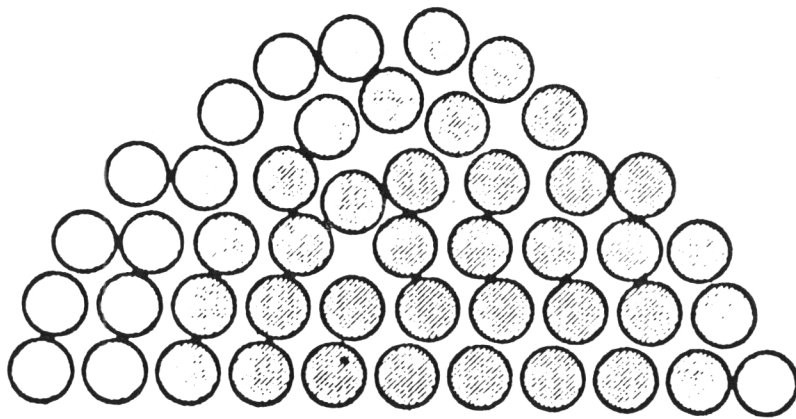


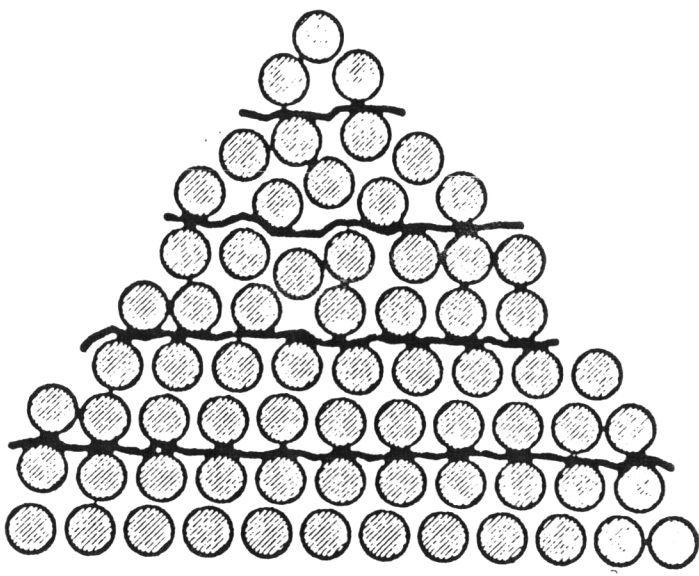
ทบทวนวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงประวัติ และความเป็นมาของการใช้วัสดุเสริมดิน ลักษณะโครงสร้างของวัสดุเสริมดิน และวิวัฒนาการในด้านการใช้งานของวัสดุเสริมดินประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงผลงานต่าง ๆ ในอดีตที่ได้มีการศึกษา และวิจัย รวมทั้งรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเสริมดิน

2.1 วิวัฒนาการของวัสดุเสริมดิน เริ่มต้นเมื่อประมาณ 20 ปีที่ผ่านมาในปี ค.ศ.1960 โดยนาย Henri Vidal ⁽¹⁾ เรื่องมีอยู่ว่า วันหนึ่งขณะที่เขากำลังพักผ่อนตากอากาศที่ชายหาด ใน Balears Island ซึ่งอยู่ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เขาได้ทำการก่อสร้างที่ชายหาดเล่น เพื่อให้เป็นแท่งสูงขึ้น และสังเกตดูความลาดเอียง ตามปกติของแท่งทราย ปรากฏว่า ความลาดเอียงที่ได้แต่ละครั้งจะมีลักษณะเหมือนกันทุกครั้งไป ตามรูป

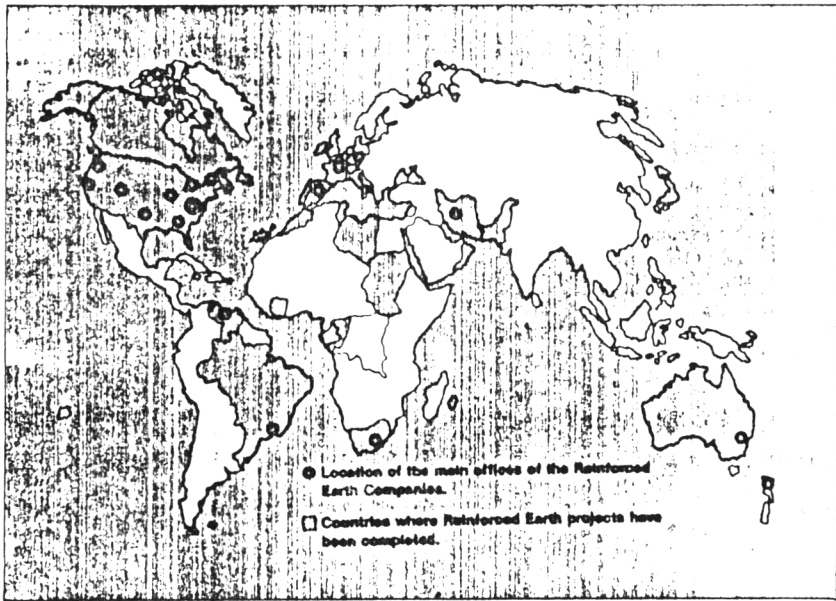


ในขณะนั้นรอบ ๆ ตัวเขามีตะปูอยู่จำนวนมาก ดังนั้นเขาจึงวางตะปูที่มีอยู่สลักับการก่อสร้างให้ เป็นแท่ง สูงขึ้นปรากฏว่าเขาสามารถก่อสร้างได้สูงกว่าตอนที่ไม่มีตะปูวาง นอกจากนี้เขาพบว่า ถ้ายิ่งใช้ตะปูจำนวนมากขึ้นเท่าไร ความสูงของแท่งทรายก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ตามรูป



จากการสังเกตความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้เขาคิดคำถามว่า "มันจะมีประโยชน์หรือไม่ในการที่จะเสริมวัสดุเสริมไว้ในทราย เพื่อให้ความลาดเอียงของแท่งทรายชันขึ้น และสามารถก่อกองแท่งทรายได้สูงขึ้น" แต่ขณะนั้นยังไม่มีตำราเล่มใดเลยที่กล่าวถึงเรื่องที่เขาได้พบเห็นมา ดังนั้นนาย Henri Vidal จึงได้เริ่มต้นทำการค้นคว้าแต่เพียงลำพัง เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุเสริมดินอย่างจริงจัง หลังจากเวลาผ่านไปได้ 3 ปี เมื่อเขาได้ทฤษฎีที่แน่นอนแล้ว จึงได้ทำการสร้างหุ่นจำลองขึ้น ด้วยการใช้กระดาษเป็นวัสดุเสริมในทรายแล้วทำการทดลองหุ่นจำลองนี้ เขาก็ได้คำตอบที่เขาต้องการ และได้บันทึกคำตอบเหล่านั้นไว้ในหนังสือเล่มหนึ่ง หนาประมาณ 200 หน้า ในปี ค.ศ. 1963 คำตอบที่เขาบันทึกไว้นั้นได้แสดงไว้ทั้ง 2 วิธี คือทางคานทฤษฎีและทางปฏิบัติ โดยทางทฤษฎีได้กล่าวถึงการรวมกันของวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ทราย (Granular material) กับวัสดุเสริม (Flexible Reinforcement) จะได้วัสดุใหม่ขึ้นอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งให้ชื่อว่า "วัสดุเสริมดิน" (Reinforced Earth) ซึ่งเป็นคำที่คล้ายคลึงกับ "วัสดุเสริมคอนกรีต" (Reinforced Concrete) ส่วนในทางปฏิบัติ นาย Henri Vidal ได้ศึกษาคุณสมบัติชนิดต่าง ๆ ของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบราคา และคุณภาพของวัสดุ ซึ่งเน้นหนักในด้านงานทาง หรืองานโครงสร้าง กำแพงกันดิน ฯลฯ

เขาได้สร้างทุนจำลอง และทำงานอีกชิ้นหนึ่งที่ Incarville ซึ่งเป็นถนนสู่ชนบทใน Normandy ซึ่งผลการทดสอบในครั้งนี้ได้เพิ่มความมั่นใจให้เขามาก เนื่องจากทุกสิ่งทุกอย่างเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ออกแบบไว้แต่แรกเริ่ม ในปี ค.ศ. 1967-1969 นาย Henri Vidal ก็ได้เริ่มงานชิ้นสำคัญที่เขาได้รอคอย นั่นคือ การสร้างทางเชื่อมระหว่าง Nice - Italy ที่เขาเสนอการก่อสร้างระบบใหม่แทนระบบเดิม ซึ่งเขาสามารถทำงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยปราศจากอุปสรรคใด ๆ ทั้งสิ้น จากความสำเร็จที่กล่าวมานี้ ทำให้โครงสร้างวัสดุเสริมดินเป็นที่แพร่หลายในประเทศฝรั่งเศส แม้แต่ในอเมริกาเองนาย Henri Vidal ก็ได้ฝากผลงานไว้ในสหรัฐอเมริกาไม่น้อยทีเดียว ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (1972-1982) มีโครงการมากกว่า 2,000 โครงการที่ใช้ระบบโครงสร้างวัสดุเสริมดิน ทั่วทุกแห่งในโลก ซึ่งคิดเป็นเนื้อที่ได้ประมาณ 1,500,000 ตารางเมตร และในปัจจุบัน โครงสร้างวัสดุเสริมดินก็ได้เป็นที่นิยม และก่อสร้างกันแทบทุกวันทั่วทุกเมือง โดยเฉพาะทางแถบทวีปยุโรปและอเมริกา ส่วนในทวีปเอเชียของเราโครงสร้างวัสดุเสริมดินยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากวิวัฒนาการด้านก่อสร้างของเรายังช้ากว่าทางคานทวีปยุโรปหรืออเมริกา แต่ก็คิดว่าในอนาคตอันใกล้ โครงสร้างวัสดุเสริมดินจะเป็นที่แพร่หลายทั้งในเอเชียและที่อื่น ๆ อย่างแน่นอน



ข้อสรุปในคอนตันของเขามือถือว่า วัสดุเสริมดินควรจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย และสามารถทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งทั้งทำการก่อสร้างได้ง่าย

2.2 ผลงานที่ได้กระทำในอดีต หลังจากที่เขาประสบความสำเร็จขั้นต้นแล้ว ข้อสำคัญที่สุดในตอนนั้นก็คือ การหาผู้กล้าหาญที่จะเป็นผู้ลงทุนทำงานชิ้นแรกโดยใช้โครงสร้างวัสดุเสริมดิน และเขาก็พบบุคคลผู้นั้นในปี ค.ศ. 1966 งานชิ้นแรกที่ออกสู่สายตาประชาชนก็คือ การสร้างกำแพงกันดินสูง 5 เมตร ใน Pyrenes Mountain โดยปราศจากความยากลำบากในการทำงาน เนื่องจากการทำงานชิ้นแรกนี้เองทำให้ นาย Henri Vidal มีโอกาสทดสอบวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เป็นแผงกันดินด้านหน้า (facing) อาทิเช่น แผ่นเหล็ก แผ่นสแตนเลส พลาสติก ไฟเบอร์กลาส ซึ่งทั้งหมดนี้เขาพบว่าพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่เหมาะกับงานโครงสร้างเสริมดิน เนื่องจากเกิดการเสียหายได้ง่าย และแตกหักมาก เมื่อนำมาติดตั้งในสถานที่ก่อสร้างในขณะเดียวกันนาย Henri Vidal ได้ทำการจดทะเบียนลิขสิทธิ์เกี่ยวกับผลงานที่เขาได้ค้นคว้า และวิจัยขึ้นในประเทศ และตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ปรากฏว่ามีผู้สนใจและสอบถามปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงสร้างวัสดุเสริมดินนี้จำนวนมาก เขาจึงได้รับเชิญให้ไปอภิปรายตามสถานที่ต่าง ๆ เกี่ยวกับความเป็นมาและความคิดริเริ่มของเขา ที่ได้ลงมือทำมาจนถึงปัจจุบัน ในการอภิปรายเขาจะเน้นลักษณะที่สำคัญประการหนึ่งของโครงสร้างวัสดุเสริมดินก็คือ เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย วัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ทรายกับวัสดุเสริม โดยปราศจากตัวเชื่อม (Glue) ใด ๆ อย่างที่พบในวัสดุอื่น เช่น คอนกรีตประกอบด้วย หิน ทราย และตัวเชื่อมคือ ซีเมนต์ เป็นต้น นอกจากนี้เขายังชี้ให้เห็นอีกว่า โครงสร้างวัสดุเสริมมีความอ่อนตัว (flexible) และสามารถปรับสภาพให้เข้ากับการเคลื่อนที่ของดินได้เป็นอย่างดี หลังจากที่เสร็จสิ้นงานชิ้นแรกแล้ว นาย Henri Vidal ก็เริ่มติดต่อกับทาง French Highway Administration เพื่อทำขั้นตอนไป ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ทาง French Highway Administration กำลังประสบกับปัญหาการออกแบบก่อสร้างทางระหว่าง Nice กับ Italy ซึ่งอยู่บนภูเขาที่มีความชันมาก ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นทะเล ทำให้การก่อสร้างโดยระบบเดิมเป็นไปได้ยากลำบาก และต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในการก่อสร้างมาก เขาพิจารณาแล้วเห็นว่าถ้าใช้โครงสร้างวัสดุเสริมดินที่คิดค้นขึ้นมาใหม่นี้ จะทำให้การก่อสร้างรวดเร็วขึ้น และประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกด้วย ดังนั้นเขาจึงได้เสนอระบบโครงสร้างวัสดุเสริมดิน เพื่อจะใช้กับงานนี้ต่อทาง French Highway Administration แต่ก่อนที่จะตัดสินใจทำงานชิ้นนี้

จากรูปในแผนที่จะพบว่าเมืองต่าง ๆ ใน 14 ประเทศต่างใช้โครงสร้างวัสดุเสริมคินกันทั้งนั้น ทั้งที่ก่อสร้างไปแล้ว และที่กำลังดำเนินการอยู่ และในขณะนี้ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีบริษัทที่รับออกแบบเกี่ยวกับงานด้านโครงสร้างวัสดุเสริมคินอยู่ 6 แห่งด้วยกันคือ ที่ Washington, Atlanta, Dallas, Denver, Sacramento, Seattle สำหรับในประเทศแคนาดาก็มีบริษัท Montreal และ Toronto, Venezuela ส่วนในเอเชียเราก็มีประเทศญี่ปุ่นที่มีบริษัทที่รับออกแบบโครงสร้างวัสดุเสริมคินอยู่ 2 บริษัทด้วยกันคือบริษัท Kawagaki กับบริษัท Sumitomo

2.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างวัสดุเสริมคินที่ผ่านมาในอดีต หลังจากที่นาย Henri Vidal ได้นำวิวัฒนาการของโครงสร้างวัสดุเสริมคินมาเผยแพร่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมา ทำให้โครงสร้างวัสดุเสริมคินมีบทบาทสำคัญ ๆ เกี่ยวกับงานทางด้านวิศวกรรมโยธาเป็นอย่างมาก จึงมีผู้สนใจ และดำเนินการวิเคราะห์ห้วงใยโครงสร้างวัสดุเสริมคินต่อจากนาย Henri Vidal อีกหลายท่าน

บุคคลกลุ่มแรกประกอบด้วย นาย Kenneth L. Lee

นาย Bobby Dean Adams

และ นาย Jean-Marie J. Vageron ทำการวิเคราะห์ และศึกษาเกี่ยวกับ
กำแพงโครงสร้างวัสดุเสริมคิน

สำหรับบุคคลกลุ่มต่อมาประกอบด้วย นาย J.R. Bell

นาย Alan N. Stillely

และ นาย Bruce Vandre

ทำการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมคินในกำแพงโครงสร้างวัสดุเสริมคิน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ของบุคคลกลุ่มแรก

ผลการวิเคราะห์วัสดุเสริมคินทั้งในทฤษฎี และปฏิบัติของบุคคลกลุ่มแรก

ได้กล่าวถึงหลักการออกแบบโครงสร้างวัสดุเสริมคินชั้นต้นไว้ดังนี้

- 1 . ให้สมมติขนาดและความยาวของวัสดุเสริมคินที่จะใช้ พร้อมกับคำนวณหาค่าหน่วยแรงดึงสูงสุด (Maximum Tensile Strength) ของวัสดุเสริมคิน
- 2 . ให้เปรียบเทียบแรงคั้นคานข้างที่กระทำต่อโครงสร้างวัสดุเสริมคินกับแรงดึงสูงสุด

ที่วัสดุเสริมสามารถจะรับได้เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุเสริมเกิดการหักก่อน เนื่องจากแรงดึงที่เกิดขึ้น

3. โทตรวจสอบความยาวของวัสดุเสริมที่ใช้ว่าเพียงพอจะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างวัสดุเสริมกับทรายรอบ ๆ วัสดุเสริม ซึ่งเป็นการป้องกันการเลื่อนไถลของแถบวัสดุเสริม เนื่องจากแรงคั้นด้านข้างที่กระทำต่อโครงสร้างวัสดุเสริมคินนี้ นอกจากนี้ยังได้ชี้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองดังต่อไปนี้

- ก. ปัญหาเรื่องการกัดกร่อน ของแถบวัสดุเสริมคิน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของคินในแต่ละท้องถิ่น
- ข. ทรายที่อัดแน่น (dense sand) กับทรายที่ไม่ได้อัดแน่น (loose sand) จึงให้ค่าผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันมากนัก
- ค. หน่วยแรงที่คำนวณได้จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียด (stress-strain) ของวัสดุทั้ง 2 ชนิด คือ ดินและวัสดุเสริม (Earth and Reinforcement)

ผลการวิเคราะห์วัสดุเสริมคินทั้งในทฤษฎี และปฏิบัติของบุคคลกลุ่มหลัง ที่กล่าวถึงมีดังต่อไปนี้

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างวัสดุเสริมคิน ได้ดัดแปลงมาจากสูตรของการวิเคราะห์ของบุคคลกลุ่มแรก โดยแทนที่จะใช้แถบเหล็กเป็นวัสดุเสริมในคิน กลับไปใช้แผ่นไฟเบอร์ (fabric) เป็นวัสดุเสริมในคินแทน สำหรับสูตรที่ใช้ก็แตกต่างกันเล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่ก็ยังคงใช้หลักการเดียวกันกับทฤษฎีเบื้องต้นของนาย Henri Vidal ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างวัสดุเสริมคินที่ใช้ไฟเบอร์เป็นวัสดุเสริม สามารถประหยัดค่าใช้จ่าย และต้นทุนในการสร้างได้มากอีกทั้งสูตรที่ใช้ในการคำนวณก็อาศัยหลักการเบื้องต้นของ Rankine ไม่มีความซับซ้อนมากมาย และให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ เมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ทำขึ้น

สำหรับปัญหาที่ยังไม่สามารถตอบได้ในเวลานั้นก็คือ

- ก. ความคงทนของวัสดุเสริมที่จะนำมาใช้งาน
- ข. อิทธิพลของวัสดุที่นำมาถมทับบนโครงสร้างวัสดุเสริมคิน
- ค. เมื่อต้องการให้โครงสร้างวัสดุเสริมคินรับ .น.จ.รจำนวนมาก ๆ
- ง. การปรับปรุงวิธีการสร้างในทาง และสะดวก