บทที่ 2 แนวทางแก้ปัญหาความไม่ราบเรียบบริเวณเชิงลาดสะพาน

2.1 บทนำ

ในกรณีที่ดินฐานรากเป็นดินอ่อน และคันทางเกิดการทรุดตัวเนื่องจากกระบวนการ Primary Consolidation และส่งผลให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างสูงระหว่างโครงสร้างสะพานและคันทาง ปัญหาการทรุดตัวที่แตกต่างสามารถป้องกันและแก้ไขได้โดยวิธีดังต่อไปนี้

1) การใช้เทคนิค Preloading ร่วมกับการใช้วัสดุมวลเบาเป็นวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพาน ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1** วัสดุมวลเบาที่นิยมใช้ ได้แก่ EPS GEOFOAM, Air Foamed Lightweight Stabilized Soil, Hollow Structures และ Wood Chips เป็นต้น

2) การก่อสร้างโดยถมดินเป็นขั้น ร่วมกับเทคนิค Preloading และติดตั้ง Prefabricated Vertical Drain หรือ Stone Column เพื่อเร่งการระบายน้ำในดินฐานราก และเกิดการทรุดตัว Primary Settlement ขณะก่อสร้างเกือบหมด (White et al., 2005)

3) การก่อสร้าง Cement Column เพื่อถ่ายน้ำหนักคันทางลงไปยังชั้นดินแข็ง ดัง**ภาพที่ 2.2**

4) การขุดดินฐานรากอ่อนออกและถมกลับด้วยดินที่มีคุณสมบัติการยุบตัวต่ำ ดัง**ภาพที่ 2.3**

5) การใช้เสาเข็มผ่อนความยาวเป็นฐานรากบริเวณเชิงลาดสะพาน ดัง**ภาพที่ 2.4**

6) การออกแบบโดยให้ Profile Grade ของถนนสูงกว่าสะพานในกรณีที่งบประมาณก่อสร้างจำกัด และไม่สามารถก่อสร้างฐานรากหรือปรับปรุงดินอ่อนใต้แผ่นพื้นปรับการทรุดตัว (Approach Slab) ได้ ให้ก่อสร้างบริเวณเชิงลาดสะพานโดยมีค่า Profile Grade ได้สูงถึง 1/125 ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.5** เพื่อบรรเทาปริมาณการทรุดตัวของคันทางที่เกิดขึ้นในอนาคต Hoppe (1999)

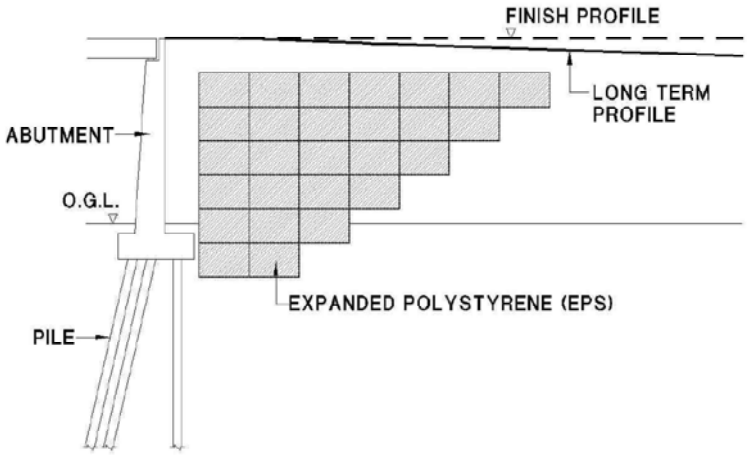
7) การใช้ Geotextile เพื่อเสริมความแข็งแรงของวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพาน วิธีนี้จะช่วยกระจายแรงจากน้ำหนักรถยนต์ ให้รองรับในพื้นที่กว้างขึ้น ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.6**

8) การออกแบบ Grout Hole บนแผ่นพื้นปรับการทรุดตัว (Approach Slab) เพื่อใช้ในบำรุงรักษา Approach Slab ภายหลังจากการเปิดใช้บริการโดยวิธี Mudjacking หรือ Deep Compaction Grouting ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.7** วิธี Mudjacking นั้น เป็นการฉีดน้ำผสมดินและปูนเพื่ออุดช่องว่างใต้ Approach Slab และในบางกรณีสามารถยกระดับ Approach Slab ขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการได้ โดยใช้วัสดุพิเศษ เช่น URETEX Schaefer and Koch (1992) แนะนำว่า ควรดำเนินการอุดรูใต้ Approach Slab โดย Mudjacking ถ้าตรวจพบ ช่องว่าง ยาวเกิน 3 m จากฐานรากสะพาน หรือ ช่องว่างสูงถึง 100 mm (หรือ 50 mm กรณีที่มีปริมาณการจราจรสูง)

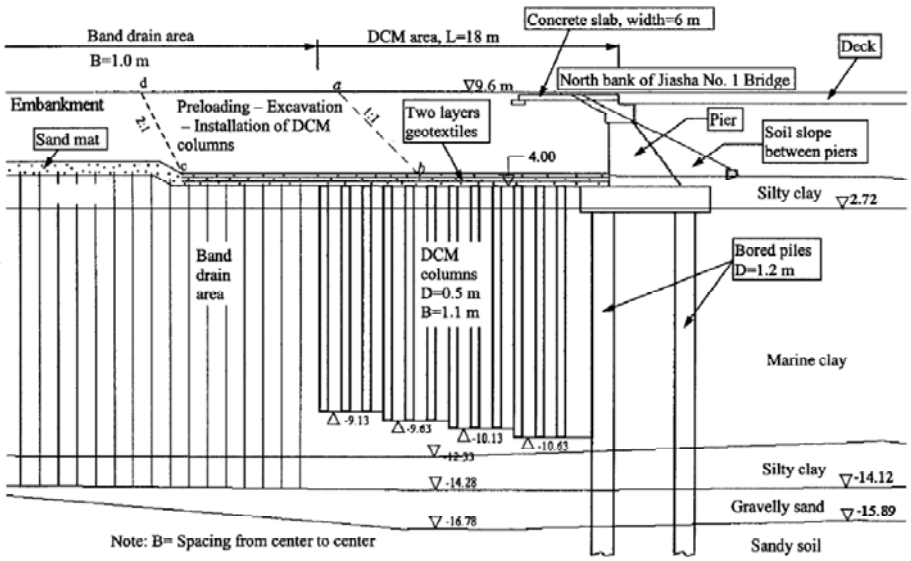
9) เทคนิคยก Approach Slab โดยวิธีทางกล เช่น การติดตั้ง Pneumatic Jacking หรือ Mechanic Jacking ที่ปลาย Approach Slab หรือ Sleeper Beam ดัง**ภาพที่ 2.8** และ **2.9**

10) การเสริมผิวทาง (Overlaid Asphalt Concrete) ซึ่งเป็นวิธีปรับปรุงความลาดชันบริเวณเชิงลาดสะพาน ในกรณีที่เปิดบริการแล้ว ดัง**ภาพที่ 2.10**

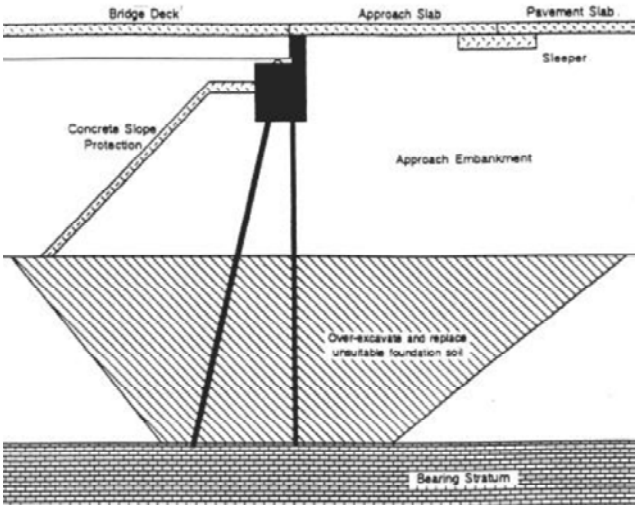
ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการใช้ Approach Slab ปรับปรุงความลาดชันบริเวณเชิงลาดสะพาน โดยจะเน้นไปที่ Approach Slab on Pile ซึ่งจะมีรายละเอียดโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์คำนวณความยาวของ Bearing Unit แสดงในบทถัดไป ส่วนการใช้เทคนิคและวัสดุมวลเบาแทนดินถมบริเวณเชิงลาดสะพานเพื่อลดน้ำหนักของคันทางที่กระทำต่อกินฐานราก และลดการทรุดตัวที่แตกต่างบริเวณเชิงลาดสะพานโดยใช้วัสดุชนิดต่างๆ กัน จะกล่าวใน**ภาคผนวก ก**



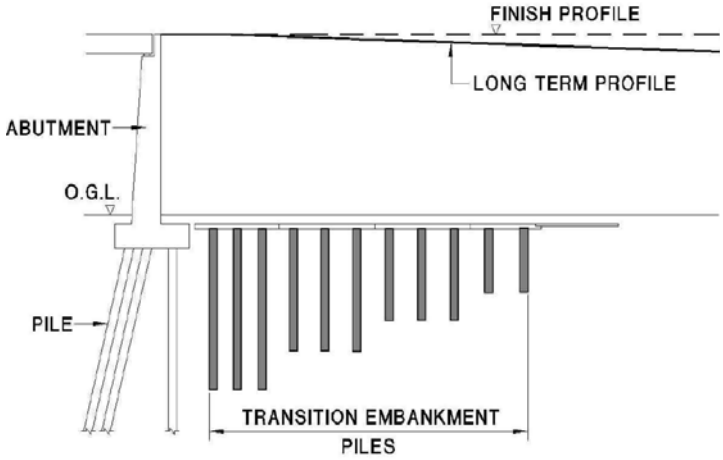
ภาพที่ 2.1 การใช้เทคนิค Preloading ร่วมกับการใช้วัสดุมวลเบาบริเวณเชิงลาดสะพาน (Sew and Chin, 2001)



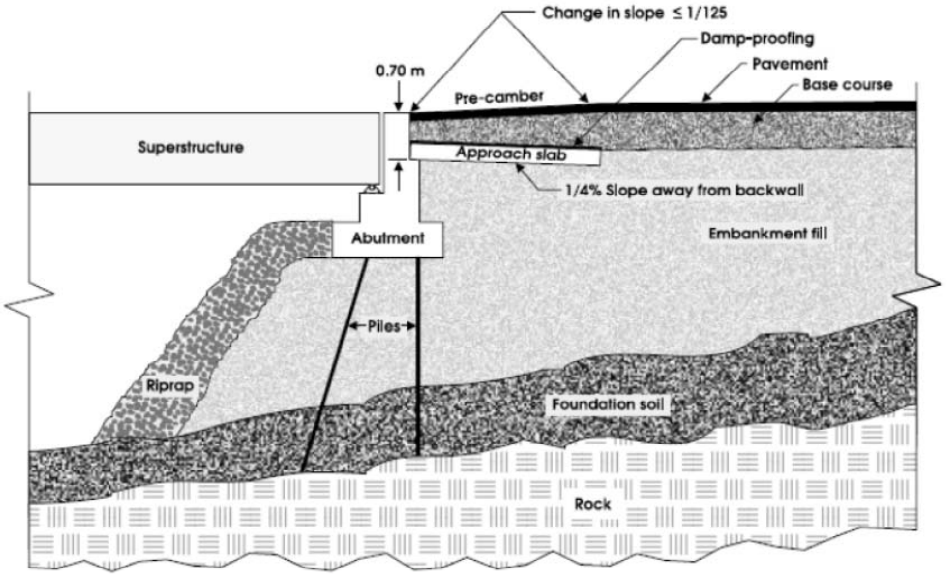
ภาพที่ 2.2 การก่อสร้าง Cement Column บริเวณเชิงลาดสะพาน (Lin and Wong, 1999)



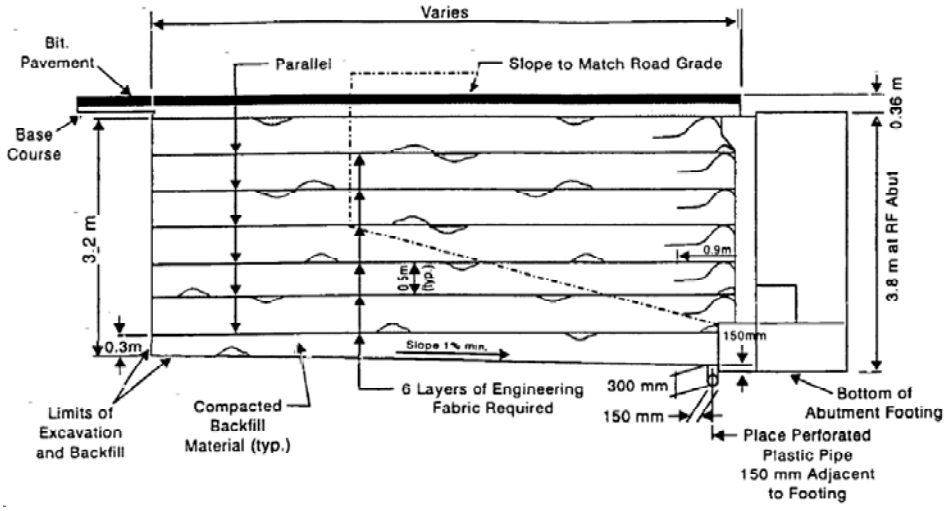
ภาพที่ 2.3 การขุดดินฐานรากอ่อนออกและถมกลับด้วยดินที่มีคุณสมบัติการยุบตัวต่ำ (Tadros and Benak, 1989)



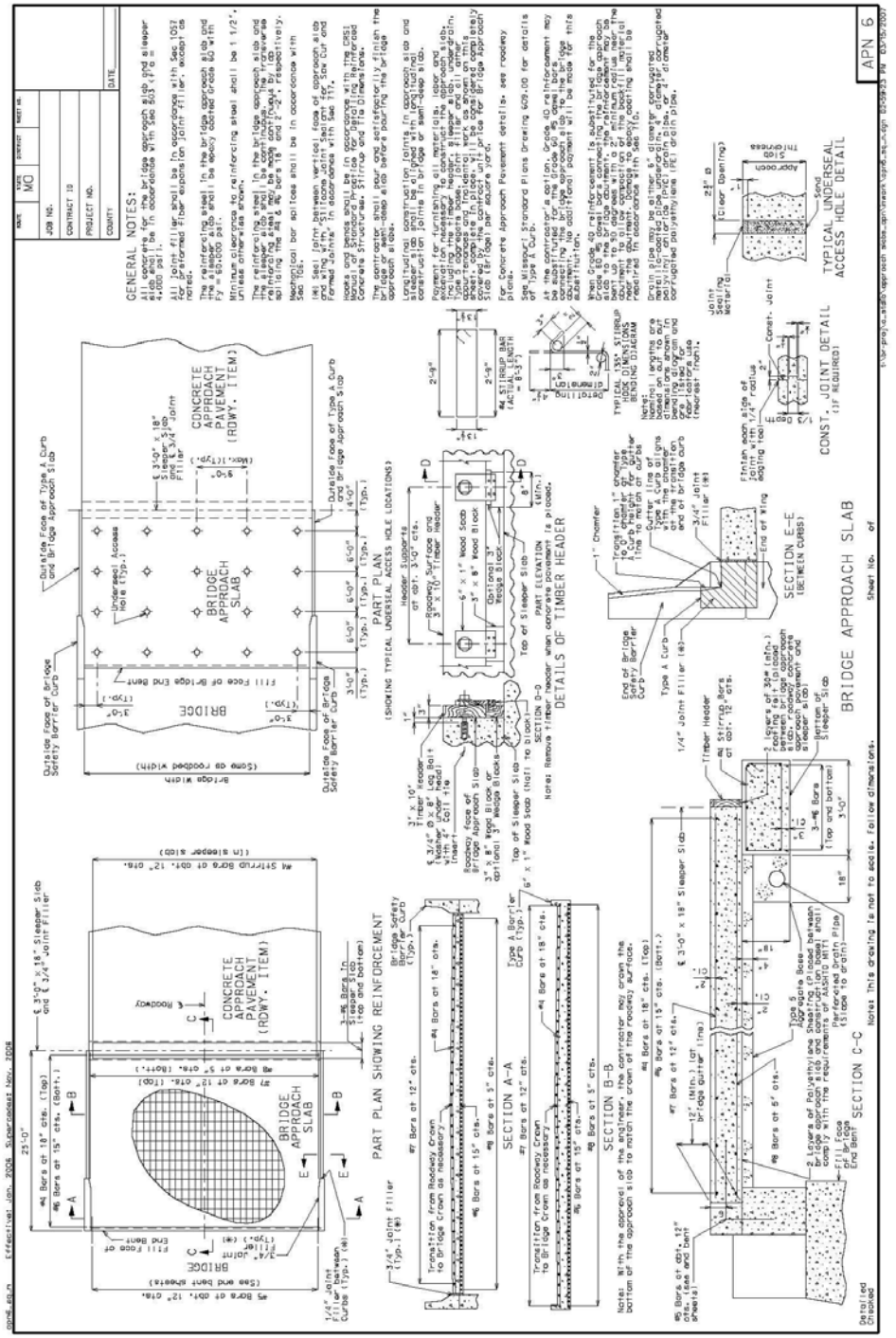
ภาพที่ 2.4 การใช้เสาเข็มผ่อนความยาวเป็นฐานรากบริเวณเชิงลาดสะพาน (Sew and Chin, 2001)



ภาพที่ 2.5 การออกแบบโดยให้ Profile Grade ของถนนสูงกว่าสะพาน (Hoppe, 1999)

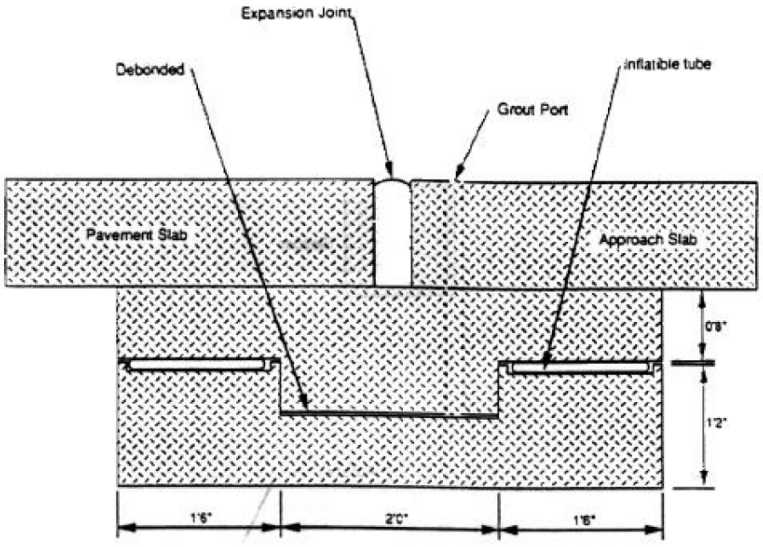


ภาพที่ 2.6 การใช้ Geotextile เพื่อเสริมความแข็งแรงของวัสดุถมบริเวณเชิงลาดสะพาน (Briaud et al., 1997)

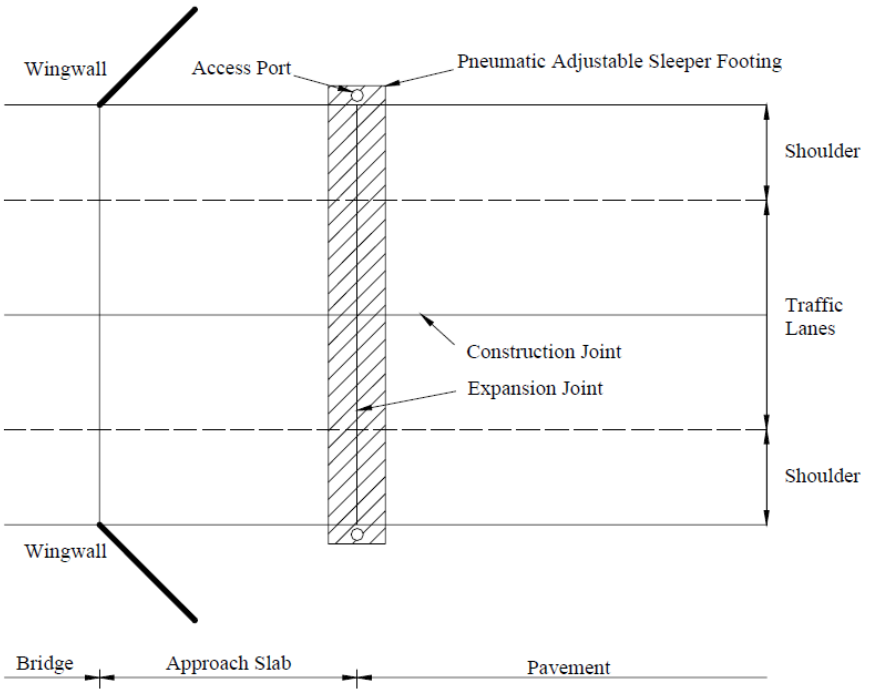


ภาพที่ 2.7 การออกแบบ Grout Hole บนแผ่นพื้นปรับการทรุดตัว

(http://www.modot.mo.gov/business/standard drawings/approachslab.htm)

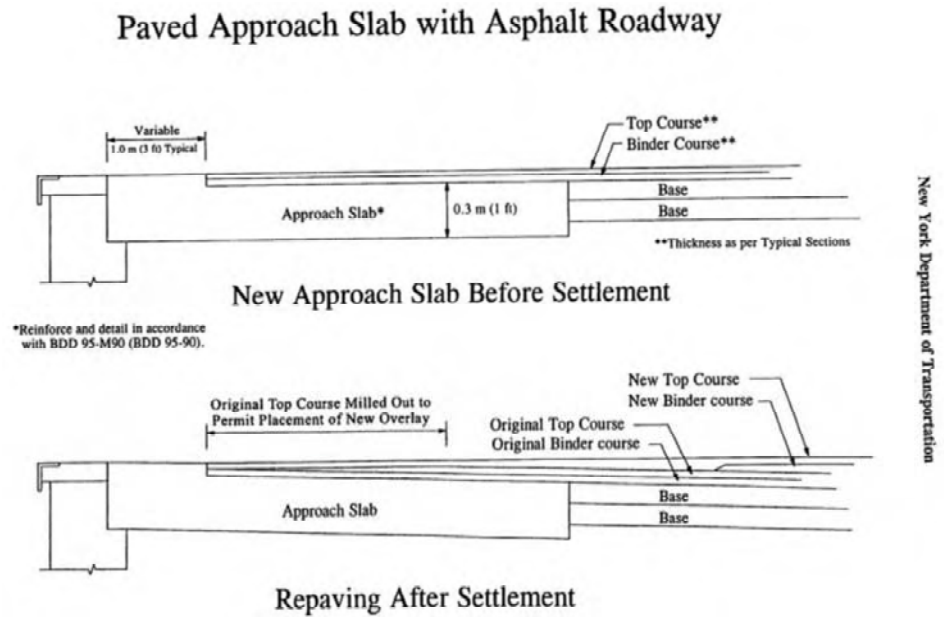


ภาพที่ 2.8 เทคนิคยก Approach Slab โดยวิธีทางกล (Tadros and Benak, 1989)



Note: This detail is only one way of handling the bridge/fill interface. An approach slab with expansion between the superstructure and the approach slab without a sleeper slab is another.

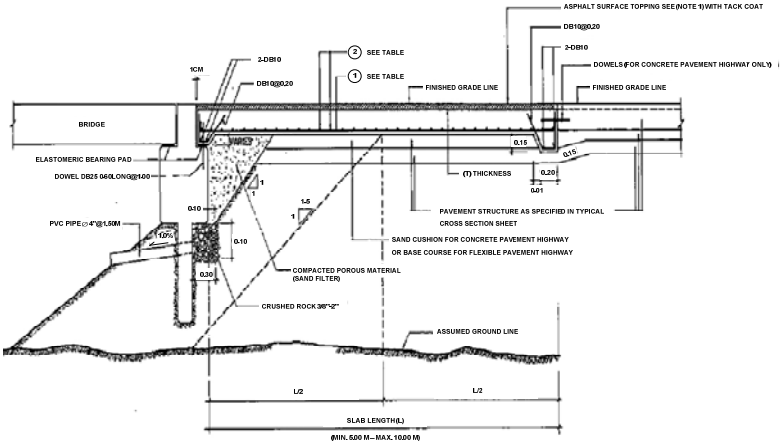
ภาพที่ 2.9 การติดตั้ง Jack เพื่อใช้ยก Approach Slab โดยวิธีทางกล (Tadros and Benak, 1989)



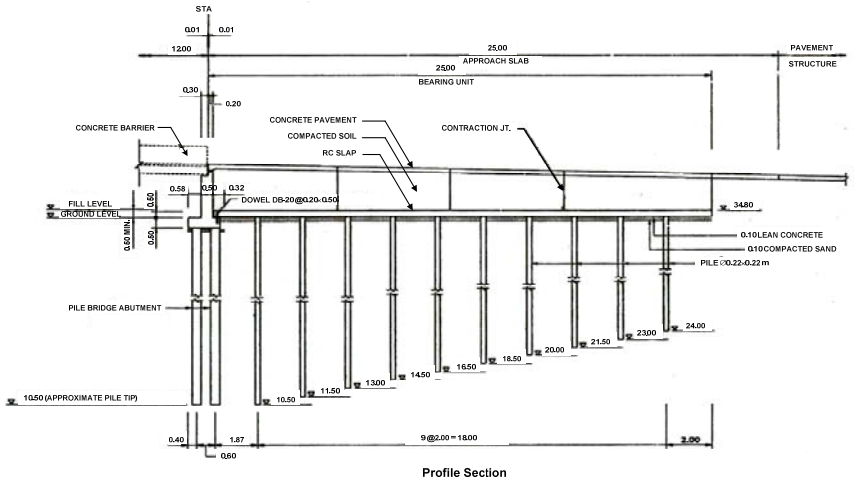
ภาพที่ 2.10 การเสริมผิวทางโดย Asphalt Concrete (Briaud et al., 1997)

2.2 โครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพาน (Approach Slab)

สำหรับประเทศไทยนั้น นิยมใช้วิธีการก่อสร้างโครงสร้างปรับการทรุดตัวเพื่อช่วยปรับความลาดชันบริเวณเชิงลาดสะพานให้ราบเรียบขึ้น โครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณเชิงลาดสะพานที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ (1) Approach Slab on Ground และ (2) Approach Slab on Pile ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.11** และ **2.12** ตามลำดับ



ภาพที่ 2.11 ภาพตัดตามแนวยาว โครงสร้าง Approach Slab on Ground (ชัยพร, 2551)

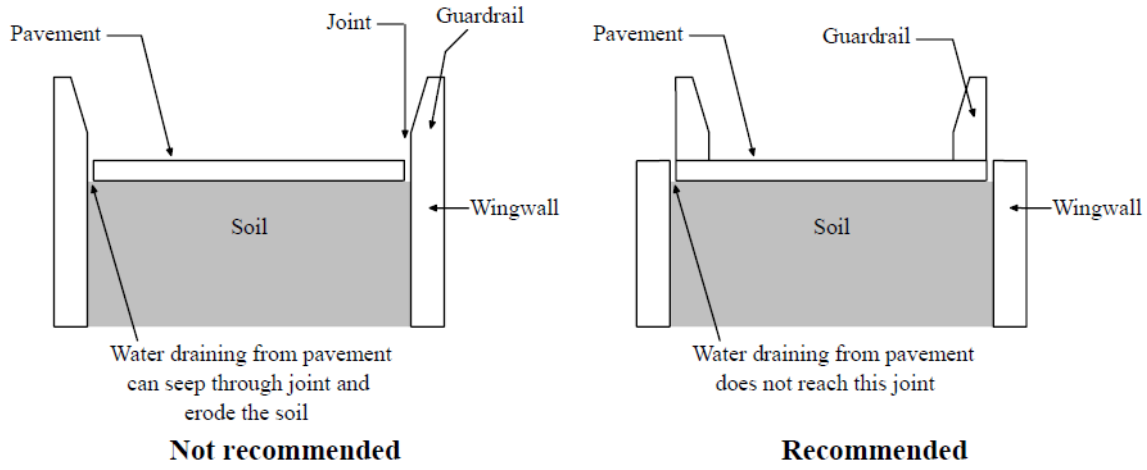


ภาพที่ 2.12 ภาพตัดตามแนวยาว โครงสร้าง Approach Slab on Pile (ชัยพร, 2551)

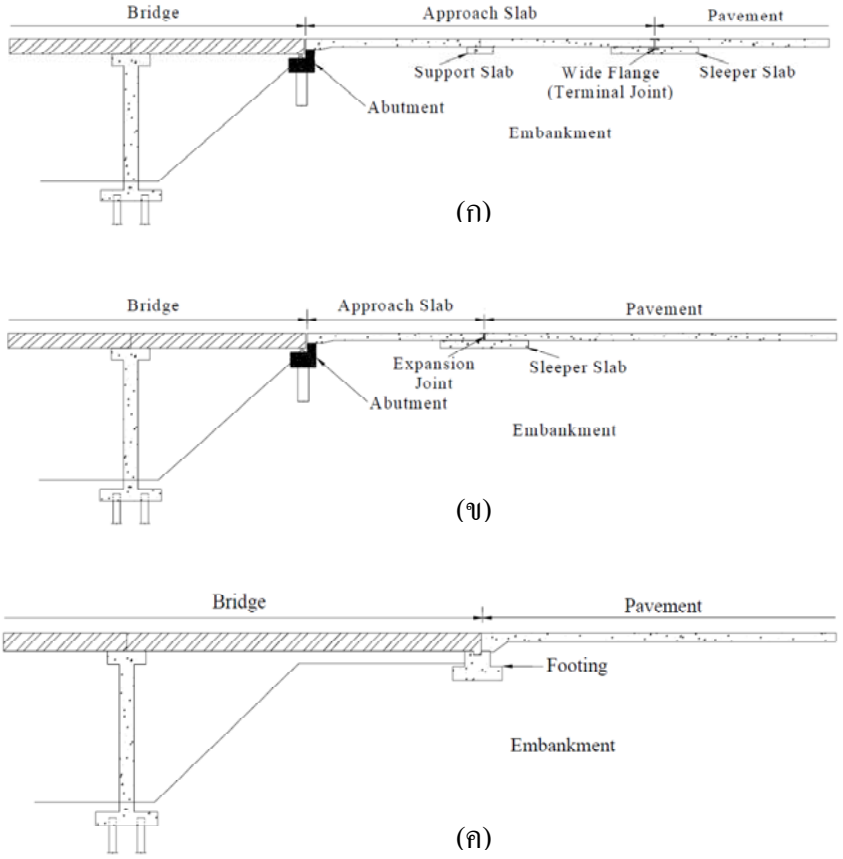
2.2.1 Approach Slab on Ground

โครงสร้าง Approach Slab on Ground ซึ่งนิยมก่อสร้างในประเทศไทยนั้น ประกอบด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความกว้างเท่ากับความกว้างของสะพาน ยาวประมาณ 5 ถึง 10 m และหนาประมาณ 0.25 - 0.3 m และปูทับด้วย Asphaltic Concrete หนาประมาณ 0.05 m มักใช้กับสะพานข้ามคลองหรือท่อลอดขนาดเล็ก ซึ่งมีปริมาณการจราจรน้อยและจำกัดความเร็วต่ำ และบริเวณที่ดินฐานรากเป็นดินแข็ง โดยปลายด้านหนึ่งของ Approach Slab วางบนคานซึ่งรับน้ำหนักแผ่นพื้นสะพานและถ่ายลงสู่ฐานรากเสาเข็ม และปลายอีกด้านวางบนดินบดอัดเชื่อมต่อกับถนน

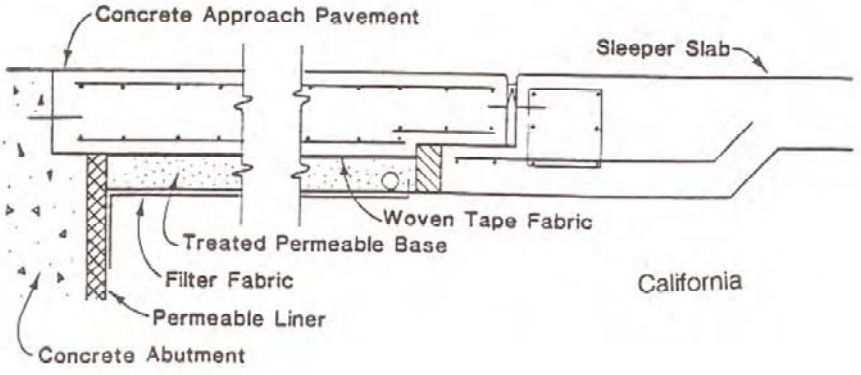
Hoppe (1999) สำรวจขนาดของ Approach Slab ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า Approach Slab มีขนาดแตกต่างกันออกไป เช่น มีความยาวตั้งแต่ ประมาณ 4 m ถึง 13 m โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 m ความหนาของ Approach Slab ตั้งแต่ประมาณ 20 cm ถึง 45 cm ขึ้นอยู่กับความยาว Approach Slab ความกว้างของ Approach Slab ส่วนใหญ่ออกแบบให้ยาวถึงขอบทางเพื่อป้องกันน้ำซึมผ่านรอยต่อ ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.13** Approach Slab อาจมีมากกว่า 1 แผ่นพื้น ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.14** และปลายของ Approach Slab รองรับโดยคาน (Sleeper Beam) หรือ แผ่นพื้น (Sleeper Slab) ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.15** มีการออกแบบรูสำหรับ Mud Jacking เพื่ออุดโพรงใต้แผ่นพื้นและปรับระดับเชิงลาดภายหลังจากเปิดใช้บริการ รายละเอียดการต่อเชื่อมระหว่าง Approach Slab และ Bridge Abutment แสดงใน**ภาพที่ 2.16**



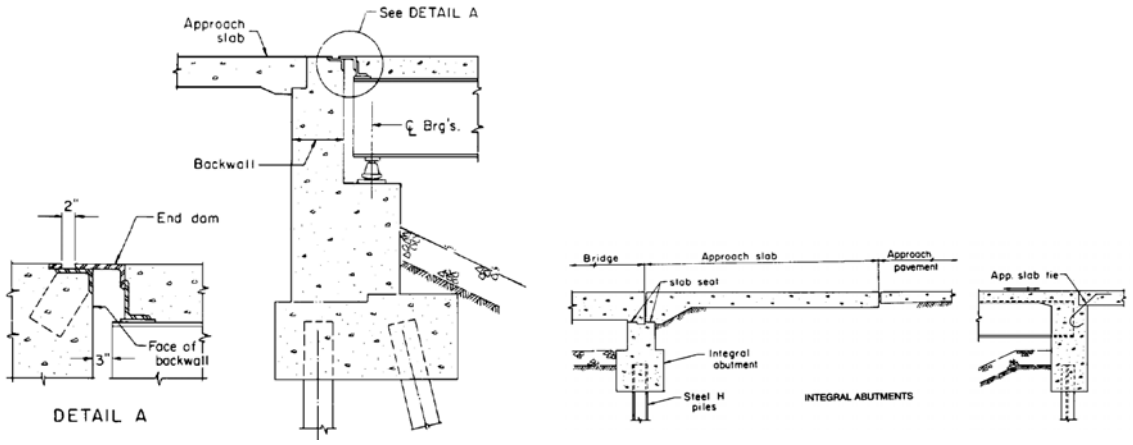
ภาพที่ 2.13 ความกว้างของ Approach Slab ควรออกแบบถึงขอบทาง เพื่อป้องกันน้ำซึมผ่านรอยต่อ (Briaud et al., 1997)



ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างแบบก่อสร้าง Approach Slab ในประเทศสหรัฐอเมริกา (ก) Approach Slab จำนวน 2 แผ่น รองรับด้วย Sleeper Beam (ข) Approach Slab จำนวน 1 แผ่น รองรับด้วย Sleeper Beam และ (ค) Approach Slab รองรับด้วยฐานรากแผ่ (Seo, 2003)



ภาพที่ 2.15 Approach Slab รองรับโดย Sleeper Slab (Burke, 1987)



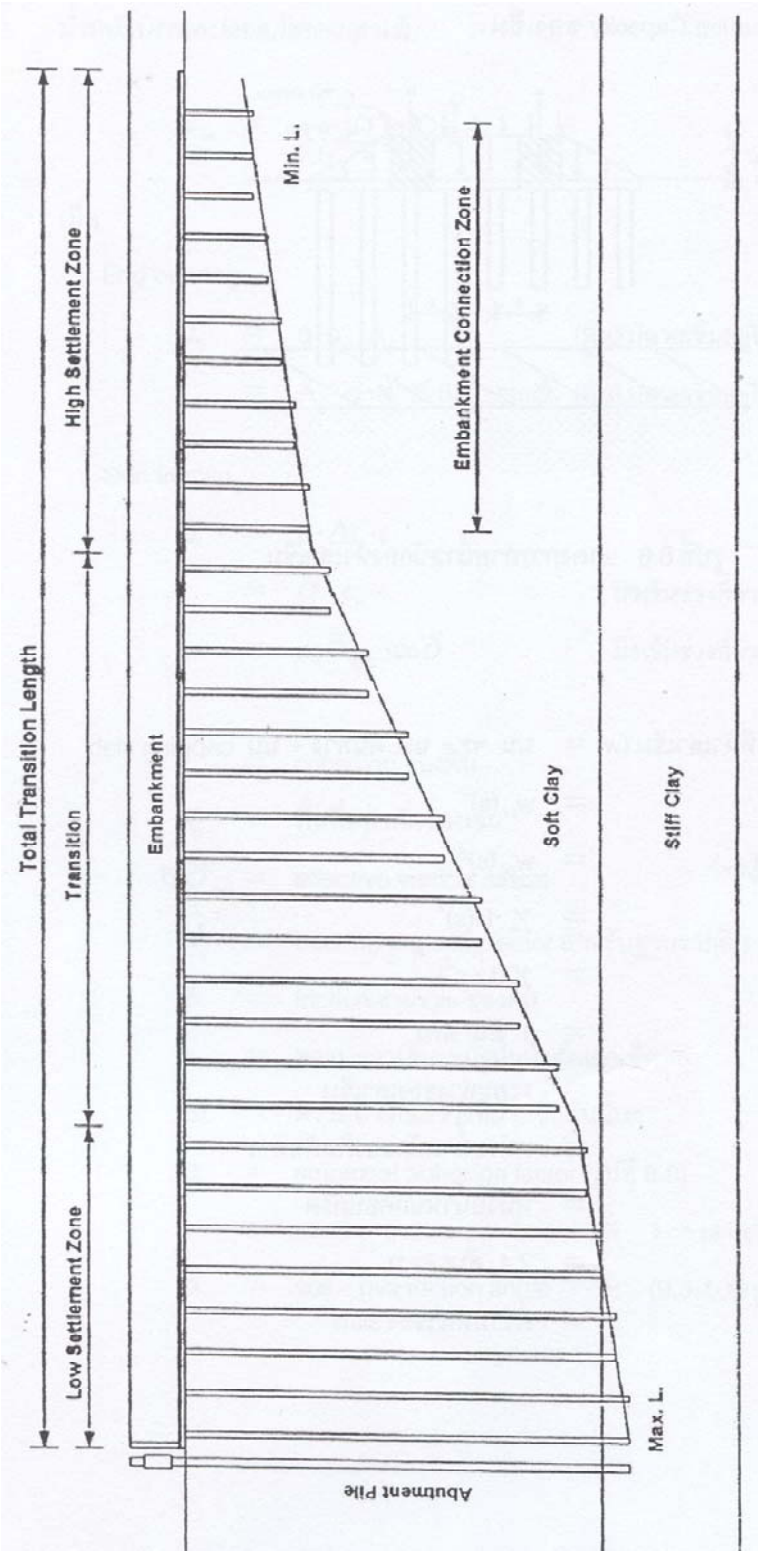
Non Integral Abutment Integral Abutment

ภาพที่ 2.16 ลักษณะรอยต่อระหว่าง Approach Slab และ Bridge Abutment แบบ Non-Integral Abutment และ Integral Abutment (Wahls, 1990)

2.2.2 Approach Slab on Pile

สำหรับ Approach Slab on Pile Foundation หรือ Bridge Approach Support Piling System (Reid and Buchanan, 1983) หรือในวงการวิศวกรรมงานทางประเทศไทยนิยมเรียกว่า “Bearing Unit System” (สุชาติ, 2524; นิพนธ์ และสุชาติ, 2525; วรวิทย์, 2546) นั้น ประกอบด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนาประมาณ 0.2 – 0.3 m มีหน้าที่กระจายน้ำหนักกดทับจากคันทางลงสู่โครงสร้างฐานราก ซึ่งมีลักษณะเสาเข็มผ่อนความยาว (Relief Pile) โดยไม่คำนึงถึงการถ่ายแรงระหว่างเสาเข็มผ่านแผ่นพื้น เนื่องจากการทรุดตัวที่แตกต่างของเสาเข็ม (หรือ พฤติกรรม Soil Structure Interaction) เพื่อประหยัดในการเสริมเหล็กแผ่นพื้น เสาเข็มกลุ่มนิยมติดตั้งในลักษณะ Square Pattern โดยมีระยะห่างระหว่างเสาเข็ม (Center to Center) ประมาณ 2 m

ฐานรากเสาเข็มผ่อนความยาวนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ (1) ช่วงมีการทรุดตัวน้อย (Low Settlement Zone), (2) ช่วงเชื่อมต่อการทรุดตัว (Transition Zone) และ (3) ช่วงที่เกิดการทรุดตัวมาก (High Settlement Zone) ดัง**ภาพที่ 2.17** โดยเสาเข็มใน Low Settlement Zone มีความยาวหยั่งอยู่ในชั้นดินแข็งใกล้เคียงกับความยาวเสาเข็มของฐานรากสะพาน และมีอัตราส่วนปลอดภัยเพียงพอเพื่อป้องกันการทรุดตัวแตกต่างของคันทางที่ติดสะพาน ส่วนความยาวเสาเข็มในช่วง Transition Zone นั้นพิจารณาจากกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มและมีความยาวลดลง และในช่วง High Settlement Zone เสาเข็มมีความยาวน้อยที่สุด ประมาณ 2 – 4 m (ทินกร, 2528; วรวิทย์, 2546; และบารเมศ และคณะ, 2553)



ภาพที่ 2.17 รูปแบบ Bearing Unit บริเวณคอสะพานที่ก่อสร้างบนชั้นดินอ่อน (วิฑูญ, 2530)

2.3 เอกสารอ้างอิง

ชัยพร บัวสรวง. 2551. **การศึกษาและเปรียบเทียบในเชิงวิศวกรรมของโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณคอสะพานของสำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทินกร โรจนธารา. 2528. **การทำนายการทรุดตัวของคอสะพานในบริเวณดินอ่อนโดยใช้หน่วยแบริ่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ รณะนันทร์ และ สุชาติ ลีรคมสัน. 2525. ประสบการณ์จากการสำรวจออกแบบและก่อสร้างทางสาย บางนา-บางปะกง. **รายงานฉบับที่ วว. 73.** กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, กรุงเทพฯ.

บารเมศ วรรธนะภูติ, อภินิติ โชติสังกาศ, สรศักดิ์ เซียวศิริกุล, กฤษณ์ เสาเวียง, อรุณ ปราบมาก และ คมพันธ์ จินดาวัฒน์. 2553. โครงการปรับปรุงการออกแบบและมาตรฐานโครงสร้างปรับการทรุดตัวบริเวณคอสะพาน. **รายงายฉบับสมบูรณ์.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

วรวิทย์ รุ่งอรุณอโนทัย. 2546. **การวิเคราะห์การทรุดตัวของหน่วยแบริ่งบริเวณคอสะพานด้วยวิธีทางตัวเลข.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชาญ ภู่พัฒน์. 2523. การทรุดตัวของดินถมบริเวณคอสะพานบริเวณดินอ่อน. **รายงานฉบับที่ 55.** กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, กรุงเทพฯ.

วิชาญ ภู่พัฒน์. 2530. **ฐานรากบนชั้นดินอ่อน.** เอกสารการสอนวิชาฐานรากบนดินอ่อน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติ ลีรคมสัน. 2524. การออกแบบทางสาย บางนา – บางปะกง (ช่องจราจรเดิม). **รายงานฉบับที่ วว. 70.** กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, กรุงเทพฯ.

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.

Burke, M. P. 1987. Bridge Approach Pavements, Integral Bridges and Cycle Control Joints. **Annual Meeting of the Transportation Research Board, Presented at the 66th.** Washington D.C., USA.

Hoppe, E.J. 1999. Guidelines for the Use, Design, and Construction of Bridge Approach Slabs. **VTRC Report No. 00-R4.** Virginia Transportation Research Council. Charlottesville, Virginia, Retrieved June 15, 2002.

Lin, Q.L. and I.H. Wong. 1999. Use of Deep Cement Mixing to Reduce Settlements at Bridge Approaches. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, **ASCE.** 125(4): 309.

Reid, W. M. and N. W. Buchanan. 1983. Bridge approach support piling. **Istanbul Conference on Soil Mechanics and Foundation,** March April 1975. Istanbul, Turkey.

Sew, G.S. and T.Y. Chin. 2001. Geotechnical Solutions for High Speed Track Embankment, A Brief Overview. **Technical Seminar Talk, PWI Annual Convention.**

Soe, J.B. 2003. **The Bump at the End of the Bridge: An Investigation.** Doctor's Thesis, Texas A&M University, USA.

Schaefer, V.R. and J.C. Koch. 1992. Void Development under Bridge Approaches. **Report No. SD90-03.** South Dakota Department of Transportation. Pierre, South Dakota, USA.

Tadros, M.K. and J.V. Benak. 1989. **Bridge Abutment and Approach Slab Settlement (Phase 1).** Nebraska Department of Roads, Lincoln, Nebraska.

Wahls, H.E. 1990. Design and Construction of Bridge Approaches. **Transportation Research Record: Jour of Transportation Research Board, NCHRP Synthesis** 159**.** National Research Council. Washington D.C., USA.

White, D., S. Sritharan, M. Suleiman, M. Mekkawy and S. Chetlur. 2005. Identification of the Best Practices for Design, Construction, and Repair of Bridge Approaches. **Report CTRE Project** 02-118. Center for Transportation Research & Education. Iowa State University, Ames, IA.

http://www.modot.mo.gov/business/standard_drawings/approachslab.htm