีใช้เครื่องแบบเสริม ค่าปูนซีเมนต์ต่อรวมในช่อง  $\pm 0.025$  ม. จากจุดศูนย์กลางของแบบ
- 4.2 เครื่องปูคอนกรีต ต้องเป็นเครื่องที่เลื่อนไปมาได้โดยไม่ติดในบริเวณแบบหล่อหรืออบบางซึ่งติดตั้งไว้ตามข้างแบบหล่อ หรือติดตั้งเครื่องยกคอนกรีตในลักษณะจากรถบรรทุกคอนกรีต
- 4.3 เครื่องสั่นและเทือน ต้องสั่นและเทือนได้ด้วยความถี่ของสั่นทั้งหมด ที่ระดับแอมพลิจูดสั่นหรือชนิดของสั่นและเทือนตามข้อกำหนดในแบบหล่อ แต่ต้องไม่กระทบกับแบบหล่อ โดยลักษณะการสั่นและเทือนของอุปกรณ์ประกอบเครื่องยกคอนกรีต (EXPANSION JOINT) ต้องก่อสร้างโดยใช้เครื่องตัดคอนกรีต (SLOT CUTTING MACHINE) เท่านั้น ห้ามใช้ไม้ โขม หรือวัสดุใดๆ ในการสั่นหรือตัด
5. แผ่นพลาสติกหรือฟิล์มคอนกรีต (PLASTIC SHEET) ที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามแบบมาตรฐานกระทรวงมหาดไทย DWG.NO. GD-602
6. รอยต่อเพื่อการขยายตัว (EXPANSION JOINT) ให้ก่อสร้างบริเวณจุดเชื่อมต่อโครงสร้างสะพาน หรือแผ่นพื้นคอนกรีตบริเวณคอสะพาน (APPROACH SLAB) เท่านั้น
7. ระยะห่างระหว่างร่องรอยต่อแผ่นคอนกรีตตามกรบับให้จัดไว้ในระยะห่างระหว่างระยะ 3 ม. จนถึง 4.2 ม. เพื่อให้ได้พื้นที่กับพื้นของสะพาน หรือจุดสิ้นสุดของถนนเดิม
8. รายละเอียดของรอยต่อบริเวณ MANHOLE ให้ดำเนินการตามแบบมาตรฐานของทาง พท.ร.3 DWG.NO. GD-603
9. ไม่แนะนำให้ใช้แผ่นพลาสติกหรือฟิล์มคอนกรีต (PLASTIC SHEET) ในการติดตั้งหรืองานคอนกรีตชนิดนี้

ชนิด ASPHALT CONCRETE หรือมีการพัฒนาไปข้างหน้า



NOT TO SCALE

SECTION A-A

ส่วนที่ 5 วัสดุและรายละเอียด JOINTED PLAIN CONCRETE PAVEMENT (JPCP) PLAN SECTION AND REINFORCEMENT DETAILS	
ชื่อแบบ	
ผู้ร่าง	

แบบแนะนำรายละเอียด JPCP  
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง  
ช่วง กม. 27+920 ถึง กม. 28+760

#### รายการประกอบแบบ

1. มิติต่างๆ ที่แสดงไว้ในแบบเป็นหน่วยเมตร ยกเว้นระบุไว้เป็นอย่างอื่น
2. วัสดุยารอยต่อ (MASTIC JOINT SEALER) ต้องเป็นวัสดุชนิดหยุ่นชนิดเทอร์อันที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน มอก.479
3. วัสดุแน่นกันรอยต่อ (JOINT FILLER) ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน มอก.1041 และ มอก.1079
4. รอยต่อทุกประเภทยกเว้นรอยต่อเพื่อการขยายตัว (EXPANSION JOINT) ต้องก่อสร้างโดยใช้เครื่องตัดคอนกรีต (SLOT CUTTING MACHINE) เท่านั้น ห้ามใช้ไม้ โฟม หรือวัสดุต่างๆ ในการคั่นทำรอยต่อ
5. การเตรียมรอยต่อสำหรับวัสดุยารอยต่อ
  - 5.1 ต้องทำความสะอาดรอยต่อด้วยเครื่องเป่าเพื่อกำจัดฝุ่นหรือสิ่งสกปรกทุกประเภทออก และรอยต่อต้องอยู่ในสภาพแห้งเท่านั้น
  - 5.2 การทารองพื้นรอยต่อ (JOINT PRIMER) ก่อนหยอดวัสดุยารอยต่อ (MASTIC JOINT SEALER) ต้องใช้แปรงหรือเครื่องพ่นในการทำ โดยที่รอยต่อต้องถูกทำให้แห้งก่อนที่จะเทวัสดุยารอยต่อที่ผ่านการให้ความร้อนและละลายโดยการนำความร้อนจนได้อุณหภูมิที่กำหนด
  - 5.3 ต้องทำการบากร่องรอยต่อแล้วเทวัสดุยารอยต่อให้เร็วที่สุด
  - 5.4 การเทวัสดุยารอยต่อจะต้องใช้เครื่องมือสำหรับการเทวัสดุยารอยต่อ
6. เหล็กเสริมรอยต่อตามยาว (TIE BAR) จะต้องเป็นเหล็กข้ออ้อย (DEFORMED BAR) ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน มอก.24 หมวด SD40 สำหรับเหล็กข้อยจะต้องเป็นเหล็กกลมผิวเรียบ (PLAIN AND ROUND BAR) มีกำลังที่จุดคราก (YIELD STRENGTH) ไม่น้อยกว่า 420 MPa และมีคุณภาพตามมาตรฐาน AASHTO M31 GRADE 60 หรือ ASTM A615 GRADE 60
7. แผ่นพลาสติกรองพื้นคอนกรีต (PLASTIC SHEET) ที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้
  - 7.1 แผ่นพลาสติกต้องมีความหนา 0.07 มม. โดยมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 7%
  - 7.2 ความกว้างของแผ่นพลาสติกต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1.20 ม.
  - 7.3 แผ่นพลาสติกต้องมีลักษณะโปร่งใส ไม่มีสี กันน้ำ และไม่มีรู บริเวณขอบต้องเป็นเส้นตรง บริเวณที่ทำการพับและบริเวณที่พองต้องสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
  - 7.4 แผ่นพลาสติกต้องยาวต่อเนื่องตลอดความกว้างของช่องจราจรทั้งหมด ถ้าจำเป็นต้องทำการเชื่อมต่อแผ่นพลาสติกให้ทำบริเวณรอยต่อตามยาว โดยให้แผ่นพลาสติกที่ทำการเชื่อมต่อวางซ้อนทับกันอย่างน้อย 20 ซม.
8. กาวอีพ็อกซี (EPOXY) ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM A884/A884M-12 หรือเทียบเท่า
9. แผ่นใยสังเคราะห์ (GEOTEXTILE) รองใต้ผิวทาง ASPHALT CONCRETE ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐาน AASHTO A288-05 หรือเทียบเท่า
10. รอยต่อเพื่อการขยายตัว (EXPANSION JOINT) ใช้ในบริเวณจุดเชื่อมต่อโครงสร้างสะพาน หรือแผ่นพื้นคอนกรีตบริเวณคอสะพาน (APPROACH SLAB) เท่านั้น
11. การก่อสร้างถนนคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ ทล-ม 309/2544 "มาตรฐานถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต"
12. รายละเอียดของการจัดรอยต่อและการกวาดหน้าผิวคอนกรีตให้ดำเนินการตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวง DWG NO.GD-602

แบบแนะนำ Dowel Bar Basket  
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3471 ตอน ต.บางบุตร - ต.ชุมแสง  
ช่วง กม. 27+920 ถึง กม. 28+760

