บทที่ 3

ข้อพิจารณาในการออกแบบเสริมความหนา

ในบทนี้จะกล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการเสริมความหนาของผิวจราจร ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเสริมความหนา ขั้นตอนในการสำรวจออกแบบการเสริมความหนา ข้อพิจารณาการออกแบบผิวจราจรในแบบยืดหยุ่นและแบบคอนกรีต นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงข้อพิจารณาในการออกแบบความหนาของผิวจราจรแบบคอนกรีตตามวิธีการของ Corps of Engineers, Portland Cement Association (PCA), French Method และ The Federal Aviation Administration (FAA) รวมทั้งข้อพิจารณาในการออกแบบเสริมความหนาด้วยผิวจราจรแบบคอนกรีตในลักษณะต่างและรายละเอียดในการเสริมเหล็ก

3.1 วัตถุประสงค์และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเสริมความหนา

วัตถุประสงค์ของการเสริมความหนาของผิวจราจรนั้นก็เพื่อปรับปรุงสภาพของผิวจราจรเดิมให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ดียิ่งขึ้น โดยทั่วไปแล้วการเสริมความหนานั้นแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะคือ เสริมความหนาเพื่อปรับปรุงสภาพของผิวจราจรเดิมที่อยู่ในสภาพชำรุดเสียหายหลังจากที่ได้ถูกใช้งานมาเป็นเวลานานพอสมควร ซึ่งสาเหตุของความเสียหายก็อาจเนื่องมาจาก น้ำหนักบรรทุกของอากาศยานที่กระทำต่อผิวจราจรสูงเกินกว่าที่จะรับได้หรือเนื่องมาจากจำนวนบดทับที่มากเกินกำหนด ลักษณะที่สองจะเป็นการเสริมความหนาของผิวจราจรเดิมที่ยังคงอยู่ในสภาพที่ดี ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของผิวจราจรและจำนวนบดทับของอากาศยานที่มีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นในอนาคต สำหรับผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการเสริมความหนาของผิวจราจรในด้านต่าง ๆ มีดังนี้คือ

1. เป็นการเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของผิวจราจรให้สูงขึ้นทั้งนี้เพื่อที่จะป้องกันความเสียหายที่จะเกิดแก่ผิวจราจรซึ่งมักจะมีสาเหตุเนื่องมาจาก น้ำหนักบรรทุกและจำนวนบดทับที่เป็นอยู่ในปัจจุบันมากกว่าที่ใช้ในการออกแบบหรืออาจจะเนื่องมาจากการที่วัสดุใน

ชั้นพื้นทาง ชั้นรองพื้นทางอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำจึงทำให้เสียสภาพความคงตัวของวัสดุในชั้นนั้น ๆ ไปและมีผลทำให้ผิวจราจรเกิดความเสียหาย

2. เป็นการเพิ่มความปลอดภัย ทั้งนี้เมื่อทำการเสริมความหนาของผิวจราจรแล้วจะช่วยให้ผิวจราจรมีค่าของความฝืดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าของความฝืดที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการหยุดของอากาศยานดีขึ้น

3. เพื่อเพิ่มความสะดวกในการปฏิบัติงานและความสวยงาม เมื่อผิวจราจรอยู่ในสภาพที่ดีย่อมก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการขับขี่และควบคุมบังคับอากาศยาน อีกทั้งยังก่อให้เกิดความสวยงามและเพิ่มความสะดวกต่อการปฏิบัติงานของยานพาหนะที่คอยให้บริการอยู่ภายในสนามบิน

4. ช่วยปรับปรุงระบบของการระบายน้ำ เมื่อมีการปรับปรุงผิวจราจรด้วยการเสริมความหนาย่อมทำให้ระดับของผิวจราจรใหม่สูงขึ้นกว่าเดิมซึ่งจะมีผลทำให้การระบายน้ำของผิวจราจรมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5. เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อยกว่าที่จะทำการก่อสร้างผิวจราจรขึ้นมาใหม่

3.2 ข้อพิจารณาในการสำรวจและออกแบบเสริมความหนา

ก่อนที่จะทำการออกแบบการเสริมความหนาของผิวจราจรนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องศึกษาขององค์ประกอบและขั้นตอนต่าง ๆ ในการออกแบบอย่างถี่ถ้วน ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นจะแสดงถึง รูปร่างลักษณะ สภาพของการใช้งานและคุณสมบัติของส่วนประกอบต่าง ๆ ของผิวจราจรเดิม สำหรับข้อพิจารณาและขั้นตอนในการออกแบบที่ควรคำนึงถึง[2] พอจะแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้คือ[2]

1. ทำการสำรวจสภาพของผิวจราจรเดิม ในการเสริมความหนาของผิวจราจรนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการสำรวจสภาพโดยทั่วไปของผิวจราจรเดิมเสียก่อน เนื่องจากลักษณะหรือสภาพของผิวหน้าของการจราจรเดิมจะแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณสำหรับการสำรวจสภาพของผิวจราจรเดิมนั้นจะทำได้โดยการจัดทำแผนที่บริเวณอย่างถูกต้องพร้อมกับสำรวจความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณซึ่งสาเหตุของความเสียหายต่าง ๆ เหล่านั้นอาจจะเนื่องมาจากน้ำหนักของเครื่องบิน สภาพภูมิอากาศ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างไม่ดี

หรือเนื่องมาจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตราฐาน

2. สำรวจสภาพของดิน เพื่อที่จะได้ทราบถึงสภาพและคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของดินฐานราก เช่น ชนิดของดินเดิม ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน ปริมาณความชื้นที่อยู่ในดินหรือระดับน้ำใต้ดิน เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ

3. จำนวนของการทดลองจะต้องมีปริมาณอย่างเพียงพอทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการทดลองจะต้องครอบคลุมไปถึงสภาพฐานรากของผิวการจราจรและส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผิวของจราจร

4. สภาพการระบาย จะต้องทำการตรวจสอบสภาพการระบายน้ำให้แน่นอน เนื่องจากการระบายน้ำเป็นสิ่งสำคัญข้อหนึ่งที่จะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ โดยเฉพาะประเทศในเขตมรสุมที่มีฝนตกมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องขจัดน้ำบนผิวทางออกให้หมดโดยเร็วเพื่อป้องกันอันตรายในการใช้งานของเครื่องบิน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่สภาพการระบายน้ำไม่ดี นอกจากนี้เพื่อที่จะป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการที่น้ำซึมเข้าไปยังชั้นต่าง ๆ ของผิวจราจร

5. ศึกษาและวิเคราะห์สภาพการรับน้ำหนักและสภาพการจราจรของเครื่องบินในอดีต เพื่อใช้ในการคาดคะเนปริมาณของการจราจรในอนาคต ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักบรรทุก รูปร่างของกลุ่มล้อและสภาพของการจราจรต่าง ๆ เหล่านี้จะก่อให้เกิดความเค้น ความเครียดและการขจัด ที่แตกต่างขึ้นในผิวของการจราจรซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบเสริมความหนาสภาพของการจราจรนั้นสามารถพิจารณาได้จาก ปริมาณของการจราจรและความหนาแน่นของการจราจร โดยปริมาณของการจราจรจะแสดงถึงชนิดและจำนวนของเครื่องบินที่ขึ้นลง ส่วนความหนาแน่นของการจราจรนั้นพิจารณาได้จากสภาพการใช้งานในบริเวณต่าง ๆ ของสนามบิน เช่น บริเวณลานจอด ทางขับและทางวิ่งในส่วนที่มีการเตรียมขึ้นหรือลง ซึ่งบริเวณเหล่านี้จะมีความหนาแน่นของการจราจรสูง

6. คุณภาพของวัสดุที่จะนำมาใช้และวิธีการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดที่จะนำมาใช้และวิธีการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตราฐาน ย่อมก่อให้เกิดความเสียหายต่อผิวการจราจร

3.3 ขั้นตอนการออกแบบเสริมความหนา

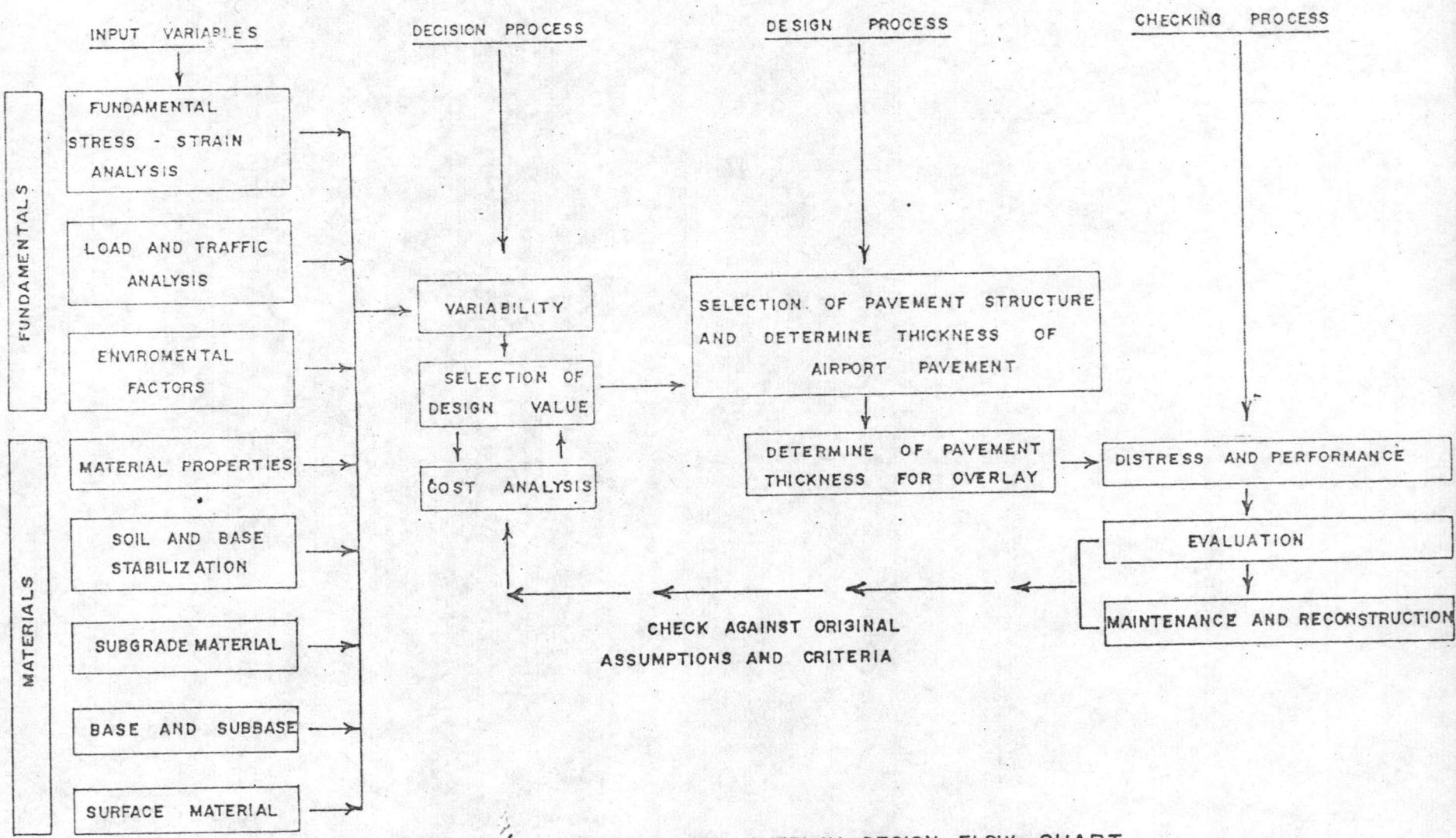
ในการออกแบบเสริมความหนาผิวจราจรจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญต่อการออกแบบอยู่ 4 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการออกแบบจากห้องทดลองหรือในสนาม โดยข้อมูลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการออกแบบนั้นแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกจะเป็นข้อมูลของตัวแปรที่เกี่ยวของกับสภาพการรับน้ำหนัก ปริมาณการจราจรของเครื่องบิน และองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพของผิวจราจรเดิม สภาพการระบายน้ำและอื่น ๆ กลุ่มที่สองจะเป็นข้อมูลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวัสดุในด้านต่าง ๆ เช่น คุณภาพของวัสดุที่จะใช้ในการก่อสร้าง คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุในชั้นพื้นทาง รองพื้นทางและดินเดิม เป็นต้น ซึ่งข้อมูลทั้งสองกลุ่มจะถูกรวบรวมเพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลในขั้นตอนต่อไป

2. ขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และสรุปผลของข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อจำแนกและคัดเลือกค่าของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบเนื่องจากค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ตัดสินใจนำมาใช้นั้นจะมีผลต่อการออกแบบในด้านต่าง ๆ เช่น ขนาดและความหนา ชนิดของวัสดุที่ใช้ ประเภทของโครงสร้าง สภาพการใช้งานและราคาค่าก่อสร้างเป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาความเหมาะสมของค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้โดยละเอียดและรอบคอบ

3. ขั้นตอนที่สาม เป็นขั้นตอนของการออกแบบโดยใช้ค่าของตัวแปรที่ได้พิจารณาคัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมในขั้นตอนที่สอง ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยการออกแบบความหนาและการออกแบบเพื่อเสริมความหนา โดยจะเป็นการกำหนดส่วนประกอบ ชนิด ขนาดและลักษณะโครงสร้างของผิวจราจรในแต่ละชั้นพร้อมทั้งขั้นตอน วิธีการและข้อกำหนดต่าง ๆ ในการก่อสร้าง

4. ขั้นตอนที่สี่ เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและติดตามผลโดยจะศึกษาและประเมินผลสภาพการใช้งานของผิวจราจรที่ได้ออกแบบไว้หลังจากผ่านการใช้งานมาช่วงเวลาหนึ่งแล้ว ทั้งนี้เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความเสียหายหรือผลตอบแทนที่ได้รับเพื่อนำไปพิจารณาปรับปรุงการออกแบบให้ได้ผลดียิ่งขึ้น หรือเป็นการปรับปรุงเพื่อบำรุงรักษาสภาพของผิวจราจรให้อยู่ในสภาพที่ดีในคราวต่อไป สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนที่ได้กล่าวข้างต้นได้แสดงไว้ในรูป 3.1



AIRPORT PAVEMENT THICKNESS FOR OVERLAY DESIGN FLOW CHART

รูป 3.1 สรุปขั้นตอนของการออกแบบเสริมความหนา

3.4 ข้อพิจารณาการออกแบบผิวจราจรแบบยืดหยุ่นและแบบคอนกรีต

การออกแบบผิวจราจรนั้นโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือการออกแบบผิวจราจรแบบยืดหยุ่นและผิวจราจรแบบคอนกรีต โดยผิวจราจรแบบคอนกรีตจะประกอบไปด้วยส่วนของแผ่นคอนกรีตผิวหน้าวางอยู่บนชั้นของดินเดิมที่อัดแน่นและอาจจะมีหรือไม่มีชั้นรองพื้นทางหรือชั้นพื้นทางก็ย่อมได้แล้วแต่การออกแบบ ส่วนผิวจราจรแบบยืดหยุ่นจะประกอบไปด้วยชั้นผิวหน้าบาง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นพวกแอสฟัลท์ติคคอนกรีตหรือเซอเฟซทรีตเม้นก็ได้วางทับอยู่บนชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางซึ่งทั้งหมดนี้วางอยู่บนชั้นดินเดิมหรือชั้นดินถม สำหรับผิวจราจรทั้งสองลักษณะนี้มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ ลักษณะของการแผ่น้ำหนักของล้อลงบนชั้นดินเดิมโดยผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีค่าความแกร่งและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจึงทำให้การกระจายน้ำหนักของล้อลงบนดินที่รองรับเป็นบริเวณกว้าง ส่วนความสามารถในการถ่ายน้ำหนักในผิวจราจรแบบยืดหยุ่นจะเกิดจากการถ่ายน้ำหนักผ่านมวลระบบชั้นเป็นสำคัญ [8]

นอกจากนี้ผิวจราจรแบบคอนกรีตยังมีข้อได้เปรียบกว่าผิวจราจรแบบยืดหยุ่นอยู่หลายประการคือ

– ผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีค่าความแข็งแรงสูงกว่าผิวจราจรแบบยืดหยุ่นโดยเฉพาะความแข็งแรงเฉือนนั้นผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีค่าสูงกว่า นอกจากนี้แล้วในสภาวะที่ถูกกระทำด้วยน้ำหนักและการบดทับที่เท่ากันผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีความแข็งแรงมากกว่า

– สภาพการต้านน้ำมัน ผิวหน้าของการจราจรแบบยืดหยุ่นมักจะเสียหายได้ง่ายเมื่อมีการหกของน้ำมันที่ใช้สำหรับอากาศยาน ในขณะที่ผิวจราจรแบบคอนกรีตจะไม่เกิดความเสียหายดังกล่าว

– อายุการใช้งาน ผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าผิวจราจรแบบยืดหยุ่น

– การบำรุงรักษา ผิวจราจรแบบยืดหยุ่นแม้ว่าจะทำการซ่อมแซมได้ง่ายกว่าก็ตามแต่ผิวหน้าของการจราจรมักเสียหายได้ง่ายจึงต้องทำให้มีการเสริมความหนาในระยะเวลาอันสั้น ในขณะที่ผิวจราจรแบบคอนกรีตจะมีความยุ่งยากในการซ่อมแซมมากกว่าแต่ทว่าไม่ค่อยเกิดความเสียหายซึ่งจะทำให้ไม่ต้องทำการเสริมความหนาบ่อยๆ

ตาราง 3.1 ข้อดี-ข้อเสียของสภาพการใช้งานของผิวจราจรแบบคอนกรีตและแบบยืดหยุ่น

ข้อพิจารณา	ผิวจราจรแบบยืดหยุ่น	ผิวจราจรแบบคอนกรีต
1. ความแข็งแรง	– มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำโดยเฉพาะในกรณีที่เครื่องบินเลี้ยวกลับล่า – ความแข็งแรงจะเสื่อมสภาพเร็วกว่าผิวจราจรแบบคอนกรีตโดยเฉพาะเมื่อมีจำนวนการบดทับสูง	– มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยสูงกว่า – ในสภาวะที่ถูกกระทำด้วยน้ำหนักและการบดทับเหมือนกันจะมีความแข็งแรงมากกว่า
2. สภาพการกระจายน้ำหนัก	– เมื่อมีน้ำหนักมากระทำยังผิวจราจรจะทำให้เกิด Local Stress ที่สูงจึงทำให้มีการทรุดตัวที่มากกว่า	– เนื่องจากความสามารถในการถ่ายน้ำหนักของผิวจราจรแบบนี้ขึ้นกับความแข็งแรงของคอนกรีตเป็นสำคัญ และน้ำหนักที่กระทำจะแผ่กระจายลงเป็นบริเวณกว้างทำให้มีการทรุดตัวน้อย
3. สภาพการต้านน้ำมัน	– เกิดความเสียหายของผิวหน้าได้ง่ายเนื่องจากการหกหรือหยดของน้ำมันที่ใช้กับเครื่องบิน	– ไม่เกิดความเสียหายขึ้นเมื่อโดนน้ำมัน

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ข้อพิจารณา	ผิวจราจรแบบยืดหยุ่น	ผิวจราจรแบบคอนกรีต
4. สภาพการขับขี่	– มีสภาพการขับขี่ที่ดียกเว้นเมื่อผิวจราจรเสียหายมาก	– ตรงบริเวณรอยต่อของแผ่นคอนกรีตมักไม่ค่อยเรียบจึงทำให้สภาพการขับขี่ไม่ดี
5. การแตกร้าว	– สภาพการแตกร้าวมักไม่ค่อยเกิดขึ้นในผิวจราจรชนิดนี้ยกเว้นเมื่อสภาพของโครงสร้างฐานรากอยู่ในสภาพที่ไม่ดี	– อาจจะเกิดขึ้นได้แม้ว่าโครงสร้างของฐานรากอยู่ในสภาพที่ดี
6. Skid Resistance	– มีความยุ่งยากที่จะทำให้ผิวหน้ามีลักษณะขรุขระเพียงพอที่จะต้านทานการเลื่อนไถล	– สามารถทำให้ผิวหน้าของการจราจรมีลักษณะที่จะต้านทานต่อการลื่นไถลได้ง่ายกว่าผิวจราจรแบบยืดหยุ่น
7. การบำรุงรักษา	– มักเกิดความเสียหายแก่ผิวหน้าของการจราจรได้ง่ายจึงต้องซ่อมแซมอยู่เสมอ	– ความเสียหายของผิวจราจรมักไม่ค่อยเกิดขึ้น
	– มักต้องทำการเสริมความหนาของผิวจราจรในระยะเวลาอันสั้น	– นาน ๆ ครั้งจึงจะมีการเสริมความหนา
	– ง่ายต่อการซ่อมแซม	– มีความยุ่งยากในการซ่อมแซม

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ข้อพิจารณา	ผิวจราจรแบบยืดหยุ่น	ผิวจราจรแบบคอนกรีต
8. การก่อสร้าง	– ใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่าผิวจราจรแบบคอนกรีต – ในการก่อสร้างใช้แบบในยาวเพียงอย่างเดียว	– ใช้เวลาในการก่อสร้างสั้นกว่า – ต้องใช้แบบทั้งในแนวยาวและในแนวสั้นในการก่อสร้าง
9. อายุการใช้งาน	– มีอายุการใช้งานสั้นกว่าผิวจราจรแบบคอนกรีต	– มีอายุการใช้งานนานกว่า

– การต้านทานการสึนไถล ผิวจราจรแบบคอนกรีตนั้นสามารถทำให้ผิวหน้าของการจราจรมีลักษณะที่จะต้านทานการสึนไถลได้ง่ายกว่า

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ข้อแตกต่างของการเสริมความหนาทั้งสองลักษณะและรายละเอียดอื่นๆ ยังได้แสดงไว้ในตาราง 3.1

3.5 วิธีการออกแบบความหนาของผิวจราจรที่เหมาะสม

จากการศึกษาวิธีการออกแบบความหนาผิวจาราจรแบบคอนกรีตตามวิธีการของ Corps of Engineers FAA PCA และ French Method นั้นพอสรุปผลการเปรียบเทียบออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ตามลักษณะของระบบผิวจราจรแบบคอนกรีตซึ่งจะแบ่งออกได้เป็นสามส่วนคือ ส่วนของดินเดิม (Subgrade) ส่วนชั้นรองพื้นทาง (Subbase) และส่วนของแผ่นคอนกรีต (Concrete Pavement) ซึ่งแต่ละวิธีการออกแบบต่างก็ได้ให้ข้อกำหนดของการออกแบบในลักษณะที่เหมือนกันและแตกต่างกันออกไป ในส่วนของดินเดิมนั้นแต่ละวิธีต่างก็มีการจำแนกชนิดของดินเดิมแตกต่างกันออกไป ส่วนการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินเดิมนั้นทั้ง 4 วิธีต่างก็ใช้วิธีการทดสอบคล้าย ๆ กัน นอกจากนี้แล้วก็ยังมีข้อกำหนดในกรณีหน้าหนาวซึ่งน้ำในดินเดิมกลายเป็นน้ำแข็ง สำหรับในส่วนของชั้นรองพื้นทางทั้ง 4 วิธีต่างก็มีจุดประสงค์ในการใช้งานของชั้นรองพื้นทาง คล้าย ๆ กันเช่น เพื่อปรับปรุงค่า k ให้ดีขึ้น ป้องกันการทะลัก (Pumping) หรือเพื่อให้มีสภาพการรับน้ำหนักของดินที่เป็นระเบียบเป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังได้มีการใช้ชั้นพื้นทางที่มีการปรับปรุงคุณภาพ (Treaded Base) เช่นเดียวกัน สำหรับในส่วนของแผ่นคอนกรีตทั้ง 4 วิธีต่างก็มีรากฐานในการวิเคราะห์หาค่าความหนาของผิวจราจรด้วยการวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นคอนกรีตโดยใช้ทฤษฎีของ Westergaard เป็นหลักโดย FAA PCA และ French Method กำหนดให้มีการวิเคราะห์ค่าของความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นคอนกรีตโดยมีลักษณะที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีน้ำหนักมากระทำยังส่วนในของแผ่นคอนกรีต (Interior Loading) ส่วน Corps of Engineers กำหนดให้มีการวิเคราะห์หาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นคอนกรีตโดยมีลักษณะของน้ำหนักมากระทำยังบริเวณริมขอบของแผ่นคอนกรีต (Edge Loading) ส่วนค่ากำลังเบนของคอนกรีตที่ใช้ทั้ง 4 วิธีต่างใช้ค่ากำลังเบนของคอนกรีตที่ 90 วันเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีข้อแตกต่างและเหมือนกันในด้านอื่น ๆ อีกเช่นค่าตัวประกอบปลอดภัย ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเดิมซึ่งทั้ง 4 วิธีต่างก็ใช้ค่า k ที่ได้จากการทดสอบเพลทแบริ่งมาทำการออกแบบ สำหรับปริมาณการ

จราจรทั้ง 4 วิธีต่างใช้เครื่องบินที่จะมีผลต่อการออกแบบสูงสุด (Critical Aircraft Design) มาทำการออกแบบยกเว้นวิธีของ PCA ซึ่งมีวิธีคิดปริมาณการจราจรในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปคือพิจารณาปริมาณการจราจรในลักษณะที่ปะปนกัน (Mix Traffic) มาใช้ในการออกแบบ สำหรับรายละเอียดข้อเปรียบเทียบของความแตกต่างดังกล่าวได้แสดงไว้ในตาราง 3.2 3.3 3.4 และรูป 3.2

นอกจากนี้ในตาราง 3.5 จะแสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบค่าความหนาของผิวจราจรโดยได้กำหนดให้ใช้ข้อมูลในการออกแบบต่าง ๆ ดังนี้คือ

– ชนิดของเครื่องบิน ชนิดของเครื่องบินที่ใช้เป็นตัวอย่างประกอบไปด้วยเครื่องบินสามแบบคือ โบอิ้ง 707 ซึ่งมีน้ำหนักทั้งหมด 326,000 ปอนด์และมีลักษณะของกลุ่มล้อหลักเป็นแบบทวิน–แทนแดม แบบที่สองเป็นเครื่องบินดีซี–8 ซึ่งมีน้ำหนักทั้งหมดรวม 310,000 ปอนด์และมีลักษณะของกลุ่มล้อหลักแบบทวิน–แทนแดม และแบบที่สามเป็นเครื่องบินโบอิ้ง 747 ซึ่งมีน้ำหนักทั้งหมดรวม 700,000 ปอนด์และมีกลุ่มล้อหลักเป็นแบบดับเบิ้ล–ทวิน–แทนแดม

– ระดับของปริมาณการจราจร ได้จัดแบ่งระดับของปริมาณการจราจรออกเป็นสองลักษณะคือ ลักษณะแรกกำหนดให้มีระดับของปริมาณการจราจรอยู่ในเขตจำกัดคืออยู่ในระดับต่ำ (Limited Number of Operations) โดยมีเครื่องบินโบอิ้ง 707 และ ดีซี–8–55 เป็นตัวอย่างในการออกแบบ สำหรับระดับของปริมาณการจราจรในลักษณะนี้ Corps of Engineers กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5,000 Coverages ส่วนวิธีของ FAA กำหนดให้มีค่า Annual Equivalent Departures of Critical Aircraft ไม่เกิน 1,200 และวิธีของ French Method จะกำหนดให้มีค่า Total Equivalent Traffic ไม่เกิน 10 Movements ต่อวัน ส่วนในลักษณะที่สองกำหนดให้มีระดับของปริมาณการจราจรอยู่ในระดับสูง (Large Number of Operations) ซึ่งในลักษณะนี้จะมีเครื่องบินโบอิ้ง 747 เป็นตัวอย่างในการออกแบบ สำหรับระดับปริมาณการจราจรในลักษณะนี้ Corps of Engineers กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 25,000 Coverages ส่วนวิธีของ FAA กำหนดให้มีค่า Annual Equivalent Departures of Critical Aircraft มากกว่า 6,000 และวิธีการของ French Method กำหนดให้มีค่า Total Equivalent Traffic ไม่เกิน 10 Movements ต่อวันเช่นกัน

I 18209956

– ตัวประกอบปลอดภัย ค่าตัวประกอบปลอดภัยที่ใช้ในการออกแบบสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของระดับปริมาณการจราจรเช่นกัน ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ออกแบบความหนาของผิวจราจรในบริเวณ Critical Area โดยกรณีที่มีระดับของปริมาณการจราจรต่ำ FAA กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.75 PCA กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.70 French Method กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.80 ส่วน Corps of Engineers กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.54 ส่วนในกรณีที่มีระดับของปริมาณการจราจรสูง FAA และ PCA กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2.00 ส่วน French Method และ Corps of Engineers ยังกำหนดให้ใช้ค่าตัวประกอบปลอดภัยเช่นเดียวกันกับกรณีเมื่อมีระดับของปริมาณการจราจรต่ำ

– ค่า k ในการออกแบบความหนาทั้ง 4 วิธีกำหนดให้มีค่า k ออกแบบเท่ากับ 300 pci. เมื่อมีระดับของปริมาณการจราจรอยู่ในระดับต่ำ และกำหนดให้ใช้ค่า k ออกแบบเท่ากับ 400 pci. เมื่อมีระดับของปริมาณการจราจรอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้แล้วค่า k ที่ใช้ในการออกแบบนั้น Corps of Engineers ได้กำหนดให้มีการปรับแก้ค่า k ในกรณีของ Saturation Base โดยใช้ผลการทดสอบ Consolidation ซึ่งCorps of Engineers กำหนดให้มีการปรับแก้ค่าในทั้งสองลักษณะของระดับปริมาณการจราจร ส่วนการปรับแก้ดังกล่าว FAA ได้นำมาใช้เฉพาะกรณีที่มีระดับของปริมาณการจราจรอยู่ในระดับสูง

– ค่ากำลังของคอนกรีต ในการออกแบบทั้งสี่วิธีกำหนดให้ใช้ค่ากำลังเบนของคอนกรีตเท่ากับ 700 psi.

จากผลของการออกแบบทั้งสี่วิธีจะเห็นได้ว่าค่าความหนาของแผ่นคอนกรีตที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันโดยในกรณีที่มีระดับของปริมาณการจราจรต่ำ ค่าความหนาที่ได้จากเครื่องบินโบอิ้ง 707 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 11.3–12.4 นิ้ว และค่าความหนาที่ได้จากเครื่องบินดีซี–8–55 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 11.00–12.30 นิ้ว สำหรับวิธีการของ FAA นั้นค่าความหนาในวงเล็บจะเป็นค่าความหนาที่ได้จากแผนภูมิที่จัดพิมพ์ขึ้นหลังปีค.ศ.1970 ซึ่ง FAA ได้ปรับปรุงขึ้นมาใหม่เมื่อมีการคำนึงถึงระดับของปริมาณการจราจรที่สูงมากขึ้น ส่วนในกรณีที่มีระดับของปริมาณการจราจรสูงค่าความหนาออกแบบที่ได้จากเครื่องบินโบอิ้ง 747 จะมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 12.4–13.0 นิ้ว

การที่ค่าความหนาของผิวจราจรจากวิธีการออกแบบดังกล่าวทั้ง 4 วิธีต่างมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแต่ละวิธีการออกแบบต่างได้มีการพัฒนาและปรับปรุงมาจากทฤษฎีและวิธีการออกแบบผิวจราจรของสนามบินโดย Westergaard และ Pickett & Ray ซึ่งทั้งสองต่างก็ได้พัฒนาและปรับปรุงแผนภูมิสำหรับการวิเคราะห์ค่าของความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นของคอนกรีตในเมื่อมีน้ำหนักของล้อมากระทำในลักษณะต่างๆ กัน อีกทั้งแต่ละวิธีการออกแบบยังได้มีการกำหนดค่าตัวประกอบของตัวแปรต่างๆ ทั้งที่มีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างกันออกไป อันจะทำให้ค่าความหนาที่ได้ออกมามีค่าใกล้เคียงกัน[9] ดังได้เปรียบเทียบไว้ในรูป 3.2 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละวิธีการออกแบบจากค่าความหนาของผิวจราจรแล้วย่อมไม่สามารถกำหนดได้ว่าวิธีการใดจะเหมาะสมต่อการออกแบบมากที่สุด ดังนั้นวิธีการออกแบบที่เหมาะสมต่อการออกแบบความหนาของผิวจราจรแต่ละสนามบินยังจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ อีกอันได้แก่

- ความชำนาญของผู้ออกแบบและบุคคลหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ โดยผู้ออกแบบและบุคคลที่เกี่ยวข้องมีความชำนาญกับวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ของการออกแบบของวิธีการใดวิธีการหนึ่งแล้วย่อมทำให้ผลของการออกแบบมีค่าถูกต้องแน่นอน
- ความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์และวัสดุต่าง ๆของการออกแบบทั้งนี้เนื่องจากในการออกแบบบางวิธีจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษบางอย่างเช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งในบางครั้งไม่สามารถจัดหามาได้หรือมีความยุ่งยากในการจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆดังกล่าวซึ่งจะทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
- ความแพร่หลายของแต่ละวิธีการออกแบบ เพราะวิธีการออกแบบที่เป็นที่นิยมกันนั้นย่อมง่ายต่อการจัดหาอุปกรณ์และรายละเอียดของคู่มือการออกแบบซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อกำหนด ตาราง และแผนภูมิของการออกแบบ
- ลักษณะขององค์ประกอบเดิมเช่น วิธีที่ใช้ในการออกแบบความหนาเดิม
- ความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ

ตาราง 3.2 Comparison of Subgrade Requirments

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
การจำแนกชนิดของดิน					
Unified	x				
FAA System		x		NA#	# Not Available
AASHO or other			x		See PCA Primer
การทดสอบคุณสมบัติของดิน					
Atterberg Limit	x	x	x		
Mechanical Analysis	x	x	x		
Other Tests	x	x	x	x	
ข้อกำหนดในการบดอัด					M=Modified Proctor
Granular Soil	*	M	S	NA	S=Standard Proctor
					* See CE55
Fine Gained Soil	*	**	S	M	** See T611, FAA Specifications
Frost Criteria	x	x	x	x	Requirements Differ

ตาราง 3.3 Comparison of Subbase Requirments

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
จุดประสงค์ของการใช้งาน					
Provide Uniform Bearing	x	x	x	x	
Replace Soft or Expensive Soils	x	x		NA	
Protect Subgrade	x	x		NA	
Construction Platform	x	.....	Recognized	.....	
To Improve k-Value	x	x	x	x	
Prevent Pumping	x	x	x	x	
ค่าความหนาต่ำสุด (นิ้ว)					
Untreated Base	4	4	4 +	NA	+ for poor drainage
			6 ++		++ for other than Ra subgrade
Treated Base		4 (P201)	4	NA	
		6 (P304)			

ตาราง 3.3 ต่อ

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
ความหนาแน่น					
Standard		100%	100% +	NA	T-99
Modified	Top 6"-100% Below-95%	100% **		NA	T-180 or CE 55
ผลประโยชน์ที่ได้รับ(Treated Base)					
Improve Load Transfer			x	NA	
Platform for Slipform Paver			x	NA	
Impermeable Layer		x	x	NA	

** Aircraft over 30,000 lb.
NA Not Available

ตาราง 3.4 Comparison of Pavement Thickness Design Method

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
ลักษณะการวิเคราะห์					
Interior Loading		x	x	x	
Edge Loading	x				Assumes 25 % Load Transfer
โมดูลัสแตกร้าว (M.R.)					
- 3rd Point Loading					
28 day flexural strength					
90 day flexural strength	x	x	x	x	
ค่าองค์ประกอบปลอดภัย					
Working Stress, $f_s = \frac{M.R.}{S.F.}$					
Critical Areas (S.F.)	1.54	1.75to2.00*	1.70to2.00	1.8or2.6**	*2.0 when annual cri. departures > 6,000 ** 2.6 when absence of such device or supporting media

ตาราง 3.4 ต่อ

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
Noncritical Areas (S.F.)	1.3	0.9T*	1.50to1.70	1.80to2.60	*T=thickness of critical area *Design load would be reduced in each pavement facility
ชั้นรองพื้นทาง					
Assumed k-value, pci			300		See FAA method
or, k-value determined by plate loading	x	x	x	x	
การใช้เหล็ก					
Reduction in slab thickness permitted for specified steel %	Yes	No	No	NA	
Aircraft Geat Spacing and Wheel Contact Area					
Actual	x	x	x	x	
Assumed		x			

ตาราง 3.4 ต่อ

ITEM	CORPS OF ENGINEER	FAA	PCA	FRENCH METHOD	NOTE
การหาค่า k ด้วยการใช้เพลท ขนาด ø 30"					
Assumed		x			
or MIL-STD-621, 104	x	x		NA	Corrected bend.+sat
or ASTM Method			x		Corrected bend.
ปริมาณการจราจร					
Coverage Levels					
Critical Areas	25,000				
Noncritical Areas	50,000				
Safety Factor		x	x		
or Corected Load				x	Correction factor, C
ปริมาณการจราจรเทียบเท่าออกไป ที่ใช้ในการออกแบบ		x		x	
Critical Aircraft	x	x	x	x	
Mix Design Traffic			x		Use of fatique procedure

ตาราง 3.5 การเปรียบเทียบค่าความหนาของผิวจราจร
(MR. = 700 psi., k = 400 pci.)

Thickness Design Method[a] (1)	Concrete Slab Thickness in Inches		
	Case 1[b] Limited No. of Operations		Case 2[b] Large No. of Operations
	Boeing 707c (2)	Douglas DC-8c (3)	Boeing 747c (4)
Corps of Engineers	11.3	11.0	12.9
FAA Method	11.8 (13.5)	11.5 (13.1)	13.0
PCA Method	12.0	12.0	12.5
French Method	12.4	12.3	12.4

a. Design Charts

Corps of Engineers: Reference 6

FAA: Reference 9

PCA: PCA published charts for B-707, DC-8, B-747.

French Method: Reference 2

b. Case1 - Limited Number of Operations

Corps of Engineers: 5,000 coverages, corrected k-value = 250 pci, concrete strength = 700 psi(90 days).

FAA: safety factor = 1.75, k-value = 300 pci, concrete strength = 700 psi(90 days).

PCA: minimum safety factor for critical area = 1.7, k-value = 300 pci, concrete strength = 700 psi(90 days).

French Method: safety factor = 1.8, k-value = 300 pci, concrete strength = 700 psi(90 days).

Case2 - Large Number of Operations (same concrete strength as Case1)

Corps of Engineers: 25,000 coverages, corrected k-value = 350 pci.

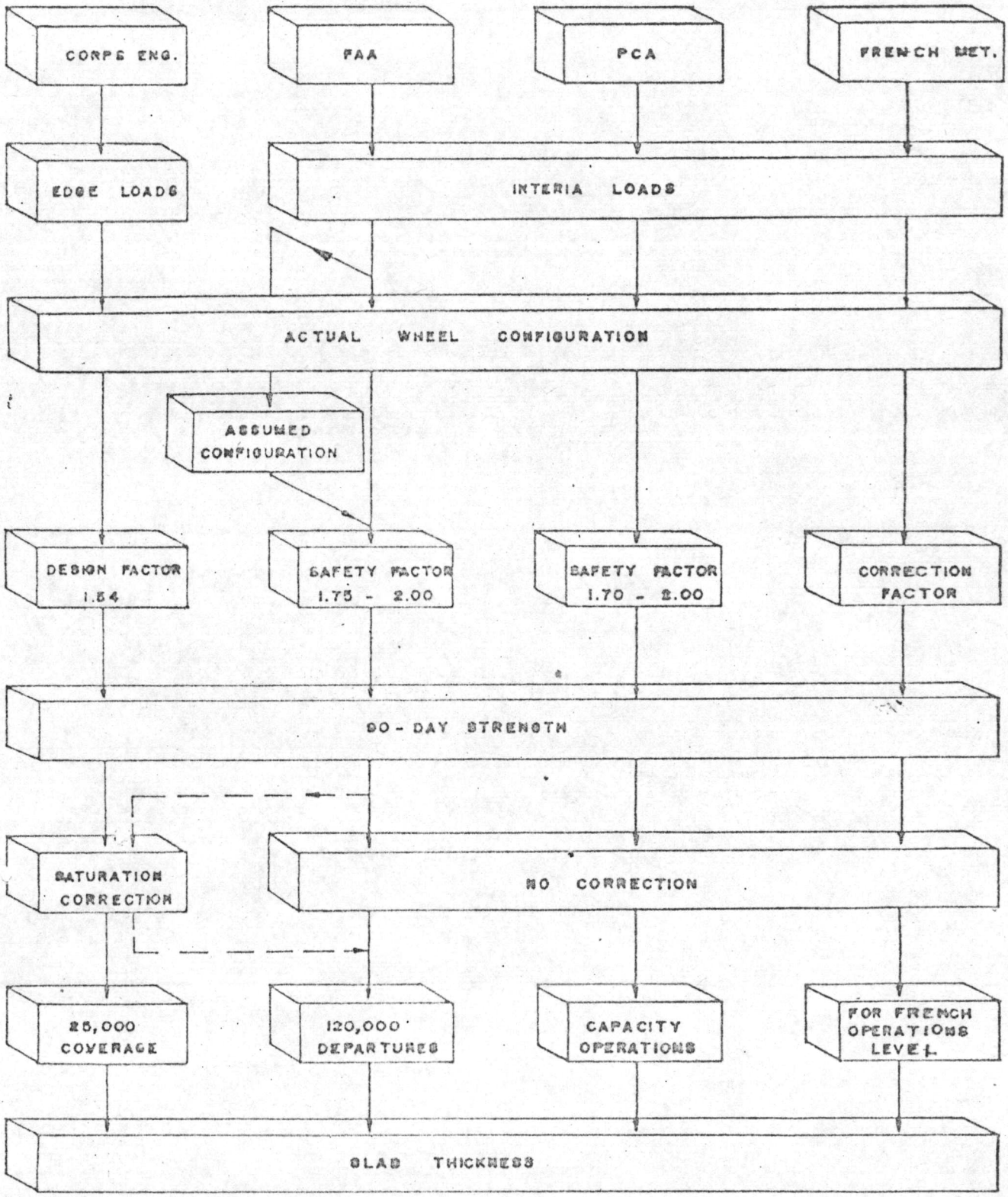
FAA: safety factor = 2.0, corrected k-value = 350 pci.

PCA: safety factor = 2.0, corrected k-value = 400 pci.

French Method: safety factor = 1.8, k-value = 400 pci.

c. Aircraft Loadings	B-707	DC-8	B-747
Gross Wt., lb.	326,000	310,000	700,000
Gear Load, lb.	155,000	147,000	165,000
Tire Contact Area, sq.in.	218	220	204
Wheel Spacing, in.	34x56	30x55	44x58
Wheel Arrangment	Twin Tandam	Twin Tandam	Double Twin Tandam

รูป 3.2 ขั้นตอนและข้อกำหนดของการออกแบบ



3.6 ข้อพิจารณาในการออกแบบเสริมความหนาแบบคอนกรีต

ในการออกแบบเสริมความหนาด้วยผิวจราจรแบบคอนกรีตนั้นก็มีหลักการคล้ายกับการออกแบบเสริมความหนาด้วยผิวจราจรแบบยืดหยุ่น โดยค่าความหนาของชั้นที่นำมาเสริมนั้นส่วนใหญ่จะได้มาจากค่าความสัมพันธ์ของความแตกต่างระหว่างความหนาของผิวจราจรเดิมกับค่าความหนาของผิวจราจรใหม่ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างได้ทำการศึกษาและสรุปความสัมพันธ์ดังที่กล่าวไว้ซึ่งพอที่สรุปการออกแบบเสริมความหนาในกรณีต่าง ๆ ได้ดังนี้คือ

1. การเสริมความหนาแบบคอนกรีตบนผิวจราจรเดิมแบบยืดหยุ่น ในการออกแบบเสริมความหนาของผิวจราจรในลักษณะนี้ Corps of Engineers[10] และ FAA ต่างได้กำหนดให้ทำการออกแบบความหนาที่จะนำมาเสริมเช่นเดียวกับการออกแบบความหนาของผิวจราจรแบบคอนกรีตตามปกติ โดยให้ผิวจราจรแบบยืดหยุ่นเดิมเป็นชั้นรองพื้นทางของผิวจราจรแบบคอนกรีตที่จะนำมาเสริมใหม่ ค่า k ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบนั้นจะได้จากการทดสอบเพลทแบริ่งเทสต์บนผิวจราจรเดิมซึ่ง Corps of Engineers ได้ให้ข้อกำหนดสำหรับค่า k ที่ใช้ในการออกแบบนั้นมีค่าไม่ควรเกิน 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิระหว่างทำการทดสอบเพื่อหาค่า k นั้นควรจะเป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดในรอบปี

2. การเสริมความหนาแบบคอนกรีตบนผิวจราจรเดิมแบบคอนกรีต ในการหาค่าความหนาของชั้นที่จะนำมาเสริมนั้นต่างก็มีวิธีการต่าง ๆ กันออกไปตามลักษณะของการก่อสร้างซึ่งแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

– ทำการเสริมความหนาลงบนผิวจราจรเดิมโดยตรง วิธีการนี้จะเหมาะสมต่อการเสริมความหนาเมื่อผิวจราจรเดิมอยู่ในสภาพดี โดยการก่อสร้างนั้นจะไม่มีวัสดุเสริม (Seperation Course) ระหว่างผิวจราจรใหม่และผิวจราจรเดิม สูตรที่ใช้โดยทั่วไปคือ

$$h_r = \sqrt[1.4]{h^{1.4} - C.h_e^{1.4}} \qquad 3.1$$

h_r = ความหนาของชั้นที่จะนำมาเสริม, นิ้ว

h = ความหนาของผิวจราจรใหม่, นิ้ว

h_e = ความหนาของผิวจราจรเดิม, นิ้ว

C = ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงสภาพโครงสร้างของผิวจราจร

= 1 เมื่อผิวจราจรอยู่ในสภาพดี

= 0.75 เมื่อสภาพของผิวจราจรไม่มีการเสียหายมาก โดยลักษณะของการเสียหายได้แก่ รอยแตกบริเวณมุมของแผ่นคอนกรีตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุก

= 0.35 เมื่อสภาพของผิวจราจรอยู่ในสภาพที่เสียหายมาก เช่นมีการแตกหรือหักของแผ่นคอนกรีตโดยทั่วไป

สำหรับสูตร 3.1 นี้ ได้รับการพัฒนาโดย Corps of Engineers โดยได้เรียกการเสริมความหนาในลักษณะนี้ว่า Bonded condition ส่วน PCA[5] และ French Method[11] ต่างก็ใช้สูตร 3.1 เช่นเดียวกัน โดย PCA ได้เรียกการเสริมความหนาในลักษณะนี้ว่า Partially bonded overlay.

$$h_r = \sqrt{h^{1.87} - C.h_e^{2}} \qquad 3.2$$

(สัญญลักษณ์เช่นเดียวกับสูตร 3.1)

สำหรับสูตร 3.2 นั้นเป็นสูตรที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงโดย FAA, CDOT and Department of the Navy ซึ่งได้กำหนดค่าความหนาที่จะต้องทำการเสริมไว้อย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 6 นิ้ว

เนื่องจากในการออกแบบนั้นเราได้กำหนดให้ค่ากำลังเบน (Flexural Strength) ของคอนกรีตที่จะใช้ในการเสริมความหนานั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังเบนของคอนกรีตในผิวจราจรเดิม แต่ถ้าค่ากำลังเบนของคอนกรีตทั้งสองนี้แตกต่างกันเกิน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้ว Corps of Engineers และ FAA[12] ก็ได้ให้สูตรไว้เป็นกรณีพิเศษคือ

$$h_r = \sqrt[1.4]{h^{1.4} - C.\left(\frac{h.h_e}{h_b}\right)^{1.4}} \qquad 3.3$$

h_b = ความหนาของผิวจราจรใหม่เมื่อใช้ค่า Working Stress ของผิวจราจรเดิม, นิ้ว

— ทำการเสริมความหนาลงบนผิวจราจรเดิมโดยมีวัสดุเสริม

ในการเสริมความหนาในลักษณะนี้จะมีชั้นของอัสดุเสริมอยู่ระหว่างผิวจราจรเดิมและผิวจราจรที่จะทำการเสริมใหม่ ซึ่งวิธีการนี้จะเหมาะสมเมื่อสภาพของผิวจราจรเดิมอยู่ในสภาพเลวหรือในสภาพที่ผิวการจราจรไม่สม่ำเสมอ สำหรับความหนาของการเสริมในลักษณะนี้ปกติแล้วจะมีความหนามากกว่าการเสริมในลักษณะแรก

$$h_r = \sqrt{h^2 - C.h_e^2} \qquad 3.4$$

(สัญญลักษณ์ใช้เหมือนกับสูตร 3.1)

ซึ่งสูตร 3.4 นี้ ได้รับการปรับปรุงและยอมรับจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น Corps of Engineers, PCA, FAA, CDOT, Department of Navy and French Method

โดย PCA ได้เรียกการเสริมในสภาพนี้ว่า Unbonded Overlay ส่วน Corps of Engineers เรียกว่า Nonbonded Condition

สำหรับข้อกำหนดในการออกแบบนั้น CDOT ได้กำหนดค่าความหนาที่จะต้องทำการเสริมไว้อย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 23 ซม. หรือ 9 นิ้ว และเช่นเดียวกับการเสริมความหนาลงบนผิวจราจรโดยตรง หากค่ากำลังเบนของคอนกรีตในผิวจราจรเดิมกับของคอนกรีตที่จะใช้ในการเสริมความหนาใหม่นั้นมีค่าแตกต่างกันมากกว่า 100 ปอนด์/ตร.นิ้ว^2 แล้ว Corps of Engineers และ FAA ต่างก็ได้ให้สูตรไว้เป็นกรณีพิเศษด้วย

$$h_r = \sqrt{h^2 - C.\left(\frac{h}{h_e} . h_e\right)^2} \qquad 3.5$$

(สัญญลักษณ์ใช้เหมือนกับสูตร 3.1)

-ทำการเสริมความหนาลงบนผิวจราจรเดิมโดยทำความสะอาดและปรับปรุงผิวจราจรเดิมเสียใหม่ด้วย Bonding Agent หรืออาจจะเป็น Sand Cement Grout หรือ Epoxy Mixture ซึ่งการเสริมความหนาในลักษณะนี้ PCA ได้เรียกว่า Bonded Overlay โดยการออกแบบความหนาของผิวจราจรใหม่นั้นจะอาศัยค่ากำลังเบนของผิวจราจรเดิม ทั้งนี้เนื่องจากผิวจราจรเดิมและผิวจราจรใหม่ที่ได้ทำการปรับปรุงก่อนที่จะทำการเสริมความหนานั้น ต่างก็จะมีพฤติกรรมแบบ Monolithic.

$$h_r = h - h_e \qquad 3.6$$

(สัญญลักษณ์ใช้เหมือนกับสูตร 3.1)

สำหรับการออกแบบเสริมความหนาในลักษณะนี้จะให้ความหนาของชั้นที่จะต้องทำการเสริมนั้นบางที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบใน 2 ลักษณะข้างต้น

3.7 การเสริมเหล็ก

การเสริมเหล็กในผิวจราจรแบบคอนกรีตนั้นมีจุดประสงค์หลักอยู่สามประการคือ เพื่อการถ่ายน้ำหนัก ควบคุมการแตกร้าว และเพื่อการยึดเกาะของแผ่นคอนกรีต เนื่องจากแผ่นคอนกรีตจะถูกกระทำด้วยการบดทับของน้ำหนักล้อทำให้เกิดการโค้งงอหรือการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแผ่นคอนกรีตอันเนื่องมาจากตัวแปรต่าง ๆเช่นความหนาของแผ่นคอนกรีต การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตและเหล็กเป็นต้น จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวสามารถแบ่งลักษณะการเสริมเหล็กออกเป็นสามลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. เหล็กตะแกรง (Distributed Steel) ใส่เพื่อควบคุมการแตกร้าวของแผ่นคอนกรีตทั้งในแนวขวางและแนวยาวแต่การควบคุมในที่นี้มิใช่ป้องกันไม่ให้แผ่นคอนกรีตแตกแต่ควบคุมในเมื่อคอนกรีตแตกร้าวแล้วให้รอยแตกร้าวนั้นมีความกว้างเท่าเดิมมิให้แยกไปกว่าเดิมอีก สำหรับเหล็กตะแกรงนี้มิได้ใส่เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นคอนกรีต โดยทั่วไปปริมาณของเหล็กที่ใช้จะมีค่าประมาณ 0.05–0.3 เปอร์เซนต์ของพื้นที่หน้าตัดผิวจราจร สำหรับ PCA ได้ให้สูตรไว้ดังนี้คือ

$$A = \frac{L.Cf.w.h}{24f_s}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กต่อความยาว 1 ฟุตของความกว้างของผิวจราจร, ตารางนิ้ว

L = ความยาวของแผ่นคอนกรีต, ฟุต

Cf = สัมประสิทธิ์ของความต้านทานของดินเดิมกับการเคลื่อนที่ของแผ่นคอนกรีต

w = น้ำหนักของแผ่นคอนกรีต, ปอนด์ต่อตารางฟุต

h = ความหนาของแผ่นคอนกรีต, นิ้ว

f_s = แรงที่ยอมให้ในเหล็ก

2. เหล็กยึดคอนกรีต (Tie bar) เพื่อยึดแผ่นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อของแผ่นคอนกรีตให้ติดกันแต่มิใช่เพื่อการถ่ายน้ำหนักแต่ในบริเวณรอยต่อที่ใช้เหล็กยึดแผ่นคอนกรีตจะออกแบบให้มีการถ่ายน้ำหนักในลักษณะ Aggregate Interlock หรือ Keyway ซึ่ง FCA ได้ให้สูตรไว้คือ

$$A = \frac{b.Cf.w.L}{12f_s}$$

3. เหล็กถ่ายน้ำหนัก (Dowel bar) เพื่อเป็นตัวถ่ายน้ำหนักที่กระทำยังแผ่นคอนกรีตหนึ่งไปยังอีกแผ่นหนึ่งที่บริเวณรอยต่อของแผ่นคอนกรีตทั้งสอง

ในการเสริมความหนาแบบ Bonded และ Partially Bonded ค่าความหนาที่ใช้ในการคำนวณเหล็กตะแกรงและเหล็กยึดคอนกรีตจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความหนาของแผ่นคอนกรีตใหม่และแผ่นคอนกรีตเก่า ส่วนเหล็กถ่ายน้ำหนักจะใช้ค่า Equivalent Thickness