เอกสารอ้างอิง

1. W.S. Gray and G.P. Manning Concrete Water Towers Bunkers & other Elevated Structures Fifth Edition 1973
2. G.P.M. , Fice M. Conse Reinforced Concrete Reservoirs & Tanks Reprint 1972
3. A. GHALI Circular Storage Tanks And Silos First Published 1979
4. A.B. ASCH "Design Cylindrical Walls for Concentrated Annular Loads" Engineering News-Record (r.597-600) April 9, 1936
5. GEORGE S. SALTER "Design of Circular Concrete Tanks" American Socity of Civil Engineers (P. 505-532) November 5, 1852
6. W.S. GRAY Reinforced Concrete Water Tower, Bunkers, silos, and Gantries Third Edition 1953
7. CHARLES E. REYNOLD'S And JAMES C. STEEDMAN Reinforced Concrete Designer's Handbook Eighth Edition 1976.
8. George Winter and Arthur H. Nilson Design of Concrete Structures Ninth Edition, 1979
9. ACI Committee 318 "Building Code Requirement for Reinforced Concrete" American Concrete Institute, 1977
10. CP 3 : Chapter V : Part 2 "Code of Basic data for the design of buildings" Gr 10 British Standards Institution, 1972
11. CP 2007 "Design and Construction of Reinforced And Prestressed Concrete Structures for the storage of Water and other Aqueous Liquids" British Standards Institution, 1960
12. CP 114 "The Structural use of Reinforced Concrete In Buildings" British Standards Institution, 1957

ภาคผนวก ก.

ข้อกำหนดในการออกแบบถังบรรจุน้ำ

ข้อกำหนดที่ใช้ประกอบการออกแบบถังเก็บน้ำในงานวิจัยนี้ ได้แก่ CP 2007 และ CP 114 ค.ศ. 1960 ซึ่งเป็นมาตราฐานของประเทศอังกฤษส่วน ACI 1978 ซึ่งเป็นของประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้สำหรับโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของถังซึ่งมีข้อกำหนดหลักดังนี้

100 ทั่วไป (CP 2007:1960)

101 ขอบข่าย มาตราฐานนี้ได้กำหนดสำหรับถังเก็บน้ำโดยเฉพาะ ข้อแนะนำต่าง ๆ ใช้กับถังเก็บน้ำที่อุณหภูมิปกติ และกับของเหลวอื่น ๆ ที่ไม่ทำความเสียหายให้กับผนังคอนกรีต

102 ข้อแนะนำพิเศษ

(ก) ถังเก็บน้ำแบบไม่เคลือบผิวภายใน

1) อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตมีผลต่อการซึมผ่านผนังของน้ำ อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมแสดงไว้ในหัวข้อ 205 (ข) และ 205 (ค)

2) การควบคุมการแตกร้าว การแตกร้าวเกิดจากคอนกรีตรับแรงดึงเกินกำหนดการที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง หรือเกิดจากการหดตัวของคอนกรีตเอง และที่สำคัญคือ การถอดไม้แบบก่อนกำหนดการออกแบบให้เหล็กเสริมรับแรงดึงได้สูงก็เป็นเหตุให้เกิดการร้าวได้ การออกแบบที่เก็บน้ำควรพิจารณาสองประการ คือ ประการแรก ต้องคำนึงถึงกำลังแรงดึงที่คอนกรีตรับได้เพื่อจะป้องกันการแตกร้าว ประการที่สอง เพื่อความปลอดภัยในการคำนวนให้คิดแรงดึงที่เหล็กเสริมรับได้ควรให้น้อยกว่าปกติ เหล็กเส้นที่มีจุดคลาก (Yield point) สูงก็ไม่มีประโยชน์มากไปกว่าเหล็กธรรมดา และการใช้เหล็กข้ออ้อยก็ยิ่งทำให้การกระจายรอยร้าวมากขึ้น การทำให้คอนกรีตอิ่มตัวก่อนที่จะให้รับน้ำหนักจะทำให้รอยแตกน้อยลง อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก็มีผลมากต่อรอยร้าว แก้ไขได้โดยใช้ฉนวนหุ้มโดยเฉพาะถังเก็บน้ำร้อนต้องคิดแรงเค้นที่เกิดจากอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างภายในกับภายนอก

3) ต้องพิจารณาว่า ของเหลวที่บรรจุอยู่กัดกร่อนเหล็กเสริมคอนกรีตหรือไม่

(ข) ที่เก็บของเหลวแบบเคลือบผิวภายในด้วยสารที่กันน้ำซึมได้ปัญหาน้ำซึมก็จะหมดไป แต่สารนั้นต้องมีความยืดหยุ่นเพียงพอ

200 วัสดุ

201 ซีเมนต์ต้องใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

(ก) ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ตามมาตราฐาน B.S. 12 คือซีเมนต์-ชนิดธรรมดา หรือชนิดแข็งตัวเร็ว

(ข) ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ชนิดเตาหลอม ตามมาตราฐาน B.S. 146 หรือ Portland-blastfurnace cement

202 มวลผสม

(ก) วัสดุที่ยอมให้ใช้ได้

1) มวลหยาบ และมวลละเอียดที่ตรงตามมาตราฐาน B.S. 882 เป็นมวลผสมที่ได้จากธรรมชาติ และมีวัสดุอื่นปนไม่เกิน 2 % ทดสอบตามมาตราฐาน B.S. 812 Part 4

2) เศษมวลผสมที่เกิดจากเตาเผา ตามมาตราฐาน B.S. 1047 และจากเตาเผาที่ทำให้เย็นด้วยอากาศ

3) วัสดุอื่นหากมีความเหมาะสม มีความแข็งแรง ใช้งานได้ง่าย และไม่มีอันตรายใด ๆ

(ข) มวลผสมคัดเลือก (Grading)

1) ต้องเป็นชนิดที่ทำให้คอนกรีตมีคุณภาพตามต้องการไม่เกิดการแยกตัวไม่ต้องใช้น้ำผสมมากเกินไป และมีความแน่นสูง

2) มวลผสมละเอียดเป็นไปตามมาตราฐาน B.S. 882 ตารางที่ 2

3) ขนาดใหญ่สุดของมวลผสมหยาบต้องไม่เกิน 1/4 ของความหนาที่น้อยสุดของส่วนโครงสร้าง (ดูใน 307 C)

203 น้ำ น้ำที่ใช้ต้องผ่านมาตราฐาน B.S. 3148 สำหรับการทดสอบน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

204 เหล็กเสริม

(ก) คุณสมบัติของเหล็กเสริมที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

1) เหล็กเหนียว หรือเหล็กแข็ง เทียบเท่ามาตราฐาน B.S. 785

2) เหล็กรีดเย็นเทียบเท่า B.S. 1144

3) เหล็กเส้นเทียบเท่ามาตราฐาน B.S. 1221

4) เหล็กเสริมนอกเหนือไปจากนี้ต้องตรวจสอบจุดคลากความยืดหยุ่น และคุณสมบัติรับแรงดึง

(ข) การเชื่อม (Welding) หากมีการเชื่อม ต้องเป็นตามมาตราฐานนี้

1) เชื่อมแบบทาบ ใช้สำหรับเหล็กเสริมที่ทาบกันเป็นมุมเท่าใดก็ตามต้องเชื่อมให้ติดแน่นในตำแหน่งที่ต้องการ

2) เชื่อมแบบชน ต้องให้การถ่ายแรงเส้นผ่านตลอดหน้าตัดทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์

การเชื่อมแบบ 1) เป็นแบบไม่ให้รับแรงเค้น แบบที่ 2) ใช้กับเหล็กเหนียวเท่านั้น แต่ถ้าหากความร้อนไปลดกำลังของเหล็กเหนียวห้ามใช้การเชื่อม

205 คุณสมบัติของคอนกรีต และความแข็งแรงที่ต้องการ

(ก) โดยทั่วไป คอนกรีตทำมาจากวัสดุ ซึ่งให้คุณสมบัติดังนี้

1) มีคุณสมบัติกันน้ำ

2) รับแรงอัดได้ตามต้องการ

3) นำไปใช้งานได้สะดวกไม่เกิดการแยกตัว หรือตกตะกอน

(ข) ส่วนผสมคอนกรีตต้องได้กำลังอัดของตัวอย่างลูกบาศก์คอนกรีตขนาด 15x15x15 เซ็นติเมตร หลังจากหล่อ 28 วัน ตามที่ต้องการ การผสมคอนกรีตโดยใช้ซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วไม่ควรใช้ซีเมนต์น้อยกว่า 500 ปอนด์ หรือมากกว่า 900 ปอนด์ ต่อลูกบาศก์หลา และควรใช้ส่วนผสมที่ให้กำลังอัดคอนกรีตมากกว่าที่ต้องการเล็กน้อย เพื่อชดเชยความผิดพลาดอื่น โดยทดสอบลูกปูนที่หล่อจากคอนกรีตส่วนผสมเดียวกัน ซึ่งให้ผลทดสอบกำลังเกินความต้องการ คือ 2,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว เมื่อทดสอบจนเป็นที่แน่ใจแล้วสามารถลดลง

โดยต้องไม่ต่ำกว่า 1,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว

(ค) ใช้ส่วนผสมที่กำหนดอัตราส่วนแน่นอน ดังที่กำหนดให้ในตารางที่ 42 เช่น ใช้ซีเมนต์ 112 ปอนด์:2 ลูกบาศก์ฟุต มวลละเอียด :4 ลูกบาศก์ฟุต มวลหยาบ เมื่อส่วนที่ต้องเทคอนกรีตมีความหนามากขึ้นก็สามารถลดจำนวนซีเมนต์ลงโดยเพิ่มมวลละเอียด และหยาบขึ้นแล้วให้ความข้นเหลวพอดีด้วยการปรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

ตารางที่42 คุณสมบัติ และกำลังรับแรงอัดส่วนผสมของคอนกรีต

อัตราส่วนผสม	มวลผสมต่อ 112 ปอนด์ของซีเมนต์ (ลูกบาศก์ฟุต)		กำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ปอนด์/ตารางนิ้ว		กำลังรับแรงอัดที่อายุ7 วัน	
	มวลละเอียด	มวลหยาบ	ห้องทดลอง	ในสนาม	ห้องทดลอง	ในสนาม
1:1.6:3.2	2	4	5400	3600	3600	2400
1: 2 : 4	2.5	5	4500	3000	3000	2000

เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตที่7 วัน ไม่ถึงที่กำหนดในตารางที่ 1 แต่ที่อายุ 28 วัน ถึงที่ต้องการก็ใช้ได้

(ง) การควบคุมมวลคละ หากเป็นขนาดเดียวกันขนาดใหญ่สุดควร - เท่ากับ 3/8 นิ้ว ถ้ามีสองขนาดคละกัน ขนาดใหญ่สุดควรเป็น 3/4 นิ้ว และถ้ามีสามขนาดคละกันควรมีขนาดที่ใหญ่สุด 1/2 นิ้ว

ขนาดและส่วนคละของมวลควรตรวจสอบทุก ๆ น้ำหนักมวลรวม 100 ตัน และอย่างน้อยการตรวจสอบทุก ๆ อาทิตย์

(จ) การตวงปริมาตร หาส่วนผสมไม่ว่าจะเป็นซีเมนต์มวลหยาบ - มวลละเอียด ควรใช้การชั่งน้ำหนัก และมวลหยาบกับมวลละเอียดควรแยกชั่งน้ำหนัก เพราะน้ำที่ปนอยู่แต่ละอย่างไม่เท่ากัน การคำนวนหาน้ำหนักต่าง ๆ ดูในB.S. 1881

300 หลักการในการออกแบบ

301 สถานที่ก่อสร้าง การเลือกสถานที่ก่อสร้างสำหรับที่เก็บน้ำควรพิจารณาดังนี้

(ก) แรงดันของน้ำจากภายนอก ที่เก็บน้ำที่อยู่ติดดินอาจเสียหายได้จาก

แรงดันน้ำท่วม หรือพื้นถูกแรงดันของดินอัดจนเสียหาย หรือน้ำที่ไม่สะอาดท่วมเข้าไปปนกับน้ำในที่เก็บ แต่หากสถานที่จะก่อสร้างไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้ก็ให้ระมัดระวัง ดังต่อไปนี้

1) ออกแบบให้ที่เก็บน้ำรับแรงดันจากภายนอกได้ และป้องกันไม่ให้น้ำท่วมถึง

2) เตรียมการระบายน้ำรอบนอก เพื่อให้ระดับน้ำภายนอกต่ำกว่าที่เก็บน้ำ

3) ในกรณีที่เก็บน้ำ ซึ่งไม่ต้องการความสะอาดต้องมีวาลว์ที่ปรับให้ความดันภายนอกเท่ากับภายในเมื่อมีทั้งความดันจากภายนอก และภายในกระทำต่อผนังก็ให้ออกแบบโดยคิดความดันหน้าเดียวเมื่อไม่มีความดันอีกหน้าหนึ่งเข้าช่วย

(ข) ดินที่ก่อสร้างมีสารเคมีเป็นอันตราย ควรใช้คอนกรีตชนิดทนต่อสารซัลเฟตได้ และควรวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อป้องกันสารที่เป็นอันตรายก่อนก่อสร้าง

(ค) การทรุดตัว การพังทะลาย และแผ่นดินไหว การแตกร้าว เนื่องจากการทรุดตัว หรือแผ่นดินไหว มีผลอย่างมากจนทำให้ที่เก็บน้ำเสียหายได้แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ต้องออกแบบทั้งโครงสร้างความแข็งแรงของรอยต่อ และท่อต่าง ๆ ให้รับแรงเหล่านี้ได้

302 การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

(ก) การออกแบบให้เป็นไปตามมาตราฐาน CP 114 สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป ยกเว้นส่วนที่สัมผัสกับน้ำโดยตรง เช่น ขาที่รับที่เก็บน้ำยกระดับจะอยู่ในมาตราฐาน CP 114 เพราะถือว่า ไม่สัมผัสกับน้ำสำหรับส่วนโครงสร้างที่สัมผัสกับโดยตรงต้องพิจารณาดังนี้

(ข) การคำนวนแรงเค้นเป็นไปตามสมมุติฐานดังนี้

1) ระนาบหน้าตัดยังคงเป็นระนาบหลังจากเกิดการดัด

2) ทั้งเหล็กและคอนกรีตมีคุณสมบัติเป็นอีลาสติก และอัตราส่วนโมดูลัสของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตจะเป็น 15

3) ในการคำนวนทั้งการรับแรงดัด และรับแรงดึงต้องให้ทั้งคอนกรีต และเหล็กเสริมเป็นตัวรับร่วมกันโดยคอนกรีตมีกำลังรับได้จำกัด

4) ค่าแรงเฉือนทั้งหมดเท่ากับ $\frac{Q}{bl_a}$ (Q = แรงเฉือนทั้งหมด,

b = ความกว้าง, l_a = ความลึกของคาน) จะต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 43แม้จะมีเหล็กเสริมก็ตาม

303 กำลังรับแรงเค้นของคอนกรีตในคอนกรีตเสริมเหล็ก

(ก) แรงเค้นที่ยอมให้ของคอนกรีตที่ต้านทานความแตกร้าวได้แสดงในตารางที่ 43 ส่วนแรงต้านแรงดึงของคอนกรีต เนื่องจากการโก่งงอที่ให้ในตารางใช้กับผนังด้วยที่บรรจุน้ำ แต่ถ้าผนังหนาน้อยกว่า 9 นิ้ว และมีน้ำอยู่ด้านหนึ่ง ก็จะคิดแรงต้านแรงดึงนี้อีกหน้าหนึ่ง

(ข) กำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีตในการคิดความแข็งแรง ได้ให้ไว้ในตารางที่ 44 และถ้าหากแรงเฉือนที่คำนวนได้เกินที่คอนกรีตรับได้ให้ใช้เหล็กเสริมเป็นตัวรับทั้งหมด

ตารางที่ 43 กำลังรับแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตต้านการแตกร้าว

อัตราผสมคอนกรีต	แรงกำลังรับแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต		
	แรงดึง (ปอนด์/ตารางนิ้ว)		แรงเฉือน = $\frac{Q}{bl_a}$
	รับโดยตรง	รับโดยแรงอัด	(ปอนด์/ตารางนิ้ว)
ส่วนผสมทั่วไป			
1:1.6:3.2	190	270	280
1: 2 : 4	175	245	250
ส่วนผสมพิเศษ	$\frac{UW}{40} + 100$	$1.4\left(\frac{UW}{40} + 100\right)$	$\frac{UW}{20} + 100$

UW = กำลังของคอนกรีตในสนาม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 44 ค่ากำลังรับแรงต่าง ๆ ของคอนกรีตที่ใช้ในการคำนวน

อัตราผสมคอนกรีต	หน่วยงานที่ยอมให้ของคอนกรีต			
	กำลังรับแรงอัด (ปอนด์/ตารางนิ้ว)		แรงเฉือน (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	แรงยึดเหนี่ยว (ปอนด์/ตารางนิ้ว)
	รับโดยตรง	รับโดยแรงอัด		เฉลี่ย ที่เฉพาะจุด
ผสมปกติ				
1:1.6:3.2	910	1200	110	130 195
1: 2 : 4	760	1000	100	120 180
ผสมพิเศษ	$0.76 \frac{W}{3}$	$\frac{W}{3}$	$\frac{W}{50} + 40$	$\frac{W}{50} + 60$ $\frac{W}{37.5} + 100$

แรงยึดเหนี่ยวถ้าเป็นหลักข้ออ้อยให้เพิ่มค่าได้อีก 25 % และค่า W ที่อายุ 28 วัน

304 แรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมในคอนกรีตเสริมเหล็ก

(ก) แรงดึงของเหล็กเสริมจะถูกจำกัดไม่ให้เกิดแรงดึงในคอนกรีตเกินที่รับได้ (ดู 303 ก.) เช่น กำลังดึงในคอนกรีตเป็น 190 ปอนด์/ตารางนิ้ว กำลังดึงในเหล็กเสริมไม่ควรเกิน 2,850 ปอนด์/ตารางนิ้ว

(ข) หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริมได้กำหนดไว้ในตารางที่ 45

ตารางที่ 45 แรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริม

ส่วนโครงสร้างที่รับแรงดึง			แรงดึงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม 12,000 (ปอนด์/ตารางนิ้ว)
ส่วนโครงสร้างรับแรงอัด	ที่ผิวหน้าคอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับน้ำ		12,000
	ที่ผิวหน้าคอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับน้ำ	ความหนาที่น้อยกว่า 9 นิ้ว	12,000
		ความหนาที่มากกว่า 9 นิ้ว	18,000
ส่วนที่รับแรงเฉือน			12,000

ถ้าใช้เหล็กข้ออ้อยให้เพิ่มเป็น 20,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความหนาที่วัดในตารางที่ 45 วัดตั้งฉากกับผิวของน้ำ

305 แรงเค้นที่เกิดจากการหดตัว และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงให้คิดรวมกัน ทั้งสองกรณีกำหนดได้ดังนี้

1) แรงเค้นที่ยอมให้ใช้ตามหัวข้อที่ 305 ก. และ 303 ข.

2) ทำรอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้ตามหัวข้อ 310 และดูในหัวข้อ 410

3) ที่เก็บต้องใช้บรรจุน้ำ หรือของเหลวอื่น ๆ ในสภาพอุณหภูมิ และภูมิอากาศที่ไม่ให้คอนกรีตแห้ง

4) ต้องมีการระมัดระวังอย่างเพียงพอที่จะไม่ให้คอนกรีตแตกร้าว ในขณะที่ก่อสร้างจนกระทั่งเสร็จนำไปใช้งาน

306 ปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุดในผนังและพื้นเหล็กเสริมในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน ต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 ของเนื้อที่หน้าตัดรวมสำหรับเหล็กเสริมกลม และไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.25 ของเนื้อที่หน้าตัดรวม สำหรับเหล็กเสริมข้ออ้อยการกระจายเหล็กเสริมเพื่อป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงควรวางเหล็กเสริมให้ใกล้ผิวมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องเป็นไปตามหัวข้อ 307 ด้วย

307 ข้อจำกัดขนาด และรูปร่าง

(ก) ระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยสุด เหล็กเสริมต้องมีคอนกรีตหุ้มไม่น้อยกว่า $1\frac{1}{2}$ นิ้ว หรือ เท่ากับ เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมแล้ว แต่ว่าอย่างไหนมากกว่า และถ้าอยู่บริเวณทะเล, ดิน หรือน้ำ ที่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนต้องเพิ่มอีก 1/2 นิ้ว แต่การเพิ่มนี้จะไม่นำไปรวมกับการคำนวนในหัวข้อ 302

(ข) ขนาดของเหล็กเสริม เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมต้องไม่เกิน 2 นิ้ว ส่วนเหล็กอื่น เช่น เหล็กปลอก หรือ เหล็กเสริมพิเศษ เส้นผ่าศูนย์กลางต้องไม่น้อยกว่า 3/16 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมในพื้นต้องอย่างน้อย 1/4 นิ้ว และเหล็กเสริมตามความยาวคาน และเสาต้องไม่น้อยกว่า 1/2 นิ้ว และลวดที่ใช้ผูกอย่างน้อยต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/10 นิ้ว เช่น ลวดเบอร์ 12 S.W.G.

(ค) ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม ระยะห่างในแนวนอนของเหล็ก-เสริมที่ขนานกันไปตามยาวของคอนกรีตเสริมเหล็กต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดในสามค่า ดังนี้

1) เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม ถ้าเหล็กเสริมมีขนาดเท่ากัน

2) เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมที่ใหญ่กว่า ถ้าขนาดไม่เท่ากัน

3) มากกว่า 1/4 ของมวลหยาบที่ใหญ่ที่สุด ที่ใช้ผสม - คอนกรีต (ดูหัวข้อ 202 ข.)

เมื่อใช้เครื่องเขย่าระหว่างเทคอนกรีต ระยะห่างของเหล็กเส้นต้องลดลงเหลือ 2 ใน 3 ของขนาดใหญ่สุดของมวลหยาบ เพื่อระยะที่เหล็กเส้นแยกห่างออกจากกัน

ระยะห่างในแนวดิ่งของเหล็กเสริม หรือระยะตั้งฉากของเหล็กเสริมที่เอียงขนานกัน ต้องไม่น้อยกว่า 1/2 นิ้ว ยกเว้นที่จุดทาบ หรือเหล็กอีกเส้นซึ่งกลับทิศทาง

ระยะห่างของเหล็กเสริมในพื้นไม่ควรมากกว่า 3 เท่าของความลึกประสิทธิผล และไม่ว่าในกรณีใด ๆ ไม่ควรมากกว่า 18 นิ้ว

ระยะห่างของเหล็กเสริมที่ใส่ในพื้นป้องกันการแตกร้าวต้องไม่มากกว่า 5 เท่า ของความลึกประสิทธิผล และไม่ว่ากรณีใด ๆ ต้องไม่มากกว่า 18 นิ้ว

สำหรับเหล็กเสริมที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เป็นวงกลม หรือเหล็กเสริมที่มัดรวมกันให้ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับวงกลมที่มีพื้นที่ เท่าพื้นที่ หน้าตัดทั้งหมดแทน

(ง) การงอเหล็ก ในจุดที่งอเหล็กเสริม ค่ากำลังรับแรงอัดของ-คอนกรีตจะเพิ่มเป็น 3 เท่าของในหัวข้อ 303 สำหรับคอนกรีตที่รับแรงอัดโดยตรง

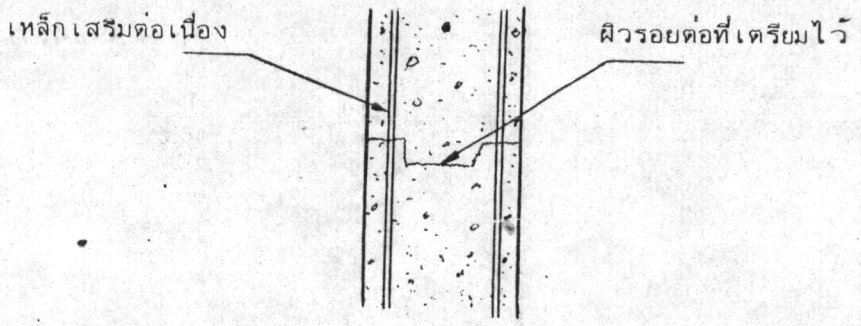
(จ) การทาบในเหล็กเส้น การทาบควรทำเมื่อไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใน CP 114

308 หน้าตัดที่หนา หน้าตัดที่หนาในที่นี้หมายถึงโครงสร้างที่หนาเกิน 18 นิ้ว สำหรับหน้าตัดแบบนี้สามารถลดจำนวนซีเมนต์ในคอนกรีตได้ (ดูในหัวข้อ 205)

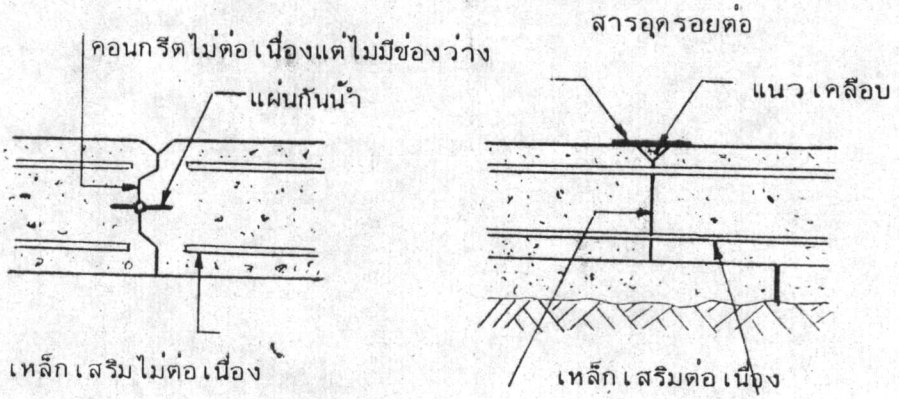
สำหรับหน้าตัดที่หนาหลาย ๆ ฟุต จะต้องจำกัดอุณหภูมิคอนกรีตที่เกิดขึ้น เนื่องจากซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยควบคุมจำนวนซีเมนต์ที่ผสมอยู่ และใช้ซีเมนต์ที่มีความร้อนต่ำ-ขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ หรือควบคุมให้อุณหภูมิต่ำในขณะก่อสร้าง (ดูหัวข้อ 405)

ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ที่ให้กำลังช้าจะให้อัตราความร้อนน้อยกว่าแบบแข็งตัวเร็ว ซึ่งไม่ควรใช้ในงานคอนกรีตที่หนา ๆ และแม้ว่าอุณหภูมิของคอนกรีตจะต่ำก็ตามการแตกร้าวยังคงเกิดได้ เมื่อเกิดการหดตัวที่จุดต่อ (ดูหัวข้อที่ 310) หรือเกิดจากการลื่นหลุด (ดูหัวข้อที่ 410) ปัญหานี้จะต้องป้องกันในขณะก่อสร้าง (ดูหัวข้อ 405)

309 ชนิดของรอยต่อ แบบต่าง ๆ ของรอยต่อที่ใช้ได้แสดงไว้ในรูป 1-5 ส่วนวัสดุที่ใช้ในรอยต่อดูในภาคผนวก และข้อแนะนำในการทำรอยต่ออยู่ในหัวข้อที่ 409

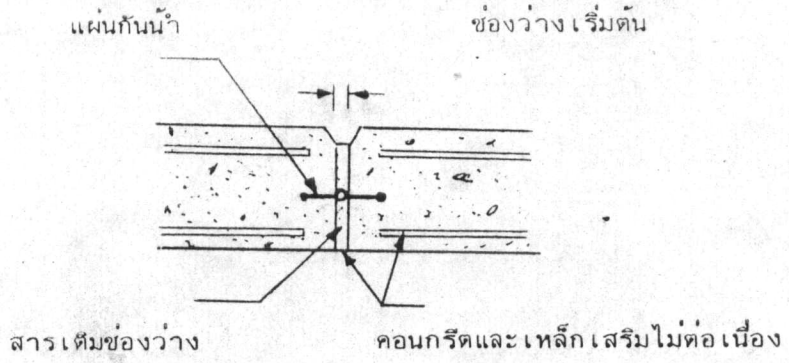


รูปที่ 1 รอยต่อขณะก่อสร้าง

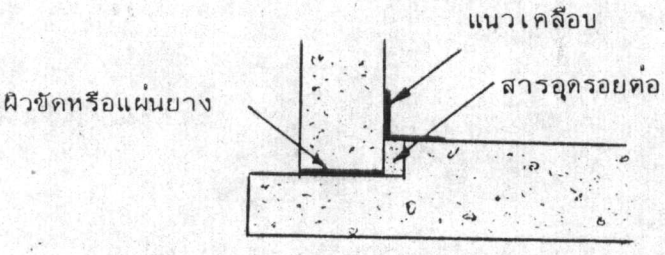


(ก) รอยต่อติดสมบูรณ์ (ข) รอยต่อชั่วคราว

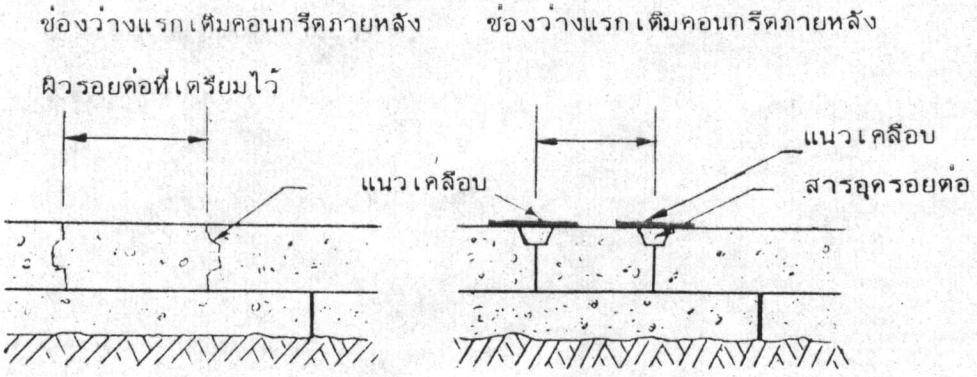
รูปที่ 2 รอยต่อแบบติดกัน

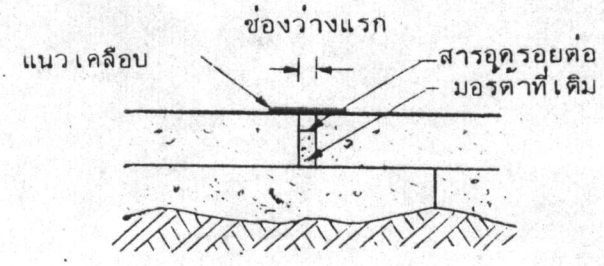


รูปที่ 3 รอยต่อแบบเพื่อขยายตัว



รูปที่ 4 ชนิดของรอยต่อแบบเลื่อนได้





รูปที่ 5 รอยต่อชนิดเปิดชั่วคราว

(ก) รอยต่อขณะก่อสร้าง ต้องทำเพื่อให้รอยต่อนี้เชื่อมคอนกรีตเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่แยกจากกันหลังก่อสร้าง รอยต่อแบบนี้จะใช้ในการก่อสร้างผนังที่ใช้เก็บน้ำดังในรูปที่ 1

(ข) รอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้ การป้องกันน้ำรั่ว เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ระหว่างรอยต่อ แบ่งได้ดังนี้

1) รอยต่อแบบติดกัน เป็นรอยต่อไม่ต่อเนื่องแต่จะไม่มีส่วนไหนของคอนกรีตห่างกัน ในรูป 2 ก. จะเห็นได้ว่าทั้งคอนกรีตและเหล็กเสริมไม่ต่อเนื่องกัน แต่ไม่มีช่องว่าง แบบ 2 ข. จะแยกเฉพาะคอนกรีตเท่านั้น แต่เหล็กเสริมต่อเนื่องกัน

2) รอยต่อเผื่อขยายตัว เป็นรอยต่อเคลื่อนที่ได้โดยทั้งคอนกรีตและเหล็กเสริมไม่ต่อเนื่องกันแสดงในรูปที่ 3 โดยปกติจะมีช่องว่างเผื่อการขยายตัวของโครงสร้าง

3) รอยต่อแบบเลื่อนได้ ออกแบบเพื่อให้ง่ายแก่การเคลื่อนที่ในระนาบที่ต่างกัน ใช้ในการออกแบบถังน้ำทรงกระบอก ดูรูปที่ 4

(ค) รอยต่อเผื่อการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิเป็นช่องว่างที่เผื่อไว้ระหว่างโครงสร้างก่อนที่จะนำไปใช้งาน และใส่มอร์ต้า หรือคอนกรีตให้เต็ม ดังรูป 5 ก. หรือแบบที่ใส่วัสดุที่เหมาะสมในรูปที่ 5 ข. และ 5 ค.

310 การเตรียมรอยต่อ

(ก) รอยต่อขณะก่อสร้าง ตำแหน่งและการลำดับรอยต่อนี้ต้องให้วิศวกรเป็นผู้กำหนดและแสดงในแบบของโครงสร้าง แต่ต้องพิจารณาในบางกรณีที่ใช้การต่อแบบนี้ไม่ได้ เช่น โครงสร้างที่ป้องกันน้ำรั่ว ต้องใช้รอยต่อแบบอื่น

(ข) รอยต่อแบบเคลื่อนที่ ถังเก็บน้ำมักต้องใช้รอยต่อแบบนี้ ยกเว้นในกรณีที่วิศวกรเห็นว่าไม่จำเป็น หรือใช้วิธีอื่นดีกว่าในการป้องกันการรั่วซึม

ข้อสังเกตเกี่ยวกับการหดตัว และอุณหภูมิที่เปลี่ยนได้ให้ไว้ในภาคผนวก

รอยต่อเคลื่อนที่ในหัวข้อ 309 มีช่วงห่างไม่มากไปกว่าที่ระบุในหัวข้อ 311 312 และ 315 ซึ่งเกี่ยวกับพื้น ผนัง และหลังคาตามลำดับ (เช่น ช่วงห่างกันโดยทั่วไปทุก ๆ 20-25 ฟุต) นอกจากแนวต่อที่จุดแนวขยาย หรือที่ปลายจุดของโครงสร้าง แล้วยังต้องห่างกันที่ไม่เกินระยะ 100 ฟุต หรือที่วิศวกรกำหนดตามสภาพแวดล้อม เมื่ออุณหภูมิบางสถานที่มีผลมากกว่าปกติ เช่น ถังเก็บน้ำอุ่น หรือ หลังคาถังน้ำที่ไม่ได้หุ้มฉนวนรอยต่อควรห่างกัน

น้อยกว่า 100 ฟุต แต่ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก หรือเป็นโครงสร้างที่ไม่ใหญ่ - ความสูงแน่นอน อาจเพิ่มระยะรอยต่อแบบขยายไปถึง 150 ฟุตได้ ส่วนรอยต่อแบบเคลื่อนได้ ที่ใช้ระหว่างผนังกับพื้น หรือผนังกับหลังคาเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ ขึ้นกับแต่ละส่วนของโครงสร้าง

311 พื้น

(ก) การเตรียมรอยต่อ ควรมีรอยต่อไม่เกินระยะ 25 ฟุต ทั้งสอง- ทิศทางที่ตั้งฉากกัน ผนังกับพื้นต้องอยู่แนวเดียวกัน ยกเว้นมีรอยต่อแบบเลื่อน

(ข) พื้นต้องรับแรงดัดทั้งบวก และลบมากที่สุดได้ตลอดหน้าตัด - น้ำหนักที่กระทำกำหนดใน CP. 114 เมื่อมีน้ำกระทำเต็มทุกช่วง

เมื่อให้พื้นต่อกับผนัง แรงดัดที่รอยต่อทั้งสองต้องนำไปออกแบบและแรงที่ถ่ายทอดด้วย

(ค) พื้นคอนกรีตอาจสร้างให้มีเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมน้อยกว่าที่กำหนด ในหัวข้อ 306 แต่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) พื้นที่ก่อสร้างบนพื้นดิน และพื้นดินนั้นสามารถรับน้ำหนัก ได้โดยไม่ทำให้พื้นคอนกรีตเกิดการทรุดตัว

2) พื้นคอนกรีตเวลาเทต้องไม่เกินช่วงละ 20 ตารางฟุต ต่อเนื่องกัน ต้องมีรอยต่อก่อนเทช่วงต่อไป

312 ผนัง

(ก) รอยต่อเลื่อนที่ฐานของผนัง ผนังไม่สามารถต่อแน่นกับพื้นได้ยกเว้น ก่อสร้างบนพื้นดินเมื่อผนังต้องแยกจากพื้น หรือต้องรับโมเมนต์ที่ฐานต้องใช้รอยต่อแบบเลื่อน

(ข) รอยต่อเคลื่อนที่ พิจารณาผลของระยะห่างรอยต่อในแนวดิ่งได้ อธิบายไว้ในภาคผนวกในกรณีทั่วไประยะห่างรอยต่อไม่เกินช่วงละ 25 ฟุต ในผนังคอนกรีต- เสริมเหล็ก และทุกระยะ 20 ฟุต ในผนังคอนกรีตแบบไม่เสริมเหล็ก รอยต่อแบบนี้ส่วนใหญ่ใช้ เป็นรอยต่อชั่วคราวในการก่อสร้าง ส่วนรอยต่อที่เป็นแบบขยายเพื่อความปลอดภัยแสดงใช้หัวข้อ 310

(ค) แรงดันจากดิน เมื่อที่เก็บน้ำสร้างในดินหรือมีดินถมรอบ ๆ หากจะ ลดค่าแรงในผนังทำได้ดังกรณีต่อไปนี้

1) ไม่มีการสึนไกลของดินที่ผนังที่เก็บน้ำ หรือมีการทรุดตัวของดินรอบ ๆ ผนัง

2) ไม่ว่ากรณีใด ๆ ผนังต้องทดสอบว่าไม่รั่วน้ำก่อนการบรรจุ

313 ผนังของถังเก็บน้ำแบบสี่เหลี่ยม หรือแบบหลายเหลี่ยม ในระนาบผนังซึ่งรับแรงดันของน้ำต้องต้านแรงดัดทั้งแนวดิ่งและแนวนอน การหาค่าแรงดัดจากแรงดันของน้ำ-แรงดึงในแนวนอนหาได้จากแรงดัดในแนวนอน

ที่ขอบแนวดิ่งแม้ว่าผนังจะออกแบบ ให้ยึดแน่นที่ฐาน ก็ต้องมีเหล็กเสริมในแนวนอน

314 ผนังของถังเก็บน้ำทรงกระบอก

(ก) ค่าแรงดัดและแรงดึงแนววงแหวนต้องคำนวนให้ถูกต้อง

(ข) ถังเก็บน้ำแบบทรงกระบอกอาจสร้างให้ผนังเป็นแบบรอยยึดแน่นแบบพิน (Pin) หรือแบบเลื่อนได้

315 หลังคา

(ก) เพื่อป้องกันการแตกร้าวรอยต่อแบบนี้ขึ้นอยู่กับผนังที่รองรับถ้า-ผนัง และหลังคาหล่อเป็นเนื้อเดียวกัน หรืออาจใช้รอยต่อแบบเลื่อนได้กับส่วนทั้งสอง

(ข) บางกรณีอาจมีน้ำหนักบนหลังคา เนื่องจากดินที่ถมต้องออกแบบไม่ให้เกินที่ต้องการแม้จะเป็นน้ำหนักชั่วคราวก็ตาม

(ค) หลังคาด้านนอกต้องกันน้ำรั่วน้ำซึมได้ในกรณีที่เป็นถังเก็บน้ำแบบบริโภค, อุปโภค อาจทำได้โดยกำหนดวัสดุที่ใช้ทำรอยต่อหรือใช้เยื่อที่ทึบน้ำหุ้มไว้

(ง) พื้นหลังคาด้านล่างก็สามารถเกิดการกัดกร่อนได้ เนื่องจาก-น้ำระเหยมากสั่นตัวเกาะอยู่ ต้องป้องกันให้ดี

400 <u>ภาคสนาม</u>

401 การควบคุม งานก่อสร้างต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดโดยวิศวกร หรือ - ผู้ตรวจงานที่มีประสบการณ์ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างชนิดใด ถ้าเป็นคอนกรีตอัดแรงจะเน้นคุณภาพวัสดุ และฝีมือแรงงาน รวมทั้งการควบคุม

402 วัสดุที่เก็บไว้ใช้ ซีเมนต์และมวลผสม ต้องนำมาเก็บที่สถานที่ก่อสร้าง และต้องป้องกันไม่ให้ของเสื่อมหรือสกปรก

403 ตัวอย่างและการทดสอบคอนกรีต

(ก) การทดสอบขั้นต้นทำเพื่อดูความสะดวกในการเทและดูแรงอัดที่รับได้

(ข) ความง่ายในการเทของคอนกรีต ความสำคัญอยู่ที่คอนกรีตต้องแน่นและง่ายแก่การทำงานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตต้องทำสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมความถูกต้องของคุณภาพคอนกรีต

(ค) ทำลูกปูนทดสอบ ต้องทดสอบกำลังรับแรงคอนกรีตเสมอ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความแข็งแรงตามต้องการ

(ง) วิธีการควบคุมคุณภาพวัสดุ ในการก่อสร้างการทำลูกปูนทดสอบ 4 วันแรกต้องทำทุกวันสำหรับคอนกรีตที่ทำด้วยปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ลูกปูนต้องทำทั้งหมด 6 ลูก คือไว้ทดสอบเมื่ออายุ 7 วัน 3 ลูก และทดสอบเมื่ออายุ 28 วัน 3 ลูก โดยใช้ค่าเฉลี่ยของแรงอัดของลูกปูนอายุทั้งสองผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนด และแรงอัดสูงสุดกับแรงอัดต่ำสุดต้องไม่ต่างกันเกิน 20 % ของค่าเฉลี่ย

ถ้าลูกปูนใด ๆ ใน 4 วันแรกที่ทดสอบมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าที่กำหนดต้องออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตผสมใหม่ หลังจากการทดสอบลูกปูนทั้ง 4 วันแล้ววิศวกรจะเป็นผู้ตัดสินใจว่าใช้อัตราส่วนผสมเท่าใด

(จ) วิธีควบคุมคุณภาพแบบพิเศษ ตัวอย่างลูกปูนจะต้องทำ 3 วันแรกหลังจากใช้ซีเมนต์ชนิดนั้นแล้ว แต่ละวันหล่อลูกปูน 12 ลูก ใช้ทดสอบเมื่ออายุครบ7 วัน 8 ลูก และเมื่ออายุ 28 วันอีก 4 ลูก ตัวอย่างลูกปูนทุกอันต้องทำทุกวัน หรือทุก ๆ 500 ลูกบาศก์หลาของคอนกรีตหากต้องการตัวอย่างลูกปูนมากกว่านี้ ลูกปูนที่ทำทุกวัน ทำเพียง 3 ลูก 2 ลูกทดสอบเมื่ออายุ 7 วัน และอีกลูกเมื่ออายุ 28 วัน

ค่าเฉลี่ยของแรงอัด และความเบี่ยงเบนหาได้จากลูกปูนที่ทดสอบเมื่ออายุครบครั้งแรก 24 ลูก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าที่ต้องการ และความเบี่ยงเบนต้องไม่เกินตามที่ออกแบบส่วนผสม แต่ลูกปูนทั้ง 24 ลูก ต้องไม่มีลูกปูนที่กำลังตกจากที่ต้องการเกิน 1 ลูก และลูกปูนที่กำลังตกต้องไม่น้อยกว่า 90 % ของกำลังที่ต้องการ ถ้าหากผลทดสอบต่ำกว่าที่ต้องการ ต้องออกแบบส่วนผสมใหม่ แล้วก็ทดสอบใหม่ แต่หากผลทดสอบเกินที่ต้องการยังคงต้องออกแบบส่วนผสมใหม่เพื่อความประหยัด ส่วนการทดสอบย่อยต้องทดสอบหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนเพื่อควบคุมมาตราฐานไว้ ลูกปูนชุดหลังที่มีอายุ 28 วัน ยังคงทดสอบเหมือนอันแรก

ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ) หาได้ดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x-\bar{x})^2}{(N-1)}}$$

เมื่อ N = จำนวนของผลทดสอบ

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของการทดสอบ

X = ค่าการทดสอบแต่ละอัน

404 การผสมและเทคอนกรีต

(ก) การผสม ต้องผสมจากไม่ที่ได้รับการควบคุมการผสม การผสมต้องทำต่อเนื่องกันจนวัสดุทุกอย่างเข้ากันได้ดีโดยสังเกตได้จากสีคอนกรีตที่สม่ำเสมอ

(ข) การลำเลียงคอนกรีต ต้องลำเลียงคอนกรีตจากไม่ไปที่จะเทให้เร็วเท่าที่จะทำได้เพื่อป้องกันการแยกตัว หรือทำให้คอนกรีตสกปรก

(ค) การเทคอนกรีต การเทต้องเททันทีที่ผสมเสร็จ และทำให้แน่นโดยใช้เครื่องเขย่าการเทต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องกันจนถึงรอยต่อที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว

ต้องมีรายงานการเทคอนกรีตสำหรับแต่ละวัน วิธีการเทคอนกรีต และการลำเลียงต้องได้รับการยินยอมจากวิศวกร

(ง) สภาพภูมิอากาศ เมื่อจะเทคอนกรีตที่บริเวณอากาศหนาว - อุณหภูมิคอนกรีตที่จะเทอย่างน้อย 40° F และคอนกรีตที่จะแข็งตัวต้องมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 36° F และเมื่อจำเป็นอาจต้องทำให้วัสดุผสมร้อนก่อนผสมรวมขณะเทด้วย ต้องไม่มีวัสดุที่แข็งตัว - เนื่องจากความเย็นนำมาใช้

ขณะที่เทต้องให้คอนกรีตเสียหายเนื่องจากฝนตกน้อยที่สุด ผิวของคอนกรีตขณะเทเสร็จใหม่ ๆ ต้องป้องกันจากความร้อน หรือความเย็นที่มากเกินไป

(จ) การบ่ม

1) วิธีบ่ม หลังจากการหล่อคอนกรีตต้องให้ความชื้น และ - ป้องกันการเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ทันทีที่เทคอนกรีตเสร็จผิวของคอนกรีตต้องป้องกันไม่ให้แห้งคือบ่มไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมง และเมื่อถอดแบบแล้วต้องบ่มผิวต่อทันที

ขณะบ่มการให้ความชื้นทำได้โดย

- ให้น้ำโดยตรง โดยการฉีด หรือแช่น้ำ
- ปิดด้วยวัสดุดูดความชื้น เช่น ทราย เพราะวัสดุเหล่านี้จะมีช่องว่างเล็ก ๆ เป็นตัวเก็บความชื้น
- เคลือบผิวคอนกรีตก่อนที่ความชื้นจะระเหยไป

ส่วนการป้องกันการเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิที่ผิวต้องทำการป้องกันวิธีเคลือบผิวเป็นวิธีที่ดีที่สุด

2) ช่วงเวลาน้อยที่สุดในการบ่ม การบ่มต้องทำจนคอนกรีตมีกำลังรับตามต้องการไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 และต้องไม่น้อยกว่า 7 วัน หลังจากเทคอนกรีตลูกปูนที่ใช้ในการทดสอบก็ต้องบ่มเช่นเดียวกันที่ทำในงานโครงสร้างเป็นสิ่งสำคัญมาก

405 คอนกรีตที่หนามาก ต้องระวังผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกริยาซีเมนต์กับน้ำหรืออากาศหนาวจะทำให้น้ำแข็งตัว การแตกร้าวแบบนี้แก้ไขโดยเหล็กเสริมไม่ได้ แต่ทำได้โดยลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ป้องกันอุณหภูมิภายในและภายนอกอย่าให้ต่างกันมากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแก้โดยการควบคุมจำนวนซีเมนต์ในคอนกรีต และการเลือกใช้ชนิดของซีเมนต์ดังแสดงในหัวข้อ 308 ในการเทคอนกรีตโครงสร้างหนา ๆ ควรทำเป็นชั้น ๆ และทิ้งระยะก่อนเทหลายวันเพื่อให้ความร้อนคลายออกไป

406 ไม้แบบ

(ก) ไม้แบบต้องสร้างให้แข็งแรงขณะทำการเทคอนกรีตที่สำคัญต้องไม่รั่วขณะเทคอนกรีต ผิวหน้าของไม้แบบต้องตั้งตรงแนว ผิวเรียบ และไม้สะอาด สลักเกลียวที่เจาะผ่านไม้แบบเพื่อใช้ยึดให้แน่นไม่ควรใช้นอกจากจะอุดรอยรั่วได้ผลดีหลังจากถอดแบบเหล็กที่ใช้ยึดแบบต้องไม่เป็นสนิม

(ข) สิ่งสกุปรกผิวในของไม้แบบต้องทำความสะอาดก่อนจะเทคอนกรีตและต้องทาผิวด้วยสารที่ไม่ให้คอนกรีตติดด้วยสารที่ยินยอมโดยวิศวกรต้องระมัดระวังไม่ให้สารที่ทาถูกเหล็กเสริม สารที่ทาต้องไม่เป็นสารดูดน้ำด้วย

(ค) การถอดไม้แบบ การถอดไม้แบบต้องไม่ทำให้คอนกรีตที่หล่อเสียหาย ผิวของคอนกรีตต้องแข็งพอเพียง โดยเฉพาะไม้แบบที่ใช้กับโครงสร้างเก็บน้ำไม่ควรถอดแบบเร็ว เพราะไม้แบบช่วยรับน้ำหนักตัวคอนกรีตก่อนที่จะแข็งพอรับน้ำหนักได้ และ

เพื่อป้องกันการแตกร้าวเนื่องมาจากอุบัติเหตุ

407 การทำรอยต่อ หัวข้อใช้ประกอบเบื้องต้นนี้ส่วนรายละเอียดและวัสดุที่ใช้ทำรอยต่อได้แสดงในภาคผนวก

(ก) รอยต่อก่อสร้าง ต้องทำให้ตั้งฉากกับชิ้นส่วนโครงสร้าง ตำแหน่งและระยะการวางต้องเตรียมไว้ตั้งแต่การออกแบบ และแสดงในแบบแปลน ผิวคอนกรีตชั้นแรกต้องทำให้ขรุขระโดยใช้อากาศหรือน้ำฉีด และใช้แปรงขัดถ้าจำเป็นในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัว แต่ถ้าแข็งตัวแล้วต้องใช้วิธีกระเทาะ ก่อนที่จะเทคอนกรีตขั้นต่อไปต้องทำให้รอยต่อถูกชุ่มน้ำก่อนหลายชั่วโมง และก่อนจะเทผิวรอยต่อต้องสะอาดปราศจากวัสดุที่หลุดร่วนง่าย โดยมากมักฉาบผิวบาง ๆ ด้วยซีเมนต์ผสมน้ำหรือซีเมนต์ผสมทราย โดยอัตราส่วนผสมทรายต่อน้ำต่อซีเมนต์ไม่เกินคอนกรีตอันใหม่ที่จะเททับ ต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากเพื่อป้องกันมิให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีตตลอดแนวรอยต่อ อีกวิธีหนึ่ง เพื่อให้ง่ายกับการทำงานอาจเททับไปเลย แต่ชั้นแรกให้เททับเป็นชั้นบาง ๆ ก่อน

(ข) รอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้ รอยต่อแบบนี้เพื่อใช้ในการป้องกันน้ำรั่วขณะเกิดการยืดหดตัว

รอยต่อในพื้นหรือหลังคาต้องป้องกันไม่ให้มีสิ่งอุดตันเข้าไปอุดในรอยต่อดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) รอยต่อแบบชน ผิวของรอยต่อคอนกรีตที่หล่อก่อนต้องแต่งผิวให้เสร็จด้วยไม้แบบในแนวตั้งแต่ถ้าเป็นรอยต่อชั่วคราวต้องทำรอยบากให้เหล็กเสริมผ่านได้ด้วย ต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตเก่ากับใหม่ติดกันได้รอยต่อต้องไม่รั่วน้ำขณะเกิดการเคลื่อนที่

2) รอยต่อแบบขยาย ต้องมีช่องว่างเล็กน้อยระหว่างผิววัสดุที่ใช้ในรอยต่อขนาดช่องว่างรอยต่อต้องกำหนดโดยวิศวกรและต้องกว้างเพียงพอเมื่อโครงสร้างขยายตัวเต็มที่ แต่ต้องป้องกันน้ำรั่วได้ด้วย

3) รอยต่อแบบเลื่อน ผิวหน้าคอนกรีตทั้งสองต้องราบเรียบ ต้องระมัดระวังให้ผิวที่ด้านบนของคอนกรีตเรียบที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะให้ได้ผลดีอาจต้องใช้แผ่นเหล็กฝังและขัดด้วยสารผสมระหว่างคาร์บอนกับทราย ยึดเหนี่ยวด้วยสารที่เหมาะสมและต้องไม่ให้น้ำรั่วขณะเกิดการเคลื่อนที่

(ค) รอยต่อแบบเปิดได้ชั่วคราว รอยต่อผิวทั้งสองของผิวคอนกรีต-ต้องแยกด้วยไม้แบบช่องห่างต้องเผื่อการหดตัวของรอยต่อเมื่อถังเก็บน้ำเริ่มใช้งานแล้ว ใช้มอร์ต้าอุดรอยต่อขณะอุดรอยต่อควรทำเมื่ออุณหภูมิต่ำก่อนจะอุดรอยต่อผิวทั้งสองควรทำความสะอาด เช่นเดียวกับรอยต่อในการก่อสร้าง

408 คอนกรีตรองพื้นเมื่อผนังหรือพื้นทำอยู่บนดิน คอนกรีตที่เทรองพื้นหนาไม่ต่ำกว่า 3 นิ้ว แล้วปิดด้วยกระดาษ หรือวัสดุอย่างอื่นที่ป้องกันการลื่นไกลของโครงสร้างกับคอนกรีตที่รองพื้น

โดยทั่วไปคอนกรีตรองพื้นจะมีส่วนผสมที่มีกำลังต่ำกว่าที่ใช้ในโครงสร้างแต่ต้องไม่น้อยกว่าอัตราส่วนผสมซีเมนต์ : ทราย : กรวด = 1:3:6 โดยปริมาตรแต่ถ้ามีน้ำบริเวณก่อสร้าง หรือน้ำใต้ดินคอนกรีตรองพื้นต้องใช้อัตราส่วนผสมข้างต้นเป็น 1:2:4 แทนและถ้าจำเป็นอาจต้องใช้ซีเมนต์ชนิดทนต่อซัลเฟต หรือชนิดพิเศษ

409 การก่อสร้างพื้น

(ก) พื้นที่อยู่บนดิน ต้องรองพื้นด้วยคอนกรีตหนาไม่ต่ำกว่า 3 นิ้ว พื้นแบบนี้ต้องหล่อไม่เกิน 2 ชั้น แต่ละช่วงของการเทไม่ควรเกิน 25 ฟุต ในกรณีพื้นเสริมเหล็ก หรือ 20 ฟุต ในกรณีพื้นไม่เสริมเหล็กพื้นจะแตกได้ถ้าเหล็กเสริมใส่ไม่ทั่วควรเทพื้นแบบสลับช่วง พื้นช่วงล่างควรใช้รอยต่อแบบชน

(ข) พื้นลอย เวลาเทไม่ควรเกินช่องละ 25 ฟุต รอยต่อต้องทาด้วยยางมะตอยหรือสารอื่นที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน ไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง

(ค) รอยต่อพื้นกับผนัง เมื่อผนังออกแบบให้เป็นเนื้อเดียวกับพื้นต้องเทคอนกรีตทั้งผนังและพื้นพร้อมกัน รวมทั้งการเรียงเหล็ก และการทำไม้แบบด้วย ส่วนความสูงผนังที่จะหล่อต้องเพียงพอที่จะทำไม้แบบช่วงต่อไปให้แข็งแรง

410 การทำผนัง ทุกกรณีที่เหล็กเสริมไม่ต่อเนื่องกัน รอยต่อในแนวดิ่งต้องทำไว้และต้องเทสลับช่วงกันเมื่อเหล็กเสริมต่อเนื่องกันในผนังการก่อสร้าง การเทคอนกรีตสลับกันจะมีผลอย่างมากต่อการแตกร้าว เพราะช่วงที่เทแล้วจะเป็นตัวยึดการหดตัวตามธรรมชาติของช่วงกลางที่เทใหม่ ที่สำคัญคือ เทคนิคในการเทคอนกรีตและการทำให้แน่นและก็ขึ้นอยู่กับความสูงและความหนาของผนัง เพื่อความถูกต้องควรเตรียมรอยต่อไว้ก่อนเท รอยต่อแนวดิ่งควรทำตลอดความสูงผนังและไม่มีรอยแตกให้เห็น

500 การทดสอบ

501 การทดสอบ ที่เก็บน้ำที่สมบูรณ์แบบต้องได้รับการทดสอบว่าน้ำรั่วหรือไม่ โดยวิศวกร สำหรับถังเก็บน้ำยกระดับ หรือแบบผิวอยู่ภายนอก ต้องทดสอบดูว่าผิวนอกไม่รั่ว หลังจากใส่น้ำทดสอบ7 วัน ส่วนที่เก็บน้ำแบบมีฝาปิดและฝังใต้ดินไม่สามารถสังเกตผิวนอกได้ ให้เติมน้ำให้เต็มภายในเวลา 7 วัน และคอยจดระดับน้ำที่ลดไปพร้อมกับเติมน้ำให้เต็มอีก การวัดระดับจะทำทุก 24 ชั่วโมง ของ 7 วัน วิศวกรจะเป็นผู้ตัดสินว่าน้ำที่หายไปเนื่องจากการระเหยการซึมรอบ ๆ ผนังหรือเกิดจากการรั่ว ถ้าหากระดับน้ำลดลงไม่เกิน 1/2 นิ้ว เมื่อครบ 7 วัน ถือว่าไม่รั่ว

สำหรับที่เก็บน้ำแบบเปิดก็ทดสอบเช่นเดียวกัน แต่ต้องคิดถึงอัตราการระเหยของน้ำเนื่องจากอุณหภูมิ และความชื้นด้วย ถ้าที่เก็บน้ำทดสอบไม่ผ่านต้องขยายเวลาทดสอบออกไปอีก 7 วัน ถ้าผลทดสอบอยู่ในช่วงกำหนดก็ใช้ได้

600 ภาคผนวก

601 รอยต่อแบบเคลื่อนที่

บทต่อไปนี้จะพิจารณาเรื่องรอยต่อแบบเคลื่อนที่ (รอยต่อก่อสร้าง, รอยต่อขยาย และรอยต่อแบบเลื่อนได้) และเกี่ยวกับรอยต่อแบบเปิดชั่วคราวแต่จะไม่รวมถึงรอยต่อก่อสร้าง

ผลของอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับวัสดุอื่น ๆ คอนกรีตจะขยายหรือหดตัวค่าสัมประสิทธิของการขยายตัวของคอนกรีตขึ้นอยู่กับชนิดของมวลผสม และอัตราส่วนผสมของน้ำกับซีเมนต์ ค่าจะแปรระหว่าง $4\text{-}7 \times 10^{-6}/F$ หรือใช้ค่าเฉลี่ยคือ $5.5 \times 10^{-6}/F$

คอนกรีตจะขยายตัวและหดตัวตามความชื้นด้วย แม้ว่าการหดตัวครั้งแรกเมื่อคอนกรีตแห้งจะไม่สมบูรณ์เพราะทำให้ชื้นอีกโดยการบ่ม การเปลี่ยนแปลงความชื้นทำให้เกิดการหดตัวในคอนกรีต แต่การหดตัวก็ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของของผสมของคอนกรีต-คอนกรีตที่แน่นประกอบด้วยมวลหยาบที่ไม่ทำปฏิกริยา หน้าตัดบางและไม่มีเหล็กเสริม อัตราการหดตัวจะเป็น 500×10^{-6} ของความยาวเดิมเช่นช่วงภายใต้สภาวะที่เหมาะสมพื้นคอนกรีตบาง ๆ เช่น หลังคาจะแห้งภายในไม่กี่เดือนแต่ถ้าเป็นคอนกรีตหนา ๆ จะแห้งได้ก็ต้องใช้เวลาหลายปี และอัตราการหดตัวจะน้อยกว่าคอนกรีตที่บาง

เมื่อคอนกรีตขยายตัวได้โดยอิสระหรือถูกยึดรั้ง อุณหภูมิและการยึดหดตัวจะทำให้เกิดแรงเค้นภายใน และถ้าเกินกำลังคอนกรีตที่รับได้ก็จะทำให้แตกร้าว การยึดรั้งจะมากน้อยเช่น ฐานรากอยู่บนหินหรือยึดอยู่กับบางส่วนของโครงสร้างจะแตกต่างกันตามความหนาของคอนกรีตเมื่อเทียบแรงเค้นที่เกิดจากแรงอย่างอื่นกับที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือการหดตัวจะน้อยกว่า

การหดตัวอีกอย่างที่ต่างจากผลของอุณหภูมิคือเกิดในคอนกรีตเอง การต้านทานการหดตัวโดยใช้เหล็กเสริม ยิ่งจะให้การแตกร้าวน้อยต้องใช้เหล็กเสริมถี่ขึ้น การแตกร้าวแบบนี้ก็เกิดได้ในผนังที่หนา ๆ หรือแม้แต่หน้าตัดบางก็ตามถ้าใช้ไม้แบบหนาเมื่อความร้อนเนื่องจากปฏิกริยาของซีเมนต์กับน้ำไม่สามารถถ่ายเทออกจากคอนกรีตได้ผนังจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นขณะที่คอนกรีตแข็งตัว เมื่ออุณหภูมิของคอนกรีตลดลงเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้อากาศรอบ ๆ ผนังจะไม่แตกร้าวถ้าหากเคลื่อนที่ได้โดยอิสระไม่ถูกยึดรั้งแต่จะมีรอยร้าวถ้าขอบใดขอบหนึ่งถูกยึดรั้ง

602 การใช้รอยต่อเคลื่อนที่ รอยร้าวเนื่องจากอุณหภูมิและการหดตัว ต้องให้เกิดน้อยที่สุดโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เปลี่ยนแปลงของโครงสร้างขณะทำการ - ก่อสร้างสามารถทำได้กับโครงสร้างทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ใต้ดินหรือแบบยกระดับ เช่น ถ้าเป็นหน้าตัดบางก็ฉีดน้ำไว้ให้เปียกตลอดเวลา

การลดการแตกร้าวอีกอย่างคือ ลดการยึดรั้งของโครงสร้าง ผนังที่สูงหรือพื้นที่อยู่ใต้ดินที่ถูกยึดรั้งสามารถลดลงได้โดยทำเป็นแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยการทำให้พื้นราบเรียบ ใส่สารอยู่ระหว่างรอยต่อเพื่อลดแรงยึดเหนี่ยวและให้เคลื่อนที่ได้สะดวก แต่ความสูงของผนังซึ่งเป็นรอยต่อเคลื่อนที่ได้ที่ฐานมีข้อจำกัดอย่างมาก เรื่องการรับแรงดึงของหน้าตัดผนังค่าแรงดึงที่มากที่สุดจะประมาณครึ่งหนึ่งของความสูง การควบคุมการแตกร้าวของผนังจึงต้องหาความสูงที่เหมาะสมและใช้รอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้ ค่าความสูง มากที่สุดขึ้นอยู่กับแรงดึงของผนังซึ่งเพิ่มได้โดยเพิ่มเหล็กเสริม

ผลของการใช้รอยต่อแบบเคลื่อนที่เพื่อลดรอยแตกร้าวไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับช่วงห่างเท่านั้นยังขึ้นกับตำแหน่งรอยต่อที่แน่นอน อันหลังนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์

603 การออกแบบรอยต่อเคลื่อนที่ ชนิดต่าง ๆ ของรอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้ให้ไว้ในตาราง 309 ข. สังเกตได้ว่าในรูป 2-5 ของบทนั้นเป็นชื่อรอยต่อแบบต่าง ๆ ไม่ใช่การ

ออกแบบ เมื่อก่อนการออกแบบรอยต่อใช้ของผสมที่ทำให้น้ำไม่รั่วข้อยุ่งยาก และที่ผิดพลาดคือใช้วัสดุไม่ได้ผลตามต้องการเพราะต้องใช้วัสดุที่ติดแน่นกับคอนกรีตที่เปียกชื้น

สิ่งสำคัญอันแรกของรอยต่อเคลื่อนที่คือต้องไม่รั่ว และกันไม่ให้กรวด หรือผงตะกอนมาอุดไว้วัสดุที่ใช้อุดต้องสามารถทนต่อการเคลื่อนที่หลาย ๆ โดยไม่เปลี่ยนรูป หรือเล็ดออกมาและไม่หลุดลอกออกมาเนื่องจากแรงดันของน้ำ วัสดุต้องมีคุณภาพดีไม่ว่าช่วงอุณหภูมิ และความชื้นเป็นเท่าใดคือต้องไม่เยิ้มเมื่ออากาศร้อนหรือต้องไม่เปราะเมื่ออากาศเย็น วัสดุต้องไม่เป็นสารละลายง่ายเมื่อเกิดการระเหยของตัวทำละลายหรือต้องไม่เปลี่ยนแปลง เมื่ออยู่ส่วนนอกและถูกแสงแดดเว้นที่สำคัญวัสดุอุดต้องไม่เป็นสารพิษ มีความต้านทานต่อสารเคมี และเชื้อโรคง่ายต่อการใช้ และขณะใช้ต้องไม่เป็นอุปสรรคการอัดแน่นของคอนกรีตกับรอยต่อช่วงต่อไป รายละเอียดที่บริเวณรอยต่อเปลี่ยนทิศทาง หรือตัดกับรอยต่ออื่นต้องไม่ยุ่งยากเกินไป

คุณสมบัติสารอุดรอยต่อข้างต้น อาจหาวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่ครบถ้วนตามต้องการ แต่ก็ควรเปรียบเทียบสารที่ใช้ให้มีคุณสมบัติตามต้องการมากที่สุด

604 วัสดุอุดรอยต่อ

ชนิดของวัสดุใช้กับรอยต่อ

(ก) วัสดุอุดรอยต่อ

(ข) แผ่นกันน้ำ และแผ่นปิดรอยต่อ

(ค) วัสดุทา (รวมทั้งการเคลือบที่ที่ต้องการ)

(ก) วัสดุอุดรอยต่อ ใช้กับรอยต่อแบบขยายเพื่อป้องกันการแยกของผิวหน้าทั้งสองโดยไม่ทำให้เสียกาย มักเป็นวัสดุที่สามารถอัดได้เป็นแผ่นติดกับผิวคอนกรีตที่หล่อก่อนและคอยติดกับคอนกรีตที่หล่อที่หลัง วัสดุนี้ควรรักษาความหนาเดิมระหว่างเทคอนกรีตอันใหม่ไม่ควรแกะวัสดุนี้ออกเมื่อคอนกรีตนี้แข็งตัวแล้ว เพราะจะทำให้รอยต่ออุดไม่สนิท

วัสดุใช้ได้ผลเต็มที่ถ้ายังคงติดผิวทั้งสองหน้าตลอดความยาวรอยต่อ วัสดุต้องเป็นสารอีลาสติครับแรงอัดได้ และติดแน่นกับผิวทั้งสองของรอยต่อ เปอร์เซนต์การขยายตัวของวัสดุเทียบกับความหนาเดิมถ้ามากจะดีสำหรับรอยต่อกว้าง ๆ ข้อดีของสารอุดที่ยึดเกาะได้แน่นคือ ป้องกันน้ำรั่วได้ดีด้วย ความต้องการนี้จะน้อยลงเมื่อสารอุดใช้เป็นตัวรองรับโดยใช้เป็นวัสดุทาในพื้น หรือหลังคา และแม้วัสดุอุดจะใช้ไม่ได้ผลก็ใช้วัสดุทาแก้ไข และวัสดุอุดจะมีประโยชน์น้อยสุดเมื่อใช้เป็นตัวอุดรอยต่อที่มีแผ่นกันน้ำเป็นตัวเชื่อม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รอยต่อคือ เพียงอุดช่องว่างที่เหลือเท่านั้น

(ข) แผ่นกันน้ำ (Water-bars)

เป็นวัสดุทำด้วยสารไม่ซึมน้ำฝังอยู่ในคอนกรีตขณะก่อสร้างขวางรอยต่อคอนกรีตทั้งสองป้องกันน้ำรั่วในช่วงการขยายตัวของรอยต่อ ที่ใช้การมากเป็นทองแดงแผ่นบาง ๆ ส่วนตรงกลางตลอดความยาวเป็นลอน ๆ ตัวกลางนี้ป้องกันมิให้ถูกคอนกรีต และยึดตัวได้ (ดูรูป6ก-7ก) บางครั้งจะทำเป็นรูปตัว Z (ดูรูป 6ข) เพื่อลดการหัก เนื่องจากรอยย่น มุมของลอนต้องมีรัศมีไม่น้อยกว่า 1/4 นิ้ว ในการทำงานต้องระวังอย่าให้แผ่นกันน้ำบิดงอหรือพับและเป็นการยากที่จะออกแบบรายละเอียดรอยต่อแบบนี้เมื่อเปลี่ยนทิศทางหรือตัดกัน แผ่นกันน้ำ ที่ทำด้วยทองแดงมักใช้ร่วมกับวัสดุทาเคลือบด้วยเพื่อให้รอยต่อสนิทยิ่งขึ้น และป้องกันตัวกลางไม่ให้ถูกคอนกรีต

ที่ใช้ทองแดงเป็นแผ่นกันน้ำเพราะมีคุณสมบัติการยืดตัว และป้องกันสนิมได้ในน้ำในอากาศ และในคอนกรีต แต่อาจสิ้นเปลืองไป หากใช้แผ่นตะกั่วแทนต้องเคลือบด้วย ยางมะตอยหรือสารอื่นให้หุ้มพ้นจากคอนกรีต

ต่อมาก็ใช้แผ่นกันน้ำที่ทำด้วยยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ (ดูรูป6 ค.) หรือใช้วัสดุพลาสติค เช่น สาร P.V.C. (Polyvinyl Chloride) (ดูรูป 7 ข.) ต้องพิจารณาว่าจะใช้อันไหนให้ตรงกับที่ต้องการและรอยต่อที่ตัดกัน ใช้ได้นาน และขยายตัวได้น้อยในอุณหภูมิต่ำ ๆ

แม้ว่าจะใช้วัสดุใหม่ที่ขยายตัวได้รอยต่อแบบเคลื่อนที่ได้อาจเปลี่ยนแปลงการออกแบบเป็นท่อกลาง ท่อนี้จะใส่ทองแดงไว้ การยึดเหนี่ยวของท่อโดยยึดกับปีกที่ออกแบบไว้ ปีกนี้จะช่วยลดการพับขณะกระทุ้งคอนกรีต ขนาดกว้าง 6 นิ้ว เป็นความกว้างน้อยสุดที่จะใช้หากกว้างมากกว่านี้ก็ได้ ที่สำคัญต้องแน่ใจว่าได้กระทุ้งคอนกรีตให้แน่นรอบ ๆ แผ่นกันน้ำ แผ่นเหล็กที่ใช้ควรกว้างพอสมควรเพื่อไม่ให้ระยะทางที่น้ำซึมผ่านสั้นเกินไป บางครั้งปีกจะเจาะรูเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวแต่มีข้อเสียน้ำจะซึมผ่านเร็วขึ้น ท่อนี้ควรฝังระหว่างกลางความหนา และผิวคอนกรีตทั้งสองเท่ากันแผ่นกันซึมต้องทะลุผ่านไม้แบบขณะเทคอนกรีตอันแรก และวัสดุใหม่ ๆ รูปร่างต่าง ๆ อาจนำมาใช้และบางอย่างไม่ต้องทะลุผ่านไม้แบบก็ได้ เช่นในรูป 7 ง.

แผ่นปิดรอยต่อ ในขณะเทคอนกรีต และใส่แผ่นกันน้ำอาจมีการผิดพลาดจนทำให้น้ำรั่วได้ ต้องใช้สารอื่นเคลือบทับอีกที เพื่อลดการรั่วควบคุมขณะก่อสร้างให้ดี และให้ผลดี ถ้าใช้แผ่นปิดรอยต่อ รูปร่างแผ่นปิดได้แสดงในรูป 6 ง. และ 6 จ. แผ่นปิดอาจเป็นทองแดงหรือแผ่นตะกั่ว ถ้าเป็นทองแดงก็ยึดติดกับหน้าคอนกรีตทั้งสองของรอยต่อ และใช้วงแหวนหรือ

ปะเกนที่ดีก็ป้องกันน้ำรั่วได้ ถ้าเป็นแผ่นตะกั่วปลายแผ่นควรงอฝังอยู่ในร่องคอนกรีตทั้งสองแล้วตอกย้ำก็จะทำให้น้ำไม่รั่ว (ดูรูป 2 จ.) เมื่อใช้แผ่นตะกั่วต้องทาด้วยยางมะตอยที่หน้า-คอนกรีตทั้งสองรวมทั้งแผ่นตะกั่วด้วย ไม่ว่ากรณีใด ๆ ช่วงที่น้ำจะผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกหน้าหนึ่งต้องไม่สั้นเกินไป

(ค) วัสดุเคลือบรอยต่อ

วัสดุเคลือบต้องไม่ซึมน้ำยึดหยุ่นได้ ป้องกันน้ำรั่วโดยยึดติดคอนกรีตไม่ว่ารอยต่อจะเคลื่อนที่ห่างออกเท่าใดก็ตาม วัสดุส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นยางมะตอยโดยจะมีสารอุดหรือไม่ก็ตามสารอุดอาจเป็นหินปูนหรือผงหินดินดาน เยื่อใยหินหรือยาง ใช้ทาหลังจากการก่อสร้างเสร็จจะทาขณะร้อนหรือเย็นก็แล้วแต่โดยใช้เครื่องหรือเหล็กแผ่นบาง ๆ ที่ตำแหน่งตามต้องการแต่อาจทำขณะก่อสร้างอยู่ก็ได้ เช่น ทารอบ ๆ แผ่นกันน้ำ

ที่สำคัญคือ วัสดุต้องยึดติดแน่นกับผิวคอนกรีตขณะเกิดการเคลื่อนที่ และต้องไม่เกิดการอ่อนตัวหรือเยิ้มด้วย

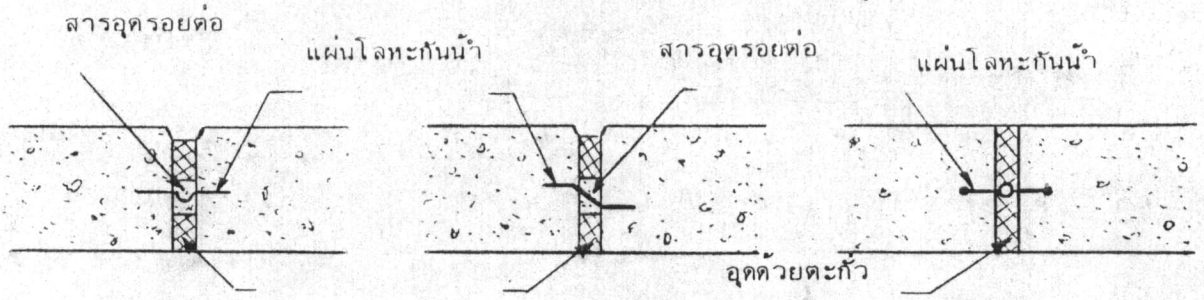
รอยต่อที่พื้นมักจะทาด้วยวัสดุเคลือบตลอดความยาวรอยต่อดูในรูป 7 ค. ความกว้างที่ต้องทาขึ้นอยู่กับลักษณะวัสดุที่ทา ในกรณีรอยต่อแบบขยายส่วนล่างของรอยต่อใส่สารอุด (ดูรูป 6 ฉ.) รอยต่อแบบนี้ให้ผลดีเมื่อทาให้เต็มแต่อาจต้องรอเวลาทาบ้างเพื่อให้รอยต่อหดตัวเล็กที่สุด เมื่อใช้งานแล้ว ร่องรอยต่อต้องไม่กว้างเกินไป ไม่ลึกเกินไป ระยะทางที่น้ำจะซึมผ่านเพิ่มได้โดยทาวัสดุเคลือบทั้งสองหน้า

การจัดเรียงในการปิดของผิวรอยต่อดังแสดงในรูป 6 ช. ให้ข้อดีที่ว่าลดแรงดึงโดยตรงของวัสดุเคลือบ

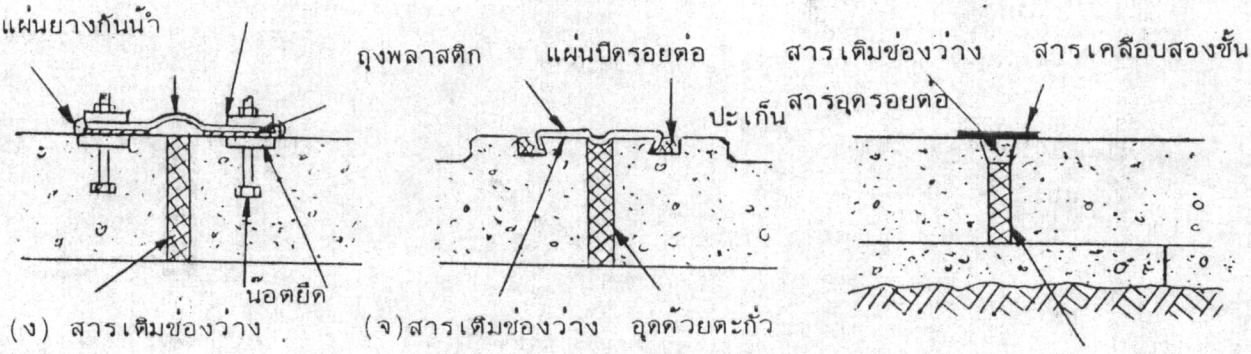
ในกรณีรอยต่อแนวดิ่งของผนัง การใช้วัสดุเคลือบชนิดติดกับผิวน้ำไม่ได้ผลดี เพราะยืดเหนี่ยวได้ยาก และวัสดุบางชนิดจะยุ่ยตัวเมื่อถูกน้ำ

การออกแบบอีกอย่างโดยทำให้รอยต่อเป็นช่วงอยู่ตรงกลางแล้วเติมสารอุดลงไป และแม้ว่าจะไม่อาจทำได้สมบูรณ์ ซึ่งเมื่อเกิดการเคลื่อนที่สารอุดอาจปูดออกมา ในโครงสร้างใหญ่ ๆ จะเดินท่อให้ร้อนขณะติดตั้งเพื่อให้สารเคลือบอ่อนตัวลง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

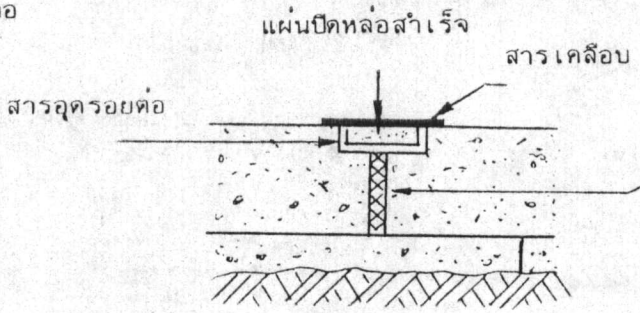


(ก) สารเต็มช่องว่าง (ข) แผ่นเหล็กปะกับ (ค) แผ่นกันน้ำ P V C



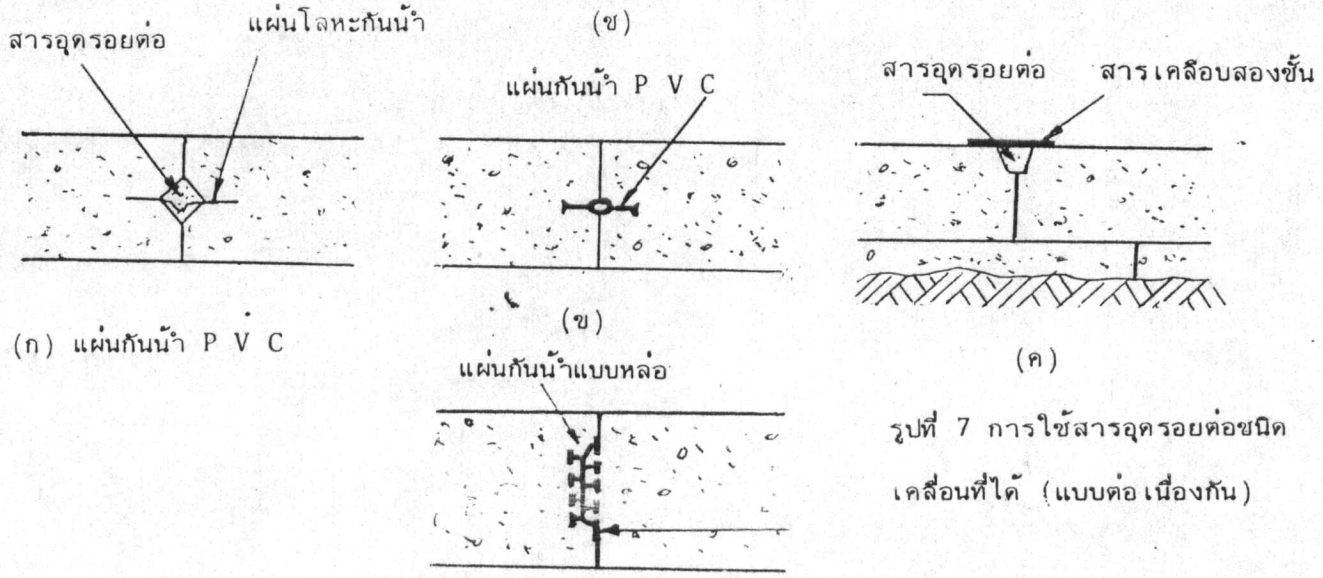
(ง) สารเติมช่องว่าง (จ) สารเติมช่องว่าง อุดด้วยตะกั่ว (ฉ)

(ฉ) สารเติมช่องว่าง



(ช)

รูปที่6 การใช้สารอุดรอยต่อชนิดเคลื่อนที่ได้ (แบบขยายตัว)



(ก) แผ่นกันน้ำ P V C (ข) (ค)

(ง)

รูปที่ 7 การใช้สารอุดรอยต่อชนิดเคลื่อนที่ได้ (แบบต่อเนื่องกัน)

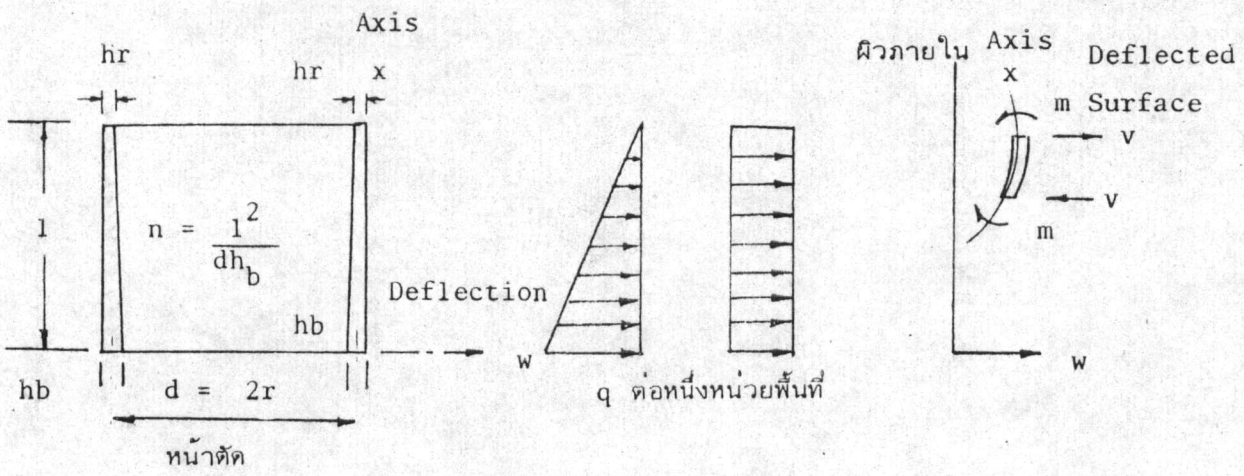
ภาคผนวก ข.

ข้อกำหนดในการใช้ตารางของ A. GHALI ในการวิเคราะห์แรงในผนังทรงกระบอก

ข้อกำหนด และสมมุติฐานในการวิเคราะห์หน่วยงานของตารางที่แสดงจะเป็นดังนี้

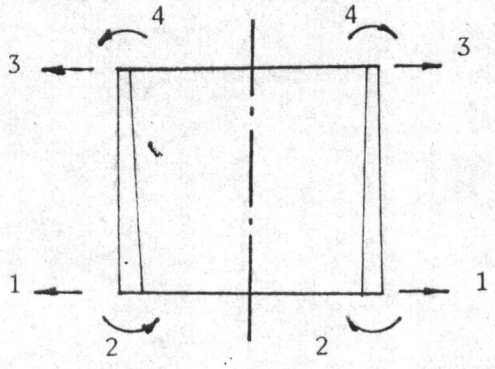
1. ค่าอัตราส่วน ht/hb = 1.00, 0.75, 0.50, 0.25, และ 0.05
2. ค่า $n = l^2/(dhb)$ ซึ่งไม่มีหน่วยมีค่าระหว่าง 0.40-24
   (ค่าn ที่ 24 ให้ดูในหนังสืออ้างอิงเล่มที่ 3)
3. ค่าอัตราส่วน Poisson's Ratio = $1/6$ หากจะเปลี่ยนค่านี้เป็นค่าอื่น
   ให้ปรับค่า n เป็น $\bar{n}$ โดยที่
   $\bar{n} = 1.01419\ (1-v^2)\ n$

ค่าที่แสดงในตารางที่ 46-53 เครื่องหมาย และขนาดต่าง ๆ จะเป็นดังแสดงในรูป



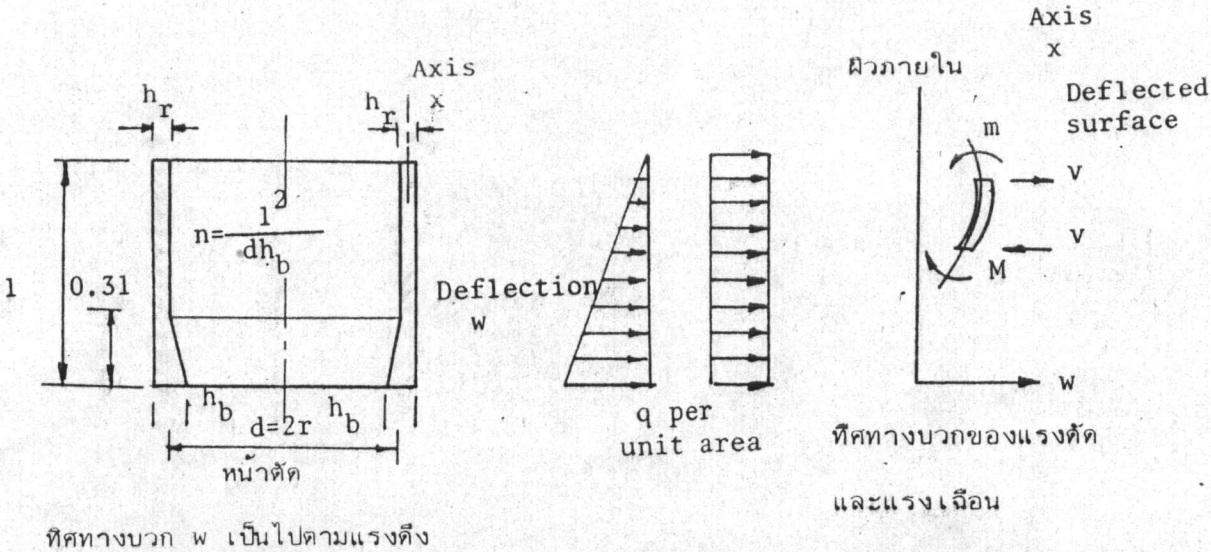
ทิศทางบวก w เป็นไปตามแรงดึง แรงพุ่งออกตั้งฉากผนัง ทิศทางบวกของแรงตัด และแรงเฉือน

(ก) ผนังกลมแสดงขนาดและทิศทางบวกของแรงที่กระทำ- และแรงภายใน.



(ข) พิกัดแสดงทิศทางบวกของแรง F หรือระยะทาง D

รูปที่ 8 สัญญลักษณ์ และเครื่องหมายที่ใช้สำหรับตาราง 46-53

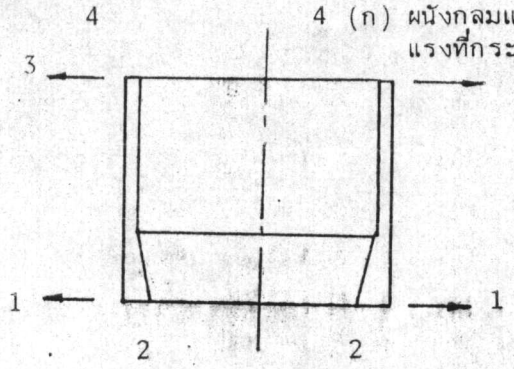


ทิศทางบวก w เป็นไปตามแรงดึง

ทิศทางบวกของแรงตัด

และแรงเฉือน

4 (ก) ผนังกลมแสดงขนาดและทิศทางบวกของแรงที่กระทำและแรงภายใน



รูปที่ 24

(ข) พิกัดแสดงทิศทางบวกของแรง F หรือระยะทาง D

รูปที่ 9 สัญญลักษณ์และเครื่องหมายที่ใช้สำหรับตาราง 53-61

Table 46 Hoop force variation and shear at bottom edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge encastre, top edge free.

$$N = \text{coefficient} \times qr; \quad V = \text{coefficient} \times ql$$

r/t	h_1/h_t	x/l										SHEAR AT BASE
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
		0.0000	.0041	.0165	.0287	.0449	.0617	.0781	.0936	.1080	.1211	.1332	.4380
		0.0000	.0042	.0169	.0294	.0455	.0614	.0759	.0881	.0976	.1043	.1082	.4425
	.50	0.0000	.0043	.0174	.0305	.0466	.0616	.0736	.0813	.0836	.0802	.0710	.4486
	.25	0.0000	.0044	.0179	.0320	.0483	.0626	.0721	.0745	.0676	.0498	.0203	.4559
	.05	0.0000	.0046	.0184									
	1.00	0.0000	.0101	.0341	.0652	.0984	.1310	.1615	.1897	.2160	.2412	.2661	.3722
	.75	0.0000	.0100	.0359	.0683	.1022	.1342	.1622	.1858	.2054	.2219	.2365	.3756
	.50	0.0000	.0112	.0382	.0726	.1077	.1391	.1641	.1816	.1919	.1962	.1960	.3799
	.25	0.0000	.0122	.0416	.0789	.1162	.1477	.1690	.1779	.1739	.1585	.1340	.3855
	.05	0.0000	.0133	.0457	.0871	.1281	.1610	.1793	.1782	.1550	.1089	.0421	.3916
1.2	1.00	0.0000	.0167	.0545	.0997	.1436	.1817	.2122	.2359	.2544	.2701	.2848	.3390
	.75	0.0000	.0177	.0579	.1059	.1516	.1893	.2167	.2342	.2439	.2488	.2517	.3408
	.50	0.0000	.0189	.0623	.1140	.1624	.2001	.2237	.2332	.2310	.2211	.2076	.3428
	.25	0.0000	.0205	.0682	.1252	.1780	.2168	.2362	.2347	.2147	.1816	.1423	.3450
	.05	0.0000	.0223	.0749	.1387	.1977	.2398	.2566	.2435	.2005	.1317	.0470	.3464
1.6	1.00	0.0000	.0241	.0765	.1355	.1878	.2272	.2522	.2646	.2682	.2668	.2640	.3165
	.75	0.0000	.0255	.0815	.1444	.1994	.2385	.2596	.2646	.2579	.2449	.2300	.3167
	.50	0.0000	.0272	.0875	.1556	.2142	.2535	.2702	.2657	.2456	.2170	.1868	.3168
	.25	0.0000	.0293	.0951	.1701	.2343	.2750	.2867	.2699	.2307	.1790	.1266	.3163
	.05	0.0000	.0314	.1030	.1858	.2572	.3017	.3106	.2817	.2194	.1341	.0433	.3147
2.0	1.00	0.0000	.0322	.0998	.1723	.2317	.2704	.2873	.2860	.2720	.2513	.2286	.2981
	.75	0.0000	.0339	.1060	.1833	.2458	.2841	.2965	.2869	.2620	.2295	.1957	.2972
	.50	0.0000	.0359	.1131	.1965	.2632	.3015	.3087	.2888	.2500	.2026	.1560	.2958
	.25	0.0000	.0383	.1217	.2127	.2854	.3249	.3264	.2934	.2357	.1676	.1046	.2937
	.05	0.0000	.0404	.1299	.2289	.3086	.3513	.3494	.3044	.2256	.1288	.0373	.2908
3.0	1.00	0.0000	.0532	.1584	.2607	.3322	.3636	.3574	.3217	.2668	.2022	.1347	.2611
	.75	0.0000	.0554	.1660	.2740	.3485	.3786	.3666	.3219	.2569	.1836	.1106	.2587
	.50	0.0000	.0578	.1745	.2890	.3672	.3959	.3773	.3220	.2452	.1623	.0856	.2560
	.25	0.0000	.0604	.1835	.3061	.3889	.4167	.3906	.3228	.2315	.1371	.0589	.2527
	.05	0.0000	.0626	.1919	.3211	.4087	.4366	.4051	.3270	.2220	.1126	.0258	.2494
4.0	1.00	0.0000	.0738	.2122	.3364	.4117	.4312	.4027	.3396	.2558	.1623	.0660	.2333
	.75	0.0000	.0762	.2204	.3499	.4269	.4435	.4084	.3372	.2461	.1486	.0535	.2308
	.50	0.0000	.0788	.2293	.3648	.4438	.4570	.4143	.3337	.2347	.1339	.0433	.2281
	.25	0.0000	.0816	.2389	.3811	.4625	.4722	.4209	.3297	.2215	.1174	.0353	.2251
	.05	0.0000	.0838	.2469	.3948	.4785	.4854	.4274	.3283	.2130	.1029	.0207	.2224
5.0	1.00	0.0000	.0935	.2603	.3989	.4714	.4763	.4282	.3457	.2445	.1356	.0248	.2124
	.75	0.0000	.0961	.2688	.4121	.4848	.4852	.4300	.3405	.2351	.1265	.0221	.2101
	.50	0.0000	.0989	.2781	.4264	.4993	.4947	.4314	.3341	.2242	.1171	.0227	.2077
	.25	0.0000	.1018	.2879	.4419	.5151	.5048	.4327	.3271	.2123	.1068	.0252	.2051
	.05	0.0000	.1042	.2961	.4547	.5279	.5128	.4338	.3230	.2060	.0986	.0184	.2029
6.0	1.00	0.0000	.1124	.3036	.4509	.5161	.5053	.4406	.3447	.2343	.1190	.0029	.1962
	.75	0.0000	.1152	.3125	.4636	.5276	.5112	.4392	.3376	.2253	.1135	.0071	.1942
	.50	0.0000	.1182	.3220	.4774	.5400	.5172	.4373	.3295	.2154	.1078	.0139	.1921
	.25	0.0000	.1213	.3320	.4920	.5530	.5233	.4351	.3214	.2055	.1014	.0212	.1899
	.05	0.0000	.1239	.3403	.5040	.5632	.5274	.4329	.3166	.2016	.0970	.0171	.1888
8.0	1.00	0.0000	.1482	.3790	.5518	.5754	.5344	.4446	.3340	.2183	.1033	-.0107	.1726
	.75	0.0000	.1514	.3884	.5435	.5836	.5358	.4396	.3257	.2110	.1019	-.0004	.1718
	.50	0.0000	.1548	.3982	.5558	.5921	.5369	.4343	.3175	.2038	.1002	.0103	.1694
	.25	0.0000	.1582	.4085	.5685	.6003	.5374	.4289	.3105	.1982	.0978	.0184	.1676
	.05	0.0000	.1611	.4170	.5788	.6062	.5364	.4239	.3067	.1982	.0969	.0151	.1662
10.0	1.00	0.0000	.1819	.4428	.5909	.6096	.5431	.4375	.3217	.2080	.0984	-.0094	.1561
	.75	0.0000	.1854	.4523	.6012	.6150	.5417	.4314	.3145	.2028	.0987	.0013	.1547
	.50	0.0000	.1890	.4621	.6118	.6200	.5399	.4255	.3081	.1984	.0984	.0107	.1534
	.25	0.0000	.1928	.4723	.6224	.6244	.5371	.4196	.3036	.1962	.0974	.0166	.1519
	.05	0.0000	.1959	.4808	.6309	.6271	.5335	.4144	.3015	.1981	.0976	.0133	.1508
12.0	1.00	0.0000	.2136	.4972	.6346	.6288	.5426	.4282	.3122	.2023	.0975	-.0054	.1436
	.75	0.0000	.2173	.5066	.6433	.6317	.5396	.4224	.3067	.1989	.0983	.0036	.1424
	.50	0.0000	.2212	.5162	.6520	.6340	.5360	.4170	.3025	.1967	.0984	.0107	.1413
	.25	0.0000	.2252	.5261	.6606	.6354	.5315	.4118	.3001	.1964	.0977	.0148	.1401
	.05	0.0000	.2286	.5344	.6675	.6359	.5271	.4075	.2993	.1987	.0982	.0120	.1391
14.0	1.00	0.0000	.2435	.5440	.6669	.6386	.5381	.4197	.3057	.1994	.0979	-.0021	.1337
	.75	0.0000	.2475	.5530	.6740	.6395	.5342	.4148	.3020	.1975	.0986	.0048	.1327
	.50	0.0000	.2516	.5623	.6810	.6397	.5298	.4102	.2995	.1966	.0987	.0101	.1317
	.25	0.0000	.2558	.5719	.6878	.6391	.5248	.4062	.2987	.1972	.0980	.0131	.1306
	.05	0.0000	.2592	.5798	.6931	.6379	.5202	.4031	.2987	.1994	.0986	.0110	.1298
16.0	1.00	0.0000	.2718	.5843	.6907	.6426	.5321	.4130	.3018	.1983	.0985	-.0002	.1256
	.75	0.0000	.2760	.5930	.6964	.6419	.5279	.4089	.2995	.1973	.0991	.0052	.1248
	.50	0.0000	.2802	.6018	.7018	.6406	.5234	.4055	.2983	.1971	.0990	.0092	.1239
	.25	0.0000	.2846	.6109	.7070	.6385	.5184	.4025	.2984	.1981	.0982	.0117	.1229
	.05	0.0000	.2882	.6184	.7109	.6363	.5143	.4005	.2988	.1998	.0988	.0102	.1222
18.0	1.00	0.0000	.2987	.6192	.7082	.6429	.5268	.4079	.2996	.1981	.0991	.0008	.1189
	.75	0.0000	.3029	.6274	.7125	.6411	.5218	.4048	.2983	.1976	.0994	.0050	.1181
	.50	0.0000	.3073	.6358	.7165	.6386	.5175	.4023	.2980	.1978	.0991	.0084	.1173
	.25	0.0000	.3118	.6444	.7202	.6358	.5130	.4003	.2985	.1987	.0983	.0107	.1165
	.05	0.0000	.3156	.6514	.7229	.6329	.5095	.3992	.2991	.2008	.0990	.0096	.1158
20.0	1.00	0.0000	.3242	.6495	.7208	.6410	.5204	.4042	.2985	.1983	.0996	.0012	.1131
	.75	0.0000	.3285	.6573	.7239	.6385	.5165	.4020	.2980	.1981	.0997	.0047	.1124
	.50	0.0000	.3331	.6652	.7267	.6355	.5126	.4003	.2981	.1983	.0992	.0076	.1117
	.25	0.0000	.3377	.6732	.7291	.6320	.5087	.3992	.2989	.1992	.0984	.0098	.1109
	.05	0.0000	.3415	.6797	.7307	.6288	.5058	.3987	.2994	.2001	.0992	.0090	.1103
24.0	1.00	0.0000	.3715	.6990	.7357	.6343	.5113	.4000	.2981	.1990	.1001	.0012	.1038
	.75	0.0000	.3761	.7057	.7369	.6310	.5083	.3991	.2983	.1980	.0999	.0040	.1031
	.50	0.0000	.3807	.7125	.7377	.6274	.5055	.3986	.2985	.1991	.0993	.0065	.1025
	.25	0.0000	.3855	.7194	.7381	.6236	.5030	.3985	.2995	.1997	.0986	.0086	.1019
	.05	0.0000	.3894	.7250	.7381	.6203	.5013	.3987	.2998	.2001	.0994	.0083	.1014

Table 47 Bending moment variation and rotation D_4 top edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge encastre, top edge free

$$M = \text{coefficient} \times ql^2 ; D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_1 t)$$

r_2/r_1	x/ℓ										D_4
	.00	.049595	-.025738	-.006516	.000390	.005317	.006582	.005466	.003204	.000993	.289274
	.25	-.053956	-.029663	-.012582	-.002575	.002906	.004774	.004276	.002589	.000815	.352545
	.50	-.059597	-.035135	-.017852	-.006780	-.000551	.002147	.002525	.001070	.000546	.477979
	.05	-.067375	-.041867	-.023934	-.012110	-.005013	-.001317	.000155	.000392	.000160	.866818
1.0	1.00	-.059802	-.030720	-.006964	.002362	.009174	.011417	.010471	.007642	.004167	.001234	.146906
	.75	-.062960	-.033696	-.013236	-.000192	.006910	.009521	.009017	.006672	.003662	.001088	.143725
	.50	-.066861	-.037395	-.016720	-.003415	.004026	.007083	.007129	.005401	.002996	.000894	.129021
	.25	-.071933	-.042252	-.021345	-.007748	.000098	.003712	.004478	.003588	.002031	.000610	.091071
	.05	-.077524	-.047703	-.026634	-.012807	-.004597	-.000423	.001127	.001220	.000723	.000209	.190062
2.0	1.00	-.045823	-.022988	-.004890	.005979	.011197	.012282	.010628	.007486	.003983	.001158	-.029735
	.75	-.052339	-.025476	-.007354	.003628	.009028	.010408	.009158	.006492	.003463	.001008	-.094957
	.50	-.055321	-.028453	-.010237	.000760	.006354	.008075	.007312	.005234	.002800	.000816	-.214939
	.25	-.058956	-.032139	-.013599	-.002902	.002888	.005001	.004840	.003524	.001888	.000549	-.466512
	.05	-.062553	-.035893	-.017887	-.006842	-.000949	.001494	.001924	.001430	.000725	.000194	-.790519
3.0	1.00	-.043350	-.018326	-.001973	.007382	.011448	.011815	.009868	.006778	.003538	.001013	-.229468
	.75	-.045300	-.020388	-.004106	.005239	.009404	.010008	.008430	.005800	.003027	.000866	-.354475
	.50	-.047549	-.022770	-.006599	.002708	.006566	.007832	.006687	.004608	.002401	.000687	-.570415
	.25	-.050147	-.025577	-.009588	-.000376	.003948	.005098	.004466	.003070	.001587	.000453	-1.003808
	.05	-.052499	-.028221	-.012500	-.003473	.000828	.002184	.002016	.001306	.000612	.000160	-1.675431
5.0	1.00	-.033011	-.011687	.001210	.007688	.009747	.009094	.007047	.004549	.002253	.000616	-.677259
	.75	-.034094	-.013303	-.000315	.006030	.008087	.007592	.005849	.003745	.001843	.000503	-.897290
	.50	-.035260	-.014441	-.001997	.004189	.006235	.005911	.004508	.002848	.001391	.000381	-1.247505
	.25	-.036507	-.016013	-.003866	.002119	.004131	.003986	.002964	.001814	.000873	.000244	-1.896896
	.05	-.037522	-.017357	-.005513	.000250	.002188	.002164	.001456	.000762	.000316	.000087	-2.944824
7.0	1.00	-.026546	-.007978	.002378	.006842	.007630	.006488	.004620	.002750	.001259	.000319	-.964993
	.75	-.027209	-.008889	.001245	.005570	.006350	.005350	.003743	.002191	.000994	.000253	-1.207884
	.50	-.027911	-.009861	.000034	.004207	.004980	.004137	.002819	.001613	.000729	.000191	-1.575945
	.25	-.028647	-.010895	-.001269	.002732	.003493	.002820	.001819	.000995	.000453	.000131	-2.235028
	.05	-.029237	-.011756	-.002376	.001460	.002190	.001642	.000895	.000389	.000153	.000051	-3.390384
9.0	1.00	-.022122	-.005630	.002852	.005912	.005906	.004559	.002932	.001559	.000628	.000137	-1.109622
	.75	-.022523	-.006315	.001972	.004921	.004932	.003732	.002339	.001218	.000490	.000111	-1.339936
	.50	-.023069	-.007039	.001042	.003876	.003910	.002875	.001738	.000888	.000369	.000093	-1.682622
	.25	-.023574	-.007800	.000057	.002765	.002824	.001965	.001104	.000543	.000246	.000079	-2.311630
	.05	-.023981	-.008428	-.000765	.001828	.001898	.001174	.000525	.000190	.000080	.000037	-3.654541
11.0	1.00	-.018947	-.004056	.003017	.005087	.004597	.003207	.001826	.000826	.000261	.000036	-1.161532
	.75	-.019297	-.004603	.002304	.004295	.003850	.002615	.001447	.000648	.000216	.000039	-1.370427
	.50	-.019663	-.005176	.001557	.003467	.003073	.002009	.001071	.000484	.000186	.000049	-1.686192
	.25	-.020041	-.005774	.000773	.002595	.002255	.001370	.000671	.000303	.000148	.000057	-2.311030
	.05	-.020347	-.006266	.000123	.001869	.001568	.000821	.000299	.000090	.000048	.000030	-3.954863
13.0	1.00	-.014734	-.002159	.002956	.003793	.002857	.001606	.000660	.000143	-.000038	-.000036	-1.138847
	.75	-.014964	-.002545	.002448	.003253	.002398	.001307	.000536	.000146	.000013	-.000006	-1.319481
	.50	-.015201	-.002946	.001920	.002692	.001922	.000998	.000405	.000144	.000061	.000024	-1.621146
	.25	-.015443	-.003355	.001373	.002111	.001427	.000668	-.000247	.000108	.000079	.000042	-2.325942
	.05	-.015642	-.003698	.000924	.001634	.001019	.000387	.000085	.000018	.000027	.000023	-4.658739
15.0	1.00	-.012070	-.001114	.002710	.002864	.001821	.000804	.000187	-.000062	-.000093	-.000039	-1.075775
	.75	-.012235	-.001410	.002322	.002473	.001525	.000656	.000175	.000004	-.000018	-.000005	-1.255732
	.50	-.012404	-.001713	.001922	.002070	.001219	.000497	.000147	.000050	.000040	.000023	-1.583804
	.25	-.012577	-.002025	.001511	.001657	.000903	.000322	.000088	.000052	.000060	.000036	-2.406345
	.05	-.012719	-.002282	.001174	.001320	.000646	.000171	.000013	.000005	.000020	.000017	-5.305748
17.0	1.00	-.010229	-.000488	.002427	.002187	.001175	.000386	.000002	-.000102	-.000078	-.000027	-1.026549
	.75	-.010355	-.000725	.002118	.001893	.000980	.000319	.000034	-.000024	-.000008	.000002	-1.220532
	.50	-.010484	-.000968	.001801	.001593	.000779	.000240	.000047	.000027	.000039	.000023	-1.585382
	.25	-.010616	-.001217	.001477	.001288	.000572	.000149	.000029	.000035	.000049	.000030	-2.505536
	.05	-.010724	-.001420	.001213	.001039	.000404	.000066	-.000007	.000004	.000015	.000013	-5.824918
19.0	1.00	-.008880	-.000091	.002153	.001684	.000760	.000164	-.000063	-.000089	-.000051	-.000016	-.998441
	.75	-.008980	-.000288	.001901	.001459	.000631	.000142	-.000016	-.000019	.000004	.000007	-1.209431
	.50	-.009082	-.000489	.001643	.001231	.000498	.000108	.000010	.000023	.000038	.000022	-1.605619
	.25	-.009188	-.000695	.001380	.000999	.000361	.000062	.000010	.000029	.000040	.000025	-2.593720
	.05	-.009274	-.000863	.001165	.000810	.000248	.000016	-.000010	.000005	.000012	.000010	-6.240837
21.0	1.00	-.007847	.000169	.001905	.001306	.000488	.000047	-.000078	-.000066	-.000030	-.000008	-.985952
	.75	-.007929	.000002	.001694	.001131	.000403	.000049	-.000028	-.000008	.000012	.000009	-1.211372
	.50	-.008014	-.000169	.001479	.000954	.000315	.000040	-.000000	.000024	.000035	.000019	-1.629805
	.25	-.008100	-.000344	.001261	.000775	.000224	.000020	.000005	.000026	.000033	.000021	-2.664176
	.05	-.008170	-.000486	.001083	.000629	.000148	-.000006	-.000008	.000006	.000009	.000008	-6.584965
23.0	1.00	-.007031	.000343	.001684	.001017	.000308	-.000013	-.000072	-.000044	-.000015	-.000003	-.982460
	.75	-.007100	.000198	.001505	.000880	.000254	.000002	-.000027	.000001	.000016	.000009	-1.218327
	.50	-.007171	.000051	.001324	.000742	.000196	.000007	-.000001	.000024	.000031	.000017	-1.651414
	.25	-.007244	-.000100	.001140	.000601	.000135	-.000000	.000005	.000023	.000027	.000017	-2.719480
	.05	-.007303	-.000223	.000990	.000487	.000084	-.000014	-.000004	.000006	.000007	.000007	-6.877138
25.0	1.00	-.006369	.000462	.001490	.000795	.000187	-.000041	-.000060	-.000028	-.000007	-.000001	-.983211
	.75	-.006429	.000334	.001337	.000687	.000154	-.000019	-.000021	.000007	.000017	.000009	-1.225992
	.50	-.006489	.000204	.001182	.000577	.000118	-.000008	.000002	.000023	.000027	.000014	-1.668742
	.25	-.006552	.000072	.001024	.000467	.000078	-.000008	.000007	.000020	.000022	.000015	-2.763854
	.05	-.006602	-.000036	.000896	.000377	.000043	-.000016	-.000002	.000005	.000006	.000005	-7.128685
27.0	1.00	-.005360	.000595	.001171	.000488	.000053	-.000053	-.000035	-.000009	.000000	-.000000	-.987562
	.75	-.005407	.000493	.001055	.000419	.000045	-.000029	-.000008	.000011	.000014	.000006	-1.237591
	.50	-.005453	.000389	.000938	.000350	.000033	-.000014	.000007	.000019	.000020	.000011	-1.692527
	.25	-.005501	.000284	.000820	.000280	.000018	-.000009	.000009	.000015	.000015	.000011	-2.832097
	.05	-.005540	.000198	.000724	.000223	.000002	-.000012	.000002	.000004	.000004	.000004	-7.536554

Table 48 Hoop force variation and shear at bottom edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge encastre, top edge free

N = coefficient × qr; V = coefficient × ql

η	$\frac{h_1}{r_0}$	x/ℓ										SHEAR AT BASE
		0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
		0	.0115	.0424	.0883	.1450	.2096	.2792	.3521	.4266	.5019	.5774	.7661
		0	.0118	.0434	.0898	.1465	.2095	.2756	.3419	.4063	.4672	.5237	.7751
	.50	0	.0121	.0446	.0920	.1489	.2104	.2720	.3295	.3795	.4191	.4464	.7870
	.25	0	.0127	.0467	.0957	.1535	.2135	.2693	.3142	.3415	.3450	.3191	.8045
	.05	0	.0135	.0495	.1013	.1611	.2209	.2711	.3007	.2963	.2405	.1089	.8276
	1.00	0.0000	.0247	.0891	.1810	.2908	.4116	.5385	.6681	.7988	.9297	1.0605	.5548
	.75	0.0000	.0256	.0931	.1885	.3009	.4217	.5443	.6640	.7778	.8841	.9821	.5616
	.50	0.0000	.0273	.0986	.1991	.3159	.4377	.5554	.6618	.7511	.8197	.8651	.5703
	.25	0.0000	.0296	.1072	.2161	.3408	.4666	.5796	.6670	.7166	.7172	.6589	.5823
	.05	0.0000	.0329	.1195	.2416	.3805	.5169	.6304	.6973	.6889	.5644	.2598	.5963
1.2	1.00	0.0000	.0352	.1233	.2434	.3802	.5236	.6678	.8099	.9495	1.0873	1.2244	.4579
	.75	0.0000	.0370	.1299	.2559	.3975	.5423	.6823	.8131	.9332	1.0427	1.1426	.4602
	.50	0.0000	.0394	.1386	.2729	.4218	.5699	.7057	.8220	.9144	.9811	1.0217	.4626
	.25	0.0000	.0427	.1510	.2980	.4597	.6159	.7497	.8471	.8962	.8861	.8070	.4641
	.05	0.0000	.0468	.1671	.3321	.5146	.6894	.8319	.9159	.9077	.7542	.3559	.4616
1.6	1.00	0.0000	.0454	.1547	.2967	.4503	.6027	.7478	.8839	1.0128	1.1374	1.2606	.4048
	.75	0.0000	.0477	.1630	.3126	.4724	.6268	.7674	.8914	.9996	1.0949	1.1804	.4041
	.50	0.0000	.0505	.1735	.3330	.5016	.6603	.7970	.9060	.9859	1.0381	1.0648	.4023
	.25	0.0000	.0540	.1870	.3606	.5434	.7116	.8476	.9394	.9781	.9557	.8631	.3988
	.05	0.0000	.0577	.2016	.3923	.5957	.7838	.9329	1.0199	1.0142	.8573	.4169	.3883
2.0	1.00	0.0000	.0557	.1855	.3469	.5129	.6684	.8075	.9305	1.0414	1.1456	1.2475	.3698
	.75	0.0000	.0583	.1949	.3649	.5377	.6953	.8296	.9400	1.0300	1.1044	1.1714	.3665
	.50	0.0000	.0613	.2061	.3867	.5688	.7306	.8609	.9565	1.0193	1.0539	1.0650	.3623
	.25	0.0000	.0647	.2194	.4138	.6096	.7806	.9105	.9910	1.0171	.9840	.8830	.3556
	.05	0.0000	.0675	.2311	.4395	.6526	.8411	.9849	1.0675	1.0648	.9173	.4608	.3448
3.0	1.00	0.0000	.0816	.2592	.4611	.6468	.7985	.9154	.9974	1.0604	1.1124	1.1609	.3092
	.75	0.0000	.0845	.2695	.4802	.6722	.8249	.9342	1.0061	1.0511	1.0801	1.1016	.3048
	.50	0.0000	.0874	.2806	.5013	.7010	.8559	.9603	1.0194	1.0434	1.0425	1.0238	.2994
	.25	0.0000	.0903	.2919	.5236	.7329	.8927	.9952	1.0442	1.0457	.9994	.8933	.2926
	.05	0.0000	.0920	.2989	.5381	.7553	.9223	1.0327	1.0912	1.0952	.9898	.5397	.2851
4.0	1.00	0.0000	.1062	.3246	.5557	.7491	.8889	.9783	1.0294	1.0565	1.0720	1.0840	.2698
	.75	0.0000	.1091	.3350	.5736	.7713	.9100	.9931	1.0339	1.0480	1.0484	1.0435	.2655
	.50	0.0000	.1119	.3455	.5924	.7949	.9329	1.0100	1.0407	1.0411	1.0230	.9918	.2608
	.25	0.0000	.1147	.3559	.6113	.8189	.9568	1.0295	1.0536	1.0433	.9989	.9000	.2556
	.05	0.0000	.1165	.3627	.6232	.8327	.9692	1.0417	1.0743	1.0826	1.0203	.5977	.2511
5.0	1.00	0.0000	.1293	.3824	.6324	.8248	.9487	1.0153	1.0425	1.0474	1.0425	1.0351	.2416
	.75	0.0000	.1322	.3924	.6489	.8434	.9642	1.0239	1.0427	1.0393	1.0263	1.0103	.2380
	.50	0.0000	.1351	.4028	.6661	.8626	.9799	1.0327	1.0439	1.0329	1.0102	.9776	.2342
	.25	0.0000	.1380	.4132	.6833	.8813	.9946	1.0412	1.0482	1.0345	.9983	.9105	.2301
	.05	0.0000	.1404	.4212	.6957	.8924	.9992	1.0400	1.0524	1.0632	1.0349	.6431	.2270
6.0	1.00	0.0000	.1510	.4334	.6954	.8809	.9875	1.0344	1.0450	1.0375	1.0235	1.0080	.2205
	.75	0.0000	.1541	.4435	.7108	.8964	.9981	1.0380	1.0420	1.0300	1.0129	.9944	.2175
	.50	0.0000	.1572	.4540	.7268	.9121	1.0083	1.0410	1.0394	1.0242	1.0031	.9740	.2144
	.25	0.0000	.1604	.4648	.7430	.9272	1.0167	1.0424	1.0386	1.0257	.9989	.9217	.2111
	.05	0.0000	.1631	.4738	.7559	.9371	1.0178	1.0350	1.0340	1.0459	1.0416	.6792	.2087
8.0	1.00	0.0000	.1917	.5210	.7920	.9550	1.0274	1.0446	1.0365	1.0208	1.0048	.9896	.1989
	.75	0.0000	.1951	.5314	.8057	.9657	1.0313	1.0421	1.0305	1.0149	1.0009	.9876	.1887
	.50	0.0000	.1987	.5422	.8198	.9762	1.0343	1.0388	1.0252	1.0111	.9981	.9784	.1863
	.25	0.0000	.2023	.5535	.8343	.9859	1.0353	1.0335	1.0207	1.0136	1.0014	.9399	.1840
	.05	0.0000	.2055	.5633	.8466	.9933	1.0332	1.0235	1.0111	1.0226	1.0439	.7326	.1821
10.0	1.00	0.0000	.2294	.5941	.8619	.9978	1.0411	1.0394	1.0241	1.0096	.9987	.9896	.1707
	.75	0.0000	.2331	.6045	.8738	1.0048	1.0411	1.0345	1.0182	1.0057	.9978	.9910	.1689
	.50	0.0000	.2370	.6153	.8860	1.0113	1.0400	1.0291	1.0133	1.0041	.9979	.9846	.1671
	.25	0.0000	.2410	.6267	.8983	1.0169	1.0372	1.0223	1.0092	1.0075	1.0036	.9517	.1652
	.05	0.0000	.2444	.6363	.9087	1.0213	1.0337	1.0141	1.0011	1.0103	1.0397	.7702	.1637
12.0	1.00	0.0000	.2646	.6558	.9132	1.0222	1.0430	1.0384	1.0140	1.0031	.9973	.9935	.1558
	.75	0.0000	.2686	.6661	.9233	1.0262	1.0406	1.0251	1.0093	1.0010	.9976	.9949	.1543
	.50	0.0000	.2727	.6767	.9334	1.0296	1.0373	1.0195	1.0058	1.0011	.9988	.9887	.1527
	.25	0.0000	.2769	.6878	.9437	1.0321	1.0326	1.0132	1.0030	1.0047	1.0050	.9593	.1512
	.05	0.0000	.2805	.6970	.9520	1.0337	1.0285	1.0074	.9976	1.0042	1.0336	.7985	.1499
14.0	1.00	0.0000	.2976	.7085	.9511	1.0353	1.0395	1.0217	1.0069	.9998	.9975	.9968	.1441
	.75	0.0000	.3017	.7185	.9594	1.0370	1.0358	1.0168	1.0037	.9990	.9983	.9973	.1429
	.50	0.0000	.3061	.7288	.9677	1.0379	1.0314	1.0119	1.0017	1.0001	.9997	.9910	.1416
	.25	0.0000	.3105	.7394	.9758	1.0381	1.0262	1.0068	1.0000	1.0034	1.0056	.9646	.1403
	.05	0.0000	.3142	.7481	.9822	1.0377	1.0219	1.0032	.9970	1.0012	1.0275	.8208	.1392
16.0	1.00	0.0000	.3286	.7538	.9790	1.0412	1.0339	1.0145	1.0025	.9984	.9982	.9989	.1348
	.75	0.0000	.3329	.7633	.9857	1.0412	1.0297	1.0104	1.0006	.9985	.9989	.9986	.1337
	.50	0.0000	.3374	.7731	.9922	1.0404	1.0249	1.0065	.9996	1.0000	1.0004	.9923	.1325
	.25	0.0000	.3420	.7832	.9985	1.0389	1.0198	1.0028	.9989	1.0026	1.0056	.9686	.1314
	.05	0.0000	.3459	.7914	1.0033	1.0371	1.0157	1.0007	.9975	.9997	1.0221	.8388	.1305
18.0	1.00	0.0000	.3578	.7926	.9996	1.0428	1.0278	1.0090	1.0000	.9981	.9988	1.0000	.1270
	.75	0.0000	.3623	.8019	1.0048	1.0415	1.0235	1.0058	.9991	.9986	.9995	.9991	.1260
	.50	0.0000	.3670	.8111	1.0098	1.0395	1.0189	1.0029	.9988	1.0001	1.0007	.9931	.1250
	.25	0.0000	.3717	.8206	1.0144	1.0368	1.0142	1.0004	.9986	1.0021	1.0054	.9717	.1240
	.05	0.0000	.3757	.8284	1.0178	1.0341	1.0106	.9994	.9982	.9991	1.0176	.8537	.1232
20.0	1.00	0.0000	.3855	.8266	1.0145	1.0417	1.0220	1.0050	.9988	.9983	.9993	1.0004	.1204
	.75	0.0000	.3901	.8352	1.0184	1.0395	1.0179	1.0026	.9984	.9990	.9998	.9993	.1195
	.50	0.0000	.3949	.8439	1.0220	1.0367	1.0137	1.0006	.9986	1.0003	1.0009	.9937	.1187
	.25	0.0000	.3998	.8528	1.0252	1.0333	1.0097	.9991	.9987	1.0016	1.0051	.9743	.1178
	.05	0.0000	.4038	.8600	1.0274	1.0301	1.0067	.9988	.9988	.9988	1.0138	.8663	.1170
24.0	1.00	0.0000	.4167	.8816	1.0326	1.0356	1.0125	1.0004	.9982	.9990	.9998	1.0004	.1098
	.75	0.0000	.4415	.8890	1.0344	1.0324	1.0092	.9953	.9985	.9996	1.0001	.9992	.1091
	.50	0.0000	.4464	.8966	1.0357	1.0288	1.0062	.9986	.9990	1.0005	1.0010	.9946	.1084
	.25	0.0000	.4514	.9047	1.0367	1.0250	1.0035	.9984	.9992	1.0010	1.0044	.9783	.1076
	.05	0.0000	.4556	.9104	1.0370	1.0216	1.0017	.9987	.9997	.9990	1.0083	.8864	.1070

Table 49 Bending moment variation and rotation D_4 at top edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge encastre and top edge free

$$M = \text{coefficient} \times ql^2 ; D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_0 l)$$

η_j	$\frac{h_1}{h_0}$	x/l										D_4
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	
∞	1.00	-.331014	-.259997	-.198249	-.146065	-.102990	-.068458	-.041826	-.022400	-.009451	-.002235	.755081
	.75	-.350640	-.267124	-.204475	-.151340	-.107379	-.071909	-.044341	-.024016	-.010274	-.002471	.954649
	.50	-.380506	-.276787	-.212930	-.158626	-.113389	-.076659	-.047824	-.026275	-.011433	-.002807	1.310009
	.25	-.305706	-.291244	-.225639	-.169554	-.122506	-.083921	-.053204	-.029803	-.013274	-.003350	2.156684
	.05	-.388881	-.311108	-.243182	-.184748	-.135295	-.094231	-.060965	-.035005	-.016066	-.004205	5.465168
4	1.00	-.182576	-.132074	-.091293	-.059599	-.036081	-.019646	-.009090	-.003147	-.000522	.000091	1.308620
	.75	-.190628	-.139443	-.097966	-.065536	-.041207	-.023863	-.012299	-.005295	-.001656	-.000245	1.686859
	.50	-.201472	-.149414	-.107047	-.073671	-.048289	-.029745	-.016828	-.008365	-.003299	-.000738	2.400378
	.25	-.217640	-.164390	-.120804	-.086121	-.059264	-.038999	-.024078	-.013382	-.006047	-.001586	4.304812
	.05	-.240236	-.185573	-.140539	-.104280	-.075593	-.053102	-.035460	-.021552	-.010732	-.003116	13.908194
1.2	1.00	-.118807	-.077990	-.046778	-.024307	-.009389	-.000663	.003299	.003937	.002672	.000900	1.370945
	.75	-.124558	-.083502	-.052030	-.029233	-.013865	-.004519	.000246	.001826	.001529	.000555	1.780427
	.50	-.131924	-.090634	-.058902	-.035756	-.019870	-.009766	-.003973	-.001139	-.000104	.000053	2.596530
	.25	-.142079	-.100635	-.068712	-.045247	-.028790	-.017741	-.010552	-.005896	-.002809	-.000807	5.033630
	.05	-.154554	-.113352	-.081623	-.058187	-.041415	-.029505	-.020726	-.013676	-.007540	-.002444	20.802635
1.6	1.00	-.088261	-.052743	-.026720	-.009124	.001447	.006521	.007616	.006181	.003580	.001103	1.230349
	.75	-.092302	-.056855	-.030877	-.013241	-.002471	.003017	.004762	.004168	.002475	.000767	1.609741
	.50	-.097168	-.061895	-.036058	-.018458	-.007521	-.001576	.000953	.001430	.000942	.000291	2.419655
	.25	-.103209	-.068359	-.042905	-.025547	-.014577	-.008184	-.004703	-.002781	-.001509	-.000504	5.140445
	.05	-.109171	-.075290	-.050762	-.034181	-.023667	-.017208	-.012943	-.009400	-.006731	-.002041	26.805743
2.0	1.00	-.070846	-.038899	-.016336	-.001893	.006025	.009059	.008766	.006535	.003599	.001073	1.017417
	.75	-.073727	-.042045	-.019717	-.005413	.002542	.005860	.006113	.004641	.002553	.000753	1.352929
	.50	-.076998	-.045712	-.023746	-.009691	-.001767	.001827	.002702	.002158	.001152	.000316	2.133807
	.25	-.080662	-.050042	-.028702	-.015136	-.007431	-.003651	-.002098	-.001481	-.000998	-.000392	5.073898
	.05	-.083446	-.053928	-.033656	-.021038	-.014022	-.010500	-.008604	-.006909	-.004607	-.001769	32.510531
3.0	1.00	-.048090	-.022093	-.005205	.004294	.008390	.008926	.007417	.005017	.002574	.000726	.482720
	.75	-.049432	-.023879	-.007400	.001793	.005771	.006439	.005321	.003513	.001745	.000475	.747298
	.50	-.050809	-.025750	-.009814	-.001010	.002788	.003559	.002847	.001702	.000722	.000156	1.517274
	.25	-.052116	-.027779	-.012449	-.004177	-.000688	.000089	-.000255	-.000690	-.000721	-.000333	5.836668
	.05	-.052762	-.029168	-.014563	-.006944	-.003963	-.003470	-.003801	-.003848	-.003025	-.001331	46.271144
4.0	1.00	-.036398	-.014324	-.001100	.005381	.007387	.006840	.005140	.003192	.001519	.000401	.117729
	.75	-.037132	-.015482	-.002649	.003541	.005433	.004990	.003600	.002108	.000933	.000227	.383189
	.50	-.037866	-.016684	-.004285	.001576	.003325	.002969	.001895	.000880	.000249	.000015	1.236187
	.25	-.038556	-.017895	-.005987	-.000511	.001038	.000719	-.000087	-.000636	-.000677	-.000311	5.361717
	.05	-.038987	-.018773	-.007290	-.002171	-.000862	-.001287	-.002072	-.002472	-.002146	-.001043	59.036955
5.0	1.00	-.029190	-.009910	.000759	.005246	.006009	.004964	.003359	.001876	.000799	.000188	-.076118
	.75	-.029668	-.010748	-.000408	.003851	.004546	.003615	.002276	.001142	.000417	.000078	.226088
	.50	-.030151	-.011612	-.001618	.002397	.003016	.002196	.001122	.000343	-.000016	-.000055	1.185596
	.25	-.030627	-.012487	-.002859	.000894	.001420	.000687	-.000153	-.000614	-.000608	-.000275	5.836507
	.05	-.031004	-.013172	-.003826	-.000776	.000165	-.000544	-.001315	-.001707	-.001576	-.000834	70.489507
6.0	1.00	-.024327	-.007132	.001675	.004795	.004804	.003558	.002139	.001034	.000364	.000065	-.155403
	.75	-.024680	-.007786	.000752	.003702	.003692	.002577	.001393	.000559	.000133	.000002	.198297
	.50	-.025041	-.008460	-.000199	.002577	.002548	.001567	.000618	.000050	-.000133	-.000079	1.250990
	.25	-.025408	-.009147	-.001171	.001428	.001378	.000521	-.000220	-.000560	-.000521	-.000235	6.299577
	.05	-.025725	-.009709	-.001947	.000526	.000473	-.000292	-.000930	-.001233	-.001184	-.000679	80.442327
8.0	1.00	-.018228	-.003953	.002340	.003790	.003071	.001827	-.000812	.000223	-.000006	-.000028	-.151805
	.75	-.018457	-.004406	.001701	.003066	.002392	.001297	.000471	.000049	-.000071	-.000040	.256398
	.50	-.018693	-.004870	.001047	.002326	.001702	.000760	.000118	-.000151	-.000167	-.000071	1.434695
	.25	-.018939	-.005347	.000379	.001576	.001008	.000215	-.000265	-.000419	-.000359	-.000167	7.003055
	.05	-.019149	-.005743	-.000167	.000973	.000465	-.000197	-.000567	-.000703	-.000708	-.000471	97.376207
10.0	1.00	-.014568	-.002276	.002406	.002942	.001987	.000935	.000258	-.000035	-.000086	-.000037	-.089289
	.75	-.014734	-.002618	.001927	.002425	.001547	.000640	.000110	-.000082	-.000088	-.000034	.341996
	.50	-.014904	-.002968	.001438	.001901	.001103	.000340	-.000055	-.000161	-.000127	-.000050	1.563263
	.25	-.015081	-.003327	.000939	.001371	.000658	.000035	-.000243	-.000296	-.000246	-.000123	7.449026
	.05	-.015227	-.003623	.000530	.000940	.000304	-.000200	-.000392	-.000437	-.000453	-.000344	111.384608
12.0	1.00	-.012129	-.001291	.002275	.002281	.001297	.000463	.000033	-.000095	-.000078	-.000027	-.036835
	.75	-.012256	-.001564	.001898	.001897	.001001	.000297	-.000025	-.000094	-.000064	-.000021	.395078
	.50	-.012386	-.001842	.001515	.001509	.000704	.000124	-.000101	-.000128	-.000088	-.000035	1.629078
	.25	-.012520	-.002127	.001124	.001117	.000407	-.000053	-.000200	-.000208	-.000175	-.000095	7.754803
	.05	-.012630	-.002360	.000806	.000798	.000166	-.000197	-.000287	-.000292	-.000308	-.000260	123.365365
14.0	1.00	-.010387	-.000673	.002082	.001775	.000847	.000209	-.000050	-.000090	-.000053	-.000015	-.006016
	.75	-.010488	-.000898	.001777	.001481	.000645	.000117	-.000066	-.000075	-.000040	-.000011	.419074
	.50	-.010592	-.001127	.001466	.001185	.000442	.000017	-.000102	-.000093	-.000060	-.000025	1.659778
	.25	-.010698	-.001361	.001151	.000887	.000237	-.000090	-.000159	-.000148	-.000129	-.000076	7.992065
	.05	-.010785	-.001552	.000894	.000645	.000071	-.000182	-.000216	-.000207	-.000220	-.000202	133.814758
16.0	1.00	-.009080	-.000266	.001878	.001386	.000550	.000073	-.000074	-.000068	-.000031	-.000007	.007927
	.75	-.009163	-.000457	.001625	.001157	.000411	.000024	-.000071	-.000053	-.000023	-.000006	.426294
	.50	-.009248	-.000650	.001368	.000927	.000270	-.000033	-.000088	-.000066	-.000043	-.000020	1.675683
	.25	-.009336	-.000843	.001107	.000696	.000127	-.000099	-.000123	-.000109	-.000099	-.000063	8.191772
	.05	-.009407	-.001009	.000895	.000509	.000010	-.000161	-.000166	-.000154	-.000164	-.000161	143.050778
18.0	1.00	-.008063	.000010	.001683	.001086	.000352	.000002	-.000072	-.000047	-.000016	-.000002	.011852
	.75	-.008134	-.000155	.001469	.000906	.000255	-.000022	-.000062	-.000035	-.000013	-.000003	.426042
	.50	-.008205	-.000322	.001253	.000724	.000157	-.000054	-.000070	-.000047	-.000032	-.000017	1.686856
	.25	-.008279	-.000492	.001033	.000542	.000056	-.000096	-.000096	-.000082	-.000079	-.000053	8.365982
	.05	-.008339	-.000630	.000856	.000395	-.000028	-.000138	-.000130	-.000120	-.000127	-.000130	151.580735
20.0	1.00	-.007250	.000200	.001503	.000853	.000219	-.000033	-.000061	-.000030	-.000007	.000000	.010914
	.75	-.007310	.000056	.001321	.000709	.000152	-.000042	-.000050	-.000023	-.000007	-.000002	.423521
	.50	-.007372	-.000090	.001136	.000565	.000083	-.000059	-.000055	-.000035	-.000026	-.000014	1.697132
	.25	-.007435	-.000239	.000949	.000420	.000011	-.000087	-.000075	-.000064	-.000064	-.000046	8.519909
	.05	-.007486	-.000360	.000798	.000303	-.000050	-.000117	-.000103	-.000096	-.000101	-.000107	158.735073
24.0	1.00	-.006030	.000428	.001197	.000528	.000069	-.000052	-.000037	-.000010	.000001	.000001	.005354
	.75	-.006077	.000313	.001059	.000435	.000038	-.000047	-.000028	-.000009	-.000003	-.000002	.419502
	.50	-.006124	.000197	.000920	.000341	.000005	-.000051	-.000032	-.000020	-.000018	-.000011	1.717754
	.25	-.006172	.000079	.000780	.000247	-.000032	-.000065	-.000048	-.000042	-.000044	-.000035	8.778773
	.05	-.006212	-.000017	.000667	.000171	-.000065	-.000083	-.000069	-.000066	-.000068	-.000075	171.649828

Table 50 Hoop force variation and shear at bottom edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge hinged and top edge free.

$$N = \text{coefficient} \times qr\,;\; V = \text{coefficient} \times ql$$

η	h_1/h_0	x/ℓ										SHEAR AT BASE
			.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
		.0000	.0550	.1118	.1648	.2151	.2628	.3082	.3520	.3946	.4366	.4784	.2457
	.75	.0000	.0578	.1306	.1877	.2387	.2836	.3229	.3572	.3874	.4142	.4382	.2387
	.50	.0000	.0851	.1595	.2234	.2754	.3160	.3456	.3654	.3762	.3794	.3759	.2278
	.25	.0000	.1159	.2118	.2867	.3405	.3734	.3862	.3800	.3565	.3175	.2650	.2084
	.05	.0000	.1660	.2961	.3897	.4467	.4676	.4532	.4051	.3251	.2159	.0806	.1767
.8	1.00	0.0000	.0746	.1438	.2044	.2553	.2967	.3300	.3571	.3801	.4011	.4214	.2342
	.75	0.0000	.0883	.1668	.2322	.2834	.3209	.3461	.3618	.3706	.3753	.3781	.2258
	.50	0.0000	.1085	.2005	.2728	.3244	.3559	.3695	.3684	.3565	.3379	.3159	.2136
	.25	0.0000	.1412	.2548	.3380	.3902	.4124	.4073	.3793	.3339	.2774	.2159	.1940
	.05	0.0000	.1871	.3311	.4298	.4832	.4933	.4629	.3976	.3039	.1901	.0661	.1661
1.2	1.00	0.0000	.0992	.1873	.2581	.3093	.3418	.3586	.3634	.3606	.3538	.3458	.2188
	.75	0.0000	.1156	.2145	.2903	.3412	.3684	.3753	.3669	.3486	.3257	.3018	.2091
	.50	0.0000	.1383	.2517	.3343	.3846	.4042	.3976	.3711	.3320	.2877	.2439	.1961
	.25	0.0000	.1717	.3061	.3983	.4473	.4560	.4298	.3770	.3076	.2324	.1616	.1773
	.05	0.0000	.2126	.3725	.4763	.5243	.5204	.4717	.3877	.2888	.1624	.0510	.1539
1.6	1.00	0.0000	.1262	.2345	.3154	.3661	.3886	.3879	.3691	.3397	.3048	.2681	.2021
	.75	0.0000	.1444	.2641	.3499	.3994	.4152	.4032	.3708	.3262	.2766	.2273	.1928
	.50	0.0000	.1684	.3027	.3944	.4420	.4489	.4224	.3720	.3082	.2410	.1782	.1792
	.25	0.0000	.2011	.3548	.4541	.4985	.4932	.4473	.3729	.2836	.1937	.1162	.1615
	.05	0.0000	.2573	.4121	.5193	.5604	.5425	.4766	.3769	.2590	.1401	.0393	.1429
2.0	1.00	0.0000	.1526	.2800	.3696	.4188	.4388	.4128	.3731	.3288	.2807	.1984	.1865
	.75	0.0000	.1718	.3106	.4044	.4513	.4556	.4261	.3727	.3057	.2340	.1637	.1768
	.50	0.0000	.1968	.3487	.4472	.4906	.4851	.4409	.3708	.2875	.2029	.1258	.1644
	.25	0.0000	.2275	.3975	.5012	.5397	.5212	.4585	.3672	.2638	.1644	.0830	.1492
	.05	0.0000	.2600	.4474	.5560	.5892	.5579	.4776	.3662	.2423	.1241	.0315	.1334
3.0	1.00	0.0000	.2099	.3756	.4787	.5198	.5062	.4536	.3745	.2884	.1795	.0766	.1958
	.75	0.0000	.2296	.4058	.5095	.5448	.5226	.4586	.3688	.2666	.1621	.0614	.1676
	.50	0.0000	.2529	.4394	.5450	.5737	.5399	.4626	.3686	.2500	.1435	.0493	.1578
	.25	0.0000	.2812	.4805	.5864	.6064	.5586	.4657	.3698	.2303	.1230	.0406	.1467
	.05	0.0000	.3080	.5187	.6242	.6356	.5758	.4689	.3424	.2157	.1040	.0228	.1163
4.0	1.00	0.0000	.2559	.4477	.5538	.5804	.5452	.4684	.3671	.2536	.1356	.0165	.1352
	.75	0.0000	.2752	.4749	.5800	.5992	.5537	.4666	.3577	.2413	.1261	.0165	.1284
	.50	0.0000	.2977	.5068	.6092	.6195	.5619	.4631	.3461	.2271	.1167	.0208	.1209
	.25	0.0000	.3238	.5416	.6418	.6413	.5697	.4584	.3331	.2118	.1065	.0272	.1124
	.05	0.0000	.3477	.5734	.6659	.6590	.5753	.4546	.3249	.2032	.0977	.0282	.1048
5.0	1.00	0.0000	.2945	.5042	.6071	.6175	.5627	.4688	.3557	.2352	.1132	-.0087	.1220
	.75	0.0000	.3136	.5296	.6294	.6318	.5656	.4627	.3446	.2246	.1091	.0003	.1155
	.50	0.0000	.3353	.5581	.6538	.6451	.5678	.4553	.3322	.2129	.1051	.0122	.1081
	.25	0.0000	.3599	.5897	.6801	.6594	.5692	.4472	.3199	.2017	.1002	.0233	.1023
	.05	0.0000	.3820	.6173	.7018	.6699	.5638	.4406	.3131	.1978	.0963	.0188	.0963
6.0	1.00	0.0000	.3284	.5507	.6464	.6401	.5684	.4625	.3436	.2224	.1024	-.0167	.1105
	.75	0.0000	.3471	.5746	.6656	.6497	.5676	.4542	.3323	.2134	.1014	-.0036	.1056
	.50	0.0000	.3681	.6007	.6861	.6592	.5661	.4452	.3207	.2043	.1002	.0107	.1004
	.25	0.0000	.3916	.6291	.7074	.6681	.5636	.4362	.3106	.1966	.0980	.0220	.0946
	.05	0.0000	.4123	.6535	.7245	.6737	.5598	.4289	.3058	.1968	.0963	.0175	.0887
8.0	1.00	0.0000	.3863	.6237	.6995	.6617	.5640	.4445	.3233	.2071	.0956	-.0140	.0958
	.75	0.0000	.4044	.6445	.7135	.6656	.5595	.4355	.3141	.2014	.0971	-.0001	.0928
	.50	0.0000	.4242	.6666	.7277	.6688	.5543	.4268	.3068	.1964	.0980	.0122	.0879
	.25	0.0000	.4457	.6900	.7416	.6706	.5488	.4188	.3006	.1939	.0974	.0198	.0836
	.05	0.0000	.4645	.7097	.7522	.6704	.5415	.4127	.2991	.1965	.0973	.0152	.0840
10.0	1.00	0.0000	.4352	.6783	.7312	.6669	.5526	.4284	.3181	.2002	.0956	-.0071	.0887
	.75	0.0000	.4524	.6963	.7418	.6671	.5467	.4207	.3038	.1969	.0974	.0040	.0826
	.50	0.0000	.4718	.7151	.7505	.6664	.5403	.4139	.2992	.1948	.0983	.0126	.0785
	.25	0.0000	.4911	.7346	.7552	.6642	.5332	.4081	.2972	.1949	.0978	.0172	.0759
	.05	0.0000	.5084	.7509	.7656	.6611	.5266	.4038	.2976	.1988	.0979	.0133	.0729
12.0	1.00	0.0000	.4773	.7202	.7499	.6643	.5406	.4164	.3026	.1976	.0978	-.0023	.0783
	.75	0.0000	.4938	.7358	.7564	.6622	.5345	.4106	.2989	.1968	.0984	.0058	.0757
	.50	0.0000	.5114	.7517	.7622	.6591	.5282	.4058	.2968	.1954	.0989	.0117	.0729
	.25	0.0000	.5302	.7682	.7673	.6548	.5214	.4020	.2967	.1964	.0981	.0149	.0700
	.05	0.0000	.5463	.7817	.7706	.6503	.5158	.3996	.2978	.1991	.0983	.0120	.0676
14.0	1.00	0.0000	.5143	.7529	.7602	.6583	.5298	.4084	.2989	.1978	.0982	.0082	.0725
	.75	0.0000	.5300	.7663	.7642	.6547	.5242	.4043	.2978	.1964	.0992	.0061	.0702
	.50	0.0000	.5468	.7799	.7673	.6503	.5185	.4011	.2964	.1965	.0992	.0105	.0678
	.25	0.0000	.5645	.7937	.7696	.6450	.5128	.3990	.2973	.1977	.0983	.0138	.0654
	.05	0.0000	.5796	.8050	.7708	.6401	.5084	.3978	.2985	.1997	.0986	.0110	.0633
16.0	1.00	0.0000	.5472	.7786	.7652	.6589	.5210	.4032	.2974	.1974	.0992	.0032	.0678
	.75	0.0000	.5623	.7901	.7671	.6465	.5161	.4005	.2966	.1972	.0996	.0057	.0658
	.50	0.0000	.5782	.8017	.7682	.6416	.5113	.3987	.2969	.1975	.0993	.0093	.0637
	.25	0.0000	.5950	.8134	.7686	.6360	.5068	.3977	.2981	.1985	.0983	.0117	.0616
	.05	0.0000	.6092	.8227	.7682	.6311	.5035	.3979	.2991	.2000	.0988	.0102	.0597
18.0	1.00	0.0000	.5768	.7990	.7666	.6452	.5141	.4001	.2978	.1981	.0997	.0015	.0640
	.75	0.0000	.5912	.8089	.7669	.6386	.5100	.3984	.2969	.1980	.0999	.0052	.0622
	.50	0.0000	.6064	.8187	.7666	.6335	.5062	.3976	.2976	.1982	.0994	.0085	.0603
	.25	0.0000	.6224	.8285	.7655	.6280	.5028	.3974	.2988	.1991	.0984	.0106	.0584
	.05	0.0000	.6358	.8363	.7640	.6235	.5005	.3976	.2995	.2001	.0998	.0096	.0562
20.0	1.00	0.0000	.6035	.8152	.7656	.6360	.5088	.3983	.2972	.1987	.1001	.0014	.0607
	.75	0.0000	.6174	.8236	.7648	.6314	.5055	.3975	.2975	.1986	.1000	.0047	.0591
	.50	0.0000	.6319	.8319	.7633	.6264	.5026	.3973	.2983	.1988	.0993	.0075	.0574
	.25	0.0000	.6471	.8401	.7612	.6213	.5002	.3976	.2993	.1994	.0984	.0098	.0557
	.05	0.0000	.6556	.8465	.7589	.6172	.4987	.3980	.2998	.2001	.0992	.0090	.0542
24.0	1.00	0.0000	.6502	.8382	.7598	.6236	.5021	.3972	.2982	.1995	.1003	.0011	.0555
	.75	0.0000	.6630	.8442	.7574	.6195	.5002	.3973	.2987	.1994	.1000	.0039	.0541
	.50	0.0000	.6763	.8500	.7546	.6153	.4987	.3977	.2993	.1993	.0993	.0065	.0527
	.25	0.0000	.6901	.8555	.7512	.6113	.4978	.3984	.2999	.1997	.0986	.0086	.0513
	.05	0.0000	.7016	.8597	.7481	.6082	.4974	.3989	.3001	.2001	.0994	.0083	.0500

Table 51 Bending moment variation and rotations D_2 and D_4 at bottom and top edges, respectively. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge hinged and top edge free

$$M = \text{coefficient} \times ql^2 : D_2 \text{ or } D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_0 l)$$

r_1	$\frac{h_1}{h_0}$	x/l .2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	D_2	D_4
∞	.00	.019431	.031227	.035735	.034857	.030204	.023136	.015145	.007681	.007158	.5691	.4182
	.75	.019146	.029970	.034044	.033090	.028468	.021677	.014110	.007113	.001487	.6978	.4984
	.50	.018082	.028017	.031536	.030260	.025769	.019409	.012497	.006231	.001721	.8986	.6192
	.25	.016203	.024548	.026994	.025290	.020975	.015378	.009627	.004662	.001249	1.2558	.8288
	.05	.013124	.018879	.019566	.017121	.013114	.008754	.004899	.002069	.000465	1.8367	1.2113
8	1.00	.018707	.029155	.033033	.031548	.027407	.020827	.013542	.006825	.001907	.7559	.2026
	.75	.017895	.027666	.031093	.029832	.025393	.019153	.012366	.006192	.001720	.9160	.1976
	.50	.016712	.025495	.028268	.026752	.022463	.016720	.010659	.005274	.001449	1.1524	.1714
	.25	.014807	.022004	.023724	.021758	.017750	.012803	.007911	.003797	.001014	1.5355	.0917
	.05	.012098	.017032	.017240	.014710	.010976	.007141	.003907	.001625	.000366	2.0759	.0285
1.2	1.00	.017190	.026363	.029396	.027993	.023667	.017747	.011404	.005688	.001576	1.0134	-.0805
	.75	.016267	.024676	.027211	.025629	.021441	.015919	.010138	.005018	.001381	1.2069	-.1795
	.50	.015010	.022383	.024248	.022430	.018432	.013456	.008439	.004123	.001123	1.4762	-.3557
	.25	.013183	.019053	.019949	.017792	.014077	.009892	.005984	.002833	.000753	1.8746	-.7014
	.05	.010921	.014925	.014609	.012010	.008612	.005381	.002839	.001155	.000263	2.3650	-1.1404
1.6	1.00	.015582	.023410	.025560	.023840	.019757	.014541	.009186	.004513	.001234	1.2962	-.3675
	.75	.014610	.021644	.023291	.021409	.017493	.012707	.007936	.003863	.001049	1.5151	-.5409
	.50	.013366	.019388	.020402	.018324	.014632	.010402	.006377	.003060	.000823	1.8049	-.8235
	.25	.011702	.016376	.016553	.014227	.010845	.007362	.004329	.002013	.000533	2.2040	-1.3333
	.05	.009852	.013027	.012268	.009647	.006583	.003904	.001964	.000778	.000181	2.6490	-1.9706
2.0	1.00	.014071	.020646	.021990	.019998	.016163	.011611	.007171	.003451	.000925	1.5747	-.6192
	.75	.013112	.018915	.019786	.017664	.014019	.009903	.006029	.002870	.000764	1.8098	-.8398
	.50	.011943	.016810	.017120	.014856	.011460	.007882	.004693	.002201	.000583	2.1093	-1.1788
	.25	.010471	.014170	.013790	.011369	.008298	.005403	.003070	.001400	.000371	2.5015	-1.7591
	.05	.008956	.011453	.010359	.007764	.005008	.002793	.001327	.000513	.000126	2.9110	-2.4585
3.0	1.00	.011097	.015257	.015121	.012721	.009468	.006245	.003536	.001560	.000383	2.1895	-1.0296
	.75	.010292	.013835	.013370	.010943	.007917	.005084	.002816	.001226	.000301	2.4419	-1.2747
	.50	.009378	.012231	.011412	.008980	.006234	.003853	.002077	.000900	.000227	2.7463	-1.6242
	.25	.008319	.010383	.009175	.006761	.004357	.002502	.001286	.000565	.000157	3.1187	-2.1843
	.05	.007332	.008664	.007097	.004695	.002591	.001200	.000481	.000187	.000061	3.4769	-2.8908
4.0	1.00	.009121	.011748	.010780	.008286	.005546	.003225	.001568	.000572	.000109	2.6947	-1.1913
	.75	.008476	.010641	.009478	.007044	.004550	.002559	.001218	.000447	.000091	2.9550	-1.4075
	.50	.007763	.009429	.008068	.005723	.003518	.001898	.000895	.000351	.000086	3.2605	-1.7089
	.25	.006964	.008078	.006512	.004281	.002406	.001196	.000560	.000257	.000085	3.6217	-2.2152
	.05	.006250	.006876	.005129	.002995	.001391	.000511	.000170	.000084	.000043	3.9564	-3.1052
5.0	1.00	.007765	.009403	.007996	.005584	.003294	.001599	.000578	.000107	-.000013	3.1304	-1.2194
	.75	.007236	.008525	.007015	.004719	.002680	.001266	.000467	.000113	.000008	3.3972	-1.4033
	.50	.006658	.007574	.005966	.003812	.002053	.000943	.000379	.000139	.000038	3.7044	-1.6696
	.25	.006021	.006532	.004827	.002832	.001375	.000585	.000263	.000147	.000063	4.0590	-2.1812
	.05	.005466	.005630	.003842	.001978	.000758	.000203	.000057	.000052	.000036	4.3810	-3.4387
6.0	1.00	.006775	.007744	.006116	.003869	.001971	.000729	.000102	-.000090	-.000057	3.5219	-1.1898
	.75	.006328	.007026	.005357	.003258	.001602	.000597	.000129	-.000014	-.000017	3.7941	-1.3532
	.50	.005843	.006254	.004550	.002616	.001221	.000465	.000158	.000066	.000026	4.1025	-1.6101
	.25	.005316	.005420	.003683	.001926	.000797	.000286	.000139	.000108	.000055	4.4525	-2.1769
	.05	.004864	.004709	.002949	.001335	.000407	.000064	.000018	.000041	.000031	4.7665	-3.8572
8.0	1.00	.005410	.005556	.003805	.001957	.000678	.000023	-.000188	-.000161	-.000059	4.2173	-1.0948
	.75	.005068	.005041	.003318	.001636	.000563	.000072	-.000062	-.000047	-.000012	4.4963	-1.2538
	.50	.004704	.004497	.002806	.001295	.000428	.000095	.000035	.000045	.000027	4.8056	-1.5458
	.25	.004317	.003921	.002267	.000930	.000259	.000063	.000065	.000082	.000047	5.1496	-2.2673
	.05	.003989	.003440	.001820	.000623	.000093	-.000021	.000004	.000030	.000024	5.4538	-4.6791
10.0	1.00	.004496	.004180	.002489	.001016	.000173	-.000152	-.000187	-.000115	-.000036	4.8304	-1.0257
	.75	.004223	.003792	.002160	.000843	.000161	-.000057	-.000068	-.000016	.000002	5.1130	-1.2048
	.50	.003934	.003386	.001817	.000656	.000127	.000002	.000027	.000051	.000030	5.4225	-1.5448
	.25	.003631	.002963	.001461	.000455	.000063	.000010	.000049	.000068	.000039	5.7629	-2.2083
	.05	.003376	.002611	.001168	.000285	-.000010	-.000027	.000007	.000023	.000018	6.0608	-5.3383
12.0	1.00	.003836	.003243	.001677	.000518	-.000028	-.000167	-.000132	-.000065	-.000018	5.3840	-.9915
	.75	.003609	.002940	.001447	.000426	.000003	-.000072	-.000030	.000008	.000010	5.6690	-1.1940
	.50	.003372	.002627	.001210	.000325	.000011	-.000013	.000033	.000052	.000028	5.9788	-1.5752
	.25	.003124	.002302	.000966	.000213	-.000005	.000003	.000043	.000055	.000031	6.3168	-2.2159
	.05	.002917	.002034	.000765	.000116	-.000038	-.000018	.000009	.000017	.000013	6.6100	-5.8335
14.0	1.00	.003334	.002572	.001149	.000242	-.000101	-.000138	-.000082	-.000031	-.000007	5.8922	-.9797
	.75	.003142	.002330	.000986	.000200	-.000054	-.000057	-.000006	.000020	.000012	6.1793	-1.2006
	.50	.002942	.002081	.000819	.000148	-.000029	-.000007	.000036	.000047	.000024	6.4894	-1.6087
	.25	.002733	.001825	.000647	.000087	-.000026	.000006	.000038	.000043	.000025	6.8254	-2.6038
	.05	.002560	.001614	.000505	.000031	-.000040	-.000009	.000009	.000012	.000010	7.1149	-6.2407
16.0	1.00	.002937	.002073	.000794	.000089	-.000118	-.000103	-.000047	-.000012	-.000002	6.3646	-.9798
	.75	.002771	.001876	.000678	.000075	-.000068	-.000037	.000008	.000023	.000012	6.6533	-1.2119
	.50	.002599	.001675	.000558	.000052	-.000038	.000001	.000035	.000040	.000020	6.9636	-1.6364
	.25	.002421	.001468	.000435	.000021	-.000027	.000010	.000032	.000034	.000020	7.2980	-2.6699
	.05	.002273	.001298	.000334	-.000011	-.000033	-.000003	.000008	.000009	.000008	7.5847	-6.5829
18.0	1.00	.002616	.001691	.000549	.000034	-.000112	-.000073	-.000025	-.000003	-.000000	6.8076	-.9822
	.75	.002471	.001529	.000466	.000006	-.000065	-.000021	.000015	.000023	.000011	7.0977	-1.2225
	.50	.002320	.001364	.000380	.000001	-.000034	.000008	.000033	.000033	.000017	7.4082	-1.6572
	.25	.002165	.001194	.000291	-.000012	-.000022	.000013	.000027	.000027	.000017	7.7413	-2.7216
	.05	.002036	.001056	.000218	-.000030	-.000025	.000001	.000007	.000007	.000007	8.0256	-6.8756
20.0	1.00	.002350	.001393	.000377	-.000042	-.000097	-.000049	-.000011	.000001	.000000	7.2261	-.9860
	.75	.002221	.001259	.000318	-.000030	-.000054	-.000005	.000018	.000020	.000009	7.5173	-1.2307
	.50	.002088	.001121	.000256	-.000024	-.000027	.000012	.000029	.000028	.000014	7.8280	-1.6726
	.25	.001951	.000980	.000192	-.000028	-.000015	.000014	.000022	.000022	.000015	8.1599	-2.7640
	.05	.001838	.000866	.000138	-.000037	-.000018	.000003	.000006	.000005	.000005	8.4422	-7.1280
24.0	1.00	.001934	.000966	.000167	-.000074	-.000064	-.000020	.000000	.000003	-.000000	8.0026	-.9909
	.75	.001830	.000870	.000139	-.000053	-.000032	.000004	.000017	.000015	.000006	8.2958	-1.2402
	.50	.001724	.000773	.000108	-.000039	-.000012	.000015	.000021	.000020	.000011	8.6066	-1.6933
	.25	.001614	.000673	.000074	-.000034	-.000004	.000013	.000018	.000015	.000011	8.9368	-2.8314
	.05	.001524	.000592	.000045	-.000035	-.000007	.000004	.000004	.000004	.000004	9.2159	-7.5366

Table 52 Hoop force variation and shear at bottom edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge hinged and top edge free.

$$N = \text{coefficient} \times qr;\ V = \text{coefficient} \times ql$$

η	h_1/h_c	x/l										SHEAR AT BASE
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
.4	1.00	0.0000	.1566	.3116	.4647	.6150	.7627	.9081	1.0515	1.1944	1.3364	1.4783	.2458
	.75	0.0000	.1871	.3632	.5276	.6800	.8205	.9495	1.0675	1.1756	1.2741	1.3637	.2264
	.50	0.0000	.2348	.4437	.6261	.7818	.9111	1.0145	1.0926	1.1483	1.1763	1.1834	.1961
	.25	0.0000	.3205	.5882	.8030	.9649	1.0744	1.1321	1.1387	1.0946	1.0000	.8545	.1414
	.05	0.0000	.4632	.8291	1.0982	1.2714	1.3494	1.3330	1.2215	1.0139	.7032	.2770	.0497
.8	1.00	0.0000	.1746	.3437	.5044	.6552	.7967	.9299	1.0570	1.1800	1.3009	1.4212	.2342
	.75	0.0000	.2058	.3961	.5680	.7204	.8539	.9702	1.0715	1.1603	1.2592	1.3099	.2148
	.50	0.0000	.2524	.4735	.6622	.8170	.9390	1.0304	1.0937	1.1318	1.1473	1.1422	.1858
	.25	0.0000	.3293	.6022	.8179	.9770	1.0812	1.1330	1.1347	1.0880	.9933	.8491	.1376
	.05	0.0000	.4435	.7934	1.0510	1.2192	1.3015	1.3003	1.2155	1.0405	.7560	.3164	.0637
1.2	1.00	0.0000	.1992	.3873	.5580	.7093	.8418	.9585	1.0633	1.1605	1.2537	1.3457	.2187
	.75	0.0000	.2309	.4397	.6208	.7726	.8965	.9960	1.0757	1.1404	1.1947	1.2419	.1998
	.50	0.0000	.2750	.5124	.7076	.8602	.9726	1.0488	1.0940	1.1137	1.1125	1.0934	.1731
	.25	0.0000	.3413	.6210	.8372	.9917	1.0883	1.1321	1.1282	1.0796	.9864	.8451	.1328
	.05	0.0000	.4261	.7604	1.0051	1.1656	1.2488	1.2609	1.2033	1.0663	.8155	.3639	.0779
1.6	1.00	0.0000	.2262	.4345	.6154	.7661	.8885	.9875	1.0691	1.1396	1.2046	1.2679	.2021
	.75	0.0000	.2574	.4852	.6750	.8252	.9384	1.0206	1.0786	1.1199	1.1508	1.1755	.1841
	.50	0.0000	.2985	.5514	.7525	.9017	1.0033	1.0643	1.0926	1.0959	1.0803	1.0497	.1606
	.25	0.0000	.3548	.6417	.8577	1.0060	1.0935	1.1287	1.1197	1.0708	.9814	.8449	.1279
	.05	0.0000	.4171	.7411	.9744	1.1248	1.2040	1.2227	1.1861	1.0834	.8678	.4100	.0883
2.0	1.00	0.0000	.2526	.4808	.6696	.8188	.9308	1.0128	1.0731	1.1198	1.1600	1.1981	.1866
	.75	0.0000	.2827	.5280	.7248	.8720	.9745	1.0405	1.0796	1.1012	1.1127	1.1193	.1701
	.50	0.0000	.3206	.5875	.7927	.9371	1.0279	1.0758	1.0892	1.0801	1.0544	1.0160	.1496
	.25	0.0000	.3691	.6630	.8778	1.0188	1.0963	1.1238	1.1097	1.0623	.9788	.8484	.1232
	.05	0.0000	.4165	.7357	.9594	1.0987	1.1696	1.1886	1.1657	1.0913	.9097	.4516	.0945
3.0	1.00	0.0000	.3100	.5757	.7787	.9190	1.0062	1.0535	1.0745	1.0803	1.0793	1.0764	.1558
	.75	0.0000	.3369	.6168	.8217	.9569	1.0336	1.0677	1.0742	1.0651	1.0490	1.0302	.1433
	.50	0.0000	.3686	.6624	.8702	.9986	1.0634	1.0833	1.0749	1.0503	1.0155	.9718	.1291
	.25	0.0000	.4055	.7153	.9239	1.0435	1.0954	1.1024	1.0827	1.0440	.9793	.8671	.1127
	.05	0.0000	.4371	.7584	.9644	1.0743	1.1169	1.1223	1.1128	1.0865	.9777	.5354	.0980
4.0	1.00	0.0000	.3559	.6477	.8539	.9804	1.0453	1.0684	1.0670	1.0535	1.0353	1.0161	.1393
	.75	0.0000	.3806	.6823	.8876	1.0064	1.0604	1.0726	1.0620	1.0414	1.0177	.9931	.1258
	.50	0.0000	.4088	.7202	.9240	1.0333	1.0751	1.0763	1.0575	1.0309	.9997	.9613	.1153
	.25	0.0000	.4408	.7633	.9623	1.0595	1.0880	1.0800	1.0582	1.0302	.9843	.8891	.1039
	.05	0.0000	.4684	.7981	.9901	1.0734	1.0891	1.0779	1.0697	1.0694	1.0134	.5971	.0943
5.0	1.00	0.0000	.3945	.7043	.9071	1.0175	1.0627	1.0688	1.0556	1.0351	1.0130	.9909	.1218
	.75	0.0000	.4175	.7350	.9344	1.0354	1.0697	1.0668	1.0481	1.0255	1.0034	.9816	.1135
	.50	0.0000	.4440	.7687	.9633	1.0531	1.0755	1.0648	1.0414	1.0182	.9944	.9638	.1053
	.25	0.0000	.4734	.8053	.9927	1.0688	1.0782	1.0600	1.0389	1.0207	.9898	.9081	.0965
	.05	0.0000	.4995	.8365	1.0151	1.0760	1.0716	1.0488	1.0397	1.0526	1.0319	.6436	.0892
6.0	1.00	0.0000	.4284	.7507	.9464	1.0402	1.0684	1.0625	1.0436	1.0223	1.0821	.9829	.1105
	.75	0.0000	.4507	.7787	.9691	1.0525	1.0702	1.0571	1.0353	1.0148	.9974	.9810	.1043
	.50	0.0000	.4755	.8089	.9926	1.0639	1.0706	1.0511	1.0282	1.0108	.9934	.9699	.0976
	.25	0.0000	.5031	.8415	1.0161	1.0731	1.0678	1.0437	1.0248	1.0145	.9945	.9227	.0904
	.05	0.0000	.5278	.8657	1.0347	1.0759	1.0587	1.0300	1.0204	1.0389	1.0488	.6797	.0844
8.0	1.00	0.0000	.4864	.8237	.9995	1.0617	1.0640	1.0446	1.0233	1.0071	.9954	.9855	.0958
	.75	0.0000	.5072	.8473	1.0154	1.0668	1.0605	1.0371	1.0162	1.0030	.9951	.9881	.0911
	.50	0.0000	.5299	.8723	1.0312	1.0706	1.0557	1.0296	1.0110	1.0020	.9954	.9808	.0862
	.25	0.0000	.5549	.8988	1.0466	1.0722	1.0483	1.0211	1.0085	1.0083	1.0009	.9415	.0810
	.05	0.0000	.5769	.9216	1.0590	1.0719	1.0395	1.0098	1.0018	1.0205	1.0443	.7327	.0765
10.0	1.00	0.0000	.5352	.8783	1.0312	1.0669	1.0527	1.0284	1.0101	1.0001	.9953	.9923	.0858
	.75	0.0000	.5547	.8984	1.0422	1.0676	1.0471	1.0216	1.0054	.9985	.9963	.9943	.0828
	.50	0.0000	.5758	.9193	1.0526	1.0670	1.0406	1.0152	1.0026	.9997	.9978	.9869	.0781
	.25	0.0000	.5987	.9412	1.0624	1.0646	1.0326	1.0084	1.0016	1.0059	1.0041	.9524	.0740
	.05	0.0000	.6185	.9596	1.0700	1.0619	1.0254	1.0014	.9964	1.0103	1.0400	.7702	.0705
12.0	1.00	0.0000	.5773	.9202	1.0499	1.0643	1.0406	1.0164	1.0027	.9975	.9967	.9971	.0783
	.75	0.0000	.5957	.9374	1.0571	1.0624	1.0346	1.0111	1.0001	.9975	.9978	.9975	.0752
	.50	0.0000	.6155	.9550	1.0637	1.0593	1.0280	1.0064	.9991	.9996	.9994	.9899	.0720
	.25	0.0000	.6367	.9732	1.0694	1.0549	1.0207	1.0017	.9990	1.0047	1.0055	.9594	.0686
	.05	0.0000	.6547	.9882	1.0734	1.0508	1.0152	.9981	.9958	1.0047	1.0338	.7985	.0657
14.0	1.00	0.0000	.6143	.9529	1.0602	1.0583	1.0299	1.0084	.9990	.9970	.9980	.9995	.0725
	.75	0.0000	.6317	.9675	1.0647	1.0548	1.0242	1.0046	.9979	.9977	.9989	.9988	.0699
	.50	0.0000	.6503	.9825	1.0683	1.0503	1.0183	1.0013	.9980	1.0000	1.0003	.9914	.0671
	.25	0.0000	.6701	.9977	1.0711	1.0450	1.0123	.9985	.9984	1.0038	1.0059	.9645	.0642
	.05	0.0000	.6868	1.0100	1.0726	1.0402	1.0081	.9971	.9967	1.0016	1.0276	.8207	.0618
16.0	1.00	0.0000	.6472	.9786	1.0652	1.0509	1.0210	1.0032	.9974	.9974	.9989	1.0005	.0679
	.75	0.0000	.6638	.9912	1.0674	1.0465	1.0160	1.0007	.9973	.9984	.9996	.9992	.0656
	.50	0.0000	.6813	1.0038	1.0689	1.0415	1.0111	.9987	.9980	1.0004	1.0008	.9923	.0632
	.25	0.0000	.6999	1.0165	1.0696	1.0359	1.0064	.9973	.9985	1.0031	1.0058	.9685	.0607
	.05	0.0000	.7155	1.0267	1.0694	1.0311	1.0034	.9971	.9978	1.0000	1.0221	.8388	.0586
18.0	1.00	0.0000	.6766	.9990	1.0666	1.0432	1.0141	1.0001	.9971	.9981	.9995	1.0008	.0648
	.75	0.0000	.6926	1.0097	1.0672	1.0386	1.0099	.9985	.9975	.9991	1.0000	.9993	.0620
	.50	0.0000	.7092	1.0204	1.0670	1.0334	1.0059	.9975	.9983	1.0007	1.0010	.9930	.0595
	.25	0.0000	.7266	1.0310	1.0661	1.0279	1.0025	.9970	.9989	1.0025	1.0055	.9717	.0576
	.05	0.0000	.7413	1.0394	1.0647	1.0233	1.0004	.9975	.9987	.9992	1.0175	.8537	.0558
20.0	1.00	0.0000	.7035	1.0152	1.0656	1.0360	1.0088	.9983	.9973	.9987	.9999	1.0007	.0608
	.75	0.0000	.7186	1.0243	1.0650	1.0313	1.0054	.9975	.9979	.9995	1.0002	.9992	.0589
	.50	0.0000	.7344	1.0333	1.0636	1.0263	1.0024	.9972	.9988	1.0008	1.0011	.9936	.0570
	.25	0.0000	.7509	1.0422	1.0616	1.0212	1.0000	.9973	.9992	1.0019	1.0051	.9743	.0550
	.05	0.0000	.7647	1.0491	1.0594	1.0171	.9987	.9981	.9993	.9989	1.0138	.8663	.0534
24.0	1.00	0.0000	.7502	1.0382	1.0598	1.0236	1.0021	.9972	.9982	.9996	1.0001	1.0003	.0555
	.75	0.0000	.7640	1.0447	1.0575	1.0194	1.0001	.9973	.9989	1.0001	1.0002	.9991	.0540
	.50	0.0000	.7783	1.0509	1.0547	1.0153	.9986	.9976	.9995	1.0008	1.0010	.9946	.0524
	.25	0.0000	.7932	1.0569	1.0513	1.0112	.9977	.9982	.9997	1.0010	1.0043	.9783	.0508
	.05	0.0000	.8055	1.0615	1.0482	1.0080	.9974	.9990	.9999	.9989	1.0083	.8864	.0494

Table 53 Bending moment variation and rotations D_2 and D_4 at bottom and top edges, respectively. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge hinged and top edge free.

$$M = \text{coefficient} \times ql^2;\ D_2 \text{ or } D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_b^3)$$

η	h_t/h_b	x/ℓ									D_2	D_4
				.5	.4	.5	.6	.7	.8	.9		
4	1.00	.019833	.031231	.035745	.034905	.030212	.023145	.015157	.007687	.002162	1.5689	1.4181
	.75	.017945	.027/[illegible]	.031194	.029895	.025386	.019073	.012246	.006087	.001677	1.9213	1.7419
	.50	.014958	.023227	.024063	.022042	.017819	.012686	.007677	.003574	.000915	2.4737	2.2786
	.25	.009684	.012530	.011216	.007889	.004168	.001149	-.000590	-.000983	-.000471	3.4662	3.4141
	.05	.000760	-.003927	-.010402	-.015973	-.018507	-.018423	-.014686	-.008808	-.002873	5.1182	7.1069
8	1.00	.018709	.029159	.033039	.031955	.027415	.020835	.013550	.006831	.001911	1.7558	1.2023
	.75	.016816	.025678	.028486	.026958	.022619	.016805	.010681	.005262	.001438	2.1208	1.4747
	.50	.014003	.020505	.021719	.019528	.015479	.010797	.006396	.002911	.000727	2.6648	1.9815
	.25	.009318	.011884	.010425	.007099	.003499	.000668	-.000874	-.001108	-.000500	3.5658	3.4070
	.05	.002130	-.001381	-.007033	-.012247	-.015338	-.015483	-.012692	-.007818	-.002627	4.9038	11.9281
1.2	1.00	.017192	.026366	.029400	.027998	.023674	.017755	.011411	.005694	.001579	2.0134	.9191
	.75	.015342	.022974	.024980	.023170	.019063	.013982	.008684	.004212	.001135	2.3877	1.1409
	.50	.012766	.018251	.018826	.016442	.012628	.008511	.004855	.002120	.000505	2.9127	1.6401
	.25	.008858	.011079	.009458	.006159	.002731	.000142	-.001165	-.001225	-.000525	3.7025	3.4684
	.05	.003522	.001230	-.003531	-.008308	-.011492	-.012246	-.010447	-.006679	-.002337	4.7150	18.1581
1.6	1.00	.015583	.023412	.025564	.023845	.019763	.014547	.009192	.004519	.001237	2.2962	.6320
	.75	.013839	.020227	.021436	.019363	.015512	.011020	.006714	.003181	.000839	2.6719	.8234
	.50	.011558	.016064	.016042	.013503	.009942	.006382	.003437	.001399	.000304	3.1702	1.3507
	.25	.008389	.010270	.008511	.005273	.002046	-.000289	-.001372	-.001290	-.000533	3.8583	3.6231
	.05	.004547	.003190	-.000830	-.005174	-.008327	-.009489	-.008468	-.005638	-.002063	4.6231	24.7463
2.0	1.00	.014072	.020648	.021993	.020002	.016167	.011617	.007177	.003456	.000929	2.5748	.3802
	.75	.012477	.017750	.018263	.015984	.012389	.008509	.005013	.002298	.000587	2.9456	.5643
	.50	.010499	.014160	.013647	.011010	.007702	.004637	.002296	.000828	.000147	3.4157	1.1486
	.25	.007942	.009514	.007651	.004506	.001497	-.000590	-.001480	-.001299	-.000525	4.0237	3.8598
	.05	.005166	.004417	.000947	-.002997	-.006010	-.007369	-.006875	-.004765	-.001824	4.6278	31.2658
3.0	1.00	.011097	.015257	.015122	.012723	.009471	.006245	.003540	.001565	.000387	3.1895	-.0385
	.75	.009897	.013116	.012434	.009912	.006911	.004212	.002167	.000852	.000182	3.5404	.2082
	.50	.008532	.010688	.009398	.006744	.004024	.001902	.000590	.000014	-.000067	3.9574	.9744
	.25	.006958	.007892	.005897	.003067	.000617	-.000915	-.001444	-.001160	-.000458	4.4522	4.6264
	.05	.005547	.005371	.002684	-.000437	-.002869	-.004162	-.004243	-.003207	-.001367	4.8898	46.3551
4.0	1.00	.009121	.011748	.010781	.008287	.005548	.003228	.001572	.000576	.000112	3.6948	-.1926
	.75	.008217	.010174	.008874	.006380	.003897	.001985	.000780	.000187	.000006	4.0327	.1108
	.50	.007227	.008461	.006815	.004333	.002129	.000643	-.000095	-.000264	-.000128	4.4235	1.0558
	.25	.006142	.006593	.004577	.002100	.000162	-.000924	-.001221	-.000941	-.000372	4.8745	5.3884
	.05	.005238	.005046	.002722	.000211	-.001622	-.002584	-.002764	-.002238	-.001054	5.2758	59.4172
5.0	1.00	.007765	.009403	.007996	.005584	.003295	.001681	.000581	.000110	-.000010	4.1305	-.2218
	.75	.007054	.008202	.006603	.004268	.002233	.000866	.000154	-.000079	-.000056	4.4630	.1429
	.50	.006289	.006919	.005130	.002887	.001122	.000084	-.000323	-.000316	-.000127	4.8417	1.2067
	.25	.005469	.005554	.003573	.001430	-.000079	-.000828	-.000978	-.000736	-.000296	5.2735	6.0060
	.05	.004791	.004441	.002328	.000269	-.001082	-.001731	-.001880	-.001611	-.000836	5.6640	70.6885
6.0	1.00	.006775	.007744	.006116	.003869	.001972	.000750	.000185	-.000087	-.000055	4.5219	-.1917
	.75	.006193	.006790	.005060	.003935	.001281	.000306	-.000105	-.000162	-.000068	4.8524	.2123
	.50	.005573	.005782	.003957	.001966	.000563	-.000155	-.000364	-.000287	-.000108	5.2245	1.3479
	.25	.004914	.004721	.002808	.000961	-.000205	-.000707	-.000767	-.000572	-.000238	5.6451	6.4697
	.05	.004364	.003851	.001891	.000176	-.000815	-.001228	-.001324	-.001193	-.000677	6.0264	80.5658
8.0	1.00	.005410	.005555	.003805	.001957	.000679	.000024	-.000186	-.000159	-.000057	5.2173	-.0975
	.75	.004985	.004900	.003146	.001452	.000379	-.000101	-.000207	-.000145	-.000048	5.5458	.3374
	.50	.004537	.004216	.002466	.000931	.000059	-.000264	-.000285	-.000187	-.000067	5.9098	1.5308
	.25	.004066	.003504	.001768	.000399	-.000287	-.000491	-.000471	-.000356	-.000162	6.3153	7.0749
	.05	.003669	.002912	.001202	-.000020	-.000557	-.000697	-.000720	-.000703	-.000470	6.6760	97.3513
10.0	1.00	.004496	.004180	.002489	.001016	.000173	-.000151	-.000186	-.000112	-.000034	5.8304	-.0288
	.75	.004165	.003697	.002048	.000726	.000044	-.000169	-.000159	-.000086	-.000025	6.1573	.4833
	.50	.003818	.003197	.001596	.000427	-.000105	-.000224	-.000188	-.000114	-.000042	6.5156	1.8101
	.25	.003455	.002680	.001136	.000121	-.000274	-.000336	-.000299	-.000236	-.000119	6.9102	7.4563
	.05	.003150	.002251	.000759	-.000129	-.000417	-.000440	-.000434	-.000449	-.000343	7.2559	111.3532
12.0	1.00	.003836	.003243	.001677	.000517	-.000028	-.000166	-.000131	-.000063	-.000015	6.3839	.0047
	.75	.003566	.002872	.001369	.000346	-.000077	-.000150	-.000101	-.000045	-.000011	6.7096	.4265
	.50	.003286	.002490	.001056	.000168	-.000146	-.000171	-.000121	-.000073	-.000029	7.0636	1.6412
	.25	.002993	.002097	.000737	-.000017	-.000235	-.000232	-.000199	-.000168	-.000093	7.4500	7.7426
	.05	.002749	.001772	.000475	-.000172	-.000320	-.000299	-.000286	-.000306	-.000260	7.7848	123.3553
14.0	1.00	.003334	.002572	.001149	.000242	-.000101	-.000138	-.000082	-.000029	-.000005	6.8922	-.0159
	.75	.003108	.002278	.000929	.000142	-.000112	-.000114	-.000060	-.000022	-.000005	7.2168	.4294
	.50	.002874	.001978	.000705	.000034	-.000142	-.000123	-.000078	-.000050	-.000023	7.5676	1.6562
	.25	.002630	.001669	.000477	-.000081	-.000191	-.000163	-.000139	-.000126	-.000076	7.9475	7.9803
	.05	.002429	.001416	.000291	-.000181	-.000247	-.000214	-.000202	-.000219	-.000202	8.2746	133.8149
16.0	1.00	.002937	.002073	.000794	.000089	-.000118	-.000103	-.000046	-.000011	.000000	7.3646	-.0160
	.75	.002744	.001836	.000634	.000031	-.000112	-.000081	-.000034	-.000010	-.000002	7.6884	.4257
	.50	.002545	.001593	.000471	-.000034	-.000123	-.000086	-.000053	-.000037	-.000019	8.0365	1.6681
	.25	.002338	.001346	.000305	-.000107	-.000153	-.000117	-.000101	-.000098	-.000063	8.4114	8.1852
	.05	.002167	.001143	.000169	-.000173	-.000192	-.000160	-.000151	-.000164	-.000161	8.7326	143.0531
18.0	1.00	.002618	.001691	.000549	.000003	-.000112	-.000073	-.000024	-.000002	.000002	7.8076	.0121
	.75	.002448	.001496	.000431	-.000028	-.000099	-.000055	-.000019	-.000005	-.000002	8.1308	.4212
	.50	.002275	.001298	.000311	-.000066	-.000101	-.000061	-.000037	-.000030	-.000017	8.4767	1.6802
	.25	.002096	.001096	.000188	-.000113	-.000121	-.000087	-.000077	-.000078	-.000054	8.8475	8.3635
	.05	.001949	.000931	.000087	-.000158	-.000151	-.000123	-.000118	-.000127	-.000130	9.1639	151.3024
20.0	1.00	.002350	.001393	.000377	-.000042	-.000097	-.000049	-.000011	.000002	.000002	8.2261	.0077
	.75	.002202	.001231	.000290	-.000057	-.000082	-.000037	-.000010	-.000003	-.000002	8.5486	.4182
	.50	.002050	.001067	.000200	-.000079	-.000081	-.000043	-.000028	-.000025	-.000015	8.8927	1.6928
	.25	.001894	.000899	.000108	-.000109	-.000095	-.000066	-.000061	-.000064	-.000046	9.2602	8.5197
	.05	.001765	.000763	.000032	-.000140	-.000120	-.000098	-.000095	-.000101	-.000107	9.5726	158.7358
24.0	1.00	.001934	.000966	.000167	-.000074	-.000064	-.000020	.000000	.000003	.000001	9.0026	.0016
	.75	.001816	.000851	.000119	-.000072	-.000051	-.000015	-.000003	-.000002	-.000002	9.3243	.4166
	.50	.001696	.000734	.000069	-.000077	-.000049	-.000023	-.000018	-.000018	-.000012	9.6654	1.7169
	.25	.001572	.000616	.000016	-.000090	-.000060	-.000042	-.000042	-.000045	-.000035	10.0276	8.7795
	.05	.001470	.000520	-.000028	-.000106	-.000078	-.000067	-.000066	-.000068	-.000075	10.3338	171.6498

Table 54 Hoop force variation and shear at bottom edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge encastré, top edge free.

N = coefficient × qr; V = coefficient × ql

η	$\frac{h_1}{h_0}$	x/ℓ										SHEAR AT BASE
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
.4	1.00	0.0000	.0040	.0141	.0282	.0446	.0621	.0801	.0981	.1161	.1339	.1517	.4344
	.75	0.0000	.0039	.0135	.0260	.0434	.0628	.0828	.1029	.1227	.1423	.1619	.4320
	.50	0.0000	.0037	.0124	.0224	.0421	.0653	.0895	.1134	.1365	.1590	.1813	.4266
	.25	0.0000	.0033	.0105	.0161	.0427	.0776	.1120	.1470	.1673	.1896	.2108	.4134
	.05	0.0000	.0023	.0068	.0052	.1121	.2422	.3062	.2951	.2314	.1418	.0448	.3622
.8	1.00	0.0000	.0101	.0341	.0652	.0984	.1310	.1615	.1897	.2160	.2412	.2661	.3722
	.75	0.0000	.0102	.0337	.0616	.0967	.1311	.1621	.1892	.2131	.2351	.2566	.3740
	.50	0.0000	.0103	.0332	.0560	.0959	.1350	.1676	.1922	.2103	.2245	.2373	.3756
	.25	0.0000	.0101	.0313	.0444	.1023	.1622	.2027	.2184	.2137	.1972	.1768	.3724
	.05	0.0000	.0075	.0210	.0140	.2121	.3825	.4057	.3314	.2212	.1061	-.0072	.3283
1.2	1.00	0.0000	.0167	.0545	.0997	.1436	.1817	.2122	.2359	.2544	.2701	.2848	.3390
	.75	0.0000	.0176	.0565	.0987	.1469	.1871	.2161	.2343	.2446	.2504	.2547	.3428
	.50	0.0000	.0186	.0586	.0950	.1529	.2002	.2287	.2383	.2335	.2207	.2052	.3447
	.25	0.0000	.0190	.0576	.0784	.1664	.2436	.2792	.2707	.2294	.1703	.1055	.3421
	.05	0.0000	.0149	.0407	.0248	.2909	.4556	.4282	.3214	.2062	.0993	-.0030	.3094
1.6	1.00	0.0000	.0241	.0765	.1355	.1878	.2272	.2522	.2646	.2682	.2668	.2640	.3165
	.75	0.0000	.0260	.0815	.1381	.1976	.2399	.2617	.2651	.2554	.2386	.2196	.3183
	.50	0.0000	.0281	.0865	.1363	.2102	.2618	.2817	.2723	.2418	.1999	.1544	.3197
	.25	0.0000	.0291	.0864	.1135	.2259	.3110	.3354	.3035	.2339	.1457	.0522	.3173
	.05	0.0000	.0241	.0649	.0374	.3543	.4947	.4283	.3106	.2002	.0989	.0005	.2953
2.0	1.00	0.0000	.0322	.0998	.1725	.2317	.2704	.2873	.2860	.2720	.2513	.2286	.2981
	.75	0.0000	.0350	.1075	.1780	.2469	.2890	.3015	.2886	.2582	.2186	.1760	.2983
	.50	0.0000	.0379	.1149	.1768	.2637	.3161	.3254	.2975	.2440	.1774	.1067	.2982
	.25	0.0000	.0397	.1161	.1482	.2785	.3636	.3730	.3209	.2324	.1283	.0202	.2968
	.05	0.0000	.0348	.0928	.0512	.4057	.5147	.4222	.3048	.1987	.0994	.0014	.2834
3.0	1.00	0.0000	.0532	.1584	.2607	.3322	.3636	.3574	.3217	.2668	.2022	.1347	.2611
	.75	0.0000	.0577	.1707	.2695	.3535	.3879	.3749	.3254	.2550	.1693	.0823	.2587
	.50	0.0000	.0627	.1827	.2671	.3721	.4143	.3946	.3296	.2384	.1355	.0296	.2572
	.25	0.0000	.0677	.1911	.2294	.3835	.4478	.4164	.3289	.2199	.1069	-.0057	.2583
	.05	0.0000	.0662	.1729	.0888	.4961	.5273	.4077	.2990	.1994	.1001	.0014	.2577
4.0	1.00	0.0000	.0738	.2122	.3364	.4117	.4312	.4027	.3396	.2558	.1623	.0660	.2333
	.75	0.0000	.0797	.2274	.3450	.4325	.4523	.4153	.3397	.2426	.1363	.0277	.2305
	.50	0.0000	.0868	.2442	.3415	.4498	.4713	.4241	.3353	.2277	.1141	-.0003	.2287
	.25	0.0000	.0959	.2626	.3002	.4582	.4910	.4261	.3208	.2088	.1005	-.0053	.2305
	.05	0.0000	.1008	.2592	.1277	.5503	.5219	.4012	.2992	.1999	.1000	.0015	.2351
5.0	1.00	0.0000	.0935	.2603	.3989	.4714	.4763	.4282	.3457	.2445	.1356	.0248	.2124
	.75	0.0000	.1007	.2781	.4068	.4898	.4918	.4340	.3411	.2319	.1174	.0019	.2094
	.50	0.0000	.1099	.2997	.4029	.5039	.5033	.4334	.3305	.2176	.1043	-.0080	.2078
	.25	0.0000	.1230	.3279	.3599	.5106	.5119	.4242	.3121	.2026	.0990	-.0020	.2092
	.05	0.0000	.1354	.3438	.1649	.5823	.5143	.3993	.2997	.2000	.0999	.0017	.2151
6.0	1.00	0.0000	.1124	.3036	.4509	.5161	.5053	.4486	.3447	.2343	.1190	.0029	.1962
	.75	0.0000	.1208	.3239	.4588	.5318	.5154	.4405	.3365	.2225	.1071	-.0079	.1934
	.50	0.0000	.1320	.3497	.4536	.5433	.5207	.4336	.3230	.2099	.1002	-.0076	.1916
	.25	0.0000	.1485	.3862	.4094	.5469	.5208	.4190	.3061	.1999	.0991	.0001	.1923
	.05	0.0000	.1681	.4218	.1990	.6007	.5083	.3991	.3000	.2000	.0999	.0018	.1975
8.0	1.00	0.0000	.1482	.3790	.5318	.5754	.5344	.4446	.3340	.2183	.1033	-.0107	.1726
	.75	0.0000	.1589	.4032	.5371	.5858	.5362	.4372	.3230	.2092	.0992	-.0089	.1700
	.50	0.0000	.1733	.4351	.5303	.5916	.5327	.4251	.3103	.2016	.0984	-.0087	.1680
	.25	0.0000	.1948	.4835	.4830	.5885	.5226	.4094	.3005	.1989	.0998	.0012	.1671
	.05	0.0000	.2251	.5571	.2561	.6161	.5019	.3996	.3000	.2000	.0999	.0021	.1692
10.0	1.00	0.0000	.1819	.4428	.5909	.6096	.5431	.4375	.3217	.2088	.0984	-.0094	.1561
	.75	0.0000	.1944	.4694	.5934	.6158	.5396	.4278	.3119	.2022	.0979	-.0044	.1556
	.50	0.0000	.2109	.5046	.5831	.6153	.5314	.4157	.3033	.1989	.0989	.0002	.1513
	.25	0.0000	.2354	.5591	.5322	.6072	.5178	.4037	.2992	.1994	.1001	.0012	.1494
	.05	0.0000	.2707	.6455	.2995	.6187	.4998	.3999	.3000	.2000	.0999	.0023	.1486
12.0	1.00	0.0000	.2136	.4972	.6346	.6288	.5426	.4282	.3122	.2023	.0975	-.0054	.1436
	.75	0.0000	.2275	.5250	.6337	.6298	.5362	.4187	.3050	.1992	.0983	-.0012	.1412
	.50	0.0000	.2455	.5616	.6193	.6257	.5268	.4088	.3001	.1986	.0995	.0011	.1388
	.25	0.0000	.2713	.6183	.5650	.6148	.5127	.4009	.2992	.1997	.1001	.0012	.1363
	.05	0.0000	.3074	.7123	.3326	.6169	.4993	.4000	.3000	.2000	.0999	.0025	.1337
14.0	1.00	0.0000	.2435	.5448	.6669	.6386	.5381	.4197	.3057	.1994	.0979	-.0021	.1337
	.75	0.0000	.2585	.5720	.6625	.6362	.5303	.4117	.3012	.1983	.0989	.0005	.1314
	.50	0.0000	.2775	.6088	.6443	.6291	.5201	.4043	.2989	.1989	.0999	.0012	.1290
	.25	0.0000	.3038	.6649	.5869	.6171	.5087	.3998	.2994	.1999	.1001	.0013	.1262
	.05	0.0000	.3379	.7592	.3584	.6140	.4994	.4000	.3000	.2000	.0999	.0027	.1227
16.0	1.00	0.0000	.2718	.5843	.6907	.6426	.5321	.4130	.3018	.1983	.0985	-.0002	.1256
	.75	0.0000	.2876	.6120	.6830	.6375	.5241	.4067	.2993	.1984	.0995	.0011	.1235
	.50	0.0000	.3073	.6480	.6613	.6287	.5149	.4017	.2987	.1993	.1001	.0012	.1211
	.25	0.0000	.3334	.7021	.6017	.6172	.5058	.3994	.2997	.1999	.1000	.0013	.1182
	.05	0.0000	.3645	.7928	.3791	.6110	.4996	.4000	.3000	.2000	.0999	.0028	.1143
18.0	1.00	0.0000	.2987	.6192	.7082	.6429	.5260	.4079	.2996	.1981	.0991	.0008	.1189
	.75	0.0000	.3151	.6462	.6974	.6362	.5185	.4033	.2986	.1987	.0999	.0012	.1168
	.50	0.0000	.3352	.6809	.6727	.6266	.5108	.4003	.2989	.1996	.1002	.0011	.1145
	.25	0.0000	.3607	.7320	.6116	.6163	.5039	.3993	.2998	.2000	.1000	.0014	.1117
	.05	0.0000	.3883	.8149	.3962	.6084	.4998	.4000	.3000	.2000	.0999	.0030	.1077
20.0	1.00	0.0000	.3242	.6495	.7208	.6410	.5204	.4042	.2985	.1983	.0996	.0012	.1131
	.75	0.0000	.3411	.6755	.7073	.6333	.5138	.4012	.2984	.1991	.1001	.0012	.1112
	.50	0.0000	.3613	.7084	.6801	.6238	.5077	.3996	.2991	.1998	.1002	.0011	.1090
	.25	0.0000	.3862	.7561	.6183	.6150	.5025	.3994	.2999	.2000	.1000	.0015	.1062
	.05	0.0000	.4104	.8310	.4138	.6063	.4999	.4000	.3000	.2000	.0999	.0031	.1025
24.0	1.00	0.0000	.3715	.6990	.7357	.6343	.5113	.4000	.2981	.1990	.1001	.0012	.1038
	.75	0.0000	.3890	.7223	.7180	.6261	.5070	.3993	.2988	.1996	.1002	.0011	.1020
	.50	0.0000	.4093	.7513	.6874	.6180	.5039	.3992	.2996	.1999	.1001	.0012	.1000
	.25	0.0000	.4325	.7914	.6259	.6126	.5010	.3996	.3000	.2000	.0999	.0016	.0975
	.05	0.0000	.4511	.8497	.4348	.6033	.5000	.4000	.3000	.2000	.1000	.0033	.0944

Table 55 Bending moment variation and rotation D_4 at top edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge encastre, top edge free

$$M = \text{coefficient} \times ql^2 ; D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_0 l)$$

η	h_1/h_0	x/l										D_4
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	
.4	1.00	-.120280	-.081666	-.052008	-.030205	-.015118	-.005585	-.000429	.001527	.001465	.000563	.177765
	.75	-.118091	-.079721	-.050307	-.028755	-.013938	-.004685	.000196	.001906	.001645	.000611	.260213
	.50	-.113472	-.075639	-.046766	-.025767	-.011530	-.002869	.001445	.002655	.001997	.000704	.445532
	.25	-.103007	-.066498	-.038954	-.019305	-.006465	.000808	.003857	.004021	.002602	.000853	.843801
	.05	-.076345	-.044952	-.022534	-.008052	-.000381	.002424	.002594	.001764	.000843	.000215	-19.508975
.8	1.00	-.078600	-.046206	-.022700	-.006848	.002658	.007147	.007944	.006354	.003659	.001124	.248347
	.75	-.079984	-.047407	-.023717	-.007687	.001971	.006595	.007527	.006076	.003514	.001081	.284931
	.50	-.081494	-.048757	-.024908	-.008726	.001044	.005771	.006843	.005584	.003242	.000999	.255299
	.25	-.081140	-.048725	-.025200	-.009367	-.000018	.004355	.005334	.004319	.002471	.000751	-.830323
	.05	-.062517	-.034516	-.015434	-.004157	.000548	.001331	.000814	.000276	.000024	-.000020	-22.601548
1.2	1.00	-.059802	-.030720	-.010454	.002362	.009174	.011417	.010471	.007642	.004167	.001234	.146906
	.75	-.063179	-.033798	-.013223	-.000082	.007060	.009664	.009130	.006748	.003703	.001100	.056161
	.50	-.067091	-.037438	-.016581	-.003141	.004291	.007244	.007182	.005393	.002974	.000885	-.313765
	.25	-.068865	-.039471	-.018871	-.005707	.001359	.004079	.004199	.003075	.001631	.000466	-2.685898
	.05	-.055742	-.029627	-.012353	-.002701	.000631	.000755	.000274	.000014	-.000036	-.000017	-20.370511
1.6	1.00	-.049823	-.022988	-.006890	.005979	.011197	.012282	.010628	.007486	.003983	.001158	-.029735
	.75	-.053577	-.026553	-.008245	.002878	.008397	.009878	.008740	.006205	.003309	.000962	-.256687
	.50	-.057690	-.030532	-.012069	-.000747	.004993	.006817	.006232	.004441	.002355	.000679	-.916447
	.25	-.059872	-.032953	-.014719	-.003646	.001727	.003333	.002997	.001969	.000946	.000246	-3.758465
	.05	-.051206	-.026490	-.010518	-.001943	.000575	.000442	.000886	-.000824	-.000019	-.000005	-19.616966
2.0	1.00	-.043330	-.018326	-.003973	.007582	.011448	.011815	.009868	.006778	.003538	.001013	-.229468
	.75	-.046825	-.021792	-.005380	.004105	.008384	.009111	.007703	.005290	.002749	.000783	-.570627
	.50	-.050541	-.025516	-.009081	.000491	.004899	.005914	.005054	.003417	.001734	.000482	-1.420124
	.25	-.052980	-.028095	-.011783	-.002343	.001778	.002644	.002083	.001281	.000580	.000110	-4.333949
	.05	-.047678	-.024144	-.009242	-.001481	.000495	.000263	.000017	-.000021	-.000007	-.000001	-19.564955
3.0	1.00	-.033011	-.011687	.001210	.007688	.009747	.009094	.007047	.004549	.002253	.000616	-.677259
	.75	-.035482	-.014391	-.001679	.004728	.006841	.006448	.004895	.003061	.001463	.000386	-1.162960
	.50	-.038233	-.017288	-.004670	.001746	.003928	.003762	.002697	.001541	.000660	.000153	-2.121977
	.25	-.041158	-.020098	-.007315	-.000686	.001513	.001469	.000823	.000297	.000044	-.000013	-4.496595
	.05	-.040834	-.019839	-.007147	-.000860	.000328	.000071	-.000013	-.000005	.000000	-.000000	-19.631976
4.0	1.00	-.026546	-.007978	.002378	.006842	.007630	.006488	.004620	.002750	.001259	.000319	-.964993
	.75	-.028355	-.010084	.000038	.004407	.005231	.004324	.002894	.001586	.000658	.000148	-1.450205
	.50	-.030571	-.012450	-.002405	.002031	.002981	.002349	.001373	.000705	.000175	.000017	-2.288209
	.25	-.033506	-.015197	-.004871	-.000821	.001166	.000827	.000318	.000039	-.000037	-.000022	-4.218304
	.05	-.035380	-.016606	-.005774	-.000556	.000206	.000014	-.000008	-.000000	.000000	-.000001	-19.520205
5.0	1.00	-.022122	-.005630	.002852	.005912	.005906	.004559	.002932	.001559	.000628	.000137	-1.109622
	.75	-.023552	-.007351	.000916	.003922	.003992	.002895	.001667	.000751	.000233	.000030	-1.539795
	.50	-.025407	-.009356	-.001144	.001992	.002268	.001483	.000682	.000189	-.000006	-.000025	-2.243079
	.25	-.028076	-.011875	-.003377	.000261	.000876	.000470	.000111	-.000024	-.000034	-.000013	-4.028584
	.05	-.030780	-.013980	-.004762	-.000383	.000133	-.000001	-.000003	.000000	.000000	-.000000	-19.397120
6.0	1.00	-.018947	-.004056	.003017	.005087	.004597	.003207	.001826	.000826	.000261	.000036	-1.161532
	.75	-.020130	-.005513	.001373	.003438	.003073	.001952	.000938	.000386	.000031	-.000020	-1.532576
	.50	-.021696	-.007242	-.000402	.001839	.001721	.000944	.000322	.000018	-.000057	-.000030	-2.150579
	.25	-.024021	-.009490	-.002403	.000374	.000656	.000267	.000026	-.000038	-.000028	-.000006	-3.951449
	.05	-.026874	-.011804	-.003978	-.000276	.000087	-.000005	-.000001	.000000	.000000	-.000000	-19.282487
8.0	1.00	-.014734	-.002159	.002956	.003793	.002857	.001606	.000668	.000143	-.000038	-.000036	-1.138847
	.75	-.015593	-.003270	.001702	.002612	.001867	.000901	.000257	-.000026	-.000079	-.000036	-1.438882
	.50	-.016727	-.004597	.000330	.001467	.001016	.000383	.000039	-.000059	-.000048	-.000017	-2.017022
	.25	-.018415	-.006355	-.001274	.000485	.000372	.000122	-.000017	-.000016	-.000004	-.000001	-3.933143
	.05	-.020785	-.008489	-.002857	-.000156	.000038	-.000003	.000000	.000000	.000000	-.000000	-19.061866
10.0	1.00	-.012070	-.001114	.002718	.002864	.001821	.000804	.000187	-.000062	-.000093	-.000039	-1.075775
	.75	-.012721	-.002004	.001708	.001984	.001160	.000409	.000025	-.000083	-.000067	-.000023	-1.361176
	.50	-.013563	-.003060	.000609	.001139	.000613	.000146	-.000031	-.000046	-.000022	-.000006	-1.971574
	.25	-.014777	-.004445	-.000696	.000356	.000218	.000019	-.000016	-.000006	-.000000	-.000001	-3.943719
	.05	-.016480	-.006194	-.002118	-.000097	.000017	-.000002	.000000	-.000000	.000000	-.000000	-18.849297
12.0	1.00	-.010229	-.000488	.002427	.002187	.001175	.000386	.000082	-.000102	-.000078	-.000027	-1.026549
	.75	-.010739	-.001224	.001603	.001517	.000750	.000170	-.000046	-.000071	-.000039	-.000012	-1.323671
	.50	-.011382	-.002089	.000699	.000882	.000376	.000044	-.000039	-.000027	-.000008	-.000002	-1.966372
	.25	-.012266	-.003204	-.000380	.000295	.000133	-.000001	-.000010	-.000002	.000000	-.000001	-3.941168
	.05	-.013426	-.004594	-.001616	-.000064	.000007	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	-18.644965
14.0	1.00	-.008880	-.000091	.002153	.001684	.000760	.000164	-.000063	-.000089	-.000051	-.000016	-.998441
	.75	-.009290	-.000716	.001463	.001169	.000462	.000054	-.000059	-.000049	-.000020	-.000005	-1.311433
	.50	-.009793	-.001441	.000705	.000686	.000235	.000002	-.000032	-.000014	-.000002	-.000001	-1.971029
	.25	-.010449	-.002357	-.000201	.000241	.000084	-.000007	-.000006	-.000000	.000000	-.000001	-3.932586
	.05	-.011223	-.003460	-.001263	-.000044	.000003	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	-18.448628
16.0	1.00	-.007847	.000169	.001905	.001306	.000488	.000047	-.000078	-.000066	-.000030	-.000008	-.985952
	.75	-.008184	-.000371	.001317	.000903	.000291	-.000001	-.000053	-.000038	-.000008	-.000002	-1.310729
	.50	-.008587	-.000991	.000673	.000557	.000149	-.000014	-.000023	-.000006	.000000	-.000001	-1.974962
	.25	-.009084	-.001758	-.000097	.000197	.000055	-.000008	-.000003	.000000	.000000	-.000001	-3.922383
	.05	-.009600	-.002642	-.001010	-.000031	.000001	-.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-18.259991
18.0	1.00	-.007031	.000343	.001684	.001017	.000308	-.000013	-.000072	-.000044	-.000015	-.000003	-.982466
	.75	-.007313	-.000130	.001179	.000708	.000182	-.000024	-.000042	-.000017	-.000003	-.000001	-1.313589
	.50	-.007641	-.000669	.000625	.000424	.000095	-.000018	-.000015	-.000003	.000001	-.000001	-1.976186
	.25	-.008027	-.001321	-.000036	.000162	.000038	-.000007	-.000002	.000000	.000000	-.000001	-3.912349
	.05	-.008373	-.002039	-.000822	-.000022	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-18.078828
20.0	1.00	-.006369	.000462	.001490	.000795	.000187	-.000041	-.000060	-.000028	-.000007	-.000001	-.983211
	.75	-.006609	.000042	.001051	.000556	.000111	-.000032	-.000031	-.000009	-.000000	-.000001	-1.316525
	.50	-.006881	-.000433	.000571	.000358	.000062	-.000017	-.000010	-.000001	.000000	-.000001	-1.975388
	.25	-.007187	-.000996	-.000001	.000135	.000026	-.000006	-.000001	.000000	.000000	-.000001	-3.902646
	.05	-.007424	-.001588	-.000681	-.000016	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-17.904849
24.0	1.00	-.005360	.000595	.001171	.000488	.000053	-.000053	-.000035	-.000009	.000000	-.000000	-.987562
	.75	-.005541	.000255	.000833	.000347	.000036	-.000030	-.000015	-.000002	.000001	-.000001	-1.319157
	.50	-.005737	-.000124	.000464	.000219	.000028	-.000012	-.000004	.000000	.000000	-.000001	-1.971041
	.25	-.005942	-.000559	.000026	.000096	.000014	-.000004	-.000000	.000000	.000000	-.000000	-3.883908
	.05	-.006065	-.000978	-.000487	-.000008	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-17.577505

Table 56 Hoop force variation and shear at bottom edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge encastre, top edge free

N = coefficient × qr; V = coefficient × ql

γ	$\frac{h_1}{h_0}$	x/ℓ										SHEAR AT BASE
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
	1.00	0.0000	.0115	.0439	.0883	.1450	.2046	.2792	.3521	.4266	.5019	.5774	.7661
	.75	0.0000	.0118	.0434	.0898	.1465	.2095	.2756	.3419	.4063	.4672	.5232	.7751
	.50	0.0000	.0121	.0442	.0920	.1489	.2104	.2720	.3295	.3795	.4191	.4464	.7870
	.25	0.0000	.0122	.0462	.0957	.1535	.2135	.2693	.3142	.3415	.3450	.3191	.8045
	.05	0.0000	.0135	.0455	.1013	.1611	.2209	.2711	.3007	.2963	.2405	.1089	.8276
0	1.00	0.0000	.0247	.0891	.1816	.2908	.4116	.5385	.6681	.7988	.9297	1.0605	.5548
	.75	0.0000	.0258	.0931	.1885	.3009	.4217	.5443	.6640	.7778	.8841	.9821	.5616
	.50	0.0000	.0273	.0986	.1991	.3159	.4377	.5554	.6618	.7511	.8197	.8651	.5783
	.25	0.0000	.0296	.1072	.2161	.3408	.4666	.5796	.6670	.7166	.7172	.6589	.5823
	.05	0.0000	.0329	.1195	.2416	.3805	.5169	.6304	.6973	.6889	.5644	.2598	.5963
1.2	1.00	0.0000	.0352	.1233	.2434	.3802	.5236	.6678	.8099	.9495	1.0873	1.2244	.4579
	.75	0.0000	.0370	.1299	.2559	.3975	.5423	.6823	.8131	.9332	1.0427	1.1426	.4602
	.50	0.0000	.0394	.1386	.2729	.4218	.5699	.7057	.8220	.9144	.9811	1.0217	.4626
	.25	0.0000	.0427	.1510	.2980	.4597	.6159	.7497	.8471	.8962	.8861	.8078	.4641
	.05	0.0000	.0468	.1671	.3321	.5146	.6894	.8319	.9159	.9077	.7542	.3559	.4616
1.6	1.00	0.0000	.0454	.1547	.2967	.4503	.6027	.7478	.8839	1.0128	1.1374	1.2606	.4048
	.75	0.0000	.0477	.1630	.3126	.4724	.6268	.7674	.8914	.9996	1.0949	1.1804	.4041
	.50	0.0000	.0505	.1735	.3330	.5016	.6603	.7970	.9060	.9859	1.0381	1.0648	.4025
	.25	0.0000	.0540	.1870	.3606	.5434	.7116	.8476	.9394	.9781	.9557	.8631	.3980
	.05	0.0000	.0577	.2016	.3923	.5957	.7838	.9329	1.0199	1.0142	.8573	.4169	.3883
2.0	1.00	0.0000	.0557	.1855	.3469	.5129	.6684	.8075	.9305	1.0414	1.1456	1.2475	.3690
	.75	0.0000	.0583	.1949	.3649	.5377	.6953	.8296	.9400	1.0300	1.1054	1.1714	.3663
	.50	0.0000	.0613	.2061	.3867	.5688	.7306	.8609	.9565	1.0193	1.0539	1.0650	.3623
	.25	0.0000	.0647	.2194	.4138	.6096	.7806	.9105	.9910	1.0171	.9840	.8830	.3556
	.05	0.0000	.0675	.2311	.4395	.6526	.8411	.9849	1.0675	1.0648	.9173	.4608	.3446
3.0	1.00	0.0000	.0816	.2592	.4611	.6468	.7985	.9134	.9974	1.0604	1.1124	1.1609	.3092
	.75	0.0000	.0845	.2695	.4802	.6722	.8249	.9342	1.0061	1.0511	1.0801	1.1016	.3048
	.50	0.0000	.0874	.2806	.5013	.7010	.8559	.9603	1.0194	1.0434	1.0425	1.0238	.2994
	.25	0.0000	.0903	.2919	.5236	.7329	.8927	.9952	1.0442	1.0457	.9994	.8933	.2926
	.05	0.0000	.0920	.2989	.5381	.7553	.9223	1.0327	1.0912	1.0952	.9898	.5397	.2851
4.0	1.00	0.0000	.1062	.3248	.5557	.7491	.8889	.9783	1.0294	1.0565	1.0720	1.0840	.2698
	.75	0.0000	.1091	.3350	.5736	.7713	.9100	.9931	1.0339	1.0480	1.0484	1.0435	.2655
	.50	0.0000	.1119	.3455	.5924	.7949	.9329	1.0100	1.0407	1.0411	1.0230	.9918	.2608
	.25	0.0000	.1147	.3559	.6113	.8189	.9568	1.0295	1.0536	1.0433	.9989	.9000	.2556
	.05	0.0000	.1165	.3627	.6232	.8327	.9692	1.0417	1.0743	1.0826	1.0203	.5977	.2511
5.0	1.00	0.0000	.1293	.3824	.6324	.8248	.9487	1.0153	1.0425	1.0474	1.0425	1.0351	.2416
	.75	0.0000	.1322	.3924	.6489	.8434	.9642	1.0239	1.0427	1.0393	1.0263	1.0103	.2388
	.50	0.0000	.1351	.4028	.6661	.8626	.9799	1.0327	1.0439	1.0329	1.0102	.9776	.2342
	.25	0.0000	.1380	.4132	.6833	.8813	.9946	1.0412	1.0482	1.0345	.9983	.9105	.2301
	.05	0.0000	.1404	.4212	.6957	.8924	.9992	1.0400	1.0524	1.0632	1.0349	.6431	.2270
6.0	1.00	0.0000	.1510	.4334	.6954	.8809	.9875	1.0344	1.0458	1.0375	1.0235	1.0080	.2285
	.75	0.0000	.1608	.4550	.6928	.8931	.9986	1.0368	1.0387	1.0262	1.0102	.9941	.2183
	.50	0.0000	.1739	.4831	.6719	.9000	1.0068	1.0339	1.0273	1.0134	1.0014	.9912	.2173
	.25	0.0000	.1935	.5237	.5920	.8998	1.0164	1.0246	1.0096	1.0008	.9987	.9987	.2193
	.05	0.0000	.2162	.5594	.2793	.9954	1.0126	.9987	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	.2267
8.0	1.00	0.0000	.1917	.5210	.7920	.9550	1.0274	1.0446	1.0365	1.0208	1.0048	.9896	.1969
	.75	0.0000	.2044	.5483	.7891	.9632	1.0301	1.0386	1.0261	1.0115	.9999	.9901	.1885
	.50	0.0000	.2214	.5850	.7682	.9663	1.0290	1.0282	1.0135	1.0031	.9983	.9958	.1867
	.25	0.0000	.2477	.6425	.6889	.9622	1.0249	1.0134	1.0017	.9989	.9994	1.0002	.1864
	.05	0.0000	.2849	.7236	.3540	1.0205	1.0031	.9994	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1897
10.0	1.00	0.0000	.2294	.5941	.8619	.9978	1.0411	1.0394	1.0241	1.0096	.9987	.9896	.1707
	.75	0.0000	.2442	.6247	.8570	1.0016	1.0384	1.0303	1.0143	1.0034	.9978	.9942	.1682
	.50	0.0000	.2640	.6663	.8339	1.0001	1.0318	1.0188	1.0051	.9994	.9985	.9990	.1659
	.25	0.0000	.2937	.7328	.7534	.9923	1.0218	1.0061	.9994	.9993	.9999	1.0002	.1640
	.05	0.0000	.3376	.8409	.4185	1.0258	.9998	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1634
12.0	1.00	0.0000	.2646	.6558	.9132	1.0222	1.0430	1.0304	1.0140	1.0031	.9973	.9935	.1558
	.75	0.0000	.2810	.6883	.9054	1.0219	1.0370	1.0212	1.0066	.9998	.9980	.9977	.1532
	.50	0.0000	.3024	.7321	.8790	1.0164	1.0279	1.0113	1.0011	.9986	.9992	1.0001	.1507
	.25	0.0000	.3336	.8019	.7968	1.0065	1.0166	1.0022	.9991	.9997	1.0000	1.0001	.1478
	.05	0.0000	.3783	.9217	.4652	1.0241	.9991	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1447
14.0	1.00	0.0000	.2976	.7035	.9511	1.0353	1.0395	1.0217	1.0069	.9998	.9975	.9968	.1441
	.75	0.0000	.3151	.7416	.9401	1.0316	1.0319	1.0137	1.0021	.9985	.9986	.9995	.1417
	.50	0.0000	.3376	.7858	.9103	1.0234	1.0225	1.0062	.9994	.9989	.9996	1.0003	.1390
	.25	0.0000	.3689	.8555	.8264	1.0130	1.0120	1.0004	.9993	.9999	1.0000	1.0000	.1357
	.05	0.0000	.4109	.9766	.5020	1.0203	.9992	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1312
16.0	1.00	0.0000	.3286	.7538	.9790	1.0412	1.0339	1.0145	1.0025	.9984	.9982	.9989	.1348
	.75	0.0000	.3469	.7866	.9648	1.0351	1.0260	1.0082	.9999	.9984	.9992	1.0002	.1324
	.50	0.0000	.3700	.8302	.9318	1.0254	1.0174	1.0038	.9989	.9992	.9999	1.0002	.1297
	.25	0.0000	.4007	.8976	.8468	1.0156	1.0085	.9996	.9995	1.0000	1.0000	1.0000	.1262
	.05	0.0000	.4382	1.0137	.5321	1.0161	.9994	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1212
18.0	1.00	0.0000	.3578	.7928	.9996	1.0428	1.0278	1.0090	1.0000	.9981	.9988	1.0000	.1270
	.75	0.0000	.3768	.8249	.9824	1.0350	1.0203	1.0045	.9989	.9987	.9996	1.0004	.1247
	.50	0.0000	.4001	.8671	.9465	1.0248	1.0131	1.0012	.9989	.9995	1.0000	1.0001	.1220
	.25	0.0000	.4298	.9309	.8611	1.0163	1.0060	.9993	.9997	1.0000	1.0000	1.0000	.1185
	.05	0.0000	.4624	1.0385	.5572	1.0124	.9997	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1136
20.0	1.00	0.0000	.3855	.8266	1.0145	1.0417	1.0220	1.0050	.9988	.9983	.9993	1.0004	.1204
	.75	0.0000	.4049	.8577	.9947	1.0330	1.0155	1.0020	.9986	.9991	.9998	1.0003	.1182
	.50	0.0000	.4282	.8978	.9367	1.0230	1.0098	1.0002	.9991	.9998	1.0000	1.0001	.1155
	.25	0.0000	.4567	.9575	.8712	1.0161	1.0042	.9993	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	.1123
	.05	0.0000	.4845	1.0549	.5788	1.0093	.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1075
24.0	1.00	0.0000	.4367	.8816	1.0326	1.0356	1.0125	1.0004	.9982	.9990	.9998	1.0004	.1098
	.75	0.0000	.4565	.9097	1.0086	1.0266	1.0083	.9997	.9989	.9996	1.0000	1.0001	.1078
	.50	0.0000	.4794	.9453	.9675	1.0183	1.0054	.9995	.9995	1.0000	1.0000	1.0000	.1054
	.25	0.0000	.5054	.9960	.8840	1.0149	1.0019	.9995	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.1024
	.05	0.0000	.5253	1.0719	.6148	1.0049	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0985

Table 57 Bending moment variation and rotation D_4 at top edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge encastre and top edge free.

$$M = \text{coefficient} \times ql^2 : D_4 = \text{coefficient} \times qr^3/(Eh_0 l)$$

η	h_1/h_0	x/l										D_4
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	
.4	1.00	-.351614	-.259997	-.198249	-.146065	-.102990	-.068458	-.041826	-.022400	-.009451	-.002235	.755081
	.75	-.314641	-.244996	-.185228	-.135055	-.094060	-.061637	-.037049	-.019476	-.008045	-.001857	1.219897
	.50	-.281171	-.215443	-.159606	-.113423	-.076530	-.048260	-.027592	-.013756	-.005298	-.001118	2.444168
	.25	-.211174	-.153778	-.106304	-.068592	-.040385	-.020463	-.008585	-.002245	.000179	.000341	7.015274
	.05	-.113853	-.071262	-.038633	-.015902	-.002813	.002673	.003676	.002756	.001391	.000377	2.885949
.8	1.00	-.182576	-.132074	-.091293	-.059599	-.036081	-.019646	-.009090	-.003147	-.000522	.000091	1.308620
	.75	-.173484	-.123765	-.083785	-.052968	-.030495	-.015257	-.005954	-.001201	.000423	.000347	1.902601
	.50	-.158732	-.110379	-.071793	-.042481	-.021766	-.008497	-.001285	.001693	.001803	.000715	3.121300
	.25	-.134736	-.089120	-.053312	-.026949	-.009551	.000227	.004305	.004640	.003009	.000985	5.473043
	.05	-.087564	-.051028	-.024365	-.007419	.000254	.001865	.001258	.000470	.000067	-.000019	-4.089641
1.2	1.00	-.118807	-.077990	-.046778	-.024307	-.009389	-.000663	.003299	.003957	.002672	.000900	1.370965
	.75	-.117106	-.076229	-.044968	-.022512	-.007779	.000617	.004193	.004467	.002914	.000962	1.834983
	.50	-.113876	-.073111	-.041982	-.019753	-.005493	.002252	.005178	.004942	.003077	.000988	2.577075
	.25	-.105467	-.065835	-.035875	-.014986	-.002478	.003416	.004955	.004104	.002337	.000704	2.763771
	.05	-.076034	-.042562	-.018869	-.004634	.000704	.001106	.000438	.000039	-.000048	-.000022	-.903688
1.6	1.00	-.088261	-.052743	-.026720	-.009124	.001447	.006521	.007616	.006181	.003580	.001103	1.230349
	.75	-.089688	-.053913	-.027632	-.009808	.000869	.005972	.007112	.005784	.003345	.001029	1.512114
	.50	-.090636	-.054705	-.028278	-.010349	.000217	.005120	.006172	.004970	.002837	.000863	1.793928
	.25	-.087736	-.052383	-.026553	-.009403	-.000057	.003575	.003919	.002832	.001455	.000403	.858685
	.05	-.068750	-.037438	-.015775	-.003265	.000732	.000668	.000143	-.000030	-.000028	-.000006	.230970
2.0	1.00	-.070846	-.038899	-.016336	-.001893	.006023	.009859	.008766	.006535	.003599	.001073	1.017417
	.75	-.073330	-.041185	-.018407	-.003744	.004328	.007583	.007452	.005582	.003070	.000912	1.133815
	.50	-.075641	-.043354	-.020422	-.005626	.002399	.005525	.005616	.004160	.002245	.000655	1.085713
	.25	-.075369	-.043314	-.020629	-.006230	.000916	.003118	.002859	.001808	.000818	.000200	-.168694
	.05	-.063304	-.033753	-.013702	-.002457	.000663	.000397	.000834	-.000030	-.000011	-.000000	.273386
3.0	1.00	-.048090	-.022095	-.005285	.004294	.008398	.008926	.007417	.005017	.002574	.000726	.482720
	.75	-.050594	-.024666	-.007801	.001750	.005905	.006611	.005475	.003633	.001820	.000502	.358361
	.50	-.053321	-.027362	-.010421	-.000748	.003410	.004172	.003345	.002074	.000959	.000244	.024352
	.25	-.055857	-.029625	-.012378	-.002458	.001449	.001905	.001210	.000505	.000118	.000001	-.672441
	.05	-.053198	-.027280	-.010432	-.001407	.000451	.000118	-.000818	-.000007	.000000	.000000	.001808
4.0	1.00	-.036398	-.014324	-.001100	.005381	.007387	.006840	.005140	.003192	.001519	.000401	.117729
	.75	-.038423	-.016530	-.003422	.003061	.005110	.004739	.003415	.001994	.000883	.000216	-.047381
	.50	-.040905	-.019018	-.005839	.000829	.002974	.002763	.001797	.000889	.000311	.000054	-.291684
	.25	-.044134	-.021854	-.008189	-.000966	.001283	.001124	.000501	.000182	-.000030	-.000024	-.359646
	.05	-.045465	-.022616	-.008372	-.000909	.000296	.000025	-.000811	-.000081	.000000	.000000	-.010908
5.0	1.00	-.029190	-.009910	.000759	.005246	.006809	.004964	.003359	.001876	.000799	.000188	-.076118
	.75	-.030855	-.011786	-.001245	.003268	.004114	.003277	.002036	.001002	.000357	.000065	-.196589
	.50	-.033031	-.014002	-.003394	.001363	.002396	.001804	.000939	.000330	.000048	-.000013	-.290027
	.25	-.036178	-.016817	-.005725	-.000291	.001026	.000664	.000197	-.000009	-.000040	-.000016	-.105936
	.05	-.039098	-.018919	-.006890	-.000628	.000194	-.000000	-.000005	.000000	.000000	-.000000	-.000668
6.0	1.00	-.024327	-.007132	.001675	.004795	.004804	.003558	.002139	.001034	.000364	.000065	-.155403
	.75	-.025728	-.008752	-.000065	.003120	.003262	.002258	.001186	.000452	.000095	-.000004	-.214551
	.50	-.027602	-.010709	-.001971	.001497	.001898	.001181	.000477	.000085	-.000039	-.000028	-.200897
	.25	-.030414	-.013306	-.004151	.000033	.000797	.000393	.000066	-.000031	-.000026	-.000007	.085731
	.05	-.033775	-.015903	-.005758	-.000455	.000128	-.000006	-.000001	.000000	-.000000	-.000000	.000657
8.0	1.00	-.018228	-.003953	.002340	.003790	.003071	.001827	.000812	.000223	-.000006	-.000028	-.151805
	.75	-.019252	-.005210	.000980	.002563	.002049	.001079	.000364	.000019	-.000066	-.000034	-.128220
	.50	-.020621	-.006738	-.000534	.001368	.001163	.000509	.000095	-.000047	-.000050	-.000017	-.047105
	.25	-.022686	-.008815	-.002351	.000260	.000477	.000137	-.000010	-.000020	-.000006	-.000000	.031831
	.05	-.025611	-.011374	-.004157	-.000262	.000057	-.000005	.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000002
10.0	1.00	-.014568	-.002276	.002406	.002942	.001987	.000935	.000258	-.000035	-.000086	-.000037	-.089289
	.75	-.015341	-.003287	.001307	.002018	.001308	.000511	.000071	-.000072	-.000067	-.000023	-.044938
	.50	-.016351	-.004507	.000077	.001124	.000724	.000214	-.000011	-.000047	-.000026	-.000006	.010744
	.25	-.017825	-.006149	-.001425	.000289	.000292	.000044	-.000017	-.000008	-.000000	.000001	.010705
	.05	-.019937	-.008281	-.003110	-.000166	.000026	-.000002	.000000	-.000000	-.000000	.000000	-.000010
12.0	1.00	-.012129	-.001291	.002275	.002281	.001297	.000463	.000033	-.000095	-.000078	-.000027	-.056835
	.75	-.012729	-.002128	.001365	.001574	.000833	.000230	-.000027	-.000071	-.000042	-.000011	-.002024
	.50	-.013490	-.003127	.000346	.000897	.000458	.000083	-.000033	-.000038	-.000010	-.000001	.019142
	.25	-.014548	-.004444	-.000907	.000264	.000185	.000010	-.000013	-.000003	.000001	.000000	.000518
	.05	-.015971	-.006141	-.002396	-.000111	.000012	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000001
14.0	1.00	-.010387	-.000673	.002082	.001775	.000847	.000209	-.000050	-.000090	-.000053	-.000015	-.006016
	.75	-.010863	-.001382	.001315	.001229	.000537	.000089	-.000052	-.000051	-.000021	-.000004	.012719
	.50	-.011450	-.002217	.000456	.000712	.000296	.000024	-.000031	-.000017	-.000003	.000001	.013276
	.25	-.012221	-.003293	-.000600	.000228	.000122	-.000002	-.000008	-.000001	.000000	.000000	-.001593
	.05	-.013151	-.004634	-.001894	-.000078	.000005	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000008
16.0	1.00	-.009080	-.000266	.001878	.001386	.000550	.000073	-.000074	-.000068	-.000031	-.000007	.007927
	.75	-.009467	-.000878	.001223	.000963	.000347	.000020	-.000051	-.000032	-.000009	-.000001	.013930
	.50	-.009929	-.001590	.000490	.000566	.000194	-.000001	-.000024	-.000008	-.000000	.000001	.006652
	.25	-.010502	-.002485	-.000411	.000193	.000083	-.000006	-.000005	.000000	.000000	.000000	-.001216
	.05	-.011100	-.003552	-.001529	-.000056	.000001	-.000000	.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000
18.0	1.00	-.008063	.000010	.001683	.001086	.000352	.000002	-.000072	-.000047	-.000016	-.000002	.011852
	.75	-.008383	-.000526	.001117	.000757	.000223	-.000012	-.000042	-.000019	-.000003	.000001	.010471
	.50	-.008755	-.001143	.000485	.000452	.000130	-.000010	-.000017	-.000004	.000001	.000000	.002404
	.25	-.009189	-.001900	-.000291	.000164	.000059	-.000007	-.000003	.000000	.000000	-.000000	-.000575
	.05	-.009573	-.002758	-.001256	-.000041	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000
20.0	1.00	-.007250	.000200	.001503	.000853	.000219	-.000033	-.000061	-.000030	-.000007	.000000	.018914
	.75	-.007519	-.000274	.001010	.000599	.000142	-.000025	-.000032	-.000011	-.000000	.000001	.006454
	.50	-.007823	-.000815	.000460	.000364	.000090	-.000013	-.000012	-.000002	.000001	.000000	.000798
	.25	-.008160	-.001465	-.000213	.000139	.000043	-.000006	-.000001	.000000	.000000	-.000000	-.000174
	.05	-.008407	-.002164	-.001049	-.000031	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000
24.0	1.00	-.006030	.000428	.001197	.000528	.000069	-.000052	-.000037	-.000010	.000001	.000001	.005354
	.75	-.006228	.000045	.000815	.000378	.000055	-.000027	-.000016	-.000002	.000001	.000001	.001306
	.50	-.006441	-.000384	.000390	.000241	.000046	-.000011	-.000005	.000000	.000000	.000000	-.000680
	.25	-.006553	-.000880	-.000126	.000104	.000024	-.000004	-.000000	.000000	-.000000	-.000000	.000056
	.05	-.006768	-.001366	-.000759	-.000017	-.000001	.000030	-.000000	.000000	.000000	-.000000	.000000

Table . 58 Hoop force variation and shear at bottom edge. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top Bottom edge hinged and top edge free.

$$N = \text{coefficient} \times qr\,;\; V = \text{coefficient} \times ql$$

η	$\frac{h_1}{h_0}$	x/ℓ											SHEAR AT BASE
		0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
.4	1.00	0.0000	.0566	.1118	.1648	.2151	.2628	.3082	.3520	.3946	.4366	.4784	.2457
	.75	0.0000	.0729	.1310	.1731	.2241	.2705	.3130	.3526	.3902	.4269	.4632	.2409
	.50	0.0000	.1111	.1761	.1936	.2465	.2901	.3255	.3546	.3797	.4027	.4251	.2293
	.25	0.0000	.2692	.3575	.2632	.3253	.3591	.3688	.3605	.3406	.3149	.2874	.1844
	.05	0.0000	1.3052	1.4012	.2873	.3786	.4177	.3935	.3228	.2264	.1198	.0107	-.0169
.8	1.00	0.0000	.0746	.1438	.2044	.2553	.2967	.3300	.3571	.3801	.4011	.4214	.2342
	.75	0.0000	.1029	.1813	.2316	.2847	.3222	.3464	.3606	.3683	.3727	.3760	.2230
	.50	0.0000	.1706	.2673	.2860	.3447	.3744	.3799	.3673	.3433	.3134	.2819	.1985
	.25	0.0000	.4057	.5371	.3912	.4631	.4743	.4384	.3702	.2832	.1875	.0993	.1321
	.05	0.0000	1.2733	1.3683	.2829	.4122	.4625	.4164	.3205	.2109	.1020	-.0049	-.0152
1.2	1.00	0.0000	.0992	.1873	.2581	.3093	.3418	.3586	.3634	.3606	.3538	.3458	.2186
	.75	0.0000	.1397	.2427	.3020	.3566	.3826	.3846	.3689	.3419	.3093	.2749	.2016
	.50	0.0000	.2282	.3548	.3731	.4345	.4487	.4253	.3752	.3088	.2345	.1579	.1699
	.25	0.0000	.4828	.6376	.4610	.5318	.5234	.4598	.3635	.2512	.1328	.0132	.1051
	.05	0.0000	1.2327	1.3266	.2774	.4420	.4899	.4207	.3120	.2027	.0993	-.0012	-.0101
1.6	1.00	0.0000	.1262	.2345	.3154	.3661	.3886	.3875	.3691	.3397	.3048	.2681	.2021
	.75	0.0000	.1755	.3016	.3684	.4228	.4365	.4173	.3744	.3170	.2524	.1857	.1817
	.50	0.0000	.2744	.4238	.4397	.4999	.4994	.4530	.3763	.2822	.1803	.0763	.1485
	.25	0.0000	.5307	.6992	.5022	.5675	.5420	.4605	.3513	.2321	.1111	-.0098	.0908
	.05	0.0000	1.1992	1.2929	.2741	.4689	.5061	.4182	.3057	.1997	.0994	.0008	-.0058
2.0	1.00	0.0000	.1526	.2800	.3696	.4188	.4308	.4128	.3731	.3200	.2602	.1984	.1865
	.75	0.0000	.2075	.3531	.4248	.4771	.4788	.4412	.3765	.2957	.2074	.1169	.1649
	.50	0.0000	.3110	.4772	.4893	.5452	.5307	.4667	.3725	.2625	.1462	.0285	.1331
	.25	0.0000	.5643	.7417	.5297	.5881	.5482	.4544	.3392	.2200	.1023	-.0139	.0806
	.05	0.0000	1.1716	1.2657	.2724	.4926	.5148	.4139	.3019	.1991	.0997	.0013	-.0023
3.0	1.00	0.0000	.2099	.3756	.4787	.5190	.5062	.4536	.3745	.2804	.1795	.0766	.1558
	.75	0.0000	.2708	.4513	.5258	.5662	.5403	.4689	.3703	.2580	.1404	.0215	.1358
	.50	0.0000	.3778	.5707	.5692	.6078	.5627	.4693	.3538	.2314	.1084	-.0140	.1093
	.25	0.0000	.6180	.8075	.5697	.6117	.5462	.4361	.3179	.2049	.0976	-.0073	.0872
	.05	0.0000	1.1188	1.2159	.2729	.5385	.5198	.4048	.2992	.1996	.1001	.0013	.0042
4.0	1.00	0.0000	.2559	.4477	.5538	.5804	.5452	.4684	.3671	.2536	.1356	.0163	.1352
	.75	0.0000	.3190	.5211	.5900	.6133	.5635	.4704	.3564	.2348	.1119	-.0109	.1180
	.50	0.0000	.4263	.6342	.6169	.6359	.5667	.4565	.3348	.2145	.0981	-.0163	.0956
	.25	0.0000	.6504	.8447	.5902	.6192	.5385	.4228	.3074	.2000	.0981	-.0019	.0683
	.05	0.0000	1.0790	1.1807	.2775	.5693	.5160	.4007	.2994	.1999	.1000	.0015	.0089
5.0	1.00	0.0000	.2945	.5042	.6071	.6175	.5627	.4688	.3557	.2352	.1132	-.0087	.1210
	.75	0.0000	.3589	.5751	.6340	.6391	.5692	.4619	.3415	.2199	.1005	-.0176	.1060
	.50	0.0000	.4648	.6813	.6479	.6485	.5615	.4425	.3207	.2054	.0961	-.0108	.0864
	.25	0.0000	.6727	.8681	.6018	.6210	.5312	.4145	.3026	.1987	.0989	.0003	.0568
	.05	0.0000	1.0467	1.1536	.2843	.5893	.5109	.3994	.2998	.2000	.0999	.0017	.0126
6.0	1.00	0.0000	.3284	.5507	.6464	.6401	.5684	.4625	.3436	.2224	.1024	-.0167	.1105
	.75	0.0000	.3934	.6187	.6657	.6531	.5671	.4509	.3288	.2104	.0965	-.0154	.0971
	.50	0.0000	.4968	.7177	.6686	.6531	.5537	.4308	.3113	.2008	.0965	-.0057	.0797
	.25	0.0000	.6894	.8838	.6087	.6205	.5251	.4092	.3004	.1987	.0995	.0010	.0532
	.05	0.0000	1.0193	1.1314	.2924	.6021	.5066	.3992	.3000	.2000	.0999	.0018	.0157
8.0	1.00	0.0000	.3863	.6237	.6995	.6617	.5648	.4445	.3233	.2071	.0956	-.0140	.0958
	.75	0.0000	.4510	.6852	.7059	.6627	.5548	.4308	.3115	.2008	.0959	-.0070	.0847
	.50	0.0000	.5482	.7900	.6920	.6514	.5381	.4151	.3028	.1979	.0982	-.0003	.0705
	.25	0.0000	.7141	.9025	.6155	.6179	.5167	.4037	.2992	.1992	.1004	.0012	.0494
	.05	0.0000	.9751	1.0960	.3103	.6143	.5016	.3997	.3000	.2008	.0999	.0021	.0204
10.0	1.00	0.0000	.4352	.6783	.7312	.6669	.5526	.4284	.3101	.2002	.0956	-.0071	.0857
	.75	0.0000	.4983	.7330	.7274	.6606	.5410	.4170	.3028	.1978	.0974	-.0016	.0763
	.50	0.0000	.5889	.8051	.7020	.6442	.5258	.4068	.2990	.1981	.0993	.0011	.0642
	.25	0.0000	.7329	.9121	.6179	.6154	.5116	.4014	.2992	.1996	.1001	.0012	.0470
	.05	0.0000	.9418	1.0680	.3287	.6172	.4998	.3999	.3000	.2000	.0999	.0023	.0240
12.0	1.00	0.0000	.4773	.7202	.7499	.6643	.5406	.4164	.3026	.1976	.0978	-.0023	.0783
	.75	0.0000	.5384	.7683	.7383	.6538	.5293	.4083	.2992	.1975	.0987	.0006	.0700
	.50	0.0000	.6226	.8295	.7052	.6362	.5172	.4027	.2985	.1988	.0999	.0012	.0596
	.25	0.0000	.7486	.9167	.6185	.6135	.5084	.4003	.2994	.1998	.1001	.0012	.0452
	.05	0.0000	.9170	1.0444	.3464	.6162	.4994	.4000	.3000	.2000	.0999	.0025	.0266
14.0	1.00	0.0000	.5143	.7529	.7602	.6583	.5298	.4084	.2989	.1970	.0982	.0002	.0725
	.75	0.0000	.5731	.7950	.7427	.6458	.5201	.4033	.2979	.1980	.0995	.0013	.0652
	.50	0.0000	.6515	.8469	.7047	.6289	.5115	.4008	.2986	.1993	.1001	.0012	.0561
	.25	0.0000	.7626	.9183	.6184	.6122	.5062	.3998	.2996	.1999	.1001	.0013	.0438
	.05	0.0000	.8992	1.0239	.3630	.6138	.4994	.4000	.3000	.2000	.0999	.0027	.0286
16.0	1.00	0.0000	.5472	.7786	.7652	.6509	.5210	.4032	.2974	.1974	.0992	.0012	.0678
	.75	0.0000	.6057	.8152	.7433	.6378	.5133	.4006	.2978	.1987	.0999	.0013	.0613
	.50	0.0000	.6767	.8591	.7023	.6229	.5078	.3999	.2990	.1996	.1002	.0011	.0532
	.25	0.0000	.7755	.9179	.6181	.6115	.5047	.3996	.2997	.1999	.1000	.0013	.0425
	.05	0.0000	.8871	1.0055	.3785	.6111	.4996	.4000	.3000	.2000	.0999	.0028	.0300
18.0	1.00	0.0000	.5768	.7990	.7666	.6432	.5141	.4001	.2970	.1981	.0997	.0015	.0648
	.75	0.0000	.6309	.8307	.7416	.6306	.5085	.3992	.2982	.1992	.1002	.0012	.0588
	.50	0.0000	.6991	.8678	.6990	.6180	.5054	.3996	.2993	.1998	.1002	.0011	.0508
	.25	0.0000	.7875	.9161	.6179	.6110	.5036	.3996	.2998	.2000	.1000	.0014	.0414
	.05	0.0000	.8796	.9888	.3928	.6086	.4998	.4000	.3000	.2000	.0999	.0030	.0310
20.0	1.00	0.0000	.6035	.8152	.7656	.6360	.5088	.3983	.2972	.1987	.1001	.0014	.0607
	.75	0.0000	.6554	.8425	.7385	.6244	.5052	.3987	.2986	.1995	.1002	.0011	.0553
	.50	0.0000	.7191	.8736	.6954	.6143	.5039	.3996	.2995	.1999	.1002	.0011	.0487
	.25	0.0000	.7988	.9134	.6178	.6106	.5027	.3995	.2999	.2000	.1000	.0015	.0405
	.05	0.0000	.8756	.9735	.4060	.6064	.4999	.4000	.3000	.2000	.0999	.0031	.0317
24.0	1.00	0.0000	.6502	.8382	.7598	.6236	.5021	.3972	.2982	.1995	.1003	.0011	.0555
	.75	0.0000	.6977	.8580	.7305	.6148	.5015	.3987	.2993	.1999	.1002	.0010	.0508
	.50	0.0000	.7538	.8796	.6883	.6094	.5024	.3997	.2997	.1999	.1001	.0012	.0453
	.25	0.0000	.8196	.9062	.6183	.6102	.5014	.3996	.3000	.2000	.0999	.0016	.0387
	.05	0.0000	.8751	.9461	.4297	.6033	.5000	.4000	.3000	.2000	.1000	.0033	.0322

Table 59 Bending moment variation and rotations D_2 and D_4 at bottom and top edges, respectively. Triangular load of intensity q per unit area at bottom edge and zero at top. Bottom edge hinged and top edge free.

$$M = \text{coefficient} \times ql^2;\ D_2 \text{ or } D_4 = \text{coefficient} \times qr^2\ (Eh_0/)$$

η	$\frac{h_1}{h_0}$	x/l									D_2	D_4
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	1.00	.019833	.031277	.035259	.034897	.030204	.023136	.015149	.007681	.002158	5691	.4182
	.75	.019543	.030478	.034873	.034021	.029407	.022494	.014709	.007449	.002090	.7983	.4837
	.50	.018298	.028520	.032704	.031874	.027442	.020935	.013617	.006872	.001923	1.3366	.4460
	.25	.014120	.021786	.024878	.023943	.020232	.015103	.009643	.004778	.001315	3.5927	-1.1052
	.05	-.003919	-.004760	-.000582	.001932	.002186	.001564	.000840	.000324	.000054	19.1000	-21.8345
.8	1.00	.018707	.029155	.033033	.031948	.027407	.020827	.013542	.006825	.001907	.7559	.2026
	.75	.017645	.027298	.030742	.029525	.025143	.018971	.012256	.006141	.001708	1.1332	.0431
	.50	.015325	.023295	.025876	.024425	.020398	.015095	.009576	.004721	.001294	2.0583	-.6341
	.25	.009146	.013126	.014253	.012784	.009897	.006714	.003889	.001752	.000439	5.4175	-3.9327
	.05	-.003814	-.004850	-.001159	.000816	.000839	.000406	.000098	-.000015	-.000018	18.6302	-21.3243
1.2	1.00	.017190	.026363	.029396	.027993	.023667	.017747	.011404	.005688	.001576	1.0134	-.0805
	.75	.015569	.023505	.025833	.024203	.020117	.014437	.009388	.004619	.001264	1.5460	-.4597
	.50	.012570	.018339	.019568	.017662	.014063	.009920	.006009	.002837	.000747	2.7592	-1.5353
	.25	.006586	.008733	.008488	.007424	.005114	.002992	.001442	.000514	.000093	6.4503	-4.7866
	.05	-.003587	-.004369	-.001009	.000565	.000447	.000131	-.000007	-.000025	-.000010	18.0339	-20.0354
1.6	1.00	.015582	.023410	.025560	.023840	.019757	.014541	.009186	.004513	.001234	1.2962	-.3675
	.75	.013636	.019986	.021305	.019329	.015549	.011107	.006818	.003262	.000870	1.9496	-.8913
	.50	.010513	.014669	.014954	.012791	.009578	.006321	.003570	.001569	.000384	3.3246	-2.0838
	.25	.005176	.006566	.006250	.004774	.002899	.001399	.000483	.000071	-.000020	7.0952	-4.8316
	.05	-.003023	-.003949	-.000844	.000441	.000260	.000038	-.000019	-.000012	-.000003	17.5413	-19.6573
2.0	1.00	.014071	.020646	.021990	.019998	.016163	.011611	.007171	.003451	.000925	1.5747	-.6192
	.75	.012016	.017057	.017568	.015350	.011862	.008131	.004790	.002201	.000565	2.3116	-1.2090
	.50	.009036	.012065	.011740	.009476	.006605	.004002	.002042	.000794	.000167	3.7750	-2.3575
	.25	.004297	.004914	.004636	.003301	.001768	.000673	.000106	-.000072	-.000048	7.3505	-4.6438
	.05	-.002727	-.003610	-.000709	.000359	.000156	.000004	-.000014	-.000004	-.000001	17.1348	-19.6341
3.0	1.00	.011097	.015257	.015121	.012721	.009468	.006245	.003536	.001560	.000383	2.1895	-1.0296
	.75	.009217	.012068	.011344	.008898	.006060	.003588	.001783	.000670	.000134	3.0408	-1.5862
	.50	.006781	.008190	.007147	.004981	.002826	.001259	.000367	.000007	-.000039	4.6097	-2.4469
	.25	.003064	.002961	.002586	.001592	.000628	.000091	-.000091	-.000089	-.000034	8.2864	-4.1876
	.05	-.002178	-.002997	-.000485	.000228	.000043	-.000010	-.000003	.000000	-.000001	16.3542	-19.6337
4.0	1.00	.009121	.011748	.010780	.008286	.005546	.003225	.001568	.000572	.000109	2.6947	-1.1913
	.75	.007525	.009144	.007865	.005501	.003211	.001521	.000519	.000075	-.000022	3.6105	-1.6360
	.50	.005498	.006081	.004821	.002925	.001317	.000342	-.000075	-.000143	-.000065	5.2299	-2.2852
	.25	.002434	.002000	.001650	.000904	.000263	-.000020	-.000074	-.000046	-.000014	8.7420	-3.9926
	.05	-.001788	-.002578	-.000353	.000151	.000009	-.000006	-.000000	.000000	-.000001	15.7678	-19.5181
5.0	1.00	.007765	.009403	.007996	.005584	.003294	.001599	.000578	.000107	-.000013	3.1304	-1.2194
	.75	.006393	.007257	.005743	.003581	.001751	.000582	.000023	-.000121	-.000063	4.0936	-1.5231
	.50	.004652	.004749	.003454	.001839	.000638	.000028	-.000159	-.000133	-.000048	5.7345	-2.1339
	.25	.002053	.001444	.001141	.000569	.000120	-.000038	-.000045	-.000021	-.000005	9.0665	-3.9394
	.05	-.001484	-.002269	-.000269	.000102	-.000002	-.000002	.000000	.000000	-.000000	15.2935	-19.3970
6.0	1.00	.006775	.007744	.006116	.003869	.001971	.000729	.000102	-.000090	-.000057	3.5219	-1.1898
	.75	.005571	.005937	.004342	.002416	.000961	.000154	-.000148	-.000159	-.000065	4.5209	-1.4900
	.50	.004045	.003831	.002573	.001208	.000307	-.000075	-.000144	-.000093	-.000030	6.1645	-2.0383
	.25	.001799	.001087	.000833	.000385	.000056	-.000034	-.000027	-.000009	-.000002	9.3211	-3.9347
	.05	-.001236	-.002014	-.000209	.000070	-.000004	-.000001	.000000	.000000	-.000000	14.8962	-19.2826
8.0	1.00	.005410	.005556	.003805	.001957	.000678	.000023	-.000188	-.000161	-.000059	4.2173	-1.0948
	.75	.004440	.004209	.002654	.001169	.000268	-.000113	-.000172	-.000110	-.000035	5.2619	-1.3691
	.50	.003222	.002656	.001544	.000568	.000050	-.000094	-.000078	-.000035	-.000009	6.8825	-1.9677
	.25	.001478	.000666	.000496	.000205	.000011	-.000021	-.000009	-.000001	-.000001	9.7251	-3.9462
	.05	-.000845	-.001633	-.000135	.000033	-.000003	.000000	.000000	.000000	-.000000	14.2723	-19.0619
10.0	1.00	.004496	.004180	.002489	.001016	.000173	-.000152	-.000187	-.000115	-.000036	4.8304	-1.0257
	.75	.003688	.003135	.001716	.000586	.000022	-.000134	-.000112	-.000054	-.000015	5.8994	-1.3187
	.50	.002682	.001943	.000994	.000298	-.000018	-.000066	-.000036	-.000010	-.000002	7.4820	-1.9635
	.25	.001280	.000452	.000327	.000125	.000001	-.000012	-.000003	.000000	-.000001	10.0636	-3.9477
	.05	-.000552	-.001351	-.000091	.000016	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	13.8291	-18.8493
12.0	1.00	.003836	.003243	.001677	.000518	-.000028	-.000167	-.000132	-.000065	-.000018	5.3848	-.9915
	.75	.003145	.002413	.001150	.000293	-.000055	-.000105	-.000062	-.000022	-.000005	6.4660	-1.3068
	.50	.002296	.001471	.000671	.000158	-.000031	-.000041	-.000016	-.000002	-.000001	8.0076	-1.9712
	.25	.001141	.000288	.000231	.000084	-.000004	-.000007	-.000001	.000000	-.000001	10.3747	-3.9413
	.05	-.000330	-.001135	-.000064	.000007	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	13.5348	-18.6459
14.0	1.00	.003334	.002572	.001149	.000243	-.000101	-.000138	-.000082	-.000031	-.000007	5.8922	-.9797
	.75	.002734	.001899	.000789	.000140	-.000071	-.000073	-.000032	-.000007	-.000001	6.9808	-1.3091
	.50	.002004	.001140	.000470	.000091	-.000028	-.000024	-.000006	.000000	-.000001	8.4823	-1.9765
	.25	.001035	.000191	.000173	.000060	-.000005	-.000004	-.000000	.000000	-.000001	10.6738	-3.9321
	.05	-.000160	-.000964	-.000046	.000003	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	13.3650	-18.4486
16.0	1.00	.002937	.002073	.000794	.000089	-.000118	-.000103	-.000047	-.000012	-.000002	6.3646	-.9798
	.75	.002409	.001519	.000551	.000059	-.000066	-.000048	-.000015	-.000001	-.000000	7.4558	-1.3142
	.50	.001774	.000898	.000339	.000057	-.000022	-.000015	-.000003	.000000	-.000001	8.9200	-1.9781
	.25	.000949	.000124	.000135	.000045	-.000005	-.000003	.000000	.000000	-.000001	10.9676	-3.9222
	.05	-.000032	-.000828	-.000033	.000001	-.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	13.2977	-18.2600
18.0	1.00	.002616	.001691	.000549	.000004	-.000112	-.000073	-.000025	-.000003	-.000000	6.8076	-.9822
	.75	.002146	.001231	.000389	.000017	-.000055	-.000030	-.000006	.000001	-.000000	7.8989	-1.3181
	.50	.001588	.000716	.000251	.000038	-.000016	-.000009	-.000001	.000000	-.000001	9.3292	-1.9773
	.25	.000877	.000076	.000110	.000035	-.000005	-.000002	.000000	.000000	-.000001	11.2586	-3.9123
	.05	.000064	-.000717	-.000025	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	13.3331	-18.0788
20.0	1.00	.002350	.001393	.000377	-.000042	-.000097	-.000049	-.000011	.000001	.000000	7.2261	-.9860
	.75	.001929	.001008	.000277	-.000004	-.000043	-.000018	-.000002	.000001	-.000001	8.3159	-1.3202
	.50	.001433	.000576	.000191	.000028	-.000011	-.000005	-.000000	.000000	-.000001	9.7156	-1.9755
	.25	.000814	.000040	.000092	.000027	-.000004	-.000001	.000000	.000000	-.000001	11.5420	-3.9027
	.05	.000134	-.000626	-.000018	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	13.3938	-17.9048
24.0	1.00	.001934	.000966	.000167	-.000074	-.000064	-.000020	.000000	.000003	-.000000	8.0026	-.9909
	.75	.001589	.000690	.000143	-.000017	-.000024	-.000006	.000001	.000001	-.000001	9.0873	-1.3204
	.50	.001189	.000379	.000119	.000019	-.000006	-.000002	.000000	.000000	-.000001	10.4355	-1.9707
	.25	.000709	-.000007	.000070	.000017	-.000003	-.000000	.000000	.000000	-.000000	12.1216	-3.8839
	.05	.000220	-.000488	-.000009	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	13.6944	-17.5775

Table 60 Hoop force variation and shear at bottom edge. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge hinged and top edge free

$$N = \text{coefficient} \times qr;\ V = \text{coefficient} \times ql$$

η	h_1/h_0	x/ℓ 0.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	SHEAR AT BASE
.4	1.00	0.0000	.1566	.3118	.4647	.6153	.7627	.9081	1.0519	1.1944	1.3364	1.4785	.2458
	.75	0.0000	.1947	.3524	.4722	.6229	.7691	.9115	1.0509	1.1884	1.3249	1.4611	.2372
	.50	0.0000	.2757	.4396	.4902	.6425	.7856	.9207	1.0498	1.1768	1.2977	1.4200	.2183
	.25	0.0000	.5522	.7351	.5472	.7069	.8407	.9520	1.0461	1.1292	1.2065	1.2821	.1545
	.05	0.0000	1.9465	2.0902	.4297	.6296	.8196	.9447	1.0073	1.0291	1.0319	1.0293	-.0896
.8	1.00	0.0000	.1746	.3437	.5044	.6552	.7967	.9299	1.0570	1.1800	1.3009	1.4212	.2342
	.75	0.0000	.2243	.4022	.5301	.6829	.8204	.9447	1.0589	1.1667	1.2712	1.3746	.2195
	.50	0.0000	.3332	.5278	.5798	.7379	.8678	.9740	1.0624	1.1394	1.2107	1.2803	.1884
	.25	0.0000	.6742	.8960	.6627	.8332	.9484	1.0187	1.0574	1.0772	1.0880	1.0962	.1070
	.05	0.0000	1.7836	1.9178	.3988	.6749	.9075	1.0091	1.0280	1.0179	1.0046	.9928	-.0658
1.2	1.00	0.0000	.1992	.3873	.5580	.7093	.8418	.9585	1.0633	1.1605	1.2537	1.3457	.2187
	.75	0.0000	.2607	.4629	.5997	.7542	.8802	.9825	1.0672	1.1406	1.2083	1.2744	.1983
	.50	0.0000	.3886	.6121	.6640	.8252	.9404	1.0187	1.0705	1.1060	1.1337	1.1591	.1607
	.25	0.0000	.7401	.9825	.7238	.8959	.9958	1.0418	1.0542	1.0488	1.0362	1.0219	.0830
	.05	0.0000	1.6818	1.8119	.3823	.7247	.9632	1.0265	1.0194	1.0055	.9991	.9966	-.0513
1.6	1.00	0.0000	.2262	.4345	.6154	.7661	.8885	.9875	1.0691	1.1396	1.2046	1.2679	.2021
	.75	0.0000	.2960	.5211	.6653	.8198	.9338	1.0150	1.0728	1.1159	1.1519	1.1858	.1786
	.50	0.0000	.4328	.6785	.7283	.8888	.9901	1.0463	1.0721	1.0804	1.0808	1.0789	.1401
	.25	0.0000	.7787	1.0327	.7587	.9287	1.0155	1.0460	1.0456	1.0321	1.0147	.9969	.0702
	.05	0.0000	1.6107	1.7396	.3734	.7709	.9961	1.0268	1.0099	1.0002	.9988	.9996	-.0414
2.0	1.00	0.0000	.2526	.4800	.6696	.8188	.9308	1.0128	1.0731	1.1198	1.1600	1.1981	.1866
	.75	0.0000	.3275	.5719	.7211	.8736	.9758	1.0349	1.0750	1.0949	1.1073	1.1174	.1620
	.50	0.0000	.4675	.7291	.7758	.9328	1.0211	1.0602	1.0689	1.0614	1.0473	1.0315	.1252
	.25	0.0000	.8042	1.0655	.7812	.9479	1.0239	1.0435	1.0366	1.0214	1.0054	.9901	.0624
	.05	0.0000	1.5565	1.6858	.3687	.8115	1.0145	1.0218	1.0039	.9988	.9993	1.0003	-.0342
3.0	1.00	0.0000	.3100	.5757	.7787	.9198	1.0062	1.0535	1.0745	1.0803	1.0793	1.0764	.1558
	.75	0.0000	.3896	.6684	.8288	.9618	1.0370	1.0568	1.0692	1.0577	1.0487	1.0224	.1333
	.50	0.0000	.5298	.8169	.8519	.9937	1.0535	1.0644	1.0520	1.0315	1.0097	.9882	.1025
	.25	0.0000	.8411	1.1120	.8129	.9721	1.0286	1.0322	1.0196	1.0074	.9990	.9925	.0522
	.05	0.0000	1.4591	1.5940	.3673	.8897	1.0288	1.0082	.9990	.9995	1.0000	1.0001	-.0218
4.0	1.00	0.0000	.3559	.6477	.8539	.9804	1.0453	1.0684	1.0670	1.0535	1.0353	1.0161	.1353
	.75	0.0000	.4368	.7368	.8839	1.0085	1.0604	1.0687	1.0557	1.0348	1.0123	.9898	.1158
	.50	0.0000	.5744	.8755	.8969	1.0214	1.0588	1.0535	1.0345	1.0153	.9991	.9846	.0896
	.25	0.0000	.8601	1.1349	.8289	.9830	1.0278	1.0238	1.0102	1.0019	.9984	.9967	.0474
	.05	0.0000	1.3891	1.5330	.3737	.9416	1.0241	1.0014	.9991	1.0000	1.0000	1.0000	-.0134
5.0	1.00	0.0000	.3945	.7043	.9071	1.0175	1.0627	1.0688	1.0556	1.0351	1.0130	.9909	.1210
	.75	0.0000	.4757	.7895	.9271	1.0341	1.0664	1.0607	1.0413	1.0201	1.0008	.9827	.1039
	.50	0.0000	.6093	.9184	.9260	1.0343	1.0552	1.0411	1.0213	1.0064	.9967	.9891	.0811
	.25	0.0000	.8712	1.1471	.8384	.9891	1.0244	1.0166	1.0052	.9999	.9988	.9989	.0448
	.05	0.0000	1.3331	1.4875	.3841	.9755	1.0168	.9992	.9997	1.0000	1.0000	1.0000	-.0078
6.0	1.00	0.0000	.4284	.7507	.9464	1.0402	1.0684	1.0625	1.0436	1.0223	1.0021	.9829	.1105
	.75	0.0000	.5091	.8319	.9581	1.0482	1.0647	1.0501	1.0288	1.0107	.9967	.9845	.0953
	.50	0.0000	.6380	.9513	.9454	1.0397	1.0488	1.0304	1.0123	1.0017	.9967	.9937	.0749
	.25	0.0000	.8784	1.1537	.8445	.9931	1.0219	1.0121	1.0024	.9992	.9992	.9998	.0432
	.05	0.0000	1.2859	1.4512	.3966	.9971	1.0104	.9989	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	-.0018
8.0	1.00	0.0000	.4864	.8237	.9995	1.0617	1.0640	1.0446	1.0233	1.0071	.9954	.9855	.0958
	.75	0.0000	.5650	.8964	.9976	1.0581	1.0532	1.0308	1.0119	1.0011	.9958	.9925	.0832
	.50	0.0000	.6837	.9978	.9676	1.0399	1.0356	1.0160	1.0032	.9986	.9981	.9987	.0665
	.25	0.0000	.8874	1.1588	.8520	.9985	1.0176	1.0064	1.0001	.9992	.9997	1.0002	.0414
	.05	0.0000	1.2091	1.3951	.4248	1.0183	1.0028	.9995	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0064
10.0	1.00	0.0000	.5362	.8783	1.0312	1.0669	1.0527	1.0284	1.0101	1.0001	.9953	.9923	.0858
	.75	0.0000	.6107	.9426	1.0187	1.0565	1.0401	1.0173	1.0034	.9981	.9972	.9976	.0749
	.50	0.0000	.7196	1.0285	.9773	1.0349	1.0250	1.0082	1.0000	.9984	.9991	1.0001	.0609
	.25	0.0000	.8939	1.1585	.8568	1.0022	1.0143	1.0033	.9994	.9995	.9999	1.0001	.0404
	.05	0.0000	1.1495	1.3519	.4537	1.0241	.9999	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0126
12.0	1.00	0.0000	.5773	.9202	1.0499	1.0643	1.0406	1.0165	1.0027	.9975	.9967	.9971	.0783
	.75	0.0000	.6494	.9767	1.0294	1.0503	1.0288	1.0089	.9996	.9977	.9985	.9998	.0689
	.50	0.0000	.7493	1.0496	.9808	1.0288	1.0175	1.0041	.9991	.9989	.9996	1.0003	.0568
	.25	0.0000	.8997	1.1558	.8603	1.0050	1.0115	1.0015	.9994	.9998	1.0000	1.0000	.0398
	.05	0.0000	1.1035	1.3167	.4815	1.0233	.9991	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0174
14.0	1.00	0.0000	.6143	.9529	1.0602	1.0583	1.0299	1.0084	.9990	.9970	.9980	.9995	.0725
	.75	0.0000	.6829	1.0023	1.0339	1.0428	1.0200	1.0039	.9984	.9981	.9993	1.0004	.0642
	.50	0.0000	.7748	1.0642	.9809	1.0233	1.0125	1.0020	.9991	.9993	.9999	1.0002	.0537
	.25	0.0000	.9056	1.1518	.8632	1.0072	1.0092	1.0004	.9995	.9999	1.0000	1.0000	.0392
	.05	0.0000	1.0685	1.2868	.5075	1.0200	.9992	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0210
16.0	1.00	0.0000	.6472	.9786	1.0652	1.0509	1.0210	1.0032	.9974	.9974	.9989	1.0005	.0679
	.75	0.0000	.7125	1.0217	1.0346	1.0354	1.0136	1.0012	.9982	.9987	.9997	1.0005	.0604
	.50	0.0000	.7971	1.0743	.9793	1.0186	1.0091	1.0009	.9992	.9996	1.0000	1.0001	.0511
	.25	0.0000	.9119	1.1470	.8658	1.0089	1.0073	.9999	.9996	1.0000	1.0000	1.0000	.0387
	.05	0.0000	1.0426	1.2606	.5314	1.0162	.9994	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0238
18.0	1.00	0.0000	.6768	.9990	1.0666	1.0432	1.0141	1.0001	.9971	.9981	.9995	1.0008	.0640
	.75	0.0000	.7388	1.0365	1.0331	1.0287	1.0089	.9998	.9984	.9992	.9999	1.0003	.0572
	.50	0.0000	.8170	1.0812	.9768	1.0150	1.0069	1.0004	.9994	.9998	1.0000	1.0001	.0489
	.25	0.0000	.9184	1.1418	.8683	1.0102	1.0057	.9996	.9998	1.0000	1.0000	1.0000	.0382
	.05	0.0000	1.0240	1.2373	.5533	1.0126	.9997	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0258
20.0	1.00	0.0000	.7035	1.0152	1.0656	1.0360	1.0088	.9983	.9973	.9987	.9999	1.0007	.0608
	.75	0.0000	.7625	1.0477	1.0302	1.0228	1.0057	.9992	.9988	.9996	1.0000	1.0002	.0546
	.50	0.0000	.8349	1.0856	.9740	1.0122	1.0055	1.0002	.9995	.9999	1.0000	1.0000	.0471
	.25	0.0000	.9252	1.1362	.8707	1.0112	1.0043	.9995	.9999	1.0000	1.0000	1.0000	.0376
	.05	0.0000	1.0113	1.2162	.5735	1.0095	.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0274
24.0	1.00	0.0000	.7502	1.0382	1.0598	1.0236	1.0021	.9972	.9982	.9996	1.0001	1.0003	.0555
	.75	0.0000	.8035	1.0623	1.0227	1.0139	1.0021	.9990	.9994	.9999	1.0000	1.0000	.0503
	.50	0.0000	.8662	1.0895	.9684	1.0086	1.0038	1.0000	.9997	1.0000	1.0000	1.0000	.0441
	.25	0.0000	.9391	1.1246	.8754	1.0122	1.0024	.9995	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0366
	.05	0.0000	.9983	1.1795	.6090	1.0050	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.0292

Table 61 Bending moment variation and rotations D_2 and D_4 at bottom and top edges, respectively. Uniform load of intensity q per unit area. Bottom edge hinged and top edge free.

$$M = \text{coefficient} \times ql^2;\ D_2 \text{ or } D_4 = \text{coefficient} \times qr^2/(Eh_0 l)$$

η	h_1/h_0	x/l									D_2	D_4
		.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9		
.4	1.00	.019833	.031731	.035745	.034905	.030212	.023145	.015157	.007687	.002162	1.5689	1.4181
	.75	.019049	.030015	.034475	.033724	.029198	.022361	.014636	.007418	.002085	2.1269	1.8153
	.50	.017324	.027314	.031609	.031020	.026848	.020526	.013406	.006781	.001902	3.3119	2.4452
	.25	.011497	.018217	.021987	.021953	.018968	.014371	.009279	.004640	.001288	7.3654	3.0196
	.05	-.010071	-.012137	-.004762	.000636	.002318	.002140	.001359	.000617	.000151	28.4839	-.5821
.8	1.00	.018709	.029159	.033039	.031955	.027415	.020835	.013550	.006831	.001911	1.7558	1.2023
	.75	.017330	.026866	.030384	.029270	.024973	.018869	.012203	.006122	.001706	2.4580	1.3781
	.50	.014438	.022096	.024916	.023777	.019993	.014869	.009469	.004684	.001289	4.0091	1.3889
	.25	.006977	.010330	.012274	.011708	.009429	.006596	.003926	.001814	.000468	8.9959	.3215
	.05	-.008020	-.009541	-.003220	.000629	.001176	.000685	.000221	.000013	-.000017	26.0945	-2.3006
1.2	1.00	.017192	.026366	.029400	.027998	.023674	.017755	.011411	.005696	.001579	2.0134	.9191
	.75	.015276	.023111	.025522	.023998	.019995	.014771	.009360	.004612	.001265	2.8655	.8789
	.50	.011768	.017289	.018791	.017201	.013826	.009824	.005989	.002844	.000755	4.6832	.5038
	.25	.004702	.006401	.007520	.006811	.005002	.003107	.001603	.000627	.000133	9.8786	-.5760
	.05	-.006770	-.007979	-.002327	.000614	.000686	.000242	.000010	-.000033	-.000013	24.5989	-.4465
1.6	1.00	.015583	.023412	.025564	.023845	.019763	.014547	.009192	.004519	.001237	2.2962	.6328
	.75	.013363	.019628	.021039	.019170	.015466	.011073	.006812	.003266	.000874	3.2637	.4498
	.50	.009781	.013738	.014319	.012469	.009458	.006312	.003603	.001602	.000398	5.2233	-.0488
	.25	.003491	.004344	.005096	.004408	.002938	.001578	.000653	.000174	.000013	10.3973	-.7138
	.05	-.005931	-.006956	-.001788	.000552	.000415	.000079	-.000023	-.000018	-.000004	23.5513	.1768
2.0	1.00	.014072	.020648	.021993	.020002	.016167	.011617	.007177	.003456	.000929	2.5748	.3802
	.75	.011761	.016730	.017340	.015228	.011812	.008121	.004799	.002213	.000571	3.6282	.1334
	.50	.008359	.011226	.011289	.009249	.006560	.004043	.002103	.000839	.000183	5.6498	-.3173
	.25	.002761	.003123	.003699	.003083	.001871	.000853	.000249	.000006	-.000025	10.7414	-.6094
	.05	-.005316	-.006224	-.001433	.000482	.000255	-.000016	-.000020	-.000007	-.000000	22.7507	.1816
3.0	1.00	.011097	.015257	.015122	.012723	.009471	.006249	.003548	.001565	.000387	3.1895	-.0305
	.75	.008997	.011800	.011184	.008839	.006059	.003611	.001810	.000689	.000142	4.3357	-.2451
	.50	.006206	.007513	.006785	.004890	.002867	.001339	.000437	.000050	-.000024	6.4288	-.4287
	.25	.001809	.001567	.001983	.001555	.000764	.000216	-.000022	-.000063	-.000027	11.2457	-.2531
	.05	-.034272	-.005025	-.000919	.000331	.000075	-.000013	-.000005	.000000	.000000	21.3059	-.0004
4.0	1.00	.009121	.011748	.010781	.008287	.005548	.003228	.001572	.000576	.000112	3.6948	-.1926
	.75	.007331	.008917	.007747	.005475	.003231	.001555	.000549	.000094	-.000015	4.8925	-.2998
	.50	.004998	.005516	.004562	.002900	.001382	.000418	-.000021	-.000115	-.000054	6.9978	-.2876
	.25	.001368	.000862	.001236	.000938	.000381	.000055	-.000046	-.000042	-.000014	11.5151	-.0623
	.05	-.003574	-.004265	-.000648	.000225	.000017	-.000009	-.000000	.000000	.000000	20.2624	-.0082
5.0	1.00	.007765	.009403	.007996	.005584	.003295	.001601	.000581	.000110	-.000010	4.1385	-.2210
	.75	.006219	.007062	.005654	.003576	.001778	.000615	.000149	-.000106	-.000057	5.3629	-.2402
	.50	.004210	.004267	.003263	.001848	.000706	.000088	-.000123	-.000117	-.000042	7.4554	-.1481
	.25	.001129	.000487	.000844	.000630	.000212	.000006	-.000037	-.000022	-.000006	11.6828	.0098
	.05	-.003047	-.003716	-.000482	.000155	-.000001	-.000004	.000000	.000000	-.000000	19.4260	-.0005
6.0	1.00	.006775	.007744	.006116	.003869	.001972	.000730	.000185	-.000087	-.000055	4.5219	-.1917
	.75	.005415	.005766	.004275	.002422	.000991	.000184	-.000128	-.000148	-.000058	5.7781	-.1604
	.50	.003651	.003415	.002431	.001236	.000370	-.000028	-.000122	-.000085	-.000027	7.8424	-.0573
	.25	.000987	.000267	.000615	.000454	.000127	-.000011	-.000026	-.000011	-.000002	11.8019	.0270
	.05	-.002621	-.003289	-.000371	.000187	-.000005	-.000001	.000000	-.000000	-.000000	18.7215	.0006
8.0	1.00	.005410	.005555	.003805	.001957	.000679	.000024	-.000186	-.000159	-.000057	5.2173	-.0973
	.75	.004310	.004075	.002615	.001187	.000288	-.000093	-.000162	-.000105	-.000032	6.4969	-.0430
	.50	.002901	.002334	.001464	.000612	.000099	-.000078	-.000071	-.000034	-.000008	8.4844	.0137
	.25	.000834	.000040	.000371	.000271	.000050	-.000016	-.000012	-.000002	.000000	11.9808	.0182
	.05	-.001956	-.002649	-.000236	.000051	-.000004	.000000	.000000	-.000000	.000000	17.5864	-.0008
10.0	1.00	.004496	.004180	.002489	.001016	.000173	-.000151	-.000186	-.000112	-.000034	5.8384	-.0288
	.75	.003578	.003028	.001694	.000608	.000045	-.000121	-.000107	-.000052	-.000013	7.1146	.0063
	.50	.002415	.001686	.000948	.000334	.000017	-.000054	-.000035	-.000011	-.000001	9.0195	.0205
	.25	.000757	-.000064	.000253	.000188	.000020	-.000012	-.000005	-.000000	.000000	12.1394	.0059
	.05	-.001455	-.002182	-.000159	.000025	-.000002	.000000	-.000000	-.000000	.000000	16.7305	-.0000
12.0	1.00	.003836	.003243	.001677	.000517	-.000028	-.000166	-.000131	-.000063	-.000015	6.3839	.0047
	.75	.003051	.002324	.001138	.000315	-.000037	-.000097	-.000061	-.000021	-.000003	7.6637	.0179
	.50	.002071	.001260	.000647	.000199	-.000006	-.000035	-.000017	-.000003	.000000	9.4908	.0134
	.25	.000709	-.000115	.000188	.000128	.000006	-.000009	-.000002	.000000	.000000	12.3045	.0003
	.05	-.001068	-.001824	-.000112	.000011	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	16.1006	.0000
14.0	1.00	.003334	.002572	.001149	.000242	-.000101	-.000138	-.000082	-.000029	-.000005	6.8922	.0159
	.75	.002652	.001824	.000785	.000161	-.000057	-.000068	-.000032	-.000007	.000000	8.1630	.0155
	.50	.001812	.000965	.000459	.000128	-.000011	-.000023	-.000008	-.000000	.000001	9.9176	.0069
	.25	.000673	-.000142	.000148	.000095	-.000008	-.000006	-.000001	.000000	.000000	12.4841	-.0011
	.05	-.000767	-.001543	-.000080	.000005	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	15.6608	.0000
16.0	1.00	.002937	.002073	.000794	.000089	-.000118	-.000103	-.000046	-.000011	.000000	7.3646	.0160
	.75	.002338	.001456	.000551	.000078	-.000056	-.000045	-.000015	-.000001	.000001	8.6242	.0099
	.50	.001608	.000750	.000336	.000088	-.000018	-.000014	-.000004	.000000	.000000	10.3147	.0038
	.25	.000643	-.000156	.000122	.000072	-.000003	-.000004	-.000000	.000000	.000000	12.6794	-.0018
	.05	-.000534	-.001318	-.000059	.000001	-.000000	.000000	-.000000	-.000000	.000000	15.3764	-.0000
18.0	1.00	.002616	.001691	.000549	.000083	-.000112	-.000073	-.000024	-.000002	.000002	7.8076	.0121
	.75	.002036	.001177	.000392	.000034	-.000047	-.000029	-.000007	.000001	.000001	9.0552	.0053
	.50	.001443	.000589	.000254	.000065	-.000008	-.000009	-.000002	.000000	.000000	10.6889	.0011
	.25	.000616	-.000163	.000104	.000056	-.000004	-.000002	.000000	.000000	-.000000	12.8891	-.0005
	.05	-.000353	-.001136	-.000044	-.000000	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	15.2205	-.0000
20.0	1.00	.002350	.001393	.000377	-.000042	-.000097	-.000049	-.000011	.000002	.000002	8.2261	.0077
	.75	.001873	.000961	.000282	.000011	-.000037	-.000018	-.000003	.000001	.000001	9.4613	.0023
	.50	.001306	.000466	.000197	.000051	-.000006	-.000006	-.000001	.000000	.000000	11.0452	.0002
	.25	.000590	-.000165	.000091	.000043	-.000004	-.000001	.000000	.000000	-.000000	13.1189	-.0002
	.05	-.000215	-.000987	-.000033	-.000001	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000	15.1666	-.0000
24.0	1.00	.001934	.000966	.000167	-.000074	-.000064	-.000020	.000000	.000003	.000001	9.0026	.0016
	.75	.001544	.000653	.000149	-.000005	-.000020	-.000006	.000000	.000001	.000000	10.2145	-.0001
	.50	.001090	.000295	.000129	.000036	-.000004	-.000003	-.000000	.000000	.000000	11.7162	-.0003
	.25	.000540	-.000164	.000074	.000027	-.000004	-.000000	.000000	.000000	-.000000	13.5816	.0000
	.05	-.000028	-.000761	-.000018	-.000001	.000000	-.000000	.000000	.000000	-.000000	15.2802	.0000

ภาคผนวก ค.

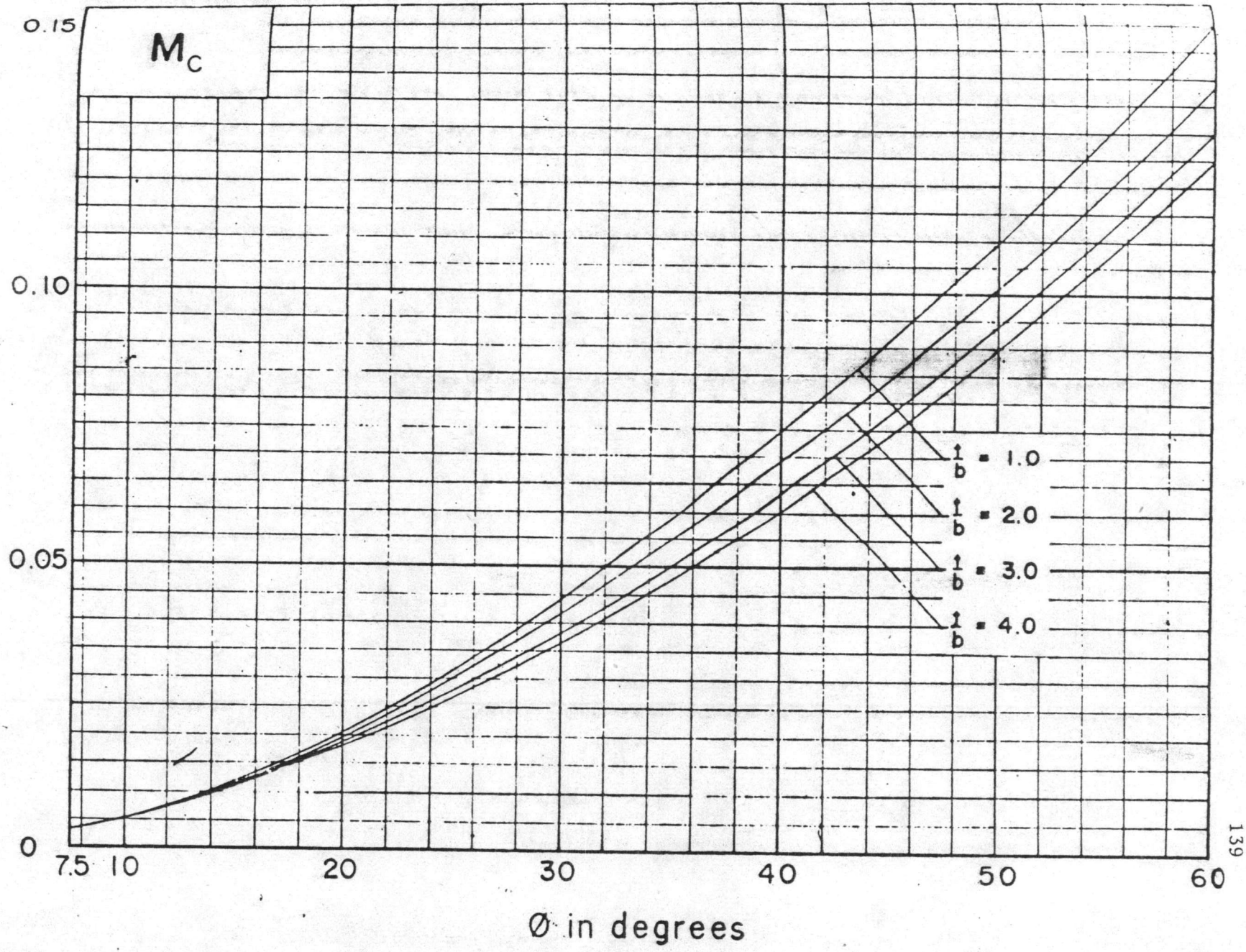

M_c
0.15
0.10
0.05
0
M_c in wR^2
7.5
10
20
30
40
50
60
Ø in degrees
$\frac{l}{b}$ = 1.0
$\frac{l}{b}$ = 2.0
$\frac{l}{b}$ = 3.0
$\frac{l}{b}$ = 4.0

CHART A

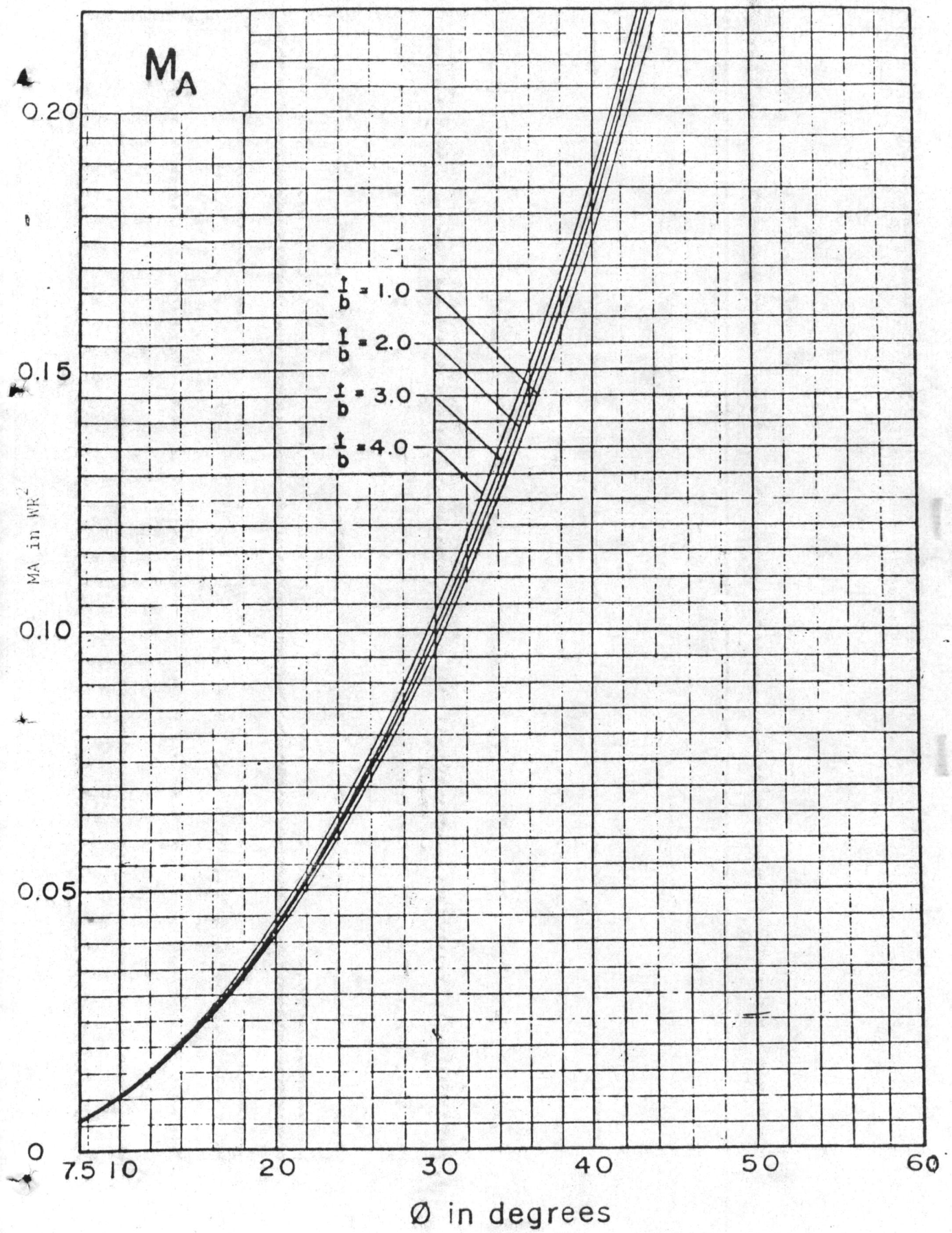

M_A
0.20
0.15
0.10
0.05
0
MA in WR²
$\frac{t}{b}$ = 1.0
$\frac{t}{b}$ = 2.0
$\frac{t}{b}$ = 3.0
$\frac{t}{b}$ = 4.0
7.5 10
20
30
40
50
60
Ø in degrees

CHART B1

พิมพ์ที่ศูนย์กลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

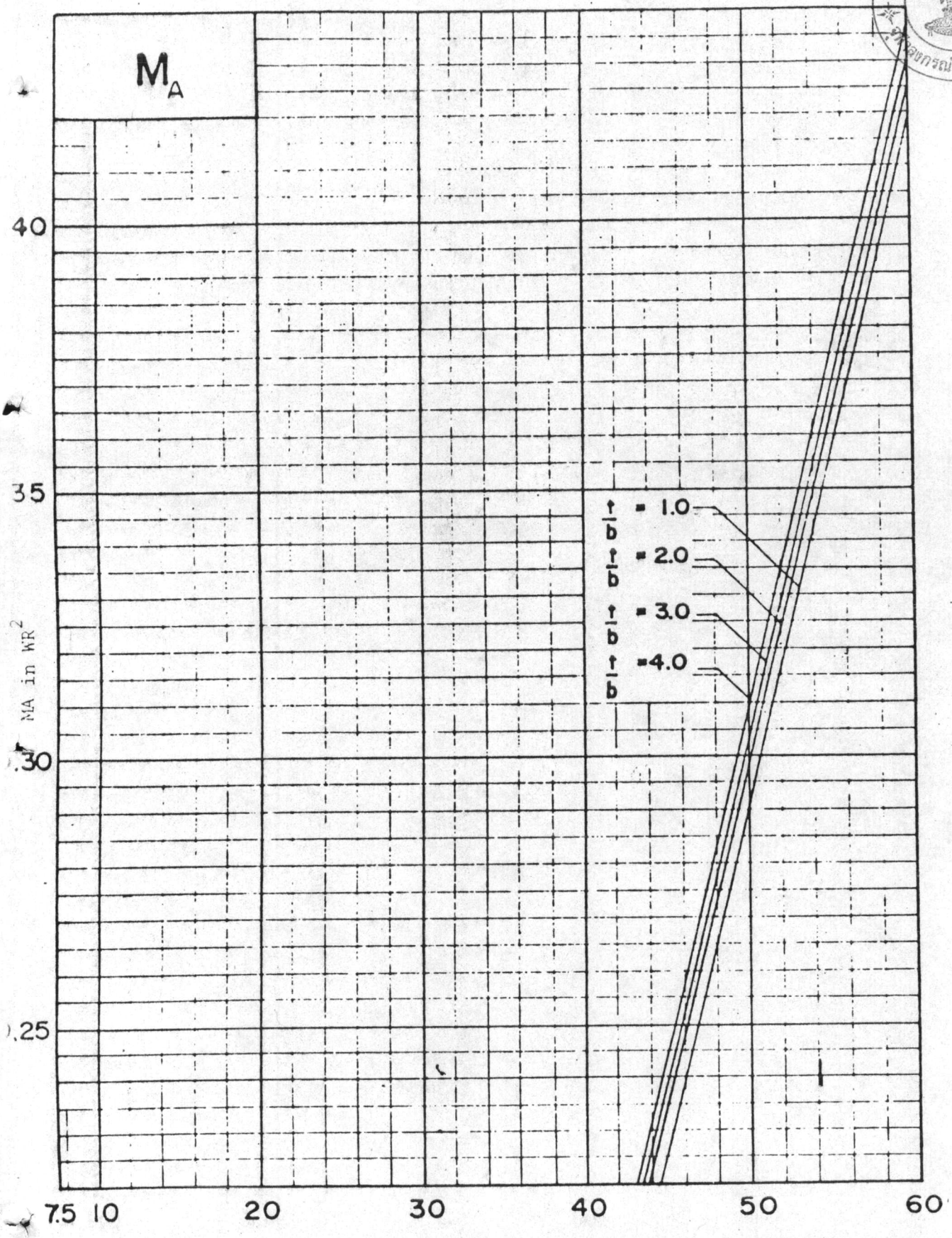


CHART B2

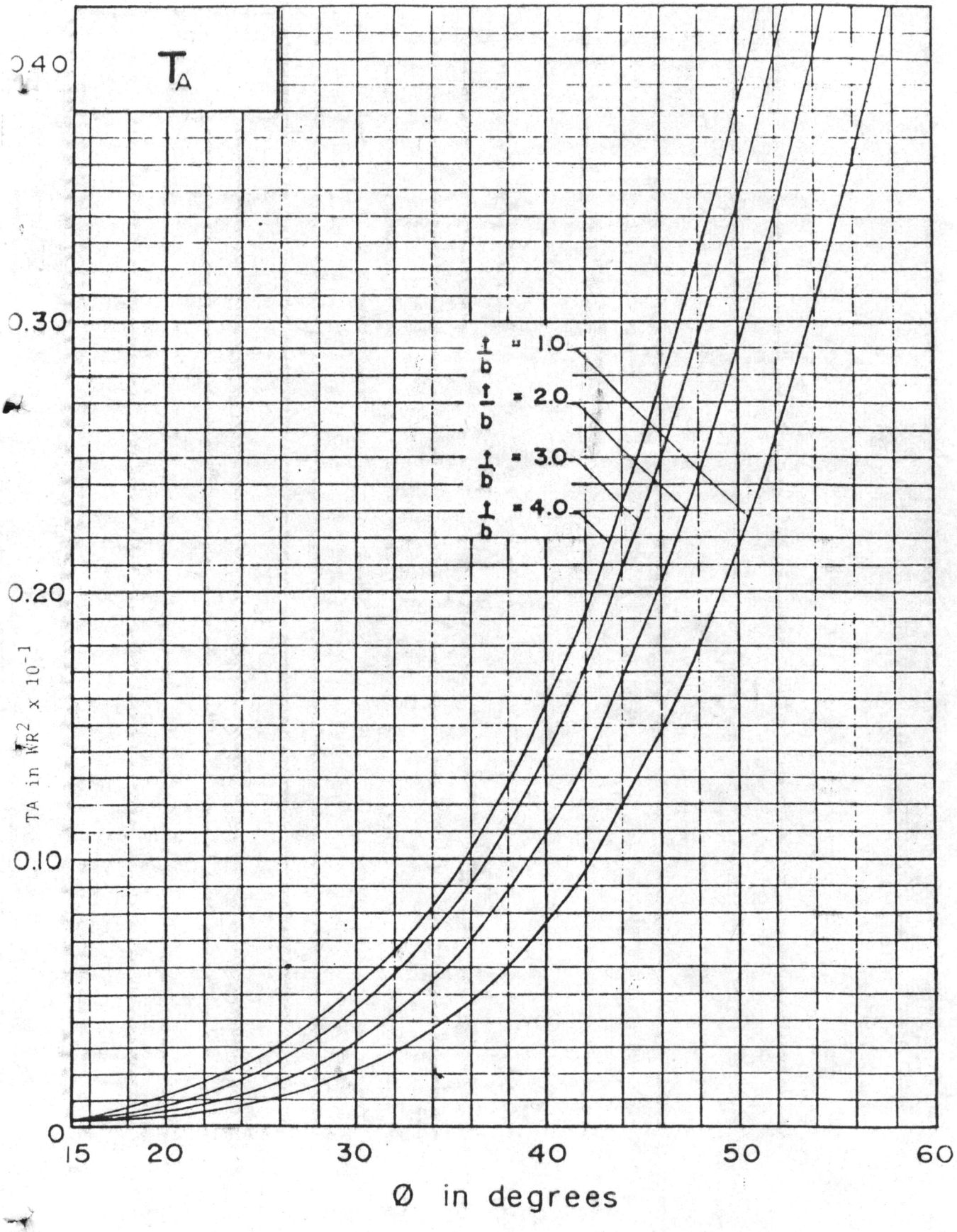

T_A
0.40
0.30
0.20
0.10
0
$\frac{t}{b}$ = 1.0
$\frac{t}{b}$ = 2.0
$\frac{t}{b}$ = 3.0
$\frac{t}{b}$ = 4.0
TA in WR^2 x 10^{-1}
15
20
30
40
50
60
Ø in degrees

CHART C1

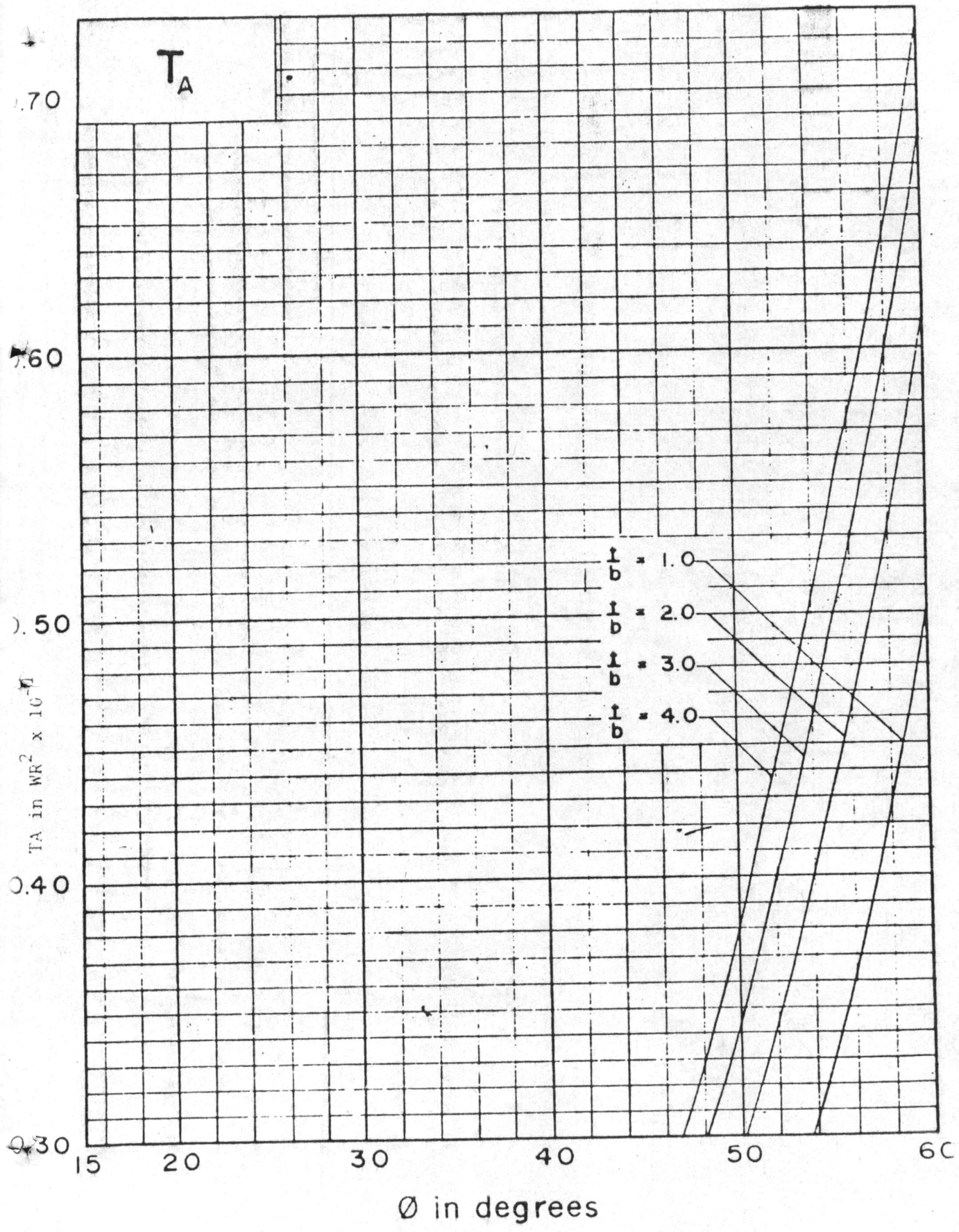

T_A
.70
.60
.50
.40
.30
TA in WR^2 x 10^{-4}
$\frac{i}{b}$ = 1.0
$\frac{i}{b}$ = 2.0
$\frac{i}{b}$ = 3.0
$\frac{i}{b}$ = 4.0
15
20
30
40
50
60
Ø in degrees

CHART C2

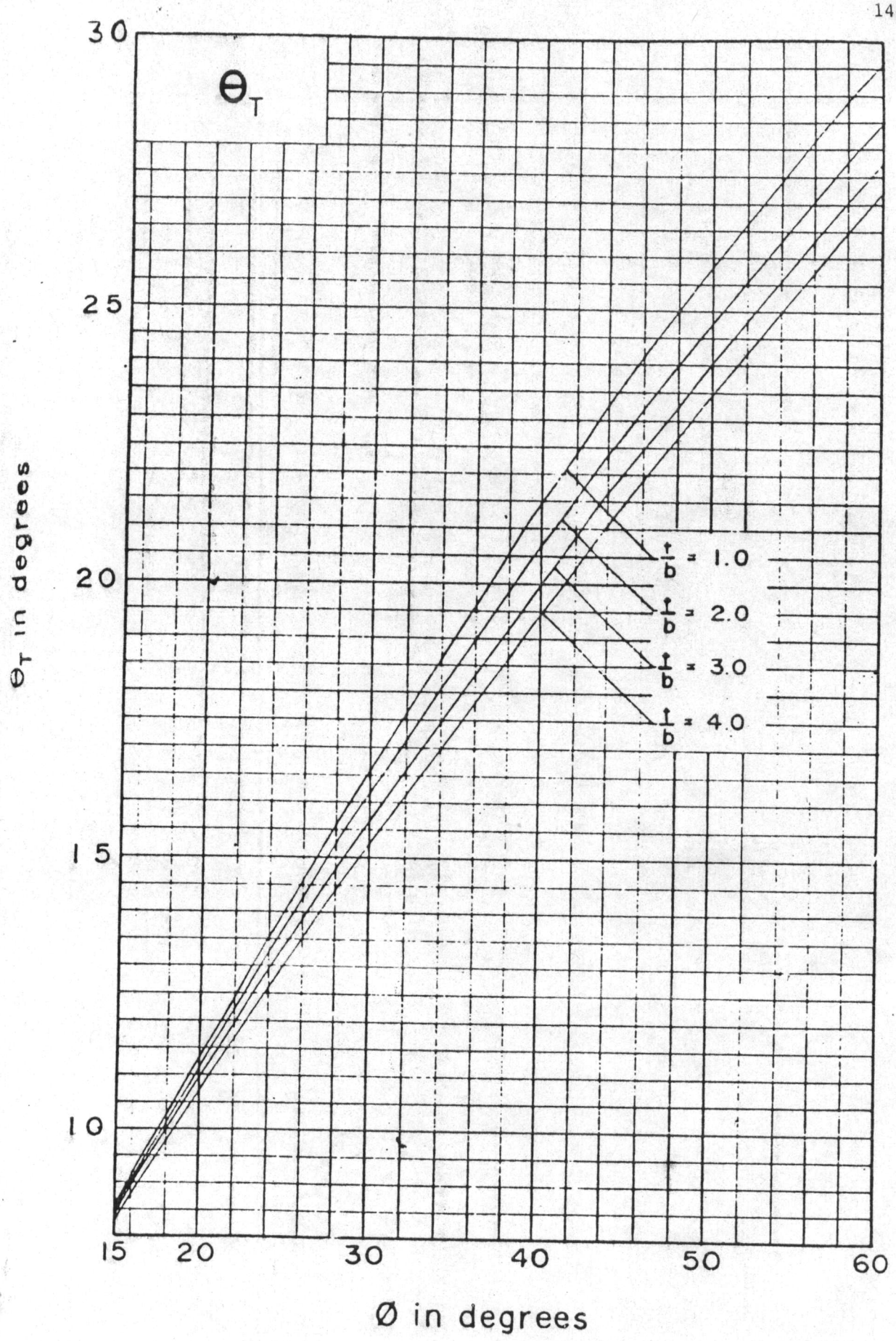

Θ_T
30
25
20
15
10
Θ_T in degrees
$\frac{t}{b}$ = 1.0
$\frac{t}{b}$ = 2.0
$\frac{t}{b}$ = 3.0
$\frac{t}{b}$ = 4.0
15
20
30
40
50
60
Ø in degrees

CHART D

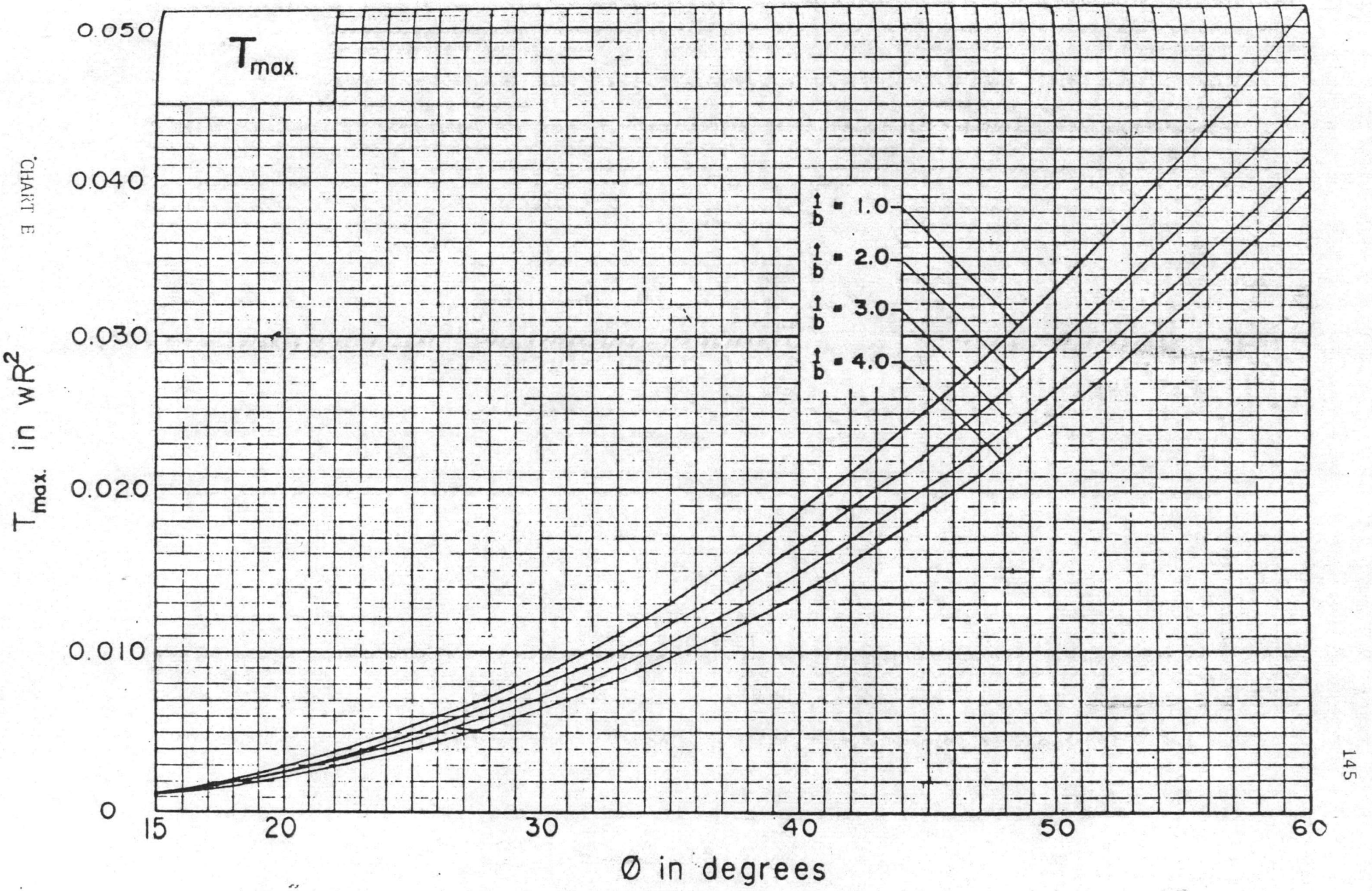
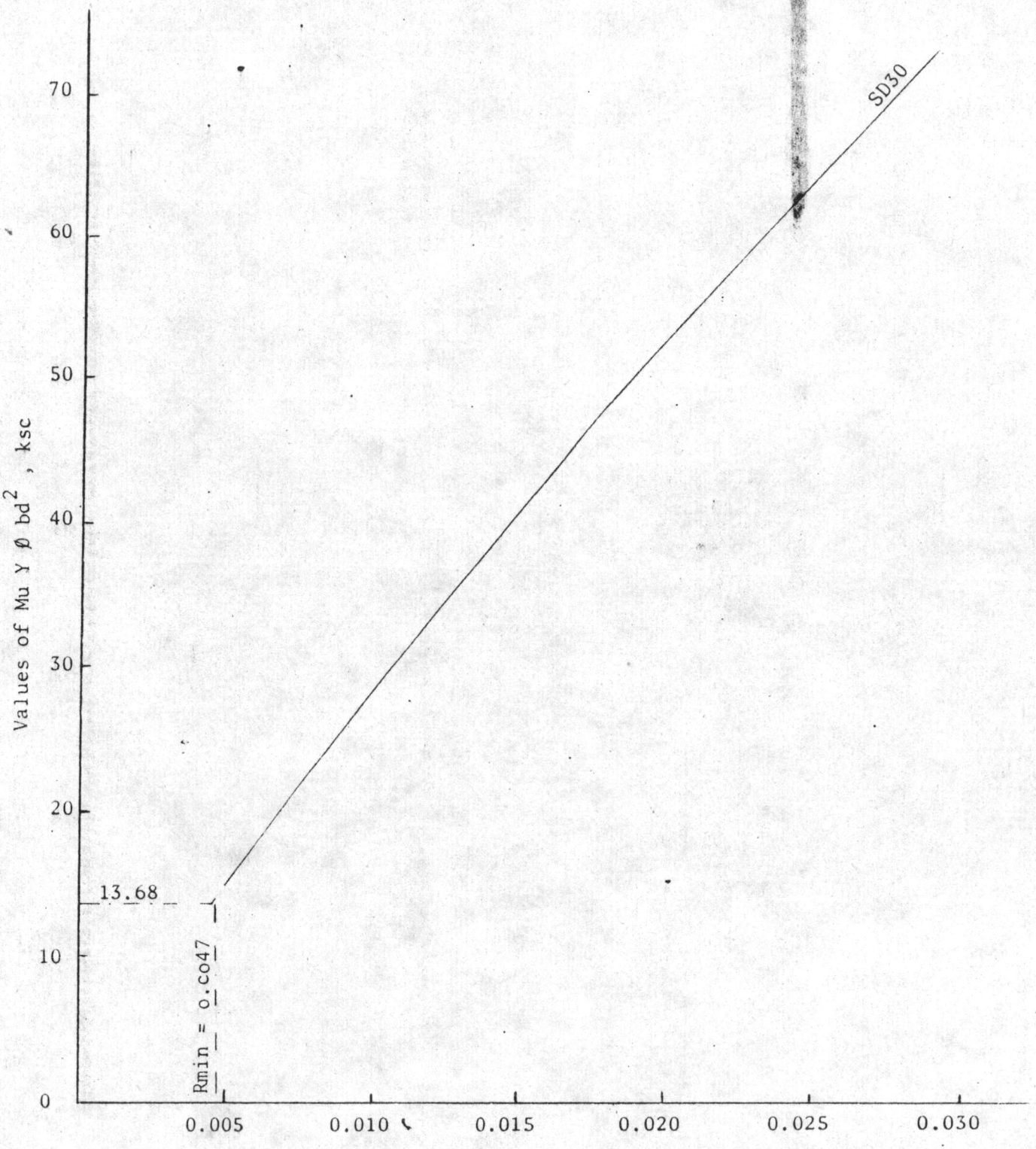

$T_{max.}$
0.050
0.040
0.030
0.020
0.010
0
$T_{max.}$ in wR^2
$\frac{l}{b}$ = 1.0
$\frac{l}{b}$ = 2.0
$\frac{l}{b}$ = 3.0
$\frac{l}{b}$ = 4.0
15
20
30
40
50
60
Ø in degrees

CHART E

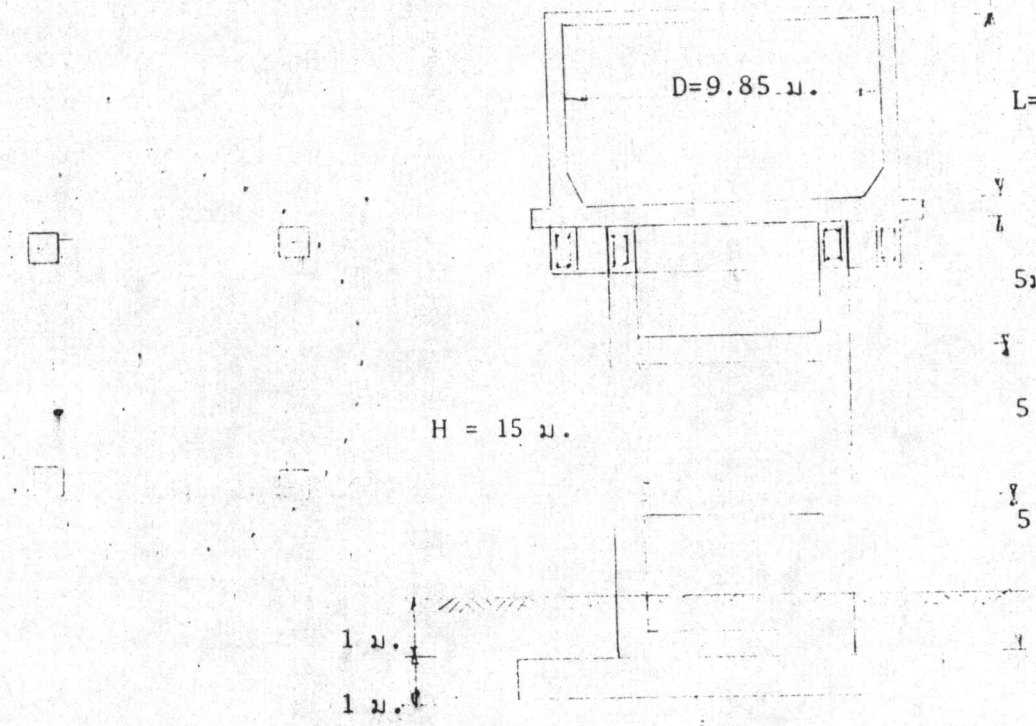


Graph S1 : Moment Strength of Rectangular Sections

(fc' = 280 ksc)

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างการออกแบบถังบรรจุน้ำทรงกระบอกแบบที่ 1



รูปตัด

H = 15 ม.

9.25 M.

ปริมาตรบรรจุ = 500 ลูกบาศก์เมตร

$\frac{\pi D^2 L}{4}$ = 500 ลูกบาศก์เมตร

แต่ L/D = 0.67, $D = \sqrt[3]{\frac{500 \times 4}{\pi \times 0.67}}$

= 9.85 เมตร

L = 0.67 x 9.85 = 6.56 เมตร

ออกแบบผนัง

สมมุติให้ผนังหนา hb = 0.10 เมตร

แรงดันน้ำผนังด้านล่าง q = 1.4 x 1.0 x 6.56 T/M^2

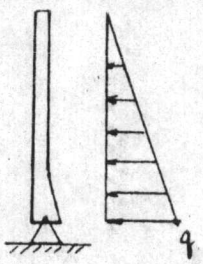
= 9.20

ค่า Parameter $\eta = \frac{L^2}{(hbD)}$

$= \frac{(6.56)^2}{(0.10 \times 9.85)} = 44$

$\frac{ht}{hb}$ = 0.75

จากตาราง 41-56 ผนังแบบที่ 6 จะประหยัดที่สุด



แรงดึงในผนัง $N_D = cqD/2$

= 0.9573 x 9.2 x 4.92

= 43.33 T/M.

แรงเฉือนที่ฐาน $V_D = CqL$

= 0.0448 x 9.2 x 6.56

= 2.70 T/M.

แรงดัด $M_D = CqL^2$

= 0.000457 x 9.2 x 6.56^2

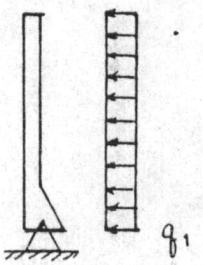
= 0.18 T-M/m.

แรงลมที่กระทำ $qi = \emptyset\ (1.3)\ qw$

= 1.7 x 1.3 x 0.150

= 0.33 T/m^2

คิดแรงลมที่มีผลภายในผนัง



จากตาราง 6.28 - 6.29

$$N_W = Cq_1 D_{/2}$$

$$= 1.0808 \times 0.33 \times 4.92 = 1.75 \ T_{/m}$$

$$V_w = Cq_1 L$$

$$= 0.0454 \times 0.33 \times 6.56 = 0.10 \ T_{/m}$$

$$M_w = Cq_1 L^2$$

$$= 0.001129 \times 0.33 \times 6.56^2 = 0.02 \ T\text{-}m_{/m}.$$

คิดผลเนื่องจากแรงลม หน่วยแรงในผนังจะเป็นดังนี้

$$N_{max} = 0.75 \ (1.4 \ ND + 1.7 \ Nw)$$

$$= 0.75 \ (43.33 + 1.75) = 33.81 \ T_{/m} \text{ ใช้ ND}$$

$$\therefore V_{max} = 0.75 \ (1.4 \ VD + 1.7 \ Vw)$$

$$= 0.75 \ (2.7 + 0.10) = 2.10 \ T/m \text{ ใช้ VD}$$

$$M_{max} = 0.75 \ (1.4 \ MD + 1.7 \ Mw)$$

$$= 0.75 \ (0.18 + 0.02) = 0.15 \ T\text{-}m_{/m} \text{ ใช้ MD}$$

เหล็กเสริมที่ใช้, รับแรงดึง $= \frac{N_{max}}{\phi \ fy} = \frac{43.33}{0.6 \times 3} = 25.62 \ cm^2/m.$

รับแรงดัด $= \frac{M_{max}}{\phi \ bd^2} = \frac{0.18 \times 1,000}{0.9 \times 1 \times (3.75)^2} = 14.22$

จากสมการ $= \frac{Mu}{\phi \ bd^2 fc'} = w \ (1-0.5882w)$

$$w = \rho \frac{fy}{fc'}$$

$$\rho = As \ bd$$

จะใช้การแก้สมการหรือใช้กราฟ S1 ก็จะได้ $\rho = 0.0057, \rho_{min}$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy} = 0.0047$$

$$\therefore \quad As = 0.0064 \times 3.75 \times 100$$

$$= 2.42 \ cm^2/m$$

$$\therefore \text{ รวมการใช้เหล็กเสริม} = 25.61 + 2.42$$

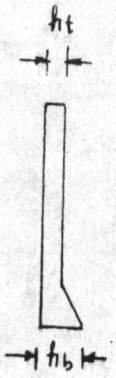
$$= 28.03 \ cm^2/m$$

ตรวจสอบแรงเฉือน $V_u = 2.70 \ T/m.$

$$V_c = \phi \ 0.53 \sqrt{fc'} \ bd$$

$$= \frac{0.85 \times 0.53 \sqrt{280} \times 100 \times 5}{1,000}$$

$$= 3.77 \ T/m > V_u$$



ปริมาณวัสดุต่าง ๆ ของผนัง

$\frac{ht}{hb} = \alpha = 0.75$, คอนกรีต $= \pi \, hb(L) \left[(0.85\alpha + 0.15)D + \alpha^2 hb \right]$

$$= \pi \, (0.10)(6.56)\left[0.85 \times 0.75 + 0.15)(9.85) + (.75)^2 (0.10)\right]$$

$$= 16.10 \ M^3$$

เหล็กเสริม $= \pi \, (D + \alpha hb)(L)(\Sigma As)(0.0008)$

$$= \pi \, (9.85 + 0.75 \times 0.10)(6.56)(28.03)(0.0008)$$

$$= 4.59 \ T$$

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi (L)(1.7D + 2\alpha h) + \pi \left[D - (1-2)hb\right] \sqrt{0.09L^2 + (1- \ )^2 hb}$

$$= 408.98 \ M^2$$

ออกแบบหลังคา

คิดเป็นพื้นสองทาง, ความหนาน้อยสุด = $\frac{\pi D}{180} = \frac{\pi(9.85)}{180}$ = 0.17 ม.

สมมุติให้หลังคาหนา, t = 20 cm.

น้ำหนักพื้น W = 1.4DL + 1.7LL

= 1.4(0.20x2.4+0.05)+1.7x0.200

= 1.08 T/M^2

แรงดัด $Mu = \frac{WD^2}{18}$

$= \frac{(1.082)(9.85)^2}{18}$ = 5.83 T-M/M

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{5.83x1,000}{0.9x1x15^2}$ = 28.80

จากกราฟ S1, ρ = 0.0173 > ρmin

เหล็กเสริม, As = 0.0173x100x15 = 26.50 $cm^2/m.$

ตรวจสอบแรงเฉือน Vu = $1.082x\frac{\pi}{4}(9.85)^2$ = 82 T.

$Vc = \frac{0.85x0.53\sqrt{fc'}(\pi)(985)(15)}{1,000}$

= 350 T > Vu

ปริมาณวัสดุของหลังคา

คอนกรีต = $\frac{\pi}{4}(D+2\propto hb)^2(t)$ = 15.71 m^3

เหล็กเสริม = $\frac{\pi}{4}(D+2\propto hb)^2(As)(0.0016)$ = 3.33 T

ไม้แบบตรง = $\frac{\pi}{4}D^2$ = 76.20 m^2

ไม้แบบโค้ง = $\pi(D+2\propto hb)(t)$ = 6.28 m^2

ออกแบบพื้นถัง

คิดเช่นเดียวกับหลังคา, $t = 40$ cm

น้ำหนักแผ่ที่กระทำ, $w = 1.4(0.4x2.4+0.05)+1.4x6.56$

$= 10.60 \ T/m^2$

แรงดัด $Mu = \frac{WD^2}{18}$

$= \frac{(10.60)(9.85)^2}{18} = 57 \ T\text{-}m/m$

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{57x1,000}{0.9x1(35)^2} = 52$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.02$

เหล็กเสริม, $As = 0.02x100x35 = 70 \ cm^2/m$

ตรวจสอบแรงเฉือน $Vu = \frac{\pi D^2 W}{4} = \pi(9.85)^2(10.60)$

$= 808 \ T$

$Vc = \frac{0.85x0.53\sqrt{fc'}\,\pi(D)(t)}{1,000}$

$= \frac{0.85x0.53\sqrt{280}\,\pi(985)(35)}{1,000}$

$= 816 \ T > Vu$

ปริมาณวัสดุของพื้น

คอนกรีต $= \frac{\pi}{4}(D+2\propto hb)^2(t) = 31.42 \ m^3$

เหล็กเสริม $= \frac{\pi}{4}(D+2 \ hb)^2(As)(0.0016) = 8.80 \ T$

ไม้แบบเรียบ $= \frac{\pi}{4}(D)^2 = 76.20 \ m^2$

ไม้แบบโค้ง $= \pi(D+2 \ hb)(t) = 12.57 \ m^2$

ออกแบบคานวงแหวน

น้ำหนักที่กระทำต่อคานวงแหวน

น้ำหนักหลังคา = 84.98 T

น้ำหนักผนัง = 54.10 T

น้ำหนักพื้น = 111.06 T

น้ำหนักน้ำ = 700 T

รวมน้ำหนัก = 950.14 T

สมมุติคานขนาด 1.30x1.30(txb)

น้ำหนักคาน = $\pi(10-1.3)(3.36)(1.3)^2$ = 155.20 T

∴ น้ำหนักรวมที่ลงคาน (w) = 950.14+155.20 =1,105.40 T

$W = \frac{1,105.40}{\pi(8.70)}$ = 40.44 T_M

เสาที่รองรับมีอยู่ 4 ต้น

∴ มุมที่จุดศูนย์กลางรองรับคาน = $\frac{360}{4}$ = 90

ค่า $\frac{t}{b}$ = $\frac{1.30}{1.30}$ = 1

รัศมีคาน R = $\frac{8.7}{2}$ = 4.35 m.

จากกราฟ A, Mc = $0.09166WR^2$

= $0.09166(40.44)(4.35)^2$ = 70.14 T-m

จากกราฟ B2, MA = $0.228079\ WR^2$

= $0.228073(40.44)(4.35)^2$ = 174.53 T-m

จากกราฟ E, Tmax = $0.025147WR^2$

= $0.025147(40.44)(4.35)^2$ = 19.24 T-m

แรงเฉือน $V_u = \frac{\Sigma W}{8} = \frac{1,105.40}{8} = 138.18$ T

เหล็กเสริมรับแรงดัด $\frac{M_A}{\phi_{bd^2}} = \frac{174.53 \times 1,000}{0.9 \times 1.3 (120)^2} = 10.36$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.002 < \rho_{min}$

$A_s^- = 0.0047 \times 130 \times 120 = 73.32$ cm^2

$\frac{M_c}{\phi_{bd^2}} = \frac{70.14 \times 1,000}{0.9 \times 1.3 (120)^2} = 4.16$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.001 < \rho_{min}$

$A_s^+ = 0.0047 \times 130 \times 120 = 73.32$ cm^2

ตรวจสอบแรงเฉือนและแรงบิด

$V_u = 138.18$ T

$T_u = 19.24$ T-m

$$V_c = \frac{0.53 \sqrt{f_c'}\, bd}{\sqrt{1+(0.25 c_t \frac{T_u}{V_u})^2}}$$

$$C_t = \frac{bd}{x^2 y} = \frac{(125)^2}{(130)^3} = \frac{0.53 \sqrt{280}(125)^2}{\sqrt{1+(0.25 c_t \times \frac{138.18}{19.24})^2}} = 138.50 \text{ T}$$

$$T_c = \frac{0.213 \sqrt{f_c'}\, \Sigma x^2 y}{\sqrt{1+(\frac{0.4 V_u}{c_t T_u})^2}}$$

$$= \frac{0.213 \sqrt{f_c'}\, (130)^3}{\sqrt{1+(\frac{0.4 \times 19.24}{c_t \times 138.18 \times 100})^2}} = 18.82 \text{ T}$$

แรงเฉือนที่รับโดยเหล็กปลอก $Vs = \frac{Vu}{\emptyset} - Vc$

$= \frac{138.18}{0.85} - 138.57 = 23.99$ T

ใช้เหล็กปลอก DB 20 $Sv = \frac{Av\ fy\ d}{Vs}$

$= \frac{2x1.13x3x1.20}{23.99} = 0.34$

แรงบิดที่รับโดยเหล็กปลอก $Ts = \frac{Tu}{\emptyset} - Tc$

$= \frac{19.24}{0.85} - 18.82 = 3.81$ T-m

$Ts = \frac{At \propto t x1 y1 fy}{s}$

$\propto t = 0.66+0.33x\frac{110}{36} = 1.67$

ใช้ $\propto t = 1.50$

$S_T = \frac{1.13x1.5(1.15)^2(3)}{3.81} = 1.76$

$\frac{1}{Smax} = \frac{1}{Sv} + \frac{1}{ST}$

$Smax = \frac{svsT}{(Sv+ST)} = \frac{0.34x1.76}{(0.34+1.76)}$

$= 3.50$ M $> d/2$

ใช้ Smax $= 0.30$ M.

เหล็กเสริมตามยาวรับแรงบิด, Al $= \frac{2Af(X1+Y1)}{ST}$

$= \frac{2x3.14(1.3x2-0.30)}{1.76}$

$= 8.15\ cm^2$

รวมต้องใช้เหล็กเสริม, $\Sigma As = 73.32+73.32+8.15$

$= 154.79\ cm.^2$

ปริมาณวัสดุของคาน

คอนกรีต = π d(bxt) = $(8.7)(1.3)^2$ = 46.19 m^3

เหล็กเสริม = $(0.0008)\pi d\left[\Sigma As + \frac{2Av(b+t)}{s}\right]$

= $(0.0008)\pi(8.7)\left[154.79+2x1.13x2x1.3\right]$

= 3.84 T

ไม้แบบตรง = $\pi(d)(b)$ = $\pi(8.7)(1.3)$ = 35.53 m^2

ไม้แบบโค้ง = $2\pi(d)(b)$ = $2\pi(8.7)(1.3)$ = 71.06 m^2

<u>ออกแบบเสารับน้ำหนัก</u> (bxb)

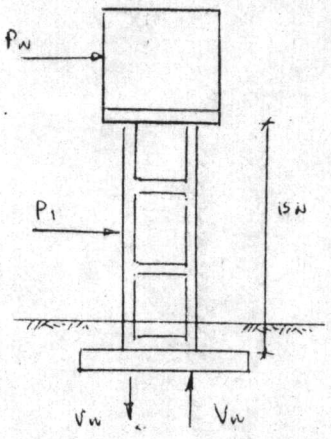
ให้เสามีจำนวน 4 ต้น ถือว่าคานยึดเสามีขนาดเท่าเสายึด3 ช่วง

น้ำหนักที่ลงเสา, $Pu = 2Vu+3.36\left[15+1.5\sqrt{2}D\right]b^2$

ให้เสามีขนาด = 0.50 x 0.50

$Pu = 2x162.56+3.36\left[15+1.5\sqrt{2}x9.85\right]0.50^2$

= 355.27 T



แรงลมที่กระทำ, $Pw = \phi\ qw\ \frac{\pi}{4}(DL)$

= $1.7x1.3x0.15x\frac{\pi}{4}(10)(6.56)$

= 17.08 T

$P1 = \phi\ qw\ Area$

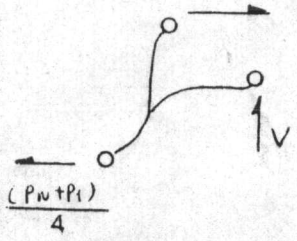
= $1.7x1.3x0.100x0.5(2x14+\sqrt{2}x9.85)$

= 4.64 T

แรงเฉือนที่เสาแต่ละต้นรับ

$Vu = \frac{(Pw+P1)}{4} = \frac{17.03+4.64}{4}$

= 5.43



$\frac{(Pw+P1)}{4}$ แรงตัด, $Mu = Vux \frac{5}{2} = 13.58$ T-M

$$Vw = \frac{\sqrt{2}\left[Pw(12.5+0.5L)+5P1\right]}{2D}$$

$$= \frac{\sqrt{2}\left[17.03(12.5+0.5x6.56)+5x4.64\right]}{2x9.85}$$

$$= \pm 20.74 \quad T$$

คิดแรงลม, $Pmax = 0.75(1.4DL+1.7WL)$

$$= 0.75(355.27+20.74) = 282 \quad T$$

$Pmin = 0.75(1.4DL-1.7WL-$น้ำหนักน้ำ$)$

$$= 0.75(355.27-20.74-\frac{700}{4})$$

$$= 120 \quad T$$

หาเหล็กเสริมในเสา $Mu = 13.58x86.61 = 1,176$ Kip-in.

$Pmax = 282x2.2 = 620$ kip

$Pmin = 120x2.2 = 264$ kip

$e1 = \frac{Mu}{Pmax} = \frac{1,176}{620} = 1.90$ in

$e2 = \frac{Mu}{Pmin} = \frac{1,176}{264} = 4.45$ in

ให้เหล็กเสริม, $As = 120 \ cm^2$

จาก Program HP-41cv

$Mmax = 4007$ kip-in $> Mu$

$Pmax = 900$ kip $> Pmax$

ปริมาณวัสดุของเสา

คอนกรีต = $b^2(60+6\sqrt{2}D)$ = $0.50^2(60+6\sqrt{2}x9.85)$

= 35.89 M^3

เหล็กเสริม = (0.0008)(As+15.07b)$(60+6\sqrt{2}D)$

= (0.0008)(120+15.07x0.5)$(60+6\sqrt{2}x9.85)$

= 14.65 T

ไม้แบบเรียบ = 4b$(60+6\sqrt{2}D)$ = 4x0.5$(60+6\sqrt{2}x9.85)$

= 287.16 M.

<u>ออกแบบฐานราก</u> (bxbxt)

แรงดัดฐานรากเนื่องจากแรงลม, Mu = $Pw(15+\frac{L}{2})+P1x7.50$

= $17.08(15+\frac{6.56}{2})+4.64x7.50$

= 347 T-M

Pu = 355 T.

สมมุติให้ฐานรากขนาด 9.25x9.25x1.00

น้ำหนักฐานราก = $3.36x9.25^2x1.00$

= 287

รวมน้ำหนักลงพื้น = 4x355+287 = 1,707 T

แรงกดบนพื้นดิน = $\frac{1,707}{9.25x9.25}$ = 19.95 $T/M^2 < 20$

คิดผลของแรงลม Smax = $0.75(\frac{Pu}{A}+\frac{6Mu}{b^3})$

$$= 0.75\left(\frac{1,707}{9.25^2} + \frac{6x347}{9.25^3}\right)$$

$$= 16.94 \quad T_M{}^2 < 20$$

$$Smin = 0.75\left(\frac{Pu}{A} - \frac{6\,Mu}{b^3} - \text{น้ำหนักน้ำ}\right)$$

$$= 0.75\left(\frac{1,707}{9.25^2} - \frac{6x347}{9.25^3} - \frac{700}{9.25^2}\right)$$

$$= 10.80 \quad T/m^2 < 20$$

ตรวจสอบแรงเฉือนทางเดียว

$$Vu = \frac{20b}{2}\left(b-\frac{d}{\sqrt{2}}-X-Y\right)$$

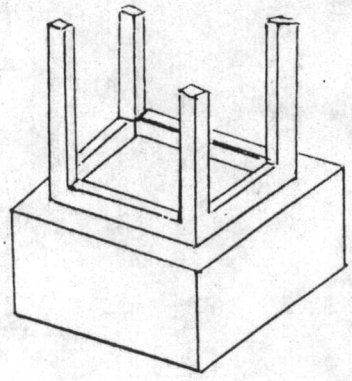
X = ความกว้างเสา, $= 10x9.25\left(9.25-\frac{9.85}{\sqrt{2}}-0.5-0.85x2\right)$

Y = [illegible] $= 7.86$ T

Vc $= \frac{0.85x1.06\sqrt{fc'}x4x(\quad)}{1,000}$

$= 593$ T > Vu

ตรวจสอบแรงเฉือนสองทาง



ภายนอก Vu $= 20\left[b^2-\left(\frac{d}{\sqrt{2}}+X+Y\right)^2\right]$

$= 328$ T

Vc $= \frac{0.85x1.06\sqrt{fc'}x4x(d/\sqrt{2}+X+Y)Y}{1,000}$

$= 4,262$ T > Vu

ภายใน Vu $= 20\left[b^2-\left(\frac{d}{\sqrt{2}}-X-Y\right)^2\right]$

$= 1,080$ T

Vc $= \frac{0.85x1.06\sqrt{fc'}x4x(d/\sqrt{2}-X-Y)Y}{1,000}$

$= 2,878$ T > Vu

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรวจสอบแรงตัด

ภายนอก $Mu = \frac{20b}{2}(b-d-X)\frac{}{\sqrt{2}}$

$= 165.11$ T-M.

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{165x1,000}{0.9x9.25(85)^2} = 2.74$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.001 < \rho min$

เหล็กเสริมล่าง $As = 0.0047x925x85 = 369.54$ cm^2

เหล็กตัดภายใน $Mu = \frac{20}{18}\frac{(d)^2}{\sqrt{2}} = 53.90$ T-M/m

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{53.90x1,000}{0.9x1x(85)^2} = 8.29$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.0025 < \rho min$

เหล็กเสริมบน $As = 0.0047x925x85 = 369.54$ cm^2

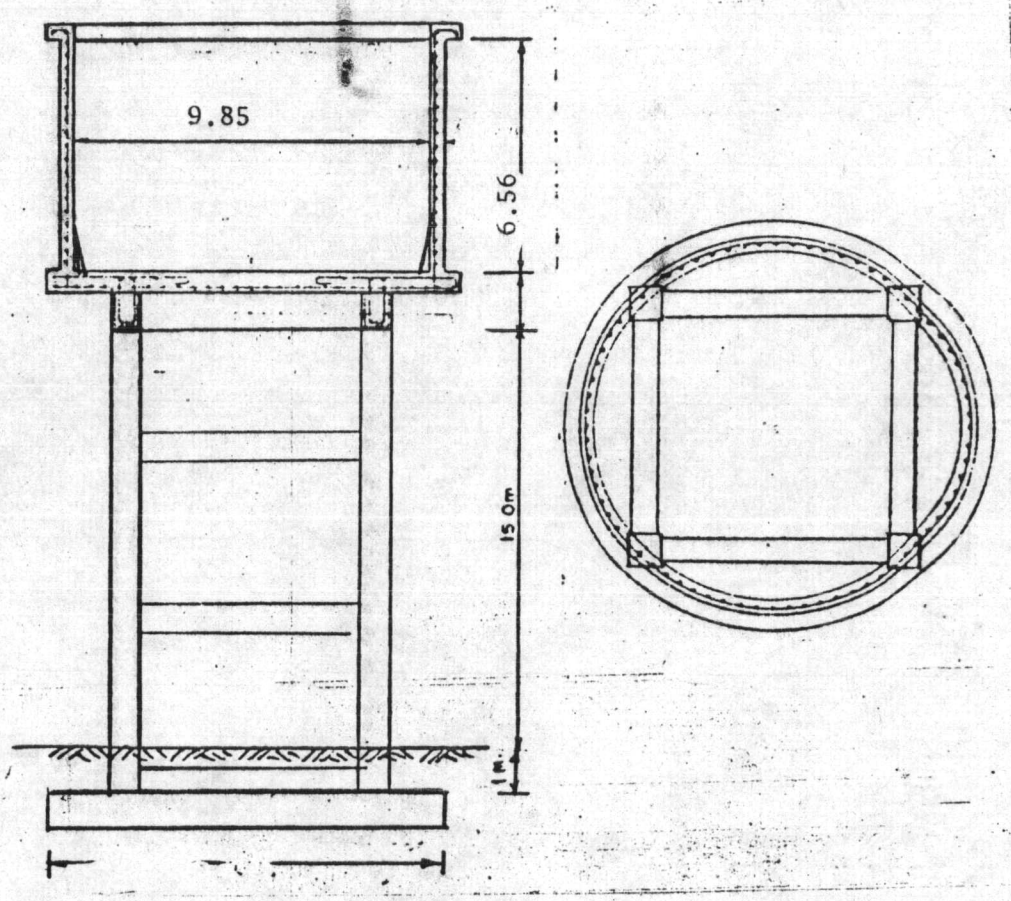
ปริมาณวัสดุของฐานราก

คอนกรีต $= b^2t = (9.25)^2(1) = 85.56$ M^3

เหล็กเสริม $= (0.0016)(\Sigma As)b = 10.94$ T

ไม้แบบเรียบ $= 4bt = 4x9.25x1 = 37$ M^2

ถังเก็บน้ำทรงกระบอกแบบที่ 2



ปริมาตรบรรจุ = 500 ลูกบาศก์เมตร

อัตราส่วน $L_{/D}$ = 0.67

D = 9.85 เมตร

L = 6.56 เมตร

ออกแบบพื้นถัง (ผนังและหลังคาใช้จากแบบที่ 1)

จากการออกแบบถังแบบ 1, น้ำหนักหลังคา = 84.98 T

น้ำหนักผนัง = 54.10 T

น้ำหนักน้ำ = 700 T

Σ = 839 T

สมมุติพื้นหนา, t = 0.30 M.

น้ำหนักพื้น $= \frac{\pi}{4} D^2 (1.4\ DL)$

$= \frac{\pi}{4} (10)^2 (1.4 \times 2.4 \times 0.3 + 0.07)$

= 84.67 T

∴ น้ำหนักรวม, W = 839 + 84.67 T

= 923.75 T

แรงดัด $Mu = \frac{W}{26}$

$= 35.53$ T-M/M.

$\frac{Mu}{\phi\ bd^2} = \frac{35.53 \times 1,000}{0.9 \times 1 \times (25)^2}$

= 63.16

จากกราฟ S1 ρ = 0.025 $> \rho_{min}$

เหล็กเสริม, As = $0.025 \times 100 \times 25$

= 62.50 $cm^2/m.$

ตรวจสอบแรงเฉือน

ด้านใน $Vu = \frac{D}{\sqrt{2}} 2(1.4 \times 0.03 \times 3.36 \times 0.3 + 1.4 \times 6.56)$

= 513 T

ด้านนอก Vu = 923.75 - 513 = 410.75

$Vc = 0.85 \times 0.53 \sqrt{280} \times 4 \times \frac{D}{\sqrt{2}} \times 25 / 1,000$

= 530 T $>$ Vu

ปริมาณวัสดุของพื้น

คอนกรีต = $\frac{\pi}{4}(D)^2(t)$ = $\frac{\pi}{4}(10)^2(0.30)$ = 23.56 m^3

เหล็กเสริม = $(0.0016)\frac{\pi}{4}D^2As$ = $0.0016\frac{\pi}{4}x10^2x62.5$ = 7.85 T

ไม้แบบเรียบ = $\frac{\pi}{4}D^2$ = $\frac{\pi(10)^2}{4}$ = 78.54 m^2

ไม้แบบโค้ง = πDt = $\pi 10 \times 0.30$ = 9.42 m^2

ออกแบบคานรับพื้น (b x t)

ให้ b = $t/2$

สมมุติคานขนาด (0.90 x 1.90)

น้ำหนักคาน = 1.4x0.9x1.8x2.4 = 5.44 T/m

รวมน้ำหนักทั้งหมด, W = $\frac{923.75}{2\sqrt{2}D}$ + 5.44 = 38.10 T/m

แรงดัด Mu = $\frac{W D^2}{16}$ = $\frac{38.1(10)^2}{16}$ = 238.12 T-m

$\frac{Mu}{\phi bd^2}$ = $\frac{238.12x1,000}{0.9x0.9(170)^2}$ = 10

จากกราฟ S1 $\rho < \rho min$

เหล็กเสริม As = 0.0047 x 90 x170 = 72 cm^2

คิดเหล็กเสริมด้านบนรวม = 1.75 As

= 1.75 x 72 = 126 cm^2

ตรวจสอบแรงเฉือน

Vu = $\frac{WD}{2\sqrt{2}}$ = $\frac{38.1 \times 10}{2\sqrt{2}}$ = 134.70 T

Vc = $\frac{0.85 \times 0.53\sqrt{280}(90)(170)}{1,000}$

= 114.75 T < Vu

Vs = $\frac{Vu}{0.35}$ - Vc = $\frac{134.70}{0.85}$ - 114.75

= 43.72 T

เหล็กเสริมรับแรงเฉือน (DB20)

$$S = \frac{2Av\ fyd}{Vs} = \frac{2x3.14x3x1.70}{43.72} = 0.73 \text{ m.}$$

ใช้ $S = 0.30$ m.

ปริมาณวัสดุของคาน

คอนกรีต $= \sqrt{2}\ D\ b^2 = \sqrt{2}\ (9.85)(1.8)^2 = 45.13\ m^3$

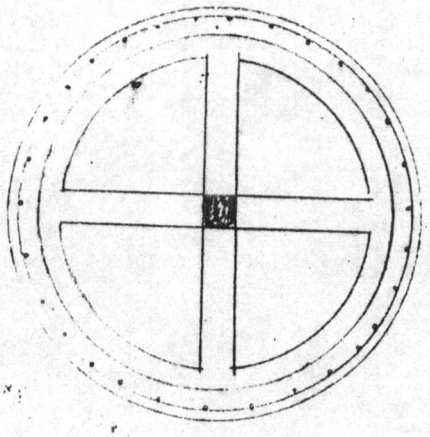
เหล็กเสริม $= \sqrt{2}(0.0016)D\left[As + \frac{2 \times 2.14\ (b + t)}{s}\right]$

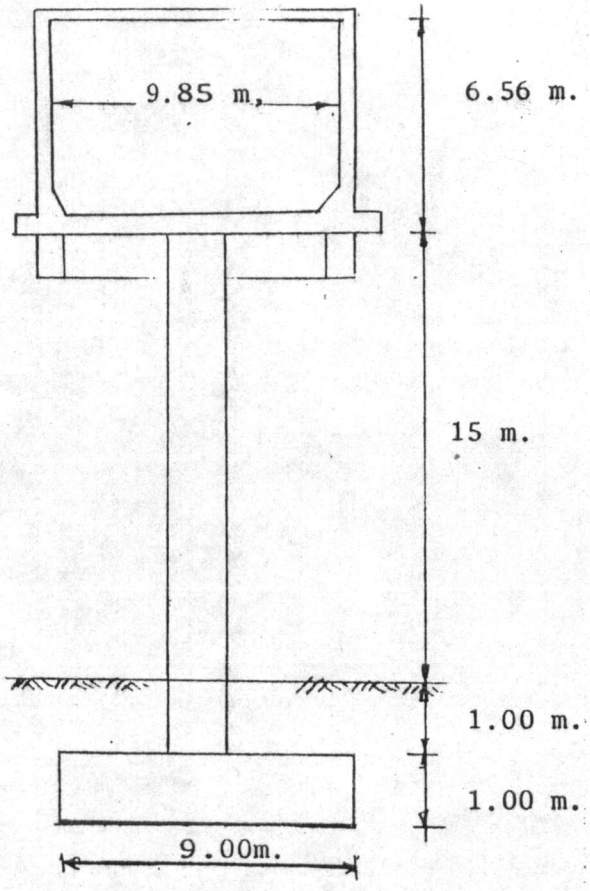
$= \sqrt{2}(0.0016)(10)\left[126 + 2 \times \frac{2.14\ (0.9 + 1.8)}{0.30}\right] = 3.70$ T

ไม้แบบ $= 5\sqrt{2}tD = 5\sqrt{2} \times 1.8 \times 9.85 = 125.37\ m.^2$

ส่วนเสา และฐานรากเหมือนแบบ 1 ทุกอย่าง

ถังเก็บน้ำทรงกระบอกแบบที่ 3





ปริมาตรบรรจุ = 500 ลูกบาศก์เมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางถัง = 9.85 M.

ความสูงผนัง = 6.56 M.

ออกแบบตั้งแต่พื้นเป็นต้นไป (หลังคาและผนังจากแบบ 1*)

สมมุติให้พื้นถังหนา, $t = 0.425$ M.

น้ำหนักที่กระทำต่อพื้น $= 1.4(2.4 \times 0.425 + 0.05 + 6.56)$

$w = 10.70 \ T/m^2$

แรงดัด $Mu = \frac{WD^2}{12}$

$= \frac{(10.7)(9.85)^2}{12}$

$= 86.51 \ T\text{-}m/m.$

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{86.51 \times 1,000}{0.9 \times 1 \times (37.5)^2} = 68$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.0275$

เหล็กเสริม $As = 0.0275 \times 100 \times 37.5$

$= 103.12 \ cm^2$

ตรวจสอบแรงเฉือน $Vu = \frac{WD}{8}$

$= \frac{10.7 \times 9.85}{8} = 13.17 \ T$

$Vc = 75d$

$= 75 \times 0.375 = 28.12 \ T > Vu$

ปริมาณวัสดุของพื้น

คอนกรีต $= \frac{\pi D^2 t}{4} = \frac{\pi}{4}(10)^2(0.425) = 33.38 \ M.^3$

เหล็กเสริม $= (0.0016)As\frac{\pi D^2}{4} = (0.0016)(103.12)\frac{\pi(10)^2}{4} = 12.96 \ T$

ไม้แบบเรียบ $= \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(9.85)^2}{4} = 76.20 \ M.^2$

ไม้แบบโค้ง $= \pi Dt = \pi(10)(0.425) = 13.35 \ M.^2$

ออกแบบคานวงแหวนรองรับผนัง (b x t)

สมมุติให้คานมีขนาด 0.90 x 0.90

น้ำหนักจากหลังคา = 84.98 T

น้ำหนักจากผนัง = 54.10 T

ติดต่อความยาว1 เมตร ของคาน = $\frac{(84.98 + 54.10)}{\pi(10)}$ = 4.43 $T_{/m.}$

น้ำหนักจากพื้นเฉพาะส่วนที่ถ่ายลงตามนี้= $\frac{WD(\pi-2)}{4\pi}$

= $\frac{10.70(10)(\pi-2)}{4\pi}$ = 9.72 $T_{/m.}$

น้ำหนักคาน = $3.36\ b^2 = 3.36(0.9)^2$ = 2.72 $T_{/m.}$

น้ำหนักรวมบนคาน W = 4.43 + 9.72 + 2.72 $T_{/m.}$

= 16.87 $T_{/m.}$

รัศมีคาน R = $\frac{9.1}{2}$ = 4.55 m.

$\frac{t}{b}$ = 1.00

จากกราฟ A, Mc = $0.09166\ WR^2$

= $0.09166\ (16.87)(4.55)^2$

= 32.01 T-m.

จากกราฟ B2, MA = $0.228079(16.87)(4.55)^2$

= 79.66 T-m.

จากกราฟ E, Tmax = $0.025147(16.87)(4.55)^2$

= 8.78 T-m.

แรงเฉือน $= \frac{W\pi(D)}{8} = \frac{(16.87)\pi(9.1)}{8}$

$= 60.29$ T

เหล็กเสริมรับแรงดัด $\frac{MA}{\phi bd^2} = \frac{79.66x1,000}{0.9x0.9(80)^2} = 15.40$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.0053$

เหล็กเสริมบน As $= 0.0053(80)(90) = 38.16$ $cm.^2$

$\frac{Mc}{\phi bd^2} = \frac{32.01x1,000}{0.9x0.9(80)^2} = 6.17$

จากกราฟ S1 $\rho < \rho min$

เหล็กเสริมล่าง As $= 0.0047x80x90 = 33.84$ $cm.^2$

ตรวจสอบแรงเฉือน Vu $= 60.29$ T

TU $= 8.78$ T-m.

Tc $= \frac{0.85x0.50\sqrt{280}x90^3}{1,000x100} =$

$= 51.84$ T-m. $>$ Tu ไม่ต้อง ched.

Vc $= \frac{0.85x0.53\sqrt{280}(90)(30)}{1,000}$

$= 54.23$ T

Vs $= \frac{Vu}{0.85} - Vc$

$= \frac{60.29}{0.85} - 54.28 = 16.65$

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน S $= \frac{2Aufyd}{Vs}$

$= \frac{2x1.13x3x0.80}{16.65} = 0.33$ m.

ใช้ค่า S $= 0.30$ m.

ปริมาณวัสดุของคานวงแหวน

คอนกรีต = $bt\,\pi D = (0.9)^2\,\pi(9.1) = 23.16\ m.^3$

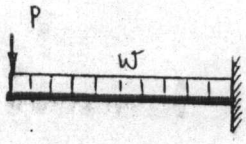
เหล็กเสริม = $(0.0003)\pi d\left[\Sigma As + \frac{2Av(b+t)}{s}\right]$

= $(0.0003)\pi(9.1)\left[67.68+13.56\right] = 1.86\ T$

ไม้แบบเรียบ = $\pi bD = \pi(0.90)(9.1) = 25.73\ m.^2$

ไม้แบบโค้ง = $2\pi Db = 2 \times 25.73 = 51.46\ m.^2$

ออกแบบคานยื่นรับพื้น และคานวงแหวน



สมมุติให้คานมีขนาด 1.25 x 2.50 m.

$P = 2Wu = 2 \times 60.29 = 120.58\ T$

$w = \frac{(10.70)(9.1)}{4} + 3.36(1.25)(2.50)\ T/m.$

$= 34.87\ T/m.$

แรงดัด $Mu = \left[\frac{PD}{2} + \frac{WD^2}{8}\right] = 9.09\ T\text{-}m.$

$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{909x1,000}{0.9x1.25(240)^2} = 14.04$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.005 > \rho_{min}$

เหล็กเสริมบน $As = 0.005x125x240 = 150\ cm.^2$

ตรวจสอบแรงเฉือน $Vu = 120.58+34.87x\frac{9.1}{2} = 279\ T$

$Vc = \frac{0.53x0.85\sqrt{280}x125x250}{1,000} = 234\ T$

$Vs = \frac{Vu}{0.85} - Vc = \frac{279}{0.85} - 234 = 94\ T$

$S = \frac{2Avfy(b+t)}{Vs} = \frac{2x1.13x3(1.25+2.5)}{94}$

$= 0.08$

ปริมาณวัสดุของคานยื่น

คอนกรีต $= 4b^2D = 4(1.25)^2(9.1) = 56.88\ m^3$

เหล็กเสริม $= (0.0016)D\left[\Sigma As + \frac{2Av(b+t)}{s}\right]$

$= (0.0016)(9.1)\left[2 \times 150 + \frac{2x1.13(1.25+2.5)}{0.08}\right]$

$= 5.87\ T$

ไม้แบบเรียบ $= 10bD = 10(1.25)(9.10) = 113.75\ m^2$

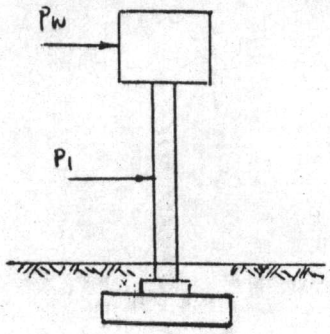
ออกแบบเสา (b x b)

สมมุติขนาดเสา 1.30 x 1.30 m.

น้ำหนักที่ลงเสา $= 4Vu + 3.36b^2(15)$

$= 4x2.79+3.36(1.3)^2(15)$

$= 1,202\ T$



$Pw = 1.7x1.3x0.15 \frac{\pi}{4}(10)(6.56)$

$= 17.08\ T$

$P1 = 1.7x1.3x0.10x1.30x14$

$= 4.02\ T$

แรงตัดในเสาเนื่องจากแรงลม $Mu = Pw(15+\frac{L}{2})+P1(7.5)$

$= 17.08(15+\frac{6.56}{2})+4.02(7.5)$

$= 342\ T\text{-}m.$

$Pmax = 1,202\ T = 2,644\ kip$

P_{min} = 1,202-1.4x500 = 502 T = 1,104 kip

M_u = 342 T-m. = 29,620 kip-in

$e_1 = \frac{M_u}{P_{max}} = \frac{29,620}{2,644} = 11.20$

$e_2 = \frac{M_u}{P_{min}} = \frac{29,620}{1,104} = 26.83$

จาก Program HP-41C V

M_{max} = 90,240

P_{max} = 3,340

ปริมาณวัสดุของเสา

คอนกรีต = $18b^2 = 18(1.3)^2 = 30.42$ $m.^3$

เหล็กเสริม = $(0.0008)\left[500+\frac{4x1.13x1.3}{0.30}\right](15) = 6.24$ T

ไม้แบบเรียบ = $64b = 64 \times 1.3 = 83.20$ $m.^2$

ออกแบบฐานราก

ให้ฐานรากมีขนาด = 9.00 x 9.00 x 0.90 m.

น้ำหนักฐานราก = $3.36\ (9)^2(0.9) = 245$ T

P_u = 1,202 + 245 = 1,447 T

แรงกดบนดิน = $\frac{1,447}{9x9} = 18\ T/m.^2 < 20$

คิดแรงลม, $S_{max} = 0.75\left(\frac{1,447}{9x9} + \frac{6x342)}{9^3}\right)$

$= 15.5\ T/m.^2$

$S_{min} = 0.75\left[\frac{(1,447-700)}{9x9} - \frac{6x342}{9^3}\right]$

$= 4.80$ T/m. > 0

ตรวจสอบแรงเฉือนทางเดียว

$$Vu = 20x9\left[\frac{9}{2} - 1.30 - \frac{0.75}{2}\right]$$

$$= 441 \text{ T}$$

$$Vc = \frac{0.85x0.53\sqrt{280}x900x75}{1,000}$$

$$= 508 \text{ T} > Vu$$

ตรวจสอบแรงเฉือนสองทาง

$$Vu = 20\left[9^2 - (2 \times 1.30 + 0.75)^2\right]$$

$$= 1,395 \text{ T}$$

$$Ve = \frac{0.85x1.06\sqrt{280}x4x335x75}{1,000}$$

$$= 1,507 \text{ T} > Vu$$

ตรวจสอบแรงดัด

$$Mu = \frac{20}{2}\left(\frac{9}{2} - 1.3\right)^2$$

$$= 102 \text{ T-m./m.}$$

$$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{102 \times 1,000}{0.9 \times 1(75)^2} = 20$$

จากกราฟ S1 $\rho = 0.007 > \rho_{min}$

เหล็กเสริม $As = 0.007x75x900 = 472.50 \text{ cm.}^2$

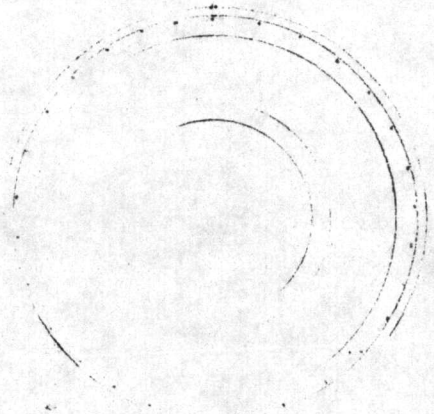
ปริมาณวัสดุของฐานราก

คอนกรีต $= b^2t = (9)^2(0.9) = 72.90 \text{ m.}^3$

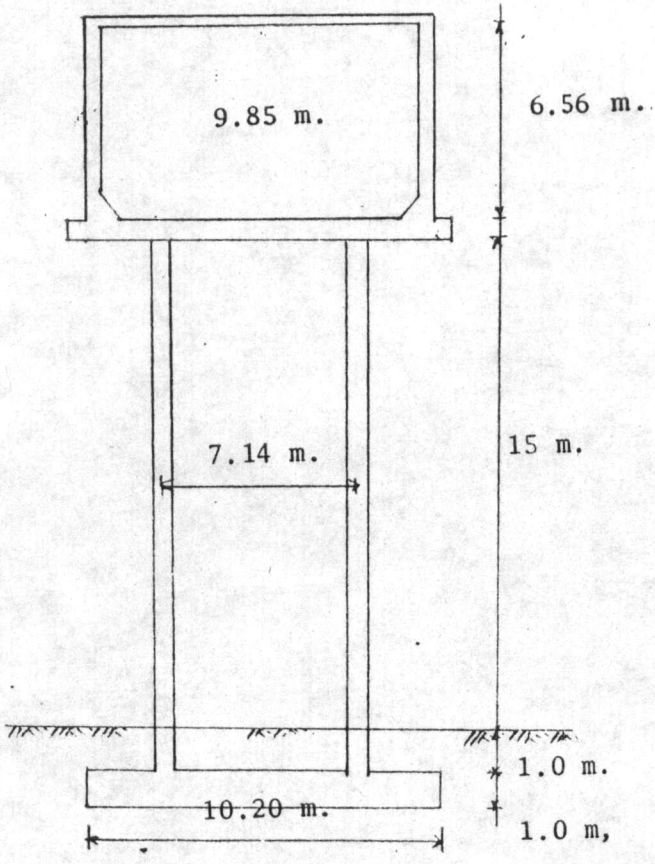
เหล็กเสริม $= (0.0016)\ b\ (As) = 6.80 \text{ T}$

ไม้แบบเรียบ $= 4bt = 4 \times 9 \times 0.9 = 32.40 \text{ m.}^2$

ถังเก็บน้ำแบบที่ 4 (ผนังทรงกระบอกเป็นตัวรองรับ)



รูปตัด

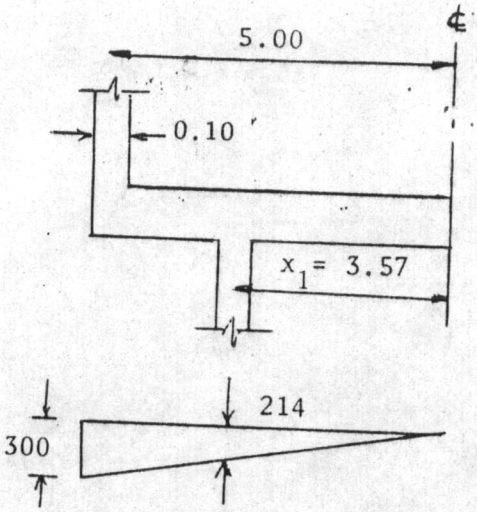


ปริมาตรบรรจุ	=	500	m^3.
ความสูงของผนังถัง	=	6.56	m.
เส้นผ่าศูนย์กลางถัง	=	9.85	m.

ออกแบบตั้งแต่พื้นถังเป็นต้นไป

สมมุติให้พื้นหนา = 0.375 m.

ระยะห่างของผนังรับน้ำหนัก = X1 m.



น้ำหนักหลังคา = 84.98 T

น้ำหนักผนัง = 54.10 T

น้ำหนักหลังคา+ผนัง= $\frac{(84.98+54.10)}{\pi(10)}$ = 4.43 T/m.

คิดเป็น Sector ให้ขอบนอกสุดยาว = 300 mm

พื้นที่ Sector = $\frac{1}{2}$x5x0.30 = 0.75 m^2.

น้ำหนักพื้นคอนกรีต = 1.4(0.375x2.4+0.05)

= 1.33 T/m^2.

น้ำหนักน้ำ = 1.40x6.56 = 9.18 T/m^2.

คิดโมเม้นต์ที่จุดศูนย์กลาง — Mu

น้ำหนักหลังคา+ผนัง = 1.32x5 — 6.60

น้ำหนักพื้น = 1.00x$\frac{2}{3}$x5 — 3.33

ΣWA = 2.32 T — ΣMA 9.93 T-m.

น้ำหนักน้ำ = 6.88x$\frac{2}{3}$x5 — 22.93

ΣWB = 9.20 T — ΣMB 32.86 T-m.

จุดศูนย์ถ่วงพื้นเมื่อถังไม่มีน้ำ = $\frac{\Sigma MA}{\Sigma WA} = \frac{9.93}{2.32}$ = 4.28 m.

จุดศูนย์ถ่วงพื้นเมื่อถังมีน้ำ = $\frac{\Sigma MB}{\Sigma WB} = \frac{32.86}{9.20}$ = 3.57 m.

ให้ผนังรับน้ำหนักห่างจากศูนย์กลางถัง = 3.57 m.

พื้นที่ด้านนอกผนังรับน้ำหนัก = $\frac{1}{2}$(0.30+0.214)(5-3.57)

= 0.37 m^2.

น้ำหนักพื้นถังกระทำด้านนอก = 1.33x0.37 = 0.50 T

จุดศูนย์ถ่วงพื้น = $\frac{(0.75x10-2x0.382x3.57)}{3x0.36}$-3.57

= 0.850 m.

น้ำหนักน้ำที่กระทำด้านนอกผนัง = 9.18x0.37 = 3.40 T

Cantilever Moment ที่กระทำต่อศูนย์กลางผนังรับน้ำหนัก

			Mu
น้ำหนักผนัง+หลังคา	= 1.32x(5-3.57)	=	1.89 T-m.
น้ำหนักพื้น	= 0.50x0.85	=	0.43 T-m.
น้ำหนักน้ำ	= 3.40x0.85	=	2.89 T-m.
Σ Wc	= 5.22 T	Σ Mc =	5.21 T-m.

$$Mu^{-} = \frac{5.21}{0.214} = 24.35 \text{ T-m./m.}$$

$$\frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{24.35x1,000}{0.9x100(325)^2} = 25.90$$

จากกราฟ S1 ρ = 0.0083

เหล็กเสริมบน, As_2 = 0.0083x100x32.5 = 27 $cm.^2$

ตรวจสอบแรงเฉือน

$$Vu = \frac{5.22}{0.215} = 24 \text{ T/m.}$$

$$Ve = \frac{0.85x0.53\sqrt{280}x100x32.5}{1,000}$$

$$= 24.50 \text{ T/m.} > Vu$$

เมื่อน้ำบรรจุเต็มถัง ศูนย์กลางน้ำหนักจะเคลื่อนจากผนังเข้ามา

เป็นระยะทาง = 4.28-3.57 = 0.71 m.

Mu^{+} ภายในที่จุดรองรับ = 9.20x0.71 = 6.53 T-m.

โมเม้นต์ต่อระยะ 1 เมตร $= \frac{6.53}{0.214} = 30.51$ T-m./m.

คิดโมเม้นต์บวกภายในผนังรับน้ำหนัก

น้ำหนักพื้นที่กระทำ, w = 1.4(0.375x2.40+0.50+6.56)

$$= 10.51 \text{ T/m.}^2$$

$$Mu^{+} = \frac{WD^2}{18}$$

$$= \frac{(10.51)(9.85)^2}{18}$$

$$= 56.65 \text{ T-m.}$$

หักโมเม้นต์ลบออก Mu^{+} = 56.65 - 24.35

$= 32.30$ T-m.

$\therefore M^{+}_{max} = 32.30$ T-m.

$$\frac{M_u^{+}}{\phi bd^2} = \frac{32.30 \times 1,000}{0.9 \times 1 \times (32.5)^2}$$

$= 34$

จากกราฟ S1 $= 0.011$

เหล็กเสริม $As_1 = 0.011 \times 32.5 \times 100 = 37.50$ cm.^{2}

ตรวจสอบแรงเฉือน $V_u = \frac{WX}{2}$

$= \frac{10.51 \times 3.57}{2} = 18.8$ T

$V_c = 75 \times 0.325 = 24.38$ T $> V_u$

ปริมาณวัสดุพื้นถัง

คอนกรีต $= \frac{\pi D^2 (t)}{4} = \frac{\pi (10)^2 (0.375)}{4} = 29.45$ m.^{3}

เหล็กเสริม $= (0.0016)\frac{\pi}{4}\left[(As1+As2)D^2 - 4X^2 As2\right]$

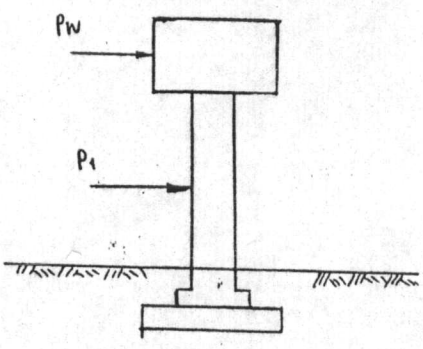
$= (0.0016)\frac{\pi}{4}\left[(64.32)(10)^2 - 4(3.57)^2(26.82)\right]$

$= 6.36$ T

ไม้แบบเรียบ $= \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (10)^2}{4} = 78.50$ m.^{2}

ไม้แบบโค้ง $= \pi Dt = \pi (10)(0.375) = 11.78$ m.^{2}

<u>ออกแบบผนังรับน้ำหนักถัง</u>



ให้ผนังหนา, $t = 20$ cm.

น้ำหนักจากส่วนบน $= (24.19+18.79)\pi(2 \times 3.57)$

$= 962$ T

น้ำหนักผนัง $= 3.36\pi \times 2 \times 3.57 \times 16 \times 0.20$

$= 240$ T

น้ำหนักรวม, $Pu = 962 + 240$ T

$= 1,202 \quad T$

$Pw = 0.083\pi DL$

$= 17.11 \quad T$

$P1 = 1.66\pi X$

$= 18.62 \quad T$

$Mu = Pw(15+\frac{L}{2})+P1x7.5$

$= 452.42 \quad T\text{-}m.$

$Z = \pi (X)^2(t)$

$= \pi (3.57)^2(0.20) = 8.01 \ m^3.$

$Arca_{/2} = \pi (X)(t)$

$= (3.57)(0.20)$

$= 2.20 \ m^2.$

คิด Stress ที่เกิด, $Smax = \frac{Pu}{A}$

$= \frac{1,202}{2.20x10} = 54.64 \ ksc$

คิดแรงลม $Smax = 0.75(\frac{1,202}{2.2x10} + \frac{452.52}{8.01x10})$

$= 45.21 \ ksc$

$Sall = 0.7xfc' = 0.7x280 = 196ksc > Sma$

$Smin = \frac{(1,202-700-452.52)}{22} \frac{}{80}$

$= 17 \ KSC$

เหล็กเสริมที่ใช้ $As = 0.0035 \ 6t = 0.0035x100x20$

$= 7.00 \ cm^2./m$ ใช้ $12 \ cm^2/m.$

ตรวจสอบแรงเฉือน $Vu = (Pw + P1)$

$= (17.11+18.62) = 35.73 \ T$

$Vc = 150\pi (X)t$

$= 150\pi(3.57)(0.20) = 336 \ T > Vu$

ปริมาณวัสดุผนังรับน้ำหนัก

คอนกรีต = $32\pi(X)t = 32\pi(3.57)(0.20) = 71.38\ m^3$

เหล็กเสริม = $0.024\pi(X)(As+Av) = 0.024\pi(3.57)(12+12)$

= 6.46 T

ไม้แบบโค้ง = $2\pi(X)(32) = 64\pi(3.57)(32) = 717.79\ m^2$

ออกแบบฐานราก

สมมุติขนาดฐานรากมีรัศมี = 5.10 m.

หนา 1 m.

พื้นที่ฐานราก, $A = \pi R^2 = \pi(5.1)^2$

$= 81.71\ m^2$

$Z = \frac{\pi R^3}{4} = \frac{\pi(5.1)^3}{4}$

$= 104.18\ m^3$

ความดันบนพื้นดิน $Pu = 1,202+3.36x81.71$

$= \frac{1,476.55}{81.71} = 18.07\ T/m^2 < 20$

คิดแรงลม $Smax = 0.75(\frac{1,476.55}{81.71} + \frac{452.42}{104.18})$

$= 16.81\ T/m^2 < 20$

$Smin = 0.75(\frac{1,476.55-700}{81.71} - \frac{452.42}{104.18})$

$= 3.87\ T/m^2 > 0$

ตรวจสอบแรงเฉือนทางเดียว

$Vu = \frac{10\ R^2-(X+t/2+d)^2}{(X+t/2+d)}$

t = 0.20 m,

$= \frac{10\ 5.1^2-(3.57+0.20+0.85)^2}{(3.57+0.20+0.85)}$

d = 0.85 m,

= 10.10 T/m.

$$V_e = \frac{0.85 \times 0.53 \sqrt{f_c'} \times 100 \times 85}{1,000}$$

$$= 64 \text{ T/m.} > V_u$$

ตรวจสอบแรงเฉือนสองทาง

$$W_u = 20 A - 2\pi x(d+t)$$

$$= 20\ 81.71 - 2\pi \times 3.57 (0.85+0.2)$$

$$= 1,163 \text{ T}$$

$$W_c = 0.85 \times 1.06\ 280 \times 4\pi xd$$

$$= 600\pi \times 3.57 \times 0.85$$

$$= 5,719 \text{ T} > W_u$$

ตรวจสอบแรงคัด

ภายนอกผนัง, $M_u = \frac{20G}{a}$

$$a = \frac{0.3X}{R} = \frac{0.3 \times 3.57}{5.10} = 0.21$$

$$C^1 = 0.15R - 0.5ax$$

$$1 = 0.15 \times 5.1 - 0.5 \times 0.21 \times 3.57$$

$$= 0.39$$

$$G = \frac{2}{3C}(0.15R^2 - 0.5aX^2) - X$$

$$= \frac{2}{3 \times 0.39}(0.15 \times 5.1^2 - 0.5 \times 0.21 \times 3.57^2) - 3.57$$

$$= 0.81$$

$$\therefore M_u = \frac{20 \times 0.39 \times 0.81}{0.21}$$

$$= 30.09$$

$$\frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{30.09 \times 1,000}{0.9 \times 1(85)^2} = 4.63$$

จากกราฟ S1 $\rho < \rho_{min}$

$$A_s = 0.0047 \times 100 \times 85 = 39.95 \text{ cm.}^2/\text{m.}$$

แรงดัดภายใน $M_u^+ = \frac{WK^2}{18}$

$= \frac{20(3.57)^2}{18} = 14.16$ T-m.

$\frac{M_u^+}{\phi bd^2} = \frac{14.16 \times 1,000}{0.9 \times 1 (85)^2} = 2$

จากกราฟ S1 $\rho \leq \rho_{min}$

เหล็กเสริมรับแรงดัด As $= 0.0047 \times 100 \times 85 = 39.95$ $cm.^2/m.$

ปริมาณวัสดุของฐานราก

คอนกรีต $= \pi R^2 t = \pi (5.1)^2 (1.00) = 81.71$ $m.^3$

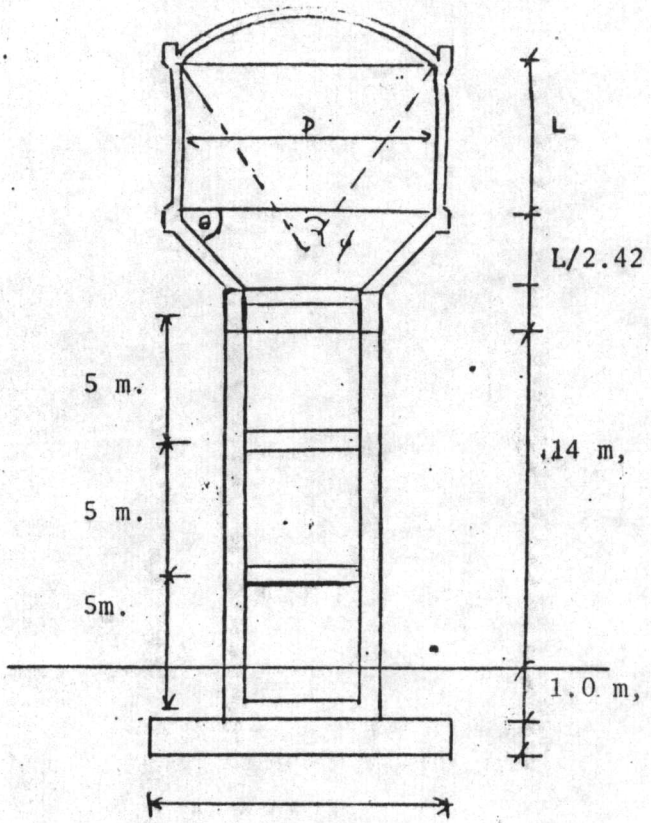
เหล็กเสริม $= (0.0016) \pi R^2 (A1 + A2)$

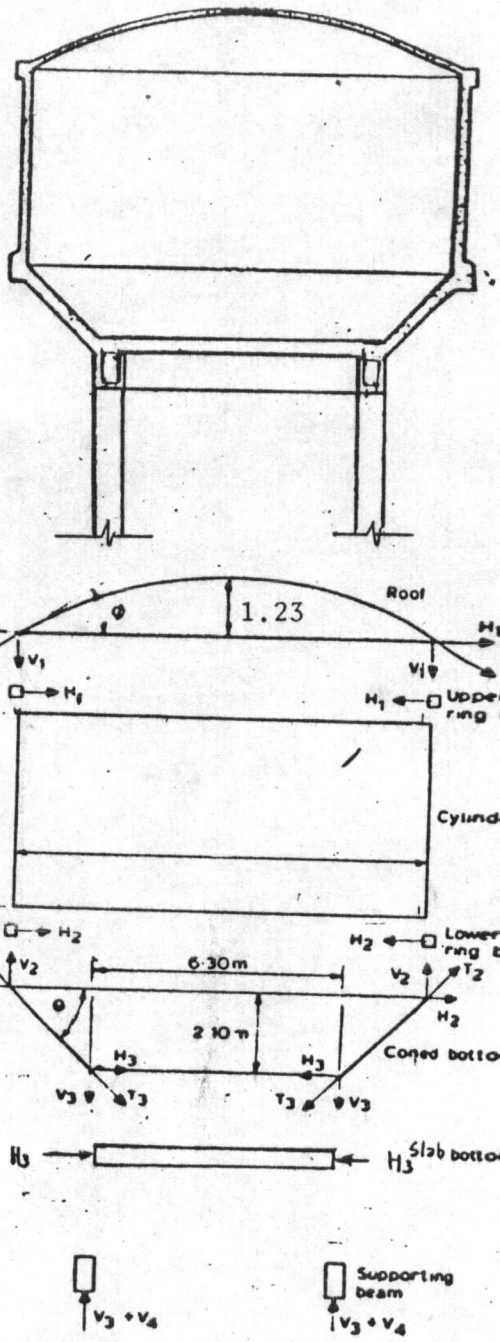
$= (0.0016) \pi (5.1)^2 (39.95 + 39.95) = 10.45$ T

ไม้แบบโค้ง $= 2 \pi Rt$

$= 2 \pi (5.1)(1) = 32.04$ $m.^2$

ถังเก็บน้ำรูปกระบอกแบบที่ 5





ข้อกำหนดการออกแบบถังเก็บน้ำแบบ 5 ทุกขนาด

(1) ความยาวโคนล่าง $= L/2.42$

(2) $\phi = 30$

(3) $\theta = 45$

ปริมาตรบรรจุ $= 500 \ m^3$

$$= \frac{\pi}{4}(D^2)L + \frac{1}{3}\frac{D}{4}\left(\frac{D}{2}\right) - \frac{1}{3}\frac{1}{8}\frac{(2.4D-2L)^3}{2.40}$$

$$= \frac{\pi}{24}\left[6D^2L + D^3 - (D-0.83L)^3\right]$$

ถ้า $L/D = 0.67$,

$$D = \sqrt[3]{\frac{500 \times 24}{\pi \times 4.91}}$$

$D = 9.20$ m.

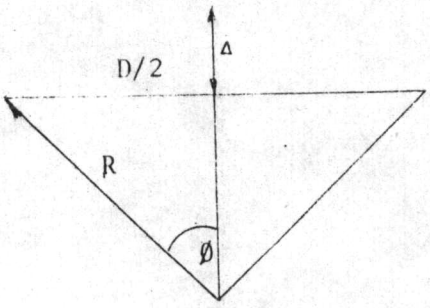
$L = 6.13$ m.

ออกแบบหลังคา

$\phi = 30^\circ$

$R = \frac{D}{2\sin\phi} = 9.2$

$\Delta = R(1-\cos\phi) = 1.23$ m.



พื้นที่หลังคา, $A = 2\pi R\Delta = 2\ (9.20)(1.23) = 71.26$

ฌมุติหลังคาหนา, $t = 15$ เซ็นติเมตร

น้ำหนักที่กระทำบนหลังคา $= 1.4(0.15 \times 2.40 + 0.05) + 1.7(0.2$

$= 0.91 \ T/m^2$

∴ น้ำหนักทั้งหมด, $w = 0.91 \times 71.26$

$= 65.13 \ T$

ตรวจสอบแรงเฉือน

$$V1 = \frac{W}{\pi D} = \frac{65.13}{\pi \times 9.20} = 2.25 \text{ T/m.}$$

$$Ve = \frac{0.85 \times 0.53 \sqrt{fc'} \times 100 \times 15}{1,000}$$

$$= 11.25 \text{ T/m.} > V1$$

$$T1 = \frac{V1}{\text{Sin } 30}$$

$$= \frac{2.25}{0.50} = 4.50 \text{ T/m.}$$

แรงอัดที่กระทำ

$$Pu = \frac{T1}{bd} = \frac{4.50 \times 1,000}{100 \times 15} = 3.00 \text{ ksc}$$

$$Pc = \phi fc'$$

$$= 0.7 \times 280 = 196 \text{ ksc} > Pu$$

$$H1 = T1 \text{ Cot } \phi = 4.5 \times \sqrt{3}$$

$$= 7.81 \text{ T/m.}$$

เหล็กเสริม,

$$As = 0.0035 \times 100 \times 15$$

$$= 5.25 \text{ cm.}^2/\text{m.}$$

ปริมาณวัสดุของหลังคา

คอนกรีต $= 2\pi R \, t\Delta = 2 \times 9.2 \times 1.23 \times 0.15 = 10.69 \text{ m.}^3$

เหล็กเสริม $= 2\pi R\Delta (0.0008)(4As)$

$= 2\pi \times 9.2 \times 1.23 \times 0.0008 \times 4 \times 5.25 = 1.20 \text{ T}$

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi R\Delta = 2 \times 9.20 \times 1.23 = 71.26 \text{ m.}^2$

ออกแบบคานวงแหวน ด้านบน (bxb)

สมมุติ bxb = 0.325 x 0.325

แรงดึงในคาน $T1 = \frac{H1D}{2} = 7.81 \times \frac{9.20}{2}$

$= 35.83$ T

พื้นที่เหล็กเสริมที่ต้องการ $= \frac{T1}{\phi fy}$

$= \frac{35.83 \times 1,000}{0.6 \times 3,000} = 19.91$ $cm.^2$

ปริมาณวัสดุของคานบน

คอนกรีต $= \pi (D+b)(b^2) = \pi (9.2+0.325)(0.325)^2 = 3.16$ $m.^3$

เหล็กเสริม $= (0.0008)\pi (b+D)\left[As+\frac{4Avb}{s}\right]$

$= (0.0008)\ (0.329+9.20)\left[19.91+\frac{4x1.13x0.325}{0.14}\right]$

$= 0.70$ T

ไม้แบบเรียบ $= \pi b(D+b) = \pi (0.325)(9.20+0.325)$

$= 9.73$ $m.^2$

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi (Db+b^2) = 2\pi (9.2x0.325+0.325^2)$

$= 19.45$ $m.^2$

ออกแบบผนัง

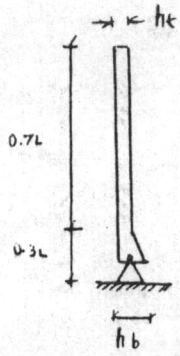
ความสูงของน้ำช่วงบน $L = 6.13$ m.

$q = 1.4 \times 1 \times 6.13 = 8.58$ T/m.

ผนังล่างหนา $hb = 0.10$

$\alpha = ht/hb = 0.75$

$\eta = \frac{L^2}{(hbD)} = \frac{(6.13)^2}{(0.1x9.2)} = 41$



จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิของแรงในผนังแบบต่าง ๆ จะได้ว่า ผนังแบบในรูปจะประหยัดที่สุด

จากตาราง 48-55

แรงดึงในผนัง $ND = c\ q\ D/2$

$= 0.9273 \times 8.58 \times \frac{9.20}{2}$

$= 36.60$ T/m.

แรงเฉือนที่ฐาน $VD = c\ q\ L$

$= 0.0418 \times 8.58 \times 6.13$

$= 2.20$ T/m.

แรงดัด $MD = c\ q\ L^2$

$= 0.000457 \times 8.58 \times 6.13^2$

$= 0.15$ T-m./m.

แรงลมที่กระทำ $q1 = \phi\ (1.3)\ qw$

$= 1.7 \times 1.3 \times 0.150$

$= 0.33$ T/m.^{2}

จากตาราง 6.28-6.29

$= c\ q\ 1\ D/2$

$= 0.9732 \times 0.33 \times 4.60$

$= 1.48$ T/m.

$Vw = c\ q\ 1\ L$

$= 1.0404 \times 0.33 \times 6.13$

$= 0.08$ T/m.

$Mw = c\ q\ 1\ L^2$

$= 0.001129 \times 0.33 \times 6.13^2 = 0.01$ T-m/m

คิดผลเนื่องจากแรงลม หน่วยแรงในผนังจะเป็นดังนี้

$N_{max} = 0.75(1.4N_D+1.7N_w)$

$= 0.75(36.60+1.48) = 28.56$ T/m ใช้ N_D

$V_{max} = 0.75(1.4V_D+1.7V_w)$

$= 0.75(2.20+0.08) = 1.71$ T/m ใช้ V_D

$M_{max} = 0.75(1.4M_D+1.7M_w)$

$= 0.75(0.15+0.01) = 0.12$ T-m/m ใช้ M_D

เหล็กเสริมที่ใช้

รับแรงดึง $= \frac{N_{max}}{\phi f_y} = \frac{28.56}{0.6x3} = 15.87$ cm.^{2}/m.

รับแรงตัด $= \frac{M_{max}}{\phi bd^2} = \frac{0.15 \times 1,000}{0.9 \times 1 (3.75)^2} = 11.85$

จากกราฟ S1 $\rho < \rho_{min}$

$A_s = 0.0047 \times 100 \times 7.5 = 3.53$ cm.^{2}/m.

ตรวจสอบแรงเฉือน $V_u = 2.20$ T/m.

$V_c = \phi\ 0.53\ \sqrt{f_c'}\ bd$

$= \frac{0.85 \times 0.53\ \sqrt{280} \times 100 \times 5}{1,000}$

$= 3.77$ T/m. $> V_u$

ปริมาณวัสดุที่ใช้ของผนัง

คอนกรีต $= \pi h_b(L)\left[(0.85\alpha+0.15)D + \alpha^2 h b\right]$

$= 14.17$ m.^{2}

เหล็กเสริม $= \pi (D + \alpha h_b)(L)(\Sigma A_s)(0.0008) = 3.29$ T

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi(L)(1.7D+2\alpha h_b) + \pi\left[D-(1-\alpha)h_b\right]\sqrt{0.09L^2+(1-\alpha)^2 h}$

$= 360.45$ m.^{2}

สมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ออกแบบคานวงแหวนรองรับผนัง (คานกลาง)

สมมุติคานมีขนาด $b \times b = 0.35 \times 0.35$

น้ำหนักจากผนัง $= \frac{3.36 \times 14.17}{\pi \times 9.20} = 1.65$ T/m.

น้ำหนักคานบน $= 3.36 \times (0.325)^2 = 0.35$ T/m.

น้ำหนักคานล่าง $= 3.36\ (0.35)^2 = 0.41$ T/m.

แรงที่ถ่ายลงคาน $V2 = 1.65+0.35+0.41+V1$

$= 1.65+0.35+0.41+2.25$

$= 4.66$ T/m.

มุมที่โคนล่าง $\theta = 45$

$\therefore H2 = V2 = 4.66$ T/m.

แรงดึงในวงแหวนล่าง $= H2 \frac{D}{2}$

$= 4.66 \times \frac{9.2}{2} = 21.41$ T

เหล็กเสริมที่ใช้, $As = \frac{\text{แรงดึง}}{\phi\ fy}$

$= \frac{21.42}{0.6x3} = 12.01$ cm.^{2}

ปริมาณวัสดุของคานกลาง

คอนกรีต $= \pi b^2(D+b) = \pi (0.35)^2\ (9.20 + 0.35) = 3.68$ m.^{3}

เหล็กเสริม $= (0.0008)\ \pi (D+b)\ As + \frac{4\ bAv}{s}$

$= (0.0003)\ \pi (9.2 + 0.35)\ \ 12.01 + \frac{4x1.13x0.35}{0.17} = 0.51$

ไม้แบบเรียบ $= \pi b(D+b) = \pi (0.35)(9.20+0.35) = 10.50$ m.^{2}

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi (Db+b^2) = 2\pi (9.2x0.35+0.35^2) = 21.00$ m.^{2}

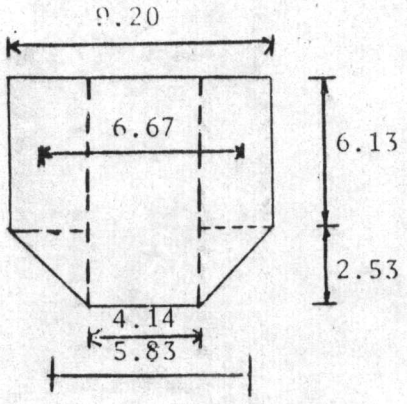
ออกแบบโดยรับน้ำหนัก (t)

สมมุติโดยหนา = 0.975 m.

ในคานกลาง $T2 = \frac{H2}{\sin 45} = 4.66\sqrt{2} = 6.59$ T/m.

แรงกดจากน้ำช่วงบน = 1.40x1.00x6.13 = 8.58 $T/m.^2$

น้ำหนักโคนรอง = $1.4x1.0^2x0.975x2.4$ = 3.28 T



รวมน้ำหนักทั้งหมด = 8.58+3.28 = 11.86 $T/m.^2$

รัศมีในแนวนอน = $\frac{D}{2} = \frac{9.2}{2}$ = 4.60 m.

รัศมีที่ 1 โคนบน = $\frac{4.6}{\sin 45}$ = 6.51 m.

∴ แรงดึงในส่วนโคนบน = 11.86x6.91 = 77.46 T/ความยาวเอียง

แรงกดจากน้ำด้านล่าง = 1.4x1(6.13+2.53)

= 12.12 $T/m.^2$

รวมกับน้ำหนักโคน = 12.12 + 3.28

= 15.40 $T/m.^2$

รัศมีในแนวนอนโคนล่าง = $\frac{4.14}{2}$ = 2.07 m.

รัศมีที่ 1 โคนล่าง = $\frac{2.07}{\sin 45}$ = 2.93 m.

∴ แรงดึงในส่วนโคนล่าง = 15.40x2.93 = 45.12 T/ความยาวเอียง

แรงดึงมากสุดเกิดด้านบน = 77.46 $T_{/1}$

เหล็กเสริมรับแรงดึง, $As1 = \frac{77.46}{0.6x3}$ = 43.03 $cm.^2/m.$

เหล็กเสริมในแนวโคน $As2 = 0.0035\ b\ d = 35 \times 0.975$

= 34.12 $cm.^2/m.$

รวมเหล็กเสริมทั้งสิ้น = 43.03 + 34.12 = 77.15 $cm.^2/m.$

ค่าแรง T3 รับโดย V3 และ H3

V3 = V2 + น้ำหนักโคน + น้ำหนักน้ำ

น้ำหนักโคน = $1.96\pi(D - 0.41L)(tL)$

= $1.96\pi(9.20-0.41x6.13)(0.975x6.13)$

= 246 T

น้ำหนักน้ำ (เฉพาะส่วนบนโคน) = $\pi L^2 \left[0.7\ D - 0.3\ L\right]$

= $\pi(6.13)^2 \left[0.7x9.2-0.3x6.13\right]$

= 543.15 T

(4.14) V3 = $\pi(9.2)(4.66)+246+543.15$

V 3 = 71.52 T/m.

$$V_c = \frac{0.85x0.53\sqrt{280}x100x97.5}{1,000}$$

= 73.12 T/m. > V 3

$\theta = 45$, H3 = V 3 = 71.52 T/m.

T3 = $\sqrt{2}$ V 3 = $\sqrt{2}$ x 71.52

= 101.14 T/m.

แรงกดบนโคน Pu = $\frac{T3}{D}$

$$= \frac{101.14 \times 1,000}{97.5 \times 100} = 10.36 \text{ ksc}$$

แรงกดที่ขอบโคน Pe = 0.7 x 0.85 fc'

= 0.7 x 0.85 x 280 = 166 ksc > Pu

ปริมาณวัสดุของโคน

คอนกรีต = 0.58π Lt (D - 0.41 L)

= 0.58π (6.13 x 0.975)(9.20 - 0.41 x 6.13) = 72.81 $m.^3$

เหล็กเสริม = (0.00147)(A1 + A2)(L)(D - 0.41 L) = 4.67 T

ไม้แบบโค้ง = 0.58π L(D+t - 0.41 L) = 85.58 $m.^2$

ออกแบบพื้นล่าง

สมมุติให้พื้นหนา, t = 30 cm.

น้ำหนักพื้น = 1.4(0.3 x 2.4 + 0.05)

= 1.08 $T/m.^2$

น้ำหนักน้ำ = 1.4(6.13 + 2.53)

= 12.12 $T/m.^2$

รวมน้ำหนักทั้งหมด W = 1.08 + 12.12 = 13.22 $T/m.^2$

แรงคัด $Mu = \frac{WD^2}{18}$

$= \frac{(13.22)(4.14)^2}{18}$ = 12.57 T-m/m.

$\frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{12.57 \times 1,000}{0.9 \times 1 \times 25^2}$ = 22.40

จากกราฟ S1 ρ = 0.0077

เหล็กเสริม As = 0.0077 x 25 x 100 = 19.25 $cm.^2/m.$

ตรวจสอบแรงเฉือน $V_u = \frac{WD}{4} = \frac{13.22 \times 4.14}{4}$ = 13.58 T/m.

$\therefore V_c = \frac{0.85 \times 0.53\sqrt{280} \times 100 \times 25}{1,000}$ = 18 T/m $> V_u$

ปริมาณวัสดุของพื้น

คอนกรีต $= \frac{\pi}{4}(D^2)(t) = \frac{\pi}{4}(4.14)^2(0.30) = 3.98\ m.^3$

เหล็กเสริม $= (0.0016)\frac{\pi D^2}{4}(As)$

$= (0.0016)\frac{\pi(4.14)^2}{4}(19.25) = 0.41\ T$

ไม้แบบเรียบ $= \frac{\pi}{4}(D^2) = \frac{\pi}{4}(4.14)^2 = 13.27\ m.^2$

ออกแบบคานรัดหัวเสา (1.10 x 1.10)

น้ำหนักคาน $= 1.4 \times 11 \times 1.1 \times 2.4 = 4.07\ T/m.$

น้ำหนักที่คานรับ $=$ น้ำหนักคาน + V 3 + V 4

$= 4.07 + 71.52 + 13.58 = 89.17\ T/m.$

$\frac{t}{b} = 1.00$

เสารับน้ำหนัก 4 ต้น, 2 Ø $= 90^{\circ}$

รัศมีคาน $= \frac{(D - 0.83\ L - b)}{2}$

$= \frac{(9.2 - 0.83 \times 6.13 - 1.10)}{2} = 1.51\ m.$

จากกราฟ A Mc $= 0.09166\ WR^2$

$= 0.09166(89.17)(1.51)^2 = 18.63\ T\text{-}m.$

จากกราฟ B_2 MA $= 0.228079\ WR^2$

$= 0.228079\ (89.17)(1.51)^2 = 46.37\ T\text{-}m.$

จากกราฟ E Tmax $= 0.025147\ WR^2$

$= 0.025147\ (89.17)(1.51)^2 = 5.11\ T\text{-}m.$

Vmax $= \frac{\pi \times 89.17(2 \times 1.51)}{8} = 105.40\ T$

ออกแบบเหล็กรับแรงดัด

$$\frac{MA}{\phi\, bd^2} = \frac{46.37 \times 1{,}000}{0.9 \times 1.10(105)^2} = 4$$

จากกราฟ S1 $\rho < \rho$ min

เหล็กเสริม As = $0.0047 \times 110 \times 105 =$ 54.28 $cm.^2$

$$\frac{Mc}{\phi\, bd^2} = \frac{18.63 \times 1{,}000}{0.9 \times 1.10(105)^2} = 2$$

จากกราฟ S1 $\rho < \rho$ min

เหล็กเสริม As = $0.0047 \times 110 \times 105 =$ 54.28 $cm.^2$

ตรวจสอบแรงเฉือนและแรงบิด

Vu = 105.40 T

Tu = 5.11 T-m.

$$Te = \frac{0.213\sqrt{fc'}\,\Sigma X^2 Y}{\sqrt{1 + (0.25ct\,\frac{Tu}{Vu})^2}} = 4.71 \text{ T-m.} < Tu$$

$$Ct = \frac{b^2}{X^2 Y}$$

$$Ts = \frac{5.11}{0.85} - 4.71 = 1.30 \text{ T-m.}$$

$$Ve = \frac{0.53\sqrt{fc'}\; b\, d}{\sqrt{1 + (0.25ct\,\frac{Tu}{Vu})^2}} = 102.43 \text{ T}$$

$$Vs = \frac{105.40}{0.85} - 102.43 = 21.57 \text{ T}$$

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน $Sv = \frac{Avfyd}{vs} = 0.03$

เหล็กปลอกรับแรงบิด $S_T = \frac{At \alpha X 1 Y 1 fY}{TS} = 3.50$

$$\alpha = 0.66 + 0.33\,\frac{Y1}{X1}$$

$$Smax = \frac{STSV}{(ST+SV)} = 0.04$$

ปริมาณวัสดุของคาน

คอนกรีต $= \pi (b)^2 (D - 0.83\ L - b)$

$= \pi (1.1)^2 (9.20 - 0.83 \times 1.63 - 1.10) = 11.44\ m^3$

เหล็กเสริม $= (0.0008)\pi (D-0.83L-b\ As1+As2+\frac{4Av\ b}{s}$

$= 1.89\ T$

ไม้แบบเรียบ $= \pi(D-0.83L-b)(b) = 10.40\ m^2$

ไม้แบบโค้ง $= 2\pi (b)\ D-0.83L-b = 20.80\ m^2$

การออกแบบเสาและฐานราก ทำเช่นเดียวกับถังแบบ และ ก็จะสามารถหาปริมาณวัสดุทั้งหมดออกมาได้.

ประวัติการศึกษา

นายสุเทพ บูรณะวิทยาภรณ์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2520