

บรรณานุกรม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ. ธันวาคม, 2518

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก.

พ.ศ. 2517.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา. พ.ศ. 2517.

สนั่น เจริญเฒ่า และ วินิต ชอวิเชียร. คอนกรีตเสริมเหล็ก. พ.ศ. 2518.

อำนวยการ พานิชกุล, สมนึก กุลประภา และ วินิต ชอวิเชียร. การวิเคราะห์โครงสร้าง. พ.ศ. 2517

ASTM C 62, BUILDING BRICK (SOLID MASOJRY UNITS MADE FROM CLAY OR SHALE), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa.

ASTM C 67, SAMPLING AND TESTING BRICK, ASTM., op. cit.

ASTM C 109, COMPRESIVE STRENGTH OF HYDRAULIC CEMENT MORTARS (USING 2-IN CUBE SPECIMENS), ASTM., op. cit.

Dickers, R.D. Planning and Design of Tall Buildings. "Masonry Structure." ASCE-IABSE International Conterence Proceedings, Vol. III-27. 1971

Dr. Ing. Tihame'r Koncz "Manual of Precast Concrete Construction." Vol. 1. Priciples Roofs and Floor Units, Wall Panals. Rud. Bechtold and Comp., Wiesbaden. 1968.

Henkley, A.T. "Testing of one-storey Pre-stressed Brickwork Shear Walls," New Zealand Engineering, 21 (6) June 1966.

Johnson, F.B. Designing Engineering and Construction with Masonry Products. Proceedings of International Conference on Masonry Structural Systems, Austin, Texas, 1969.

- Libby, James R. Modern Prestressed Concrete. Design Principles and Construction Methods. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1971.
- Lin, T.Y. Design of Prestressed Concrete Structures. 2nd. Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1963.
- Mehta, K.C. and Fincher, D. STRUCTURAL BEHAVIOUR OF PRETENSIONED PRESTRESSED MASONRY BEAMS, Paper 35, Second International Brick Masonry Conference, The British Ceramic Research Assoc., Apr., 1970.
- Moustafa, Saad. E. "Ultimate load test of segmentally constructed prestressed concrete I-beam." P.C.I. Journal., July - August 1974.
- Preston, H. Kent. & Sollenberger, Norman J. Modern Prestressed McGraw-Hill Book Company, Inc. 1967.
- Plowman, J.M., Sutherland, R.J.M. and Couzens, M.L., "The Testing of Reinforced Brickwork and Concrete Slabs Forming Box Beams," The Structural Engineer, Vol. 45 No. 11, November 1967.
- Sahlin, Seven. Structural Masonry. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1971.
- Thomas, K. and Plowman. CURRENT POST-TENSIONED AND PRESTRESSED BRICKWORK AND CERAMICS IN GREAT BRITAIN, Paper 34, Texas Proceeding, op. cit.
- Winter, George., Urquhart, L.C., O'Rourke, C.E., Nilson, Arthur H. "Design of Concrete Structures." Seventh Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1964.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1
คุณสมบัติของเหล็กเสริมอัดแรง

ตัวอย่าง ที่	ความยาว เหล็กเสริม (ซม.)	ขนาดเส้น ฉ.ศ.ก. (มม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ หน้าตัด (มม ²)	แรงดึง ประลัย (กก.)	หน่วยแรง ดึงประลัย (กก./มม ²)	ระยะยัด (ซม.)	% การยัด (%)	พท. หน้า ตัดคอก (มม ²)	% ลูทของ พท. หน้าตัด	หมายเหตุ
1	60	4	20	12.57	2305	183.5	0.80	4.0	9.08	28.8	ไม่มี จุดคก
2	60	4	20	12.57	2280	181.5	0.75	3.75	8.57	32.7	
3	60	4	20	12.57	2310	184.0	0.75	3.75	4.53	64.4	

ผลจากการทดลอง :-

$$\text{กำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง } (f'_s) = 180 \text{ กก./มม}^2$$

ตารางที่ 2
กำลังอัดประลัยของก้อนอิฐโปรง

ตัวอย่าง ที่	ขนาด อิฐโปรง (ซม.)	นน. อิฐ (กก.)	พท. หน้าที่ค ทั้งหมด (ซม ²)	พท. หน้าที่ค สุทธิ (ซม ²)	แรงอัด ประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (หน้าที่คทั้งหมด) (กก./ซม ²)	กำลังอัดประลัย (หน้าที่คสุทธิ) (กก./ซม ²)
1	7.8x14.3x29.3	3.715	419	248	51,000	121.7	205.6
2	8.2x14.4x29.3	3.900	422	252	38,000	90.1	150.8
3	8.1x14.1x29.4	3.760	415	245	45,000	108.4	183.7
4	14.5x14.2x29.3	6.527	416	246	40,000	96.2	162.6
5	14.1x14.0x29.0	6.413	406	237	35,500	87.4	149.8
6	14.1x14.5x29.7	7.037	431	262	35,700	82.8	136.3

ผลจากการทดลอง :-

กำลังอัดประลัยเฉลี่ยของหน้าที่คทั้งหมด (f'_p) = 97 กก./ซม²

กำลังอัดประลัยเฉลี่ยของหน้าที่คสุทธิ (f'_p) = 164 กก./ซม²

ตารางที่ 3
คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐโปร่ง

ตัวอย่าง ที่	ขนาด (ซม.)	นน.อิฐแห้ง (กรัม)	นน.อิฐจุ่มน้ำในเวลา (กรัม)			% การดูดซึมของอิฐในเวลา			
			1/2 ชม.	1 ชม.	24 ชม.	1/2 ชม.	1 ชม.	24 ชม.	
1	14.1x14.4x29.5	6550	7350	7450	7500	12.2	13.7	14.5	
2	14.2x14.4x29.6	6600	7350	7400	7500	11.4	12.1	13.6	
3	14.3x14.5x29.5	6700	7500	7600	7650	11.9	13.4	14.2	
4	14.0x14.1x29.3	6450	7050	7100	7150	9.3	10.1	10.9	
5	14.2x14.4x29.6	6700	7350	7400	7450	9.7	10.4	11.2	
6	14.1x14.3x29.4	6550	7400	7450	7500	13.0	13.7	14.5	
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของอิฐโปร่ง						(%)	11.3	12.2	13.2

ตารางที่ 4
กำลังอัดของปูนสอที่ใช้ในคานอิฐไปรงอัดแรง

การใช้งาน	ลำดับที่	ขนาด (ซม.)	พื้นที่หน้า ตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	อายุ (วัน)	แรงอัดประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม ²)	กำลังอัดประลัย เฉลี่ย (กก./ซม ²)
ปูนสอ อิฐคานที่ 1	1	5.2x5.3x5.3	27.6	309	70	10,000	362	517
	2	5.1x5.2x5.3	26.5	307	70	16,500	622	
	3	5.0x5.1x5.1	25.5	290	70	14,500	568	
ปูนสอ อิฐคานที่ 2	1	5.1x5.1x5.1	26.0	283	64	13,000	500	539
	2	5.1x5.2x5.0	26.5	289	64	12,500	472	
	3	5.0x5.2x5.0	26.0	280	64	16,800	647	
ปูนสออิฐ กอนปลายสุด คานที่ 1	1	5.0x5.3x5.0	26.5	287	56	12,000	453	527
	2	5.1x5.3x5.0	27.0	299	56	14,000	518	
	3	5.1x5.2x5.1	26.5	296	56	16,200	611	

ตารางที่ 5
กำลังอัดของปูนสอที่ใช้ในคานอิฐโปรงอัดแรง

การใช้งาน	ลำดับที่	ขนาด (ซม.)	พื้นที่หน้า ตัด(ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	อายุ (วัน)	แรงอัดประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม ²)	กำลังอัดประลัย เฉลี่ย(กก/ซม ²)
ปูนสออุคอิฐ ก่อนปลายสูก คานที่ 2	1	5.2x5.3x5.1	27.6	300	56	12,000	435	463
	2	5.3x5.1x5.2	27.0	292	56	15,000	556	
	3	5.2x5.2x5.1	27.0	298	56	10,800	400	
ปูนสออุค ระหว่างอิฐกับ เหล็กเสริมอัดแรง	1	5.1x5.1x5.1	26	286	12	16,500	635	622
	2	5.0x5.0x5.0	25	276	12	14,000	560	
	3	5.1x5.1x5.0	26	287	12	17,500	673	
อิฐอัดปูนสอ 1:2.5 เต็ม	1	30.0x15.0x15.4	450	1,355	3	84,000	187	188
	2	29.6x14.7x15.3	435	1,325	3	82,500	190	
	3	30.0x14.5x15.5	435	1,375	3	81,000	186	

ตารางที่ 6

กำลังอัดของปูนสอ อัตราส่วน ซีเมนต์ : หทราย เท่ากับ 1 : 2.5

ชนิดของปูนสอ	ลำดับที่	ขนาด (ซม.)	พื้นที่หน้า ตัด(ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	อายุ (วัน)	แรงอัดประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม ²)	กำลังอัดประลัย เฉลี่ย(กก/ซม ²)
ปูนสอชนิด 1:2.5	1	5.1x5.2x5.0	26.5	273	1	2,900	109.5	103.2
	2	5.1x5.1x5.1	26.0	277	1	2,500	96.3	
	3	5.1x5.1x5.0	26.0	278	1	2,700	103.8	
ปูนสอชนิด 1:2.5	1	5.1x5.1x5.0	26.0	275	3	5,250	202	196.7
	2	5.0x5.2x5.1	26.0	279	3	5,600	215	
	3	5.1x5.1x5.0	26.0	277	3	4,500	173	
ปูนสอชนิด 1:2.5	1	5.1x5.1x5.0	26.0	281	7	9,100	350	347.3
	2	5.1x5.1x5.0	26.0	290	7	8,900	342	
	3	5.1x5.1x5.0	26.0	291	7	9,100	350	

ตารางที่ 7

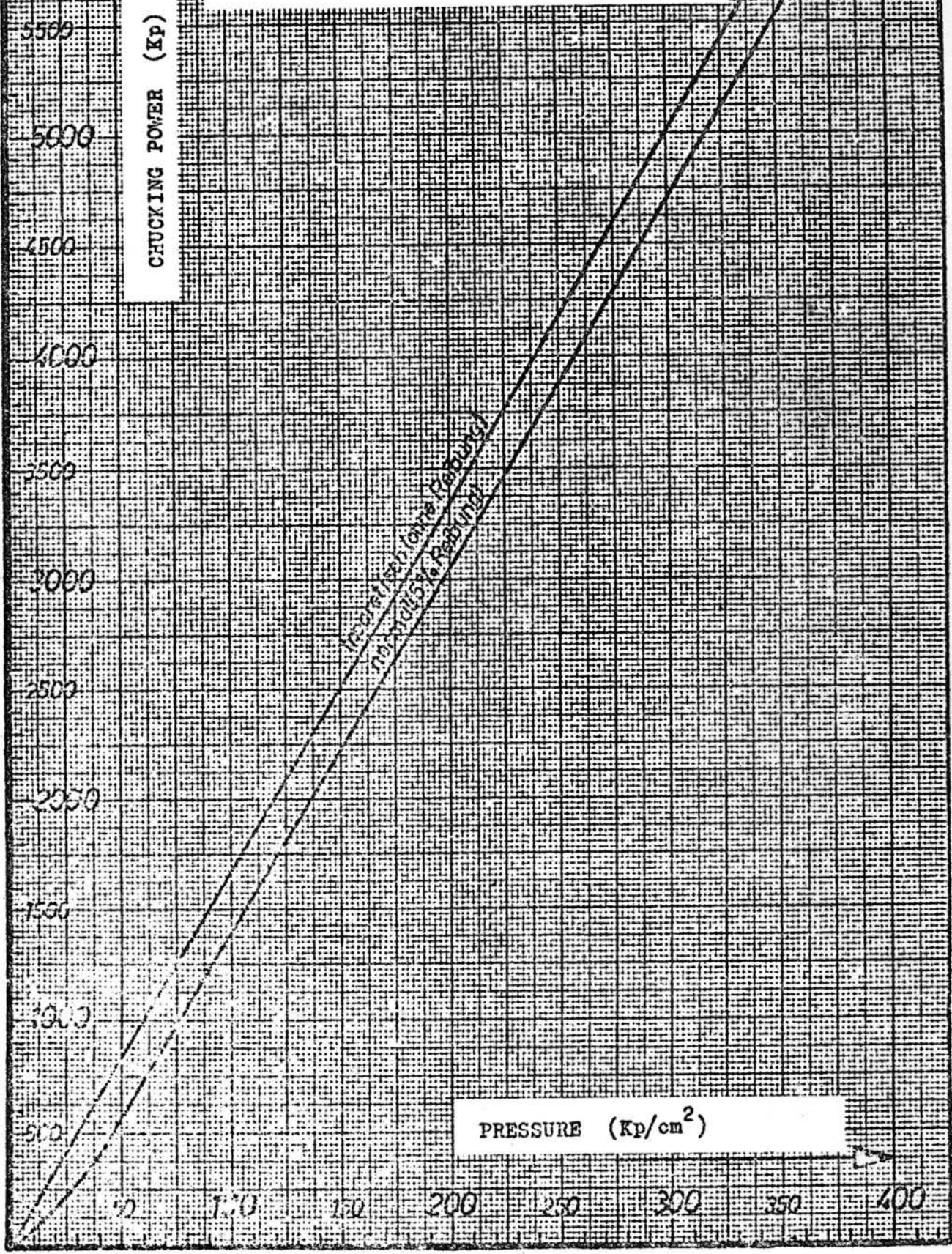
กำลังอัดของปูนสอ อัตรารสวน ซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 1

ชนิดของปูนสอ	ลำดับที่	ขนาด (ซม.)	พื้นที่หน้า ตัด(ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	อายุ (วัน)	แรงอัดประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม ²)	กำลังอัดประลัย เฉลี่ย(กก/ซม ²)
ปูนสอชนิด 1:1	1	5.2x5.1x5.1	26.5	299	1	5,000	189	199
	2	5.1x5.2x5.1	26.5	300	1	5,400	204	
	3	5.1x5.1x5.1	26.0	299	1	5,300	204	
ปูนสอชนิด 1:1	1	5.2x5.1x5.1	26.5	298	3	9,000	339	316
	2	5.1x5.2x5.1	26.5	303	3	8,400	317	
	3	5.1x5.1x5.1	26.0	301	3	7,600	292	
ปูนสอชนิด 1:1	1	5.1x5.1x5.2	26.0	302	7	13,700	527	522
	2	5.1x5.1x5.1	26.0	308	7	12,000	462	
	3	5.1x5.1x5.1	26.0	302	7	15,000	577	

Рис. 1. POWER DIAGRAM

Single stressing jack 6 tons.

Working piston-surface 16,7 cm²



ภาคผนวก ข.

1. กำลังของวัสดุ (f'_m)

หาโดย วิธีที่ 2 จากกำลังของก้อนวัสดุ (ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุ กอ ของ ว.ส.ท. ที่ 3200) ในกรณีที่มีได้มีการหาค่ากำลังอัดของวัสดุคอนกรีต โดย วิธีทดสอบล่วงหน้า และก้อนวัสดุ ปูนสอ ตลอดจนฝีมือ การทำงานตรงตามเกณฑ์กำหนด ในมาตรฐาน สำหรับอาคารวัสดุ แล้วอาจคิดหาหน่วยแรงอัด ที่ยอมให้ โดย เฉลี่ยค่า f'_m จากค่าที่ให้ไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1

กำลังอัดของวัสดุ
คิดเนื้อที่รวมสำหรับวัสดุชนิดกอนตัน
และเนื้อที่หน้าตัดสุทธิสำหรับวัสดุชนิดกอนกลวง

กำลังอัดของก้อน (f'_b) (กก./ซม. ²)	กำลังอัดของวัสดุทั้งหมด (f'_m) (กก./ซม. ²)
70 ถึง 105	63 ถึง 80
106 " 175 (1)	81 " 110
176 " 280	111 " 140
281 " 420	141 " 170
เกิน 420	เกิน 170

(1) กำลังอัดของก้อนอิฐโปรงที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วงนี้

จากผลการทดลองกำลังของก้อนอิฐโปร่ง เท่ากับ 164 กก./ซม.^2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ก.)

เมื่อเทียบสัดส่วนของค่าในตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข.) จะได้กำลังอัดของวัสดุทุกอทั้งหมด (f'_m) เท่ากับ 105 กก./ซม.^2

2. หน่วยแรงที่ยอมให้ของอิฐโปร่ง (2)

$$\text{หน่วยแรงอัดตามแกน} \quad f_m = 0.33 f'_m \quad \triangleright \quad 60 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$\text{หน่วยแรงอัดเนื่องจากแรงค้ำ} \quad f_m = 0.33 f'_m \quad \triangleright \quad 60 \text{ กก./ซม.}^2$$

รายละเอียดสำหรับหน่วยแรงอื่น ๆ เช่น หน่วยแรงเฉือน หน่วยแรงยึดเหนี่ยว หน่วยแรงแบกทาน และโมเมนต์ยึดเหนี่ยว กับโมเมนต์สรีจิติ์ แสดงไว้ในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข.)

3. หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรง (3)

2.4.1 หน่วยแรงชั่วคราว

$$1. \text{ ขณะที่ยังต้องไม่เกิน} \quad 0.80 f'_s$$

และต้องไม่เกินค่าที่แนะนำโดยผู้ผลิต

$$2. \text{ หน่วยแรงทันทีที่ถ่ายแรง}^{(4)} \quad 0.70 f'_s$$

$$2.4.2 \text{ หน่วยแรงใช้งาน}^{(5)} \quad 0.60 f'_s$$

หรือ $0.80 f_{sy}$ ให้ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในการคำนวณออกแบบ



(2) มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุอิฐ ของ ว.ส.ท. ที่ 3400

(3) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ 10-202

(4)(5) ในการทดลองนี้ ใช้หน่วยแรงที่หักลบเนื่องจากการเสื่อมสูญ

ตารางที่ 2
หน่วยแรงที่ยอมให้ในวัสดุคอนกรีต เสริมเหล็ก (ก)

รายละเอียด	หน่วยแรงที่ยอมให้	
หน่วยแรงอัด		
ความแกน f_m		
เนื่องจากแรงค้ำ f_m	0.33 f'_m (ข)	แต่ต้องไม่เกิน 60 กก./ซม. ²
หน่วยแรงเฉือน		
เมื่อไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน v_m	0.02 f'_m	แต่ต้องไม่เกิน 35 กก./ซม. ²
เมื่อเหล็กเสริมรับแรงเฉือนทั้งหมด		
องค์อาคารรับแรงค้ำ v	0.05 f'_m	แต่ต้องไม่เกิน 10 กก./ซม. ²
ผนังรับแรงเฉือน v	0.04 f'_m	แต่ต้องไม่เกิน 5 กก./ซม. ²
หน่วยแรงยึดเหนี่ยว		
เหล็กดัดเรียบธรรมดา u	5	กก./ซม. ²
เหล็กขอลอย (ASTM A305) u	10	กก./ซม. ²
หน่วยแรงแบกทาน		
เต็มเนื้อที่ f'_m	0.25 f'_m	
บุนเนื้อที่หนึ่งในสามหรือน้อยกว่า (ค) f_m	0.375 f'_m	
โมดูลัสยืดหยุ่น E_m	1000 f'_m	แต่ต้องไม่เกิน 210,000 กก./ซม. ²
โมดูลัสปริมาตร E_r	400 f'_m	แต่ต้องไม่เกิน 84,000 กก./ซม. ²

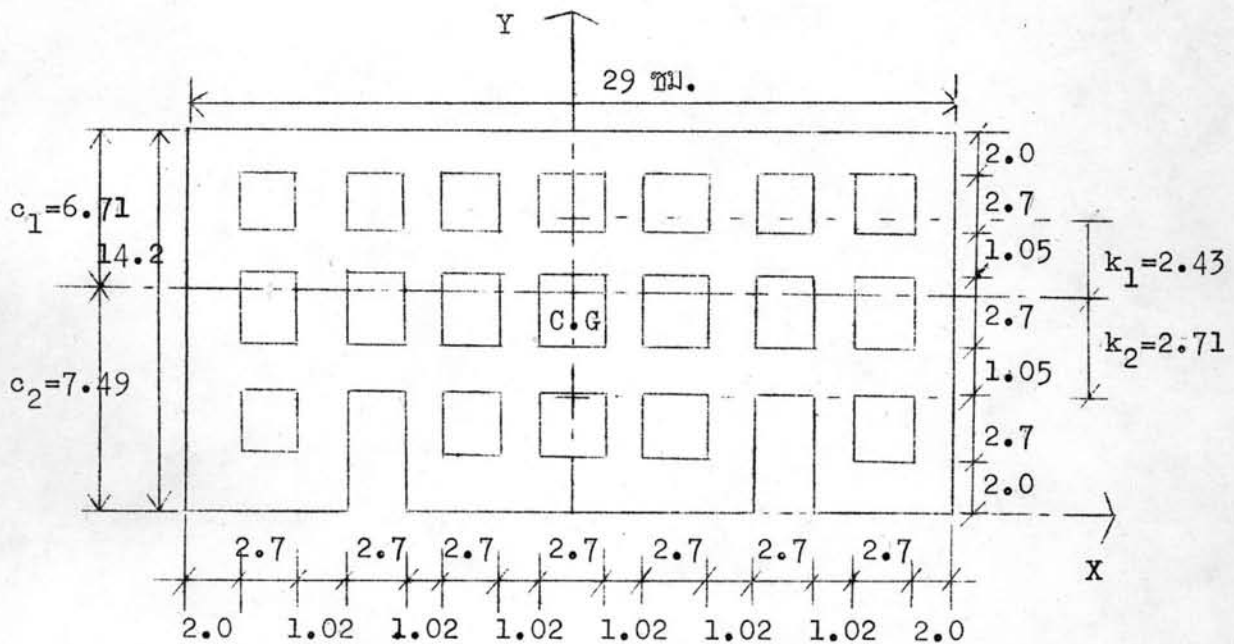
- (ก) กข 3700 ของ มาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18
- (ข) กข 31004 และ 31009 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18
- (ค) การเพิ่มนี้จะยอมให้เฉพาะเมื่อระยะน้อยที่สุดระหว่างขอบของเนื้อที่ ซึ่งรับ และ ไม่รับน้ำหนักมีค่าต่ำสุด 1/4 ของขนาดข้างที่ขนานกันของเนื้อที่ซึ่งรับน้ำหนัก หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้เกิดขึ้นบนเนื้อที่รวมศูนย์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1/3 แต่ น้อยกว่าเนื้อที่เต็ม ให้ใช้วิธีเฉลี่ยระหว่างค่าต่าง ๆ ที่ให้ไว้

4. คุณสมบัติหน้าตัดเฉลี่ยของอิฐโปร่ง

พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของอิฐ จากอิฐตัวอย่าง 15 ก้อน

(14.3 x 29.5) , (14.0 x 28.5) , (14.2 x 29.0) , (14.0 x 29.2) , (14.4 x 29.0)
 (14.3 x 28.0) , (14.1 x 28.8) , (14.2 x 29.1) , (14.2 x 29.5) , (14.5 x 29.3)
 (14.3 x 29.5) , (14.0 x 29.0) , (14.5 x 29.5) , (14.0 x 28.8) , (14.0 x 28.7)

∴ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของอิฐ เท่ากับ 14.2 x 29.0 มม.



รูปที่ 1 แสดงคุณสมบัติหน้าตัดเฉลี่ยของอิฐโปร่ง

$$\text{พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด} = 29 \times 14.2 = 411.8 \text{ มม.}^2$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดสุทธิ (A)} &= 411.8 - 2.7 \times 2.7 \times 19 - 2.7 \times 4.7 \times 2 \\ &= 411.8 - 138.51 - 25.38 = 247.91 \text{ มม.}^2 \end{aligned}$$

หา Centroid ของหน้าตัด

กำหนดให้ ระยะจากแกน x ถึงจุด centroid = \bar{y}

$$\therefore \bar{y} = \frac{29 \times 14.2 \times 7.1 - 7.29 \times 7 \times 10.85 - 7.29 \times 7 \times 7.1 - 7.29 \times 5 \times 3.35 - 2.7 \times 4.7 \times 2.35}{247.91}$$

$$= \frac{1855.86}{247.91} = 7.49 \text{ ซม.} = c_2$$

นั่นคือ $c_1 = 14.2 - 7.49 = 6.71 \text{ ซม.}$

$\therefore I_x = I_{xg} + A(\bar{y})^2$ (จาก The Parallel Axis Theorem)

ในที่นี้ :- $I_x =$ โมเมนต์อินเนอร์เชียรอบแกน x

$I_{xg} =$ โมเมนต์อินเนอร์เชียรอบแกนผ่านจุด centroid

$A =$ พื้นที่หน้าตัดสุทธิของอิฐโปรง

$\bar{y} =$ ระยะจากแกน x ถึงจุด centroid

$$I_x = \frac{1}{3} \times 29 \times (14.2)^3 - \left[\frac{1}{12} \times 2.7 \times (2.7)^3 + 7.29 \times (10.85)^2 \right] 7$$

$$- \left[\frac{1}{12} \times 2.7 \times (2.7)^3 + 7.29 \times (7.1)^2 \right] 7$$

$$- \left[\frac{1}{12} \times 2.7 \times (2.7)^3 + 7.29 \times (3.35)^2 \right] 5 - \frac{1}{3} \times 2.7 \times (4.7)^3 \times (2)$$

$$= 27,678.45 - 6,038.39 - 2,603.43 - 431.21 - 186.88$$

$$= 18,418.54 \text{ ซม}^4$$

$\therefore 18,418.54 = I_{xg} + (247.91)(7.49)^2$

$\therefore I_{xg} = 18,418.54 - 13,907.78 = 4,510.76 \text{ ซม}^4$

นั่นคือ :- โมเมนต์อินเนอร์เชียรอบแกนผ่านจุด centroid = $4,510.76 \text{ ซม}^4$

โดยที่ :- r = radius of gyration ($r^2 = I/A$)

k_1 = ระยะจากแกน centroid ถึง upper-kern point

k_2 = ระยะจากแกน centroid ถึง lower-kern point

c_1 = ระยะจากแกน centroid ถึงผิวบนนอกสุดของคาน

c_2 = ระยะจากแกน centroid ถึงผิวล่างนอกสุดของคาน

จากการหาตำแหน่งหน่วยแรงดึงเป็นศูนย์ (Kern Point) จะได้ว่า :-

$$k_2 = \frac{r^2}{c_1} = \frac{I}{Ac_1} = \frac{4,510.76}{247.91 \times 6.71} = 2.71 \text{ ซม.}$$

และ $k_1 = \frac{r^2}{c_2} = \frac{I}{Ac_2} = \frac{4,510.76}{247.91 \times 7.49} = 2.43 \text{ ซม.}$

และ $f = \frac{r^2}{c_1 c_2} = \frac{I}{Ac_1 c_2} = \frac{4,510.76}{247.91 \times 6.71 \times 7.49} = 0.362 \text{ ซม.}$

5. ค่าความสัมพัทธ์ของมุมเปลี่ยน (Angle Change, ϕ) และระยะโก่ง (Deflection, Δ)

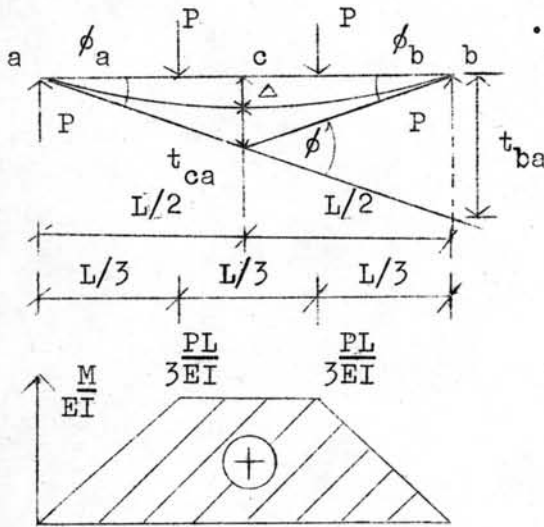
ในกรณีที่มีน้ำหนักบรรทุกจร (Superimpose and Live Load)

โดยอาศัยทฤษฎีของ Moment-Area

∴ $\phi = \text{พท.ของ } \frac{M}{EI} \text{ ใต้แฉกตรงระหว่างจุด a และ b}$

$$\phi = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{PL}{3EI}\right)\left(\frac{L}{3}+L\right) = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{PL}{3EI}\right)\left(\frac{4}{3}L\right)$$

$$\therefore \phi = \frac{2}{9} \frac{PL^2}{EI} \dots\dots\dots(5-1)$$



$\frac{M}{EI}$ Diagram

รูปที่ 2 แสดงคานบรรทุก
น.แบบ Third Point Loading.

$$\begin{aligned} \therefore \Delta &= \frac{t_{ba}}{2} - t_{oa} \\ &= \frac{\phi \cdot L}{2 \times 2} - t_{oa} \quad (\because \phi_a = \phi) \\ &= \left(\frac{2}{9} \frac{PL^2}{EI}\right)\left(\frac{L}{4}\right) - \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{PL}{3EI}\right)\left(\frac{L}{3}\right)\left(\frac{1}{3} \cdot \frac{L}{3} + \frac{L}{6}\right) \\ &\quad - \left(\frac{PL}{3EI}\right)\left(\frac{L}{6}\right)\left(\frac{L}{12}\right) \\ &= \frac{PL^3}{18EI} - \frac{5}{324} \frac{PL^3}{EI} - \frac{PL^3}{216EI} \\ &= \frac{PL^3}{EI} (0.0555 - 0.0154 - 0.0046) \end{aligned}$$

$$\therefore \Delta = 0.0355 \frac{PL^3}{EI} \dots\dots\dots(5-2)$$

นั่นคือ :- มุมเปลี่ยน $(\phi) = \frac{2}{9} \frac{PL^2}{EI}$

ระยะโก่ง $(\Delta) = 0.0355 \frac{PL^3}{EI}$

ในที่นี้ $\phi =$ มุมเปลี่ยน (เรเดียน) ; $\Delta =$ ระยะโก่ง (ซม.)

$P =$ น้ำหนักบรรทุกจร (กก.) ; $L =$ ระยะช่วงคาน (ซม.)

$E =$ โมดูลัสยืดหยุ่นของคาน (กก./ซม²)

$I =$ โมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด (ซม⁴)

ตารางที่ 3

รายละเอียดราคาวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการประมาณราคา

ลำดับ	รายการวัสดุ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)
1	คอนกรีต 1:2:4	ม ³	450
2	ปูนสอ	ม ³	350
3	อิฐไปรง แบบ. 21-A. (ที่ไซ้)	ก้อน	4.50
	อิฐไปรง แบบ. 30-2	ก้อน	7.50
4	แผ่นเหล็กยัด	อัน	2
5	หัวยัด	อัน	20
6	เหล็กเสริมอัดแรง	ม.	1.40
7	เหล็กเสริม ขนาด ϕ 6 มม.	เส้น	18
	ϕ 9 มม.	เส้น	35
8	ไม้แบบ	ม ²	60
9	ลวดผูกเหล็ก	กก.	15
10	คาน ซี-เอ็ม.	ม.	35
11	ไม้ค้ำยันของพื้นอิฐ ซี-เอ็ม.	ม ²	15

ประวัติการศึกษา

ชื่อ

นายวุฒิพันธ์ เจริญวรารกุล

วุฒิกการศึกษา วศ.บ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2515