



บรรณานุกรม

- ภูวไนย เกียรติชนก "คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต แผนก
วิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๐
- สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร "คอนกรีตเสริมเหล็ก" พิมพ์ครั้งที่ ๑ กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, ๒๕๑๗
- วุฒิพันธ์ เตชัญญวารากุล "ระบบพื้นอิฐโปร่งอัดแรง" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต แผนกวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย "มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ" มาตรฐาน ว.ส.ท. ๑๐๐๕-๑๘
ธันวาคม ๒๕๑๘ กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ๒๕๑๘
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย "มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก" มาตรฐาน ว.ส.ท.
๑๐๐๑-๑๖ มิถุนายน ๒๕๑๗ กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, ๒๕๑๗
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย "ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา" กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์
สหมิตรการพิมพ์, ๒๕๑๗
- ACI. Committee 318 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete
(ACI 318-71)" American Concrete Institute, Detroit, 1971.
- ASTM C 62, BUILDING BRICK (SOLID MASONRY 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, COMPRESSIVE STRENGTH OF HYDRAULIC CEMENT MORTARS (USING 2-IN
CUBE SPECIMENTS), ASTM., OP. Cit.
- Andrews, H. Mortar for Brickwork, Block Construction and Masonry "National
Building Studies Bulletin" No. 8 Department of Scientific and
Industrial Research, London, 1950.
- Brelle, H.J. "Ultimate Strength Design of Reinforced Brickwork Piers in
Compression and Biasual Bending" Unicity Report No. R. 49 June 1969.

Ferguson, P.M. "Reinforced Concrete Fundamentals" 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1965.

Frank B. Johnson and J. Neiles Thompson "Designing Engineering and Construction with Masonry Products." Houston, Texas : Gulf Publishing, 1969.

Harry C. Plummer and John A. Bulume, "Reinforced Brick Masonry and Lateral Force Design" Structure Clay Products Institute, Washington D.C., 1963.

Michael Gage and Tom Kirkbride. "Design in Brickwork" London : Architectural Press, 1972.

Sahlin, Seven. "Structural Masonry" Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1971.

Winter, G. and Nilson, Arthur H. "Design of Concrete Structures" International Student Edition, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. 1972.

ตารางที่ ๔.๑ คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐโปร่ง

| ตัวอย่าง ที่ | ขนาดอิฐโปร่ง (ซม. x ซม. x ซม.) | น.น.อิฐแห้ง (กรัม) | น.น.อิฐจุ่มน้ำในเวลา (กรัม) | | % การดูดซึมของอิฐในเวลา | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | | | ๑ ๒ ซม. | ๒๔ ซม. | ๑ ๒ ซม. | ๒๔ ซม. |
| 1 | 24.9 x 25.2 x 11.7 | 0.4995 | 0.5405 | 0.5526 | 8.19 | 10.63 |
| 2 | 24.8 x 25.2 x 11.6 | 0.4956 | 0.5398 | 0.5473 | 9.05 | 10.75 |
| 3 | 24.8 x 25.1 x 11.7 | 0.4888 | 0.5337 | 0.5410 | 9.19 | 10.68 |
| 4 | 24.8 x 25.0 x 11.5 | 0.4883 | 0.5350 | 0.5393 | 9.56 | 10.44 |
| 5 | 24.7 x 25.5 x 11.7 | 0.4975 | 0.5462 | 0.5512 | 9.06 | 10.79 |
| 6 | 24.8 x 24.8 x 11.7 | 0.4833 | 0.5324 | 0.5392 | 10.16 | 10.57 |
| ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของอิฐโปร่ง (%) | | | | | 9.20 | 10.64 |

ตารางที่ ๔.๒ กำลังอัดประลัยของอิฐโปร่ง

| ตัวอย่างที่ | ขนาดอิฐโปร่ง (ซม. x ซม. x ซม.) | น้ำหนักอิฐ (กก.) | พื้นที่หน้าตัดอิฐ (ซม ^๒) | | แรงอัดประลัย (กก.) | กำลังอัดประลัย (กก/ซม ^๒) | |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------|-----------------------|--------------------------------------|--------|
| | | | ทั้งหมด | สุทธิ | | ทั้งหมด | สุทธิ |
| 1 | 24.2 x 24.4 x 11.2 | 4.354 | 271.04 | 105.37 | 22,000 | 81.17 | 208.78 |
| 2 | 24.1 x 24.0 x 11.1 | 4.221 | 267.51 | 106.82 | 17,200 | 64.30 | 161.02 |
| 3 | 24.4 x 24.7 x 11.2 | 4.347 | 273.28 | 101.69 | 18,800 | 68.79 | 184.47 |
| 4 | 24.2 x 24.5 x 11.1 | 4.254 | 286.62 | 103.61 | 17,500 | 65.15 | 168.90 |
| 5 | 24.4 x 24.7 x 11.2 | 4.332 | 273.28 | 107.42 | 20,500 | 75.01 | 193.84 |
| 6 | 24.3 x 24.6 x 11.2 | 4.328 | 272.16 | 108.33 | 21,000 | 77.16 | 193.85 |
| 7 | 24.3 x 24.4 x 11.3 | 4.369 | 274.59 | 107.12 | 20,200 | 73.56 | 188.57 |
| 8 | 24.0 x 24.0 x 11.1 | 4.254 | 266.40 | 100.55 | 18,500 | 69.44 | 183.99 |
| เฉลี่ย | 24.2 x 24.4 x 11.2 | 4.307 | 270.86 | 105.11 | 19,462 | 71.82 | 185.48 |

ตารางที่ ๔.๓ กำลังดึงคลากของเหล็กเสริม

| ขนาดเหล็ก ∅ (มม.) | ลำดับที่ | เส้นผ่า- ศูนย์กลาง (มม.) | พื้นที่- หน้าตัด (ซม ^๒) | เส้นรอบรูป (มม.) | % การยึด | กำลังดึงคลาก (กก/ซม ^๒) | กำลังดึง ประลัย (กก/ซม ^๒) |
|-------------------------|----------|--------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| 12 | 1 | 12.00 | 1.131 | 37.71 | 23.00 | 3,094.60 | 4,792.21 |
| | 2 | 12.03 | 1.137 | 37.81 | 24.50 | 3,122.25 | 4,846.09 |
| | 3 | 12.00 | 1.131 | 37.71 | 24.00 | 3,183.02 | 4,889.78 |
| | 4 | 12.00 | 1.131 | 37.71 | 24.50 | 3,050.40 | 4,854.11 |
| 15 | 1 | 15.20 | 1.815 | 47.77 | 30.50 | 2,975.21 | 3,977.96 |
| | 2 | 15.30 | 1.839 | 48.08 | 31.00 | 2,898.31 | 3,942.36 |
| | 3 | 15.17 | 1.808 | 47.68 | 32.00 | 2,876.11 | 3,982.30 |
| | 4 | 15.20 | 1.815 | 47.77 | - | 2,809.92 | 3,928.37 |

ตารางที่ ๔.๔ กำลังอัดประลัยของปูนสอ

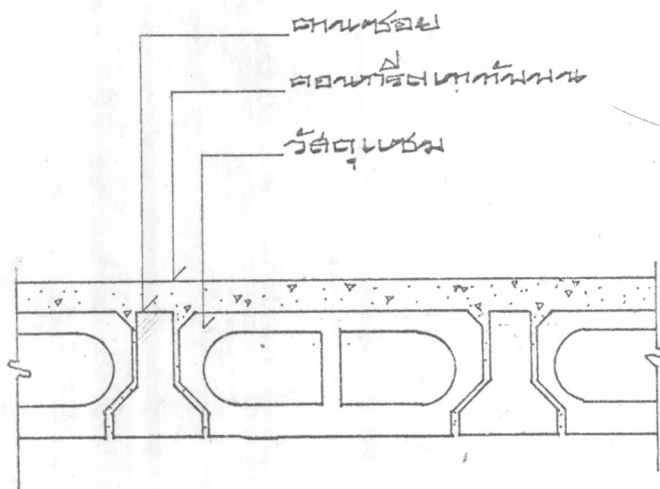
| | ลำดับ ที่ | ขนาด (ซม. x ซม.) | พื้นที่ หน้าตัด (ซม ^๒) | น้ำหนัก (กรัม) | อายุ (วัน) | แรงอัดประลัย (กก.) | กำลังอัดประลัย (กก./ซม ^๒) | กำลังอัดประลัย เฉลี่ย (กก./ซม ^๒) |
|----------------|--------------|---------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| คานประกอบอิฐ | 1 | 5.09 x 5.10 | 25.96 | 292.8 | 7 | 5,100 | 196.46 | 203.14 |
| เสริมเหล็ก | 2 | 5.10 x 5.10 | 26.10 | 293.0 | 7 | 5,000 | 192.23 | |
| ซีเมนต์ : ทราย | 3 | 5.17 x 5.10 | 26.37 | 293.5 | 7 | 5,820 | 220.73 | |
| ๑ : ๒๕ | 4 | 5.17 x 5.00 | 25.85 | 293.5 | 15 | 7,230 | 202.32 | |
| น้ำ : ซีเมนต์ | 5 | 5.19 x 5.05 | 26.21 | 290.2 | 15 | 5,450 | 207.94 | |
| ๐.๖๐ | 6 | 5.20 x 5.02 | 26.10 | 294.0 | 15 | 5,350 | 204.95 | |
| คานประกอบอิฐ | 7 | 5.08 x 5.12 | 26.02 | 292.1 | 7 | 6,100 | 234.35 | 236.37 |
| คอนกรีตเสริม- | 8 | 5.06 x 5.20 | 26.13 | 293.0 | 7 | 6,500 | 248.76 | |
| เหล็ก | 9 | 5.03 x 5.19 | 26.11 | 292.5 | 7 | 5,900 | 226.00 | |
| ซีเมนต์ : ทราย | 10 | 5.26 x 5.30 | 27.88 | 294.0 | 15 | 8,500 | 304.88 | |
| ๑ : ๒.๕๓ | 11 | 5.19 x 5.30 | 27.51 | 295.20 | 15 | 8,680 | 315.52 | |
| น้ำ : ซีเมนต์ | 12 | 5.16 x 5.31 | 27.40 | 295.00 | 15 | 8,670 | 316.42 | |
| ๐.๕ | | | | | | | | 312.27 |

ตารางที่ ๔.๕ กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก

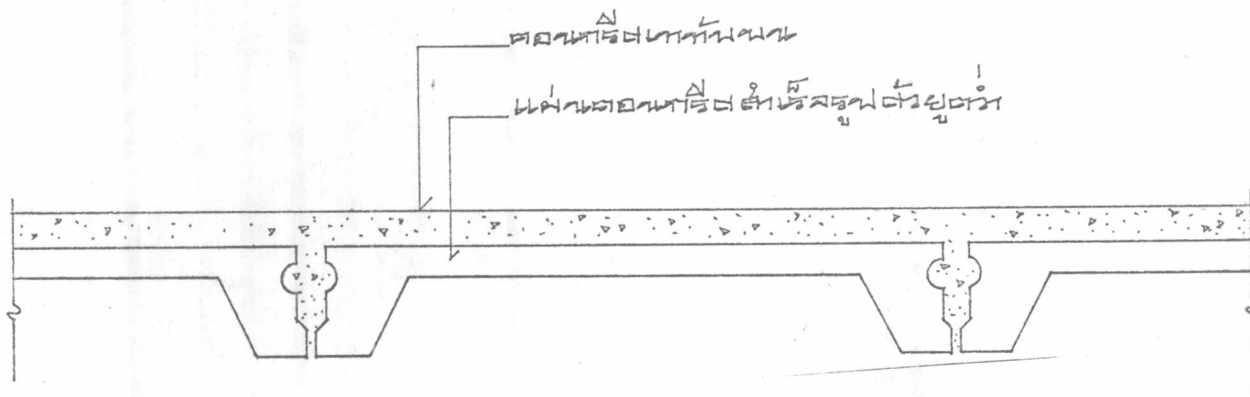
| ลำดับที่ | น้ำหนัก (กก.) | อายุ (วัน) | แรงอัด ประลัย (ตัน) | กำลังอัด ประลัย (กก./ซม ^๒) | กำลังอัด ประลัยเฉลี่ย (กก./ซม ^๒) | หมายเหตุ |
|----------|------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1 | 13.60 | 10 | 42.5 | 240.00 | | |
| 2 | 14.00 | 10 | 42.0 | 237.58 | | |
| 3 | 13.00 | 10 | 41.2 | 233.30 | 236.96 | สำหรับคานประกอบอิฐ- คอนกรีตเสริมเหล็ก |
| 4 | 11.4 | 10 | 39.5 | 223.44 | | |
| 5 | 11.34 | 10 | 38.6 | 218.35 | | สำหรับแผ่นพื้นประกอบ |
| 6 | 12.00 | 10 | 41.8 | 236.45 | 226.08 | อิฐ-คอนกรีตเสริมเหล็ก |

ตารางที่ ๕.๑ เปรียบเทียบผลการทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกทุกกับทฤษฎี

| | M_d กก-ม. | M_i กก-ม. | น้ำหนักจร จากการทดลอง | | น.น.คงที่+น.น.จร จากการทดลอง | | ทฤษฎี | | น้ำหนักจร ที่ $\Delta = 1/360$ | | $\frac{M_{cr} - M'_{cr}}{M'_{cr}}$ | $\frac{M_u - M'_u}{M'_u}$ | $\frac{1 - 2}{2}$ |
|------|----------------|----------------|--------------------------|----------|---------------------------------|---------|-----------|---------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| | | | M_{cr1} | M_{u1} | M_{cr} | M_u | M'_{cr} | M'_u | จากการ ทดลอง | จาก ทฤษฎี | % | % | % |
| A-1 | 32.93 | 19.93 | 140.00 | 499.33 | 192.86 | 552.19 | 116.80 | 287.72 | 212.80 | 97.57 | 65.12 | 98.44 | 118.10 |
| A-2 | 32.70 | 19.93 | 140.00 | 303.33 | 192.63 | 355.96 | 116.80 | 287.72 | 177.33 | 97.57 | 64.92 | 27.92 | 81.74 |
| A-3 | 50.43 | 19.93 | 140.00 | 560.00 | 210.36 | 630.36 | 168.87 | 559.95 | 384.53 | 286.93 | 24.57 | 12.57 | 34.02 |
| A-4 | 50.43 | 19.93 | 140.00 | 513.33 | 210.36 | 583.69 | 168.87 | 559.95 | 354.67 | 286.93 | 24.57 | 4.24 | 23.61 |
| B-1 | 44.92 | 23.48 | 110.00 | 357.50 | 178.40 | 425.91 | 119.81 | 294.91 | 154.00 | 99.57 | 48.90 | 44.42 | 54.66 |
| B-2 | 45.19 | 23.48 | 110.00 | 467.50 | 178.67 | 536.17 | 119.81 | 294.91 | 151.80 | 99.57 | 49.13 | 81.81 | 52.64 |
| B-3 | 68.74 | 23.48 | 137.50 | 770.00 | 229.72 | 862.22 | 173.76 | 738.78 | 272.80 | 289.75 | 32.20 | 16.71 | - 5.85 |
| B-4 | 69.00 | 23.48 | 110.00 | 550.00 | 202.46 | 642.48 | 173.76 | 738.78 | 258.50 | 289.75 | 16.53 | -13.04 | -10.78 |
| SA-1 | 201.72 | - | 441.00 | 2234.40 | 557.48 | 2436.12 | 675.48 | 2239.80 | 1256.95 | 1170.84 | - 4.85 | 0.24 | 7.35 |
| SB-1 | 275.84 | - | 425.39 | 3232.96 | 701.23 | 3508.81 | 695.04 | 3433.16 | 1429.31 | 1188.39 | 0.89 | - 5.83 | 20.27 |

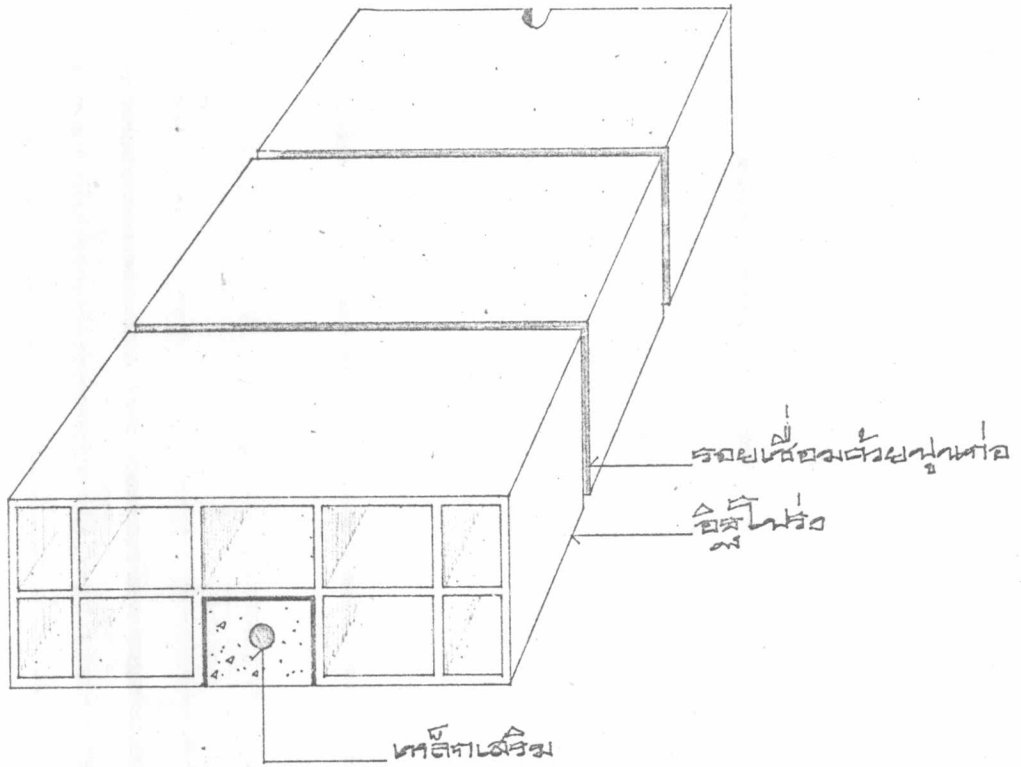


(ก) ระบบคานขอยประกอบรีดทุบ (Ribbed Floor with Infilling)

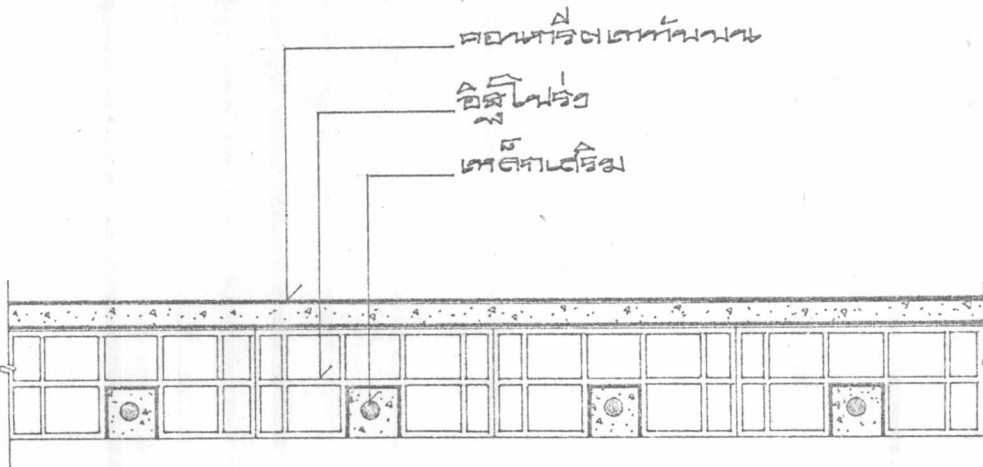


(ข) แผ่นคอนกรีตรูปร่างต่าง ๆ (Tray or Pan)

รูปที่ ๑.๑ ระบบพื้นกึ่งสำเร็จรูป

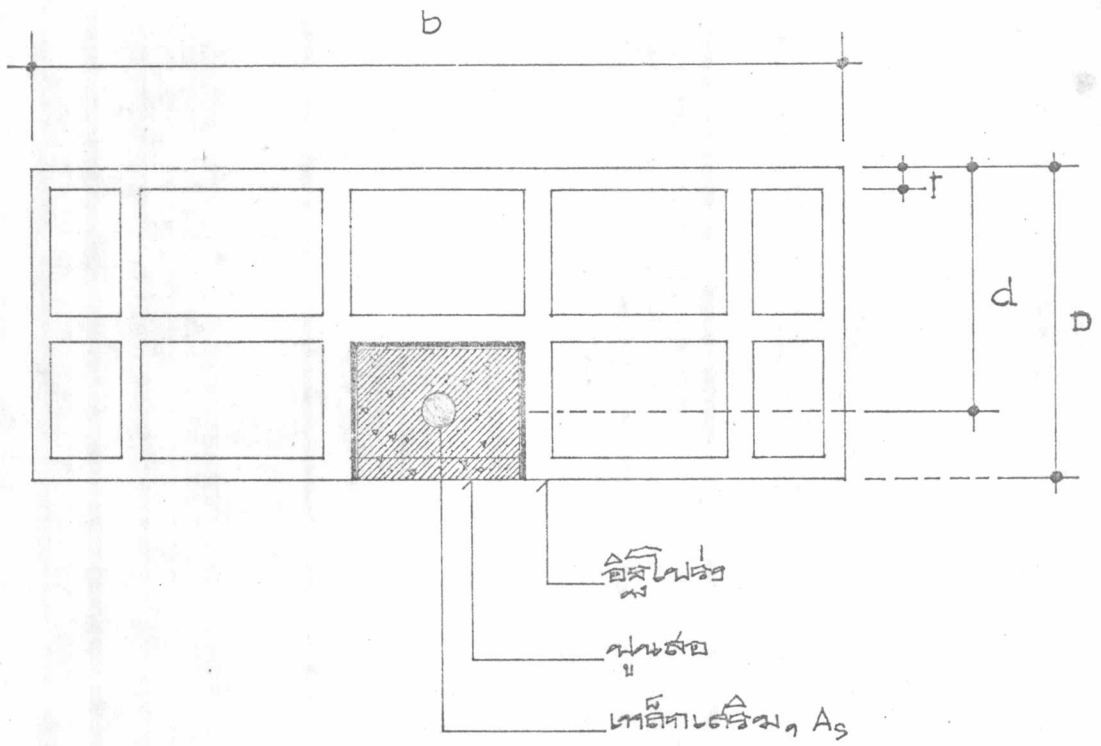


(ก) คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก

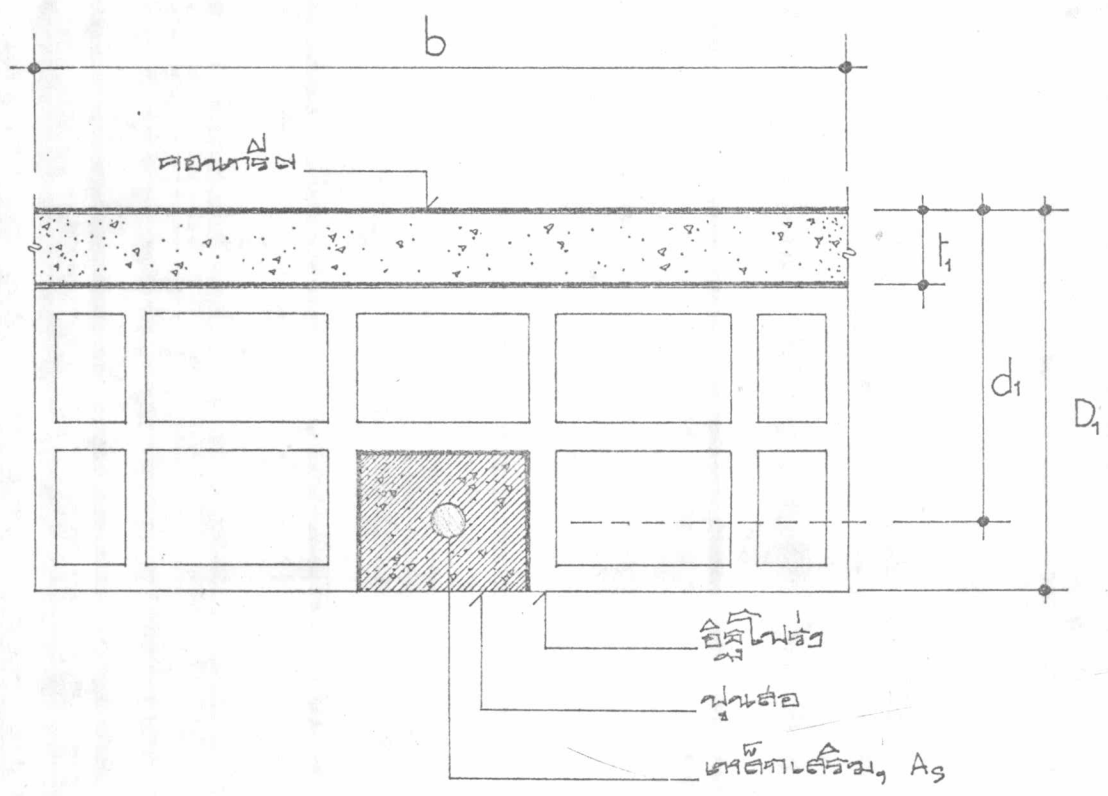


(ข) ระบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

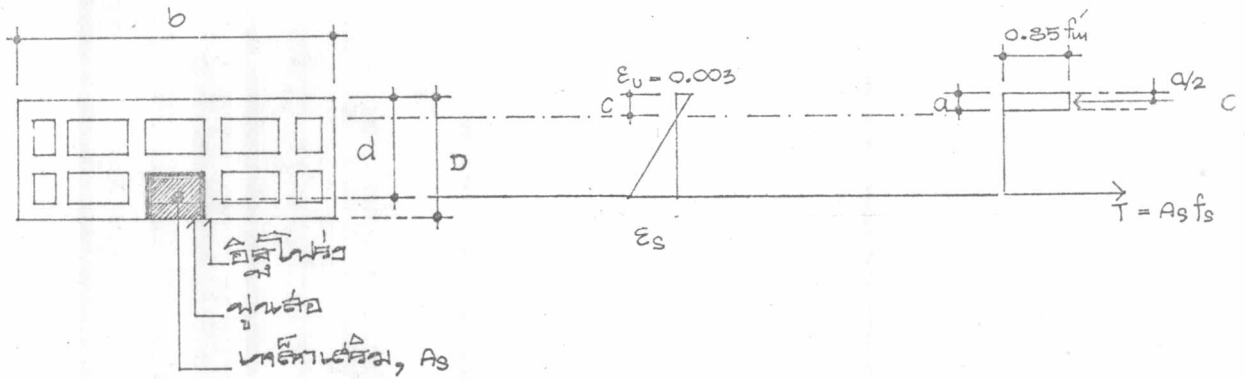
รูปที่ ๑.๒ ระบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก



รูปที่ ๒.๑ หน้าตัดคานประกอบอิฐเสริมเหล็ก



รูปที่ ๒.๒ หน้าตัดคานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

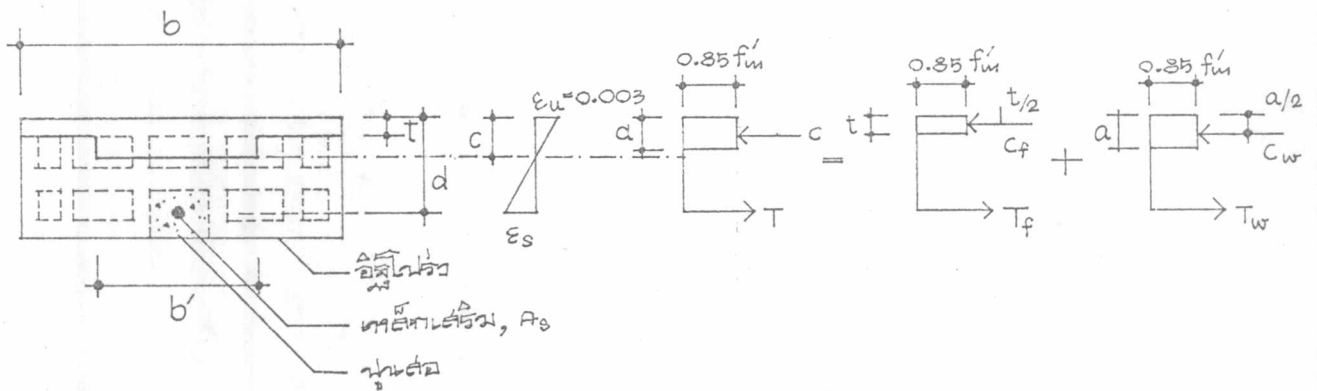


(ก) รูปหน้าตัดคาน

(ข) การกระจายของหน่วยการยึดหดตัวที่จุดประลัย

(ค) การกระจายของหน่วยแรงที่จุดประลัย

รูปที่ ๒.๓ หน้าตัดเมื่อคำนวณการรับโมเมนต์คดโดยทฤษฎีกำลังประลัยของคานประกอบอิฐเสริมเหล็ก เมื่อ $c < t$



(ก) รูปหน้าตัดคาน

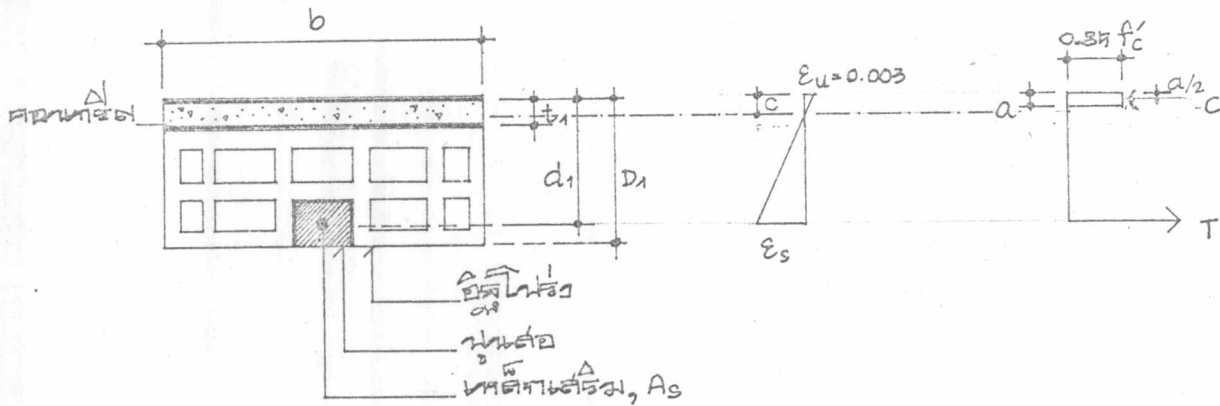
(ข) การกระจายของหน่วยการยึดหดตัวที่จุดประลัย

(ค) การกระจายของหน่วยแรงที่จุดประลัย

(ง)

(จ)

รูปที่ ๒.๔ หน้าตัดเมื่อคำนวณการรับโมเมนต์คดโดยทฤษฎีกำลังประลัยของคานประกอบอิฐเสริมเหล็ก เมื่อ $c > t$

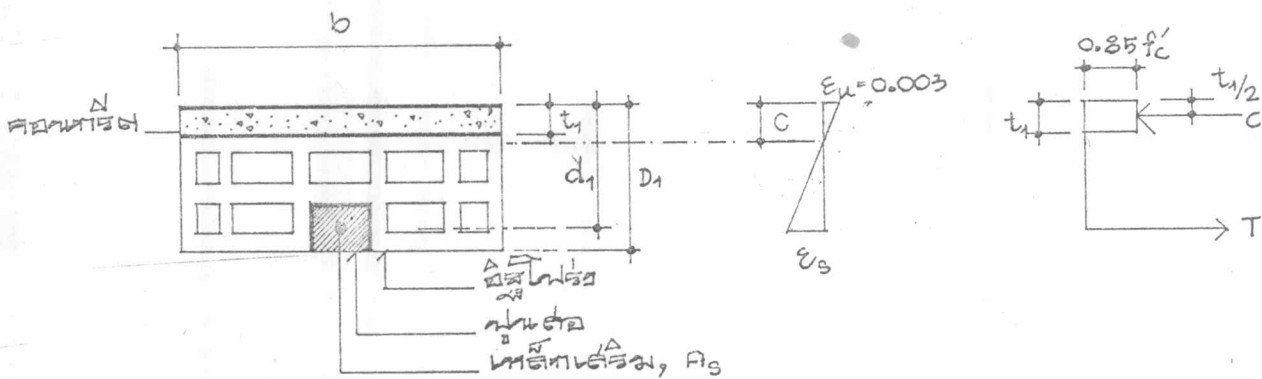


(ก) รูปหน้าตัดคาน

(ข) การกระจายของ
หน่วยการยึดหดตัว
ที่จุดประลัย

(ค) การกระจายของ
หน่วยแรงที่จุดประลัย

รูปที่ ๒.๕ หน้าตัดเมื่อกำหนดการรับโมเมนต์ดัดโดยทฤษฎีกำลังประลัยของคานประกอบ
คอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กเมื่อ $c \quad t_1$

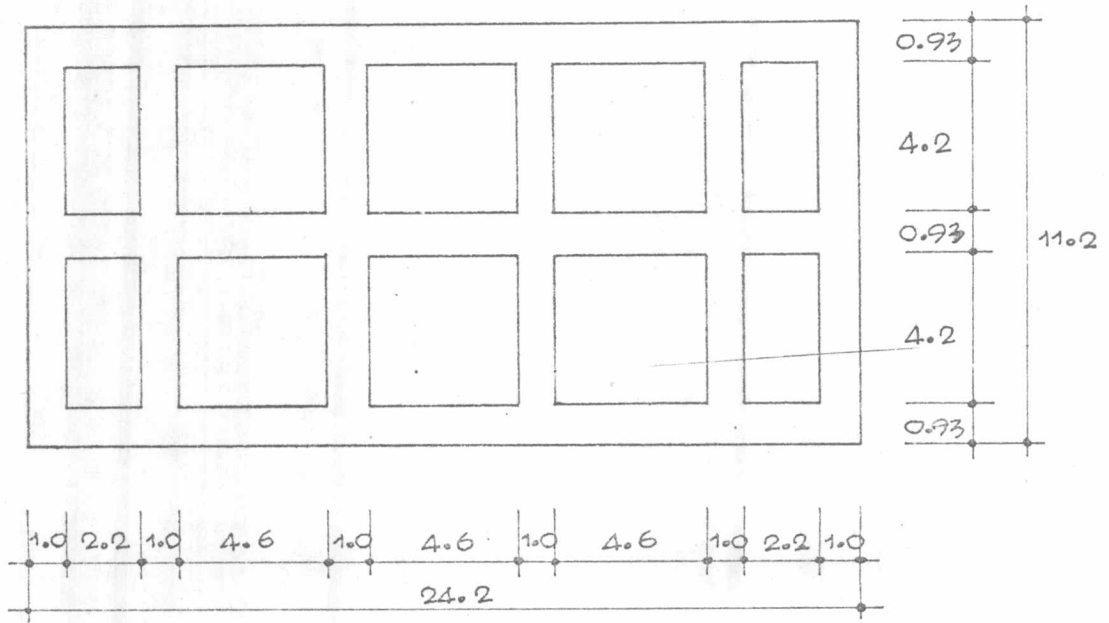


(ก) รูปหน้าตัดคาน

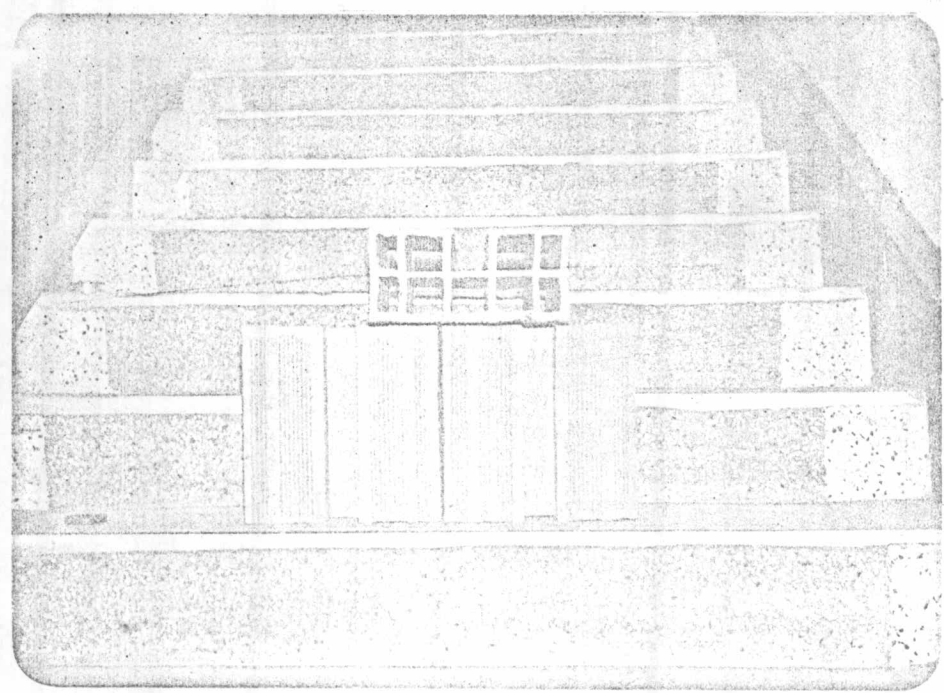
(ข) การกระจายของ
หน่วยการยึดหดตัว
ที่จุดประลัย

(ค) การกระจายของหน่วย
แรงที่จุดประลัย

รูปที่ ๒.๖ หน้าตัดเมื่อกำหนดการรับโมเมนต์ดัดโดยทฤษฎีกำลังประลัยของคานประกอบ
คอนกรีต-อิฐเสริมเหล็กเมื่อ $c \quad t_1$

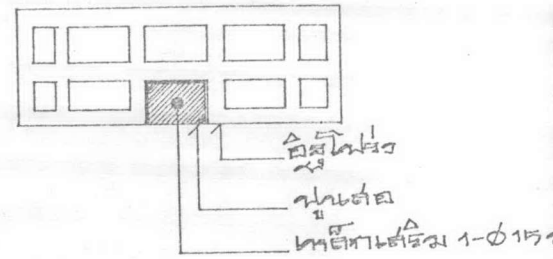
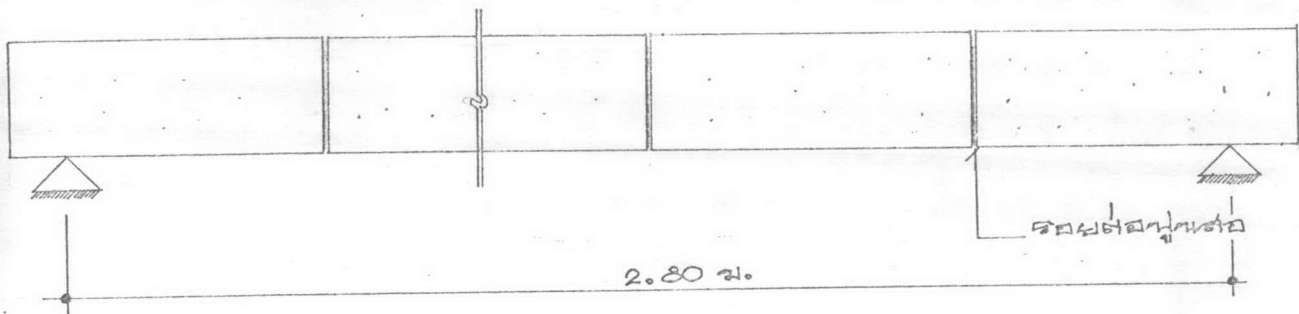


(ก) รูปหน้าตัดเฉลี่ยของอิฐโปรง

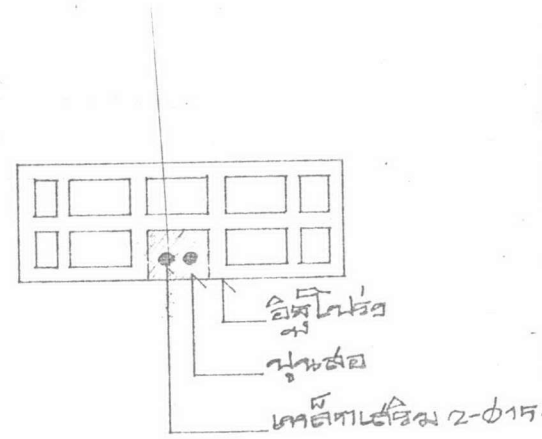
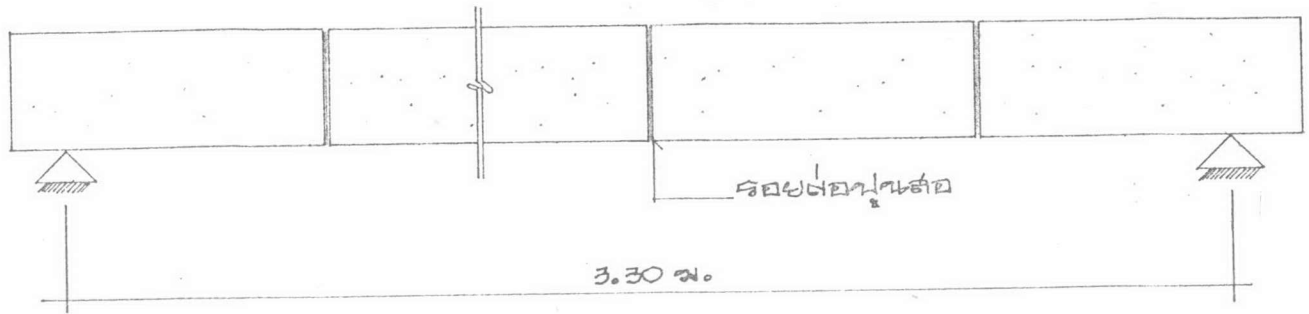


(ข) รูปหน้าตัดของอิฐที่ตัดแปลงแล้ว

รูปที่ ๓.๑ อิฐโปรง

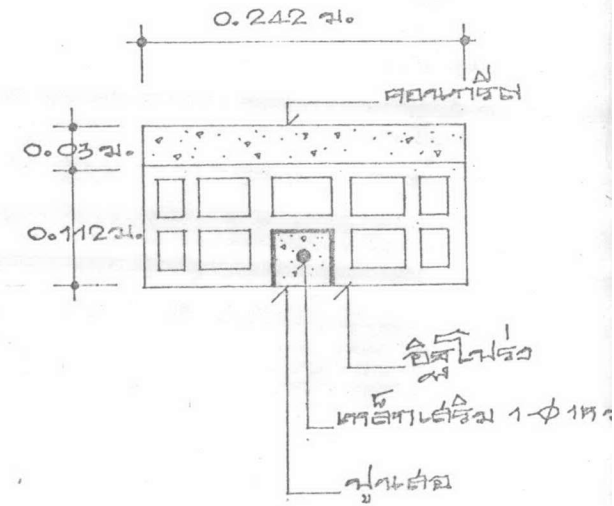
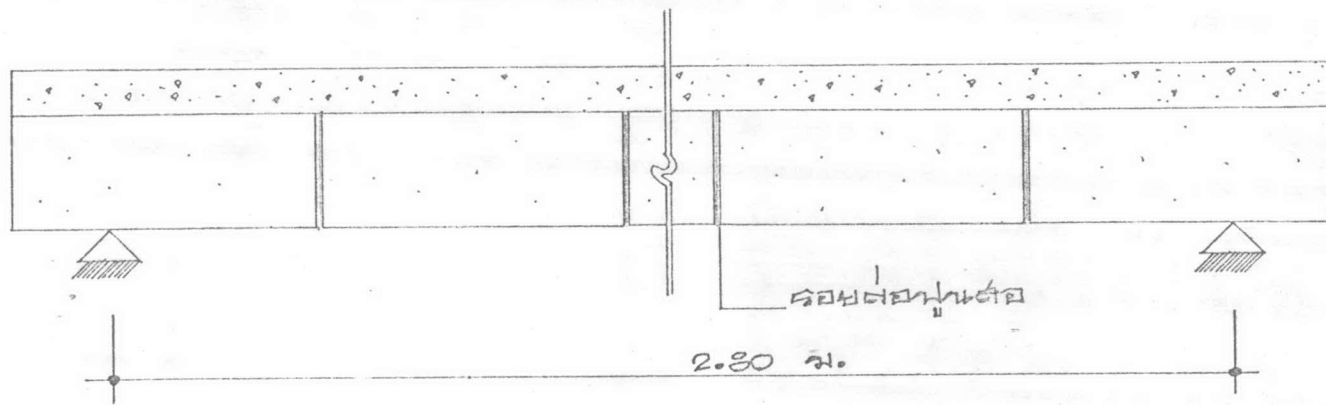


(ก) คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก A-1 และ A-2

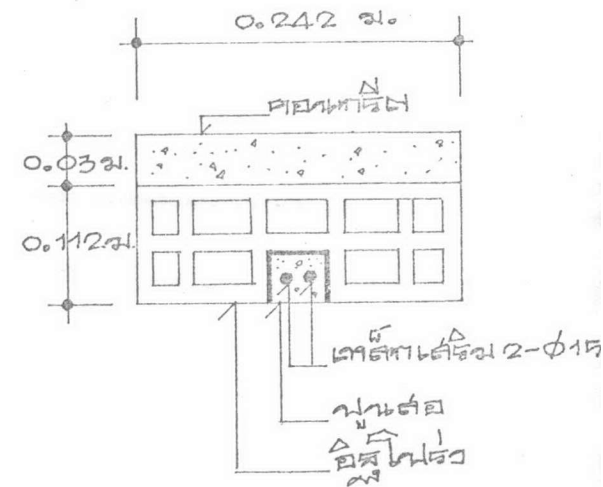
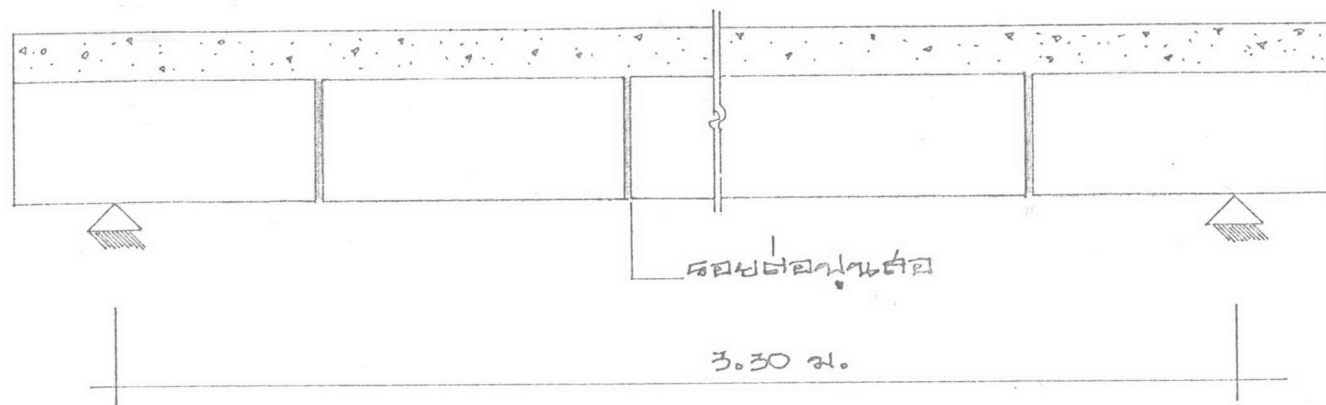


(ข) คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก B-1 และ B-2

รูปที่ ๓.๒ คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก

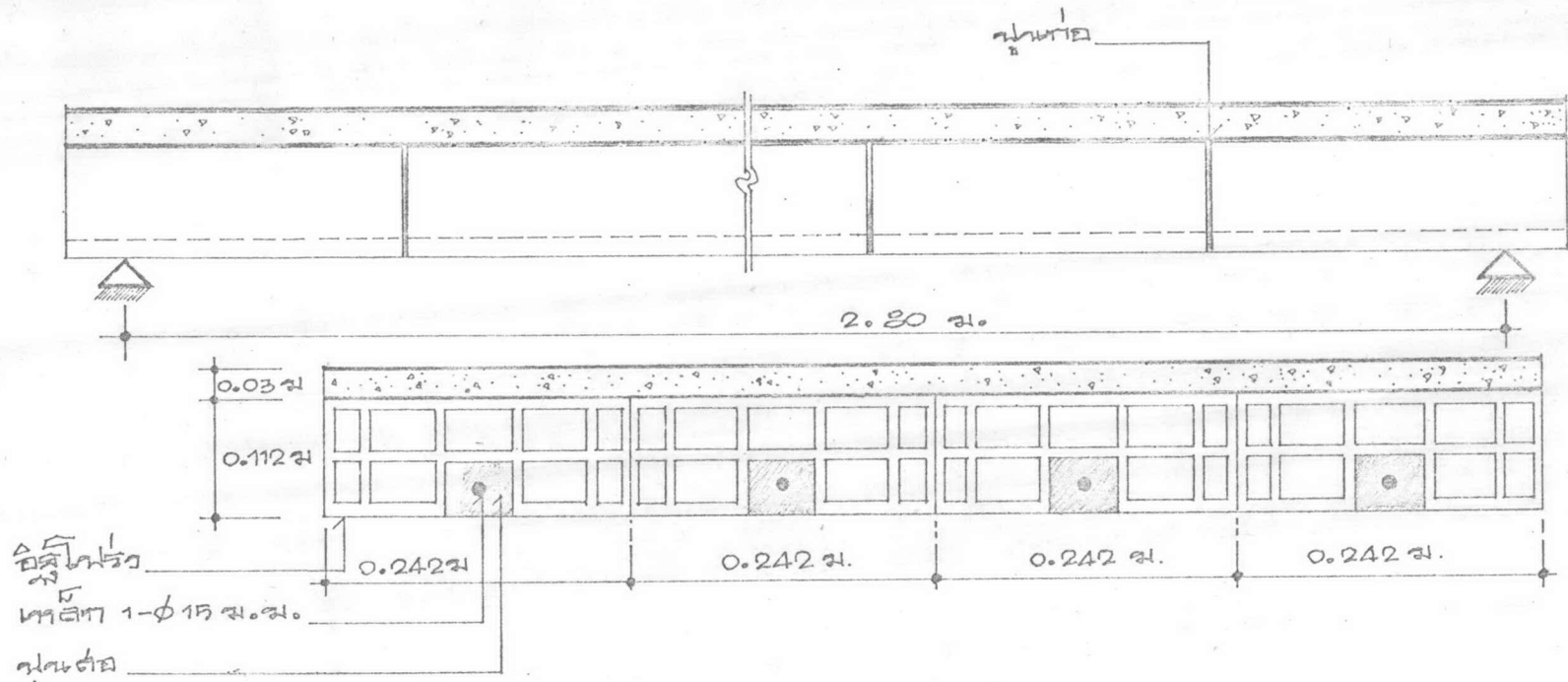


(ก) คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก A-3 และ A-4

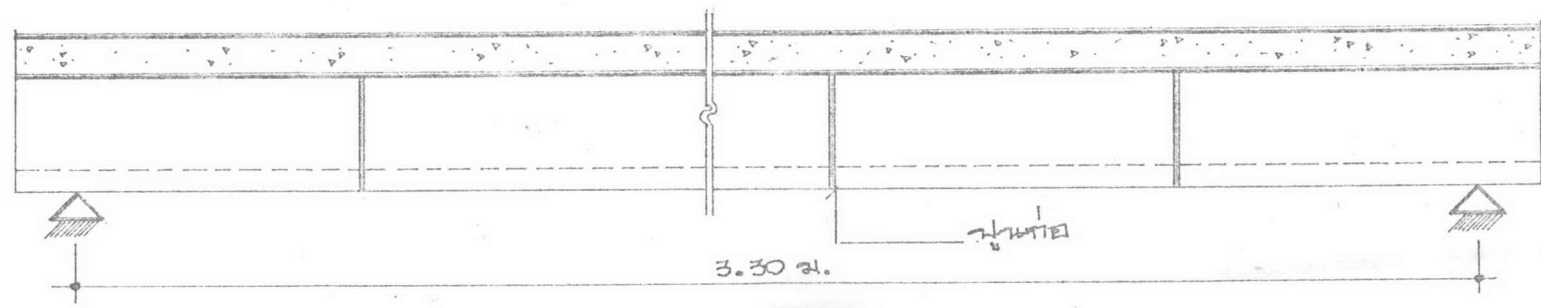


(ข) คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก B-3 และ B-4

รูปที่ ๓.๓ คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

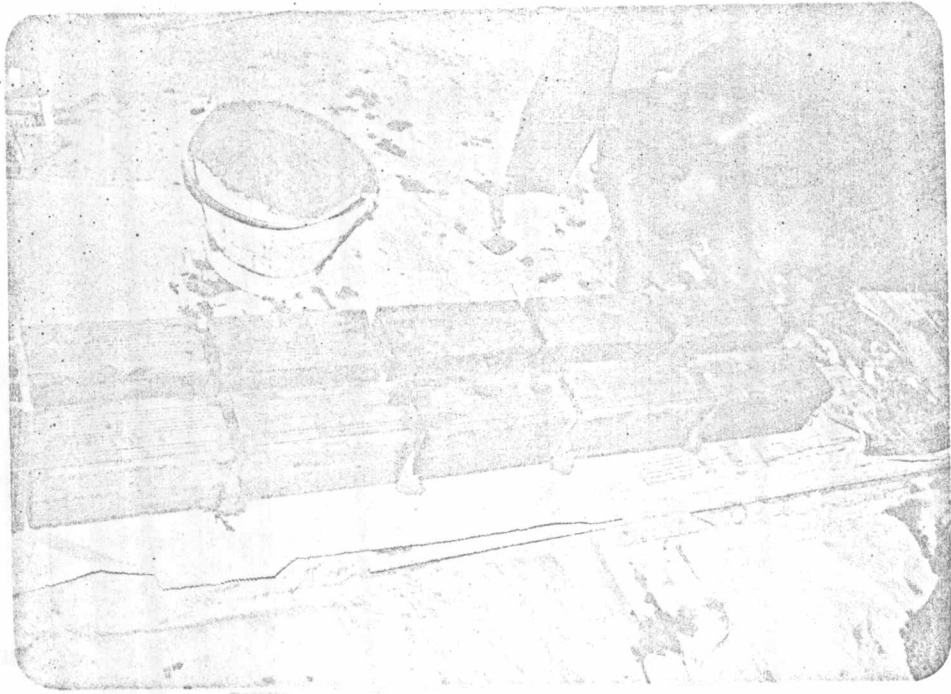


(ก) พื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก SA-1

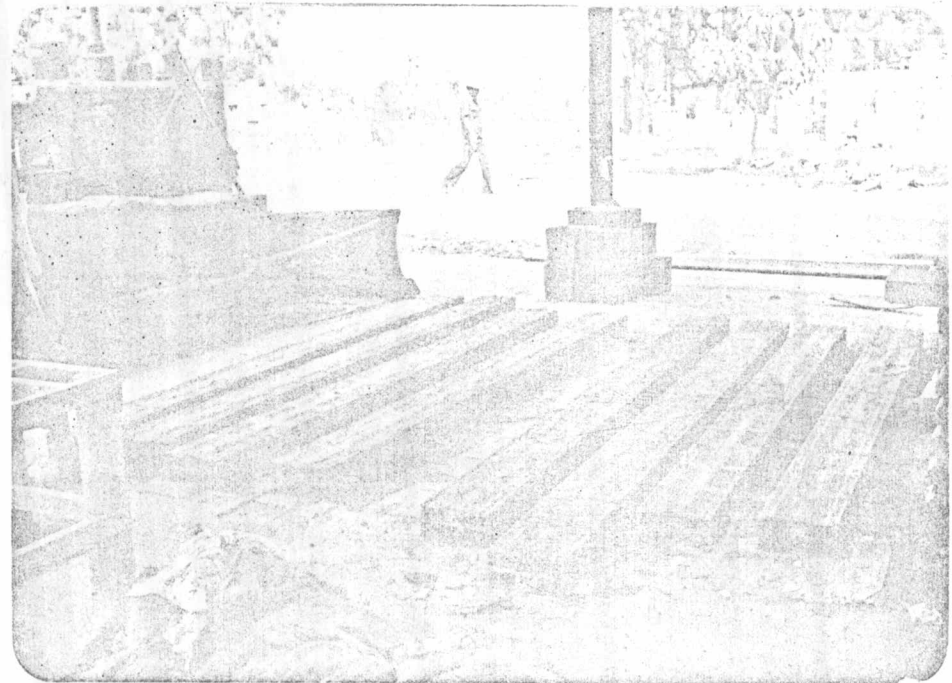


(ข) พื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก SB-1

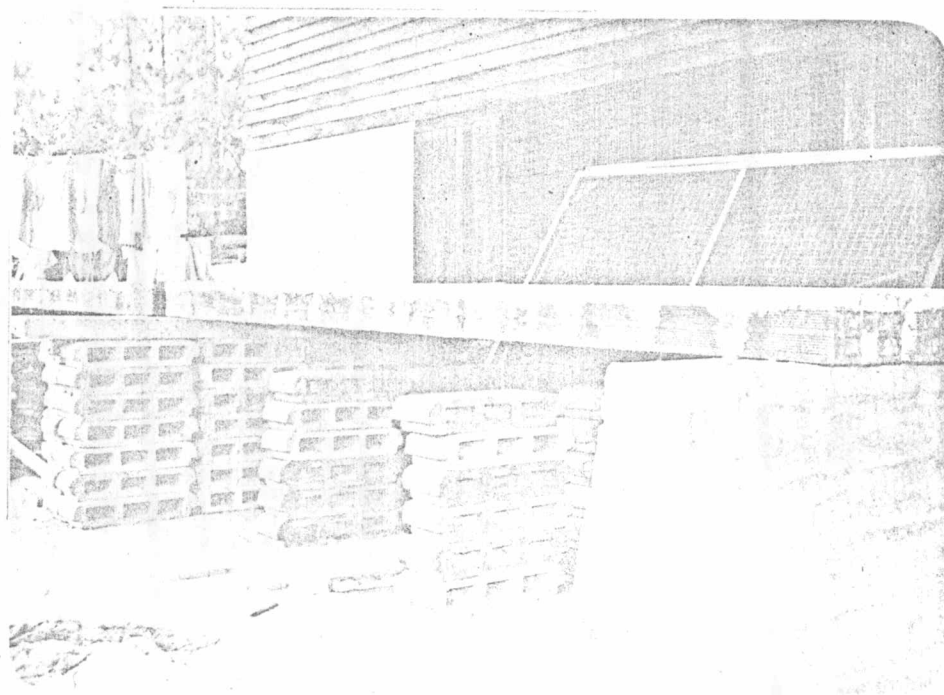
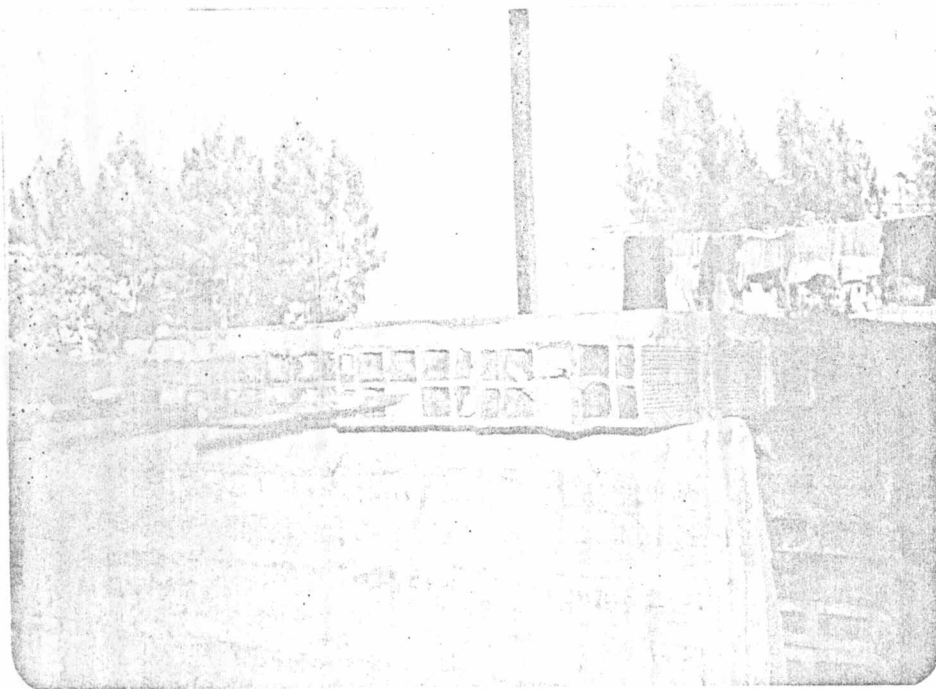
รูปที่ ต.๔ แผ่นพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก



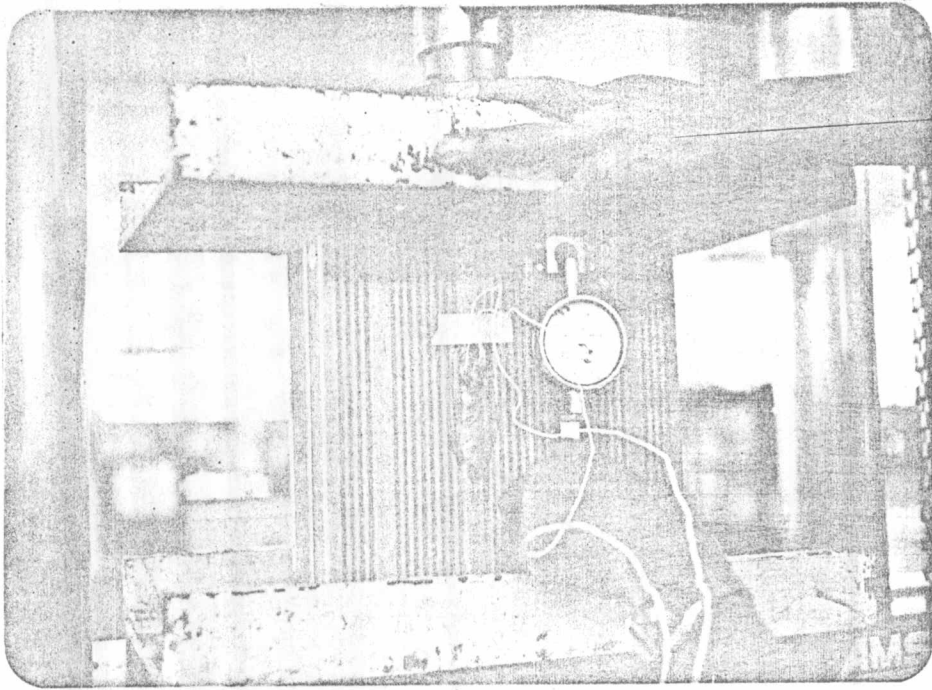
รูปที่ ๓.๕ วิธีการก่อสร้างคานอิฐก่อ



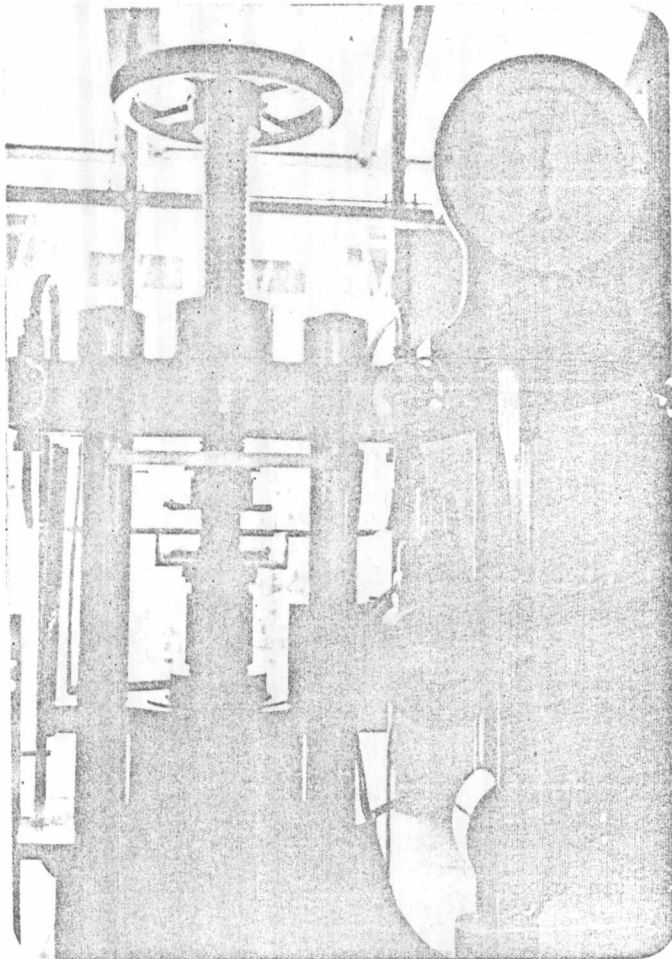
รูปที่ ๓.๖ คานประกอบอิฐเสริมเหล็กที่ใช้ทดลองการรับน้ำหนักบรรทุก



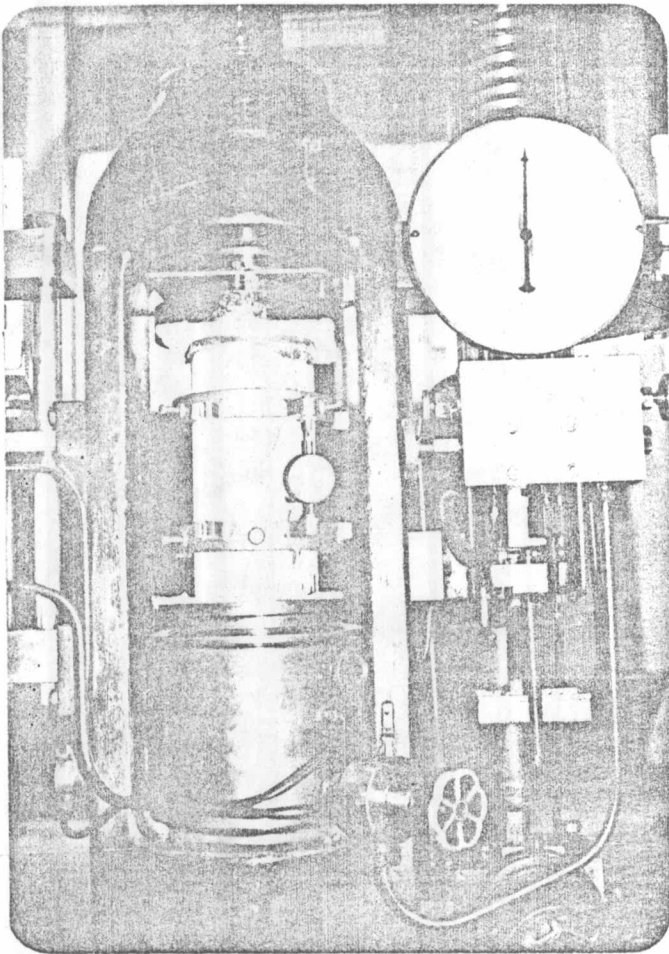
รูปที่ ๓.๗ แผ่นพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐ เสริมเหล็กที่ใช้ทดลอง
การรับน้ำหนักบรรทุก



รูปที่ ๔.๑ การทดลองหาค่าลึงอัตราลยของอิฐโปรง



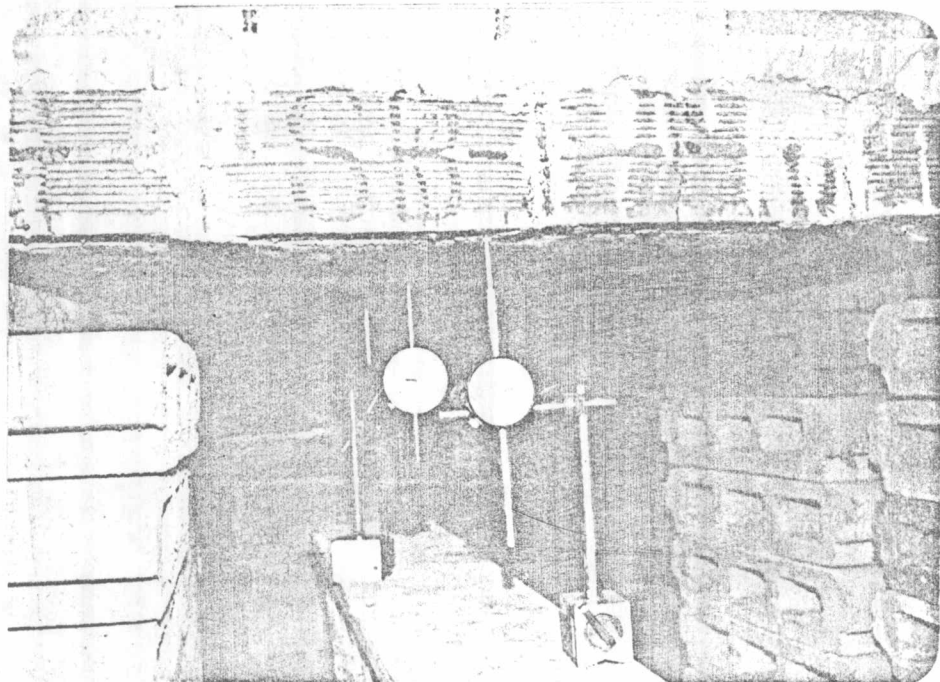
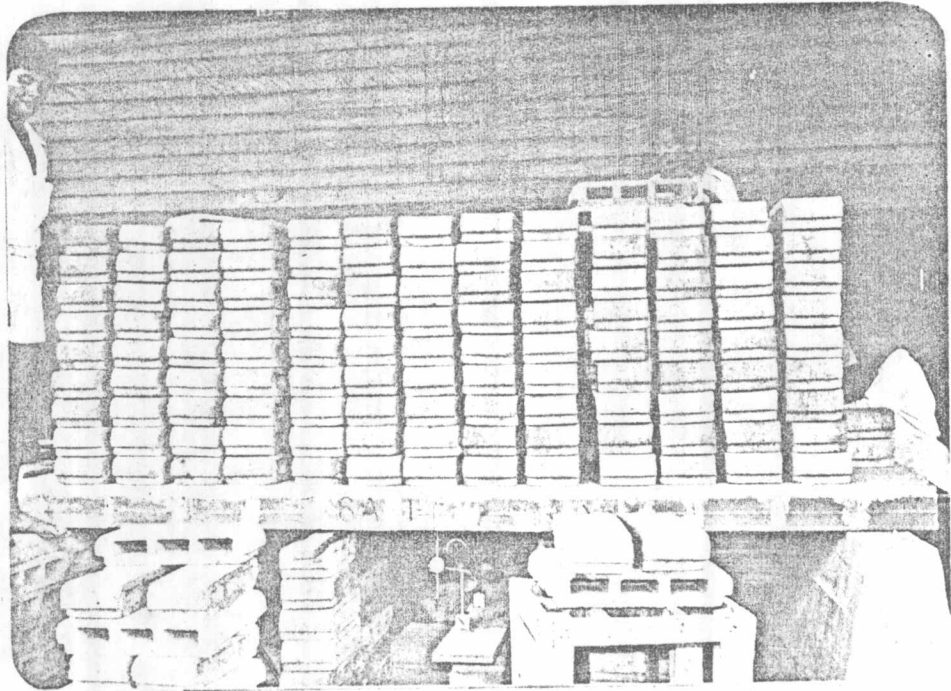
รูปที่ ๔.๒ การทดลองหาค่าลึงอัตราลยของบุนสอ



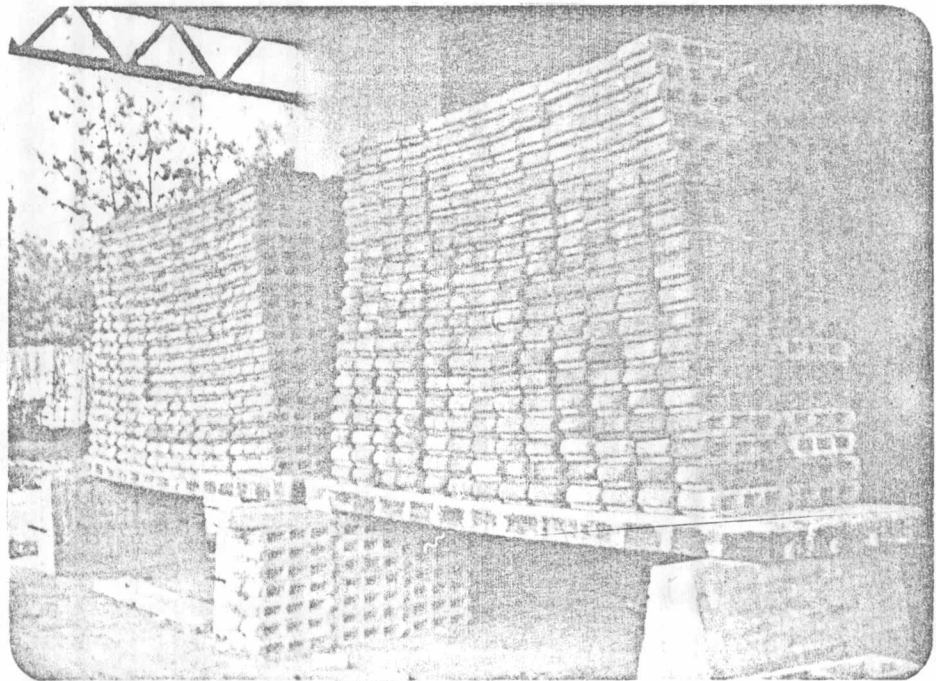
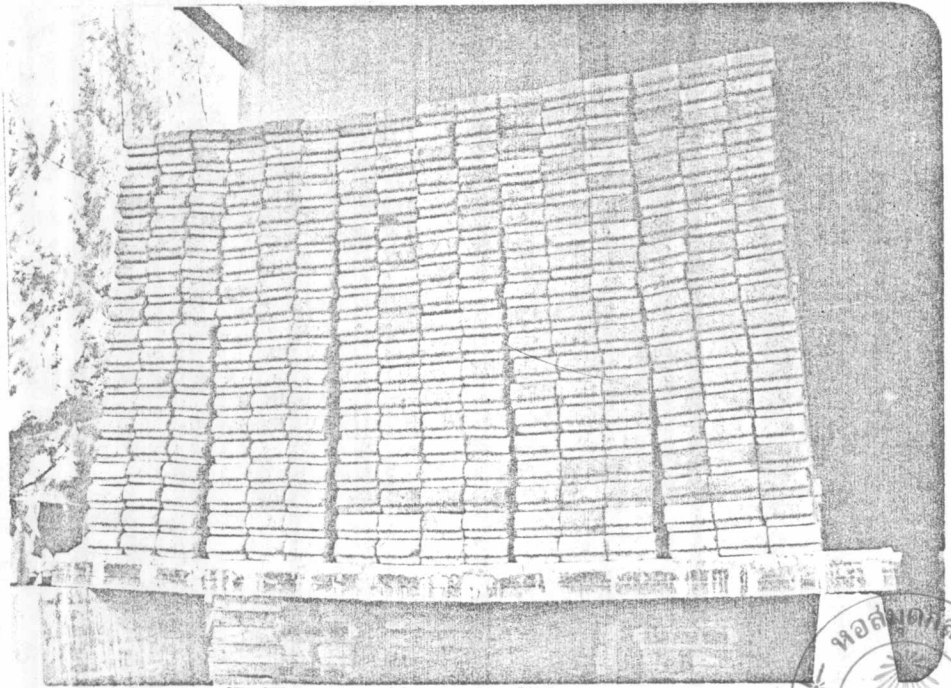
รูปที่ ๔.๓ การทดลองหาค่าลึงฮัด
ประลัยของคอนกรีต



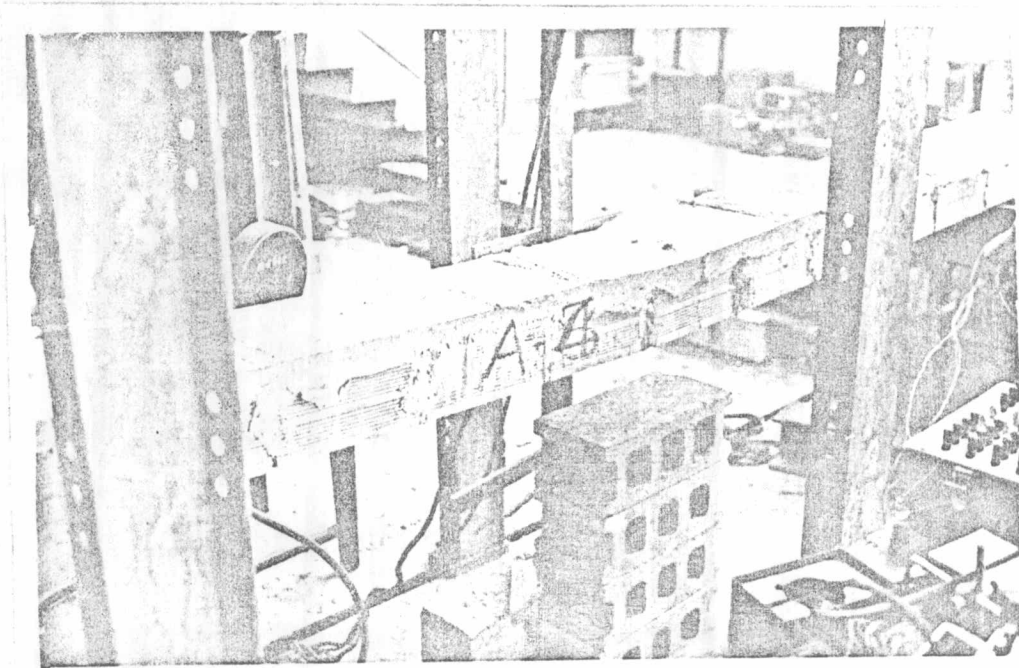
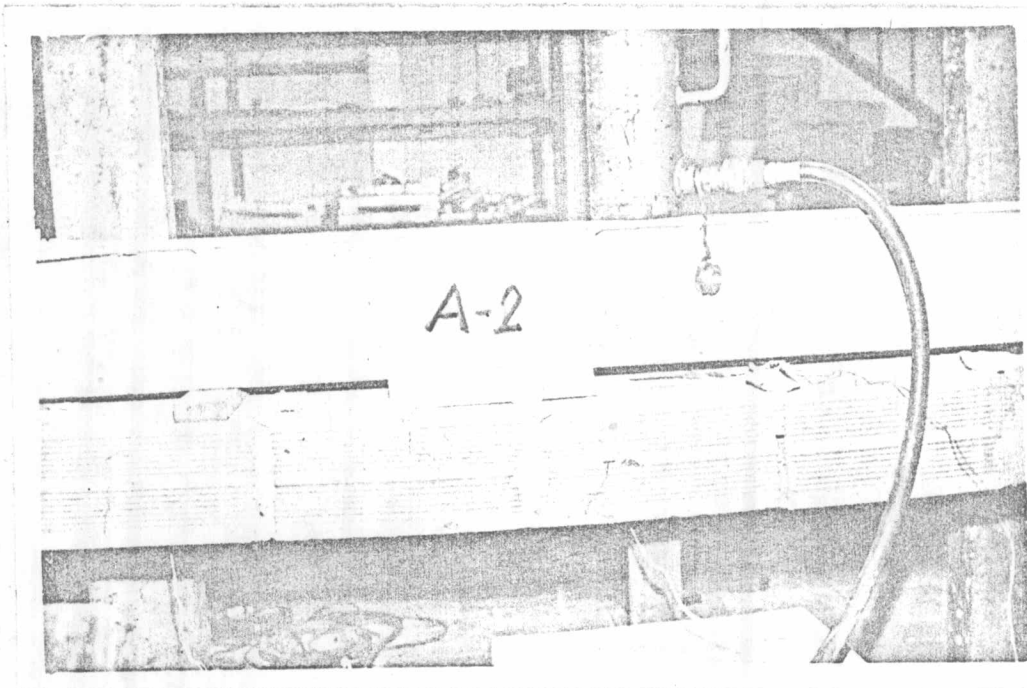
รูปที่ ๔.๔ การทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของคานประกอบ



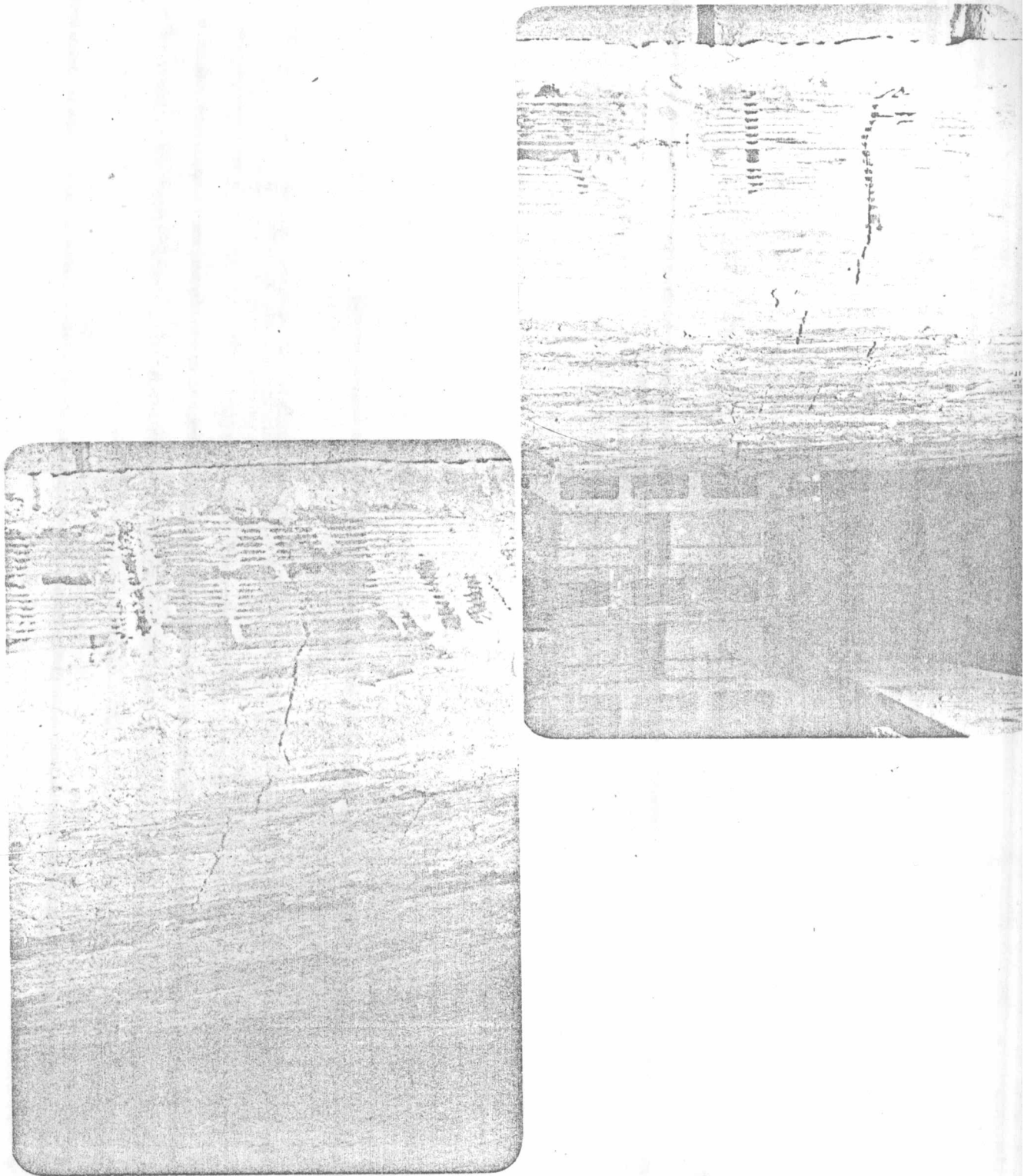
รูปที่ ๔.๔ การติดตั้งกระเบื้องโองในการทดลองแผ่นพื้นประกอบ



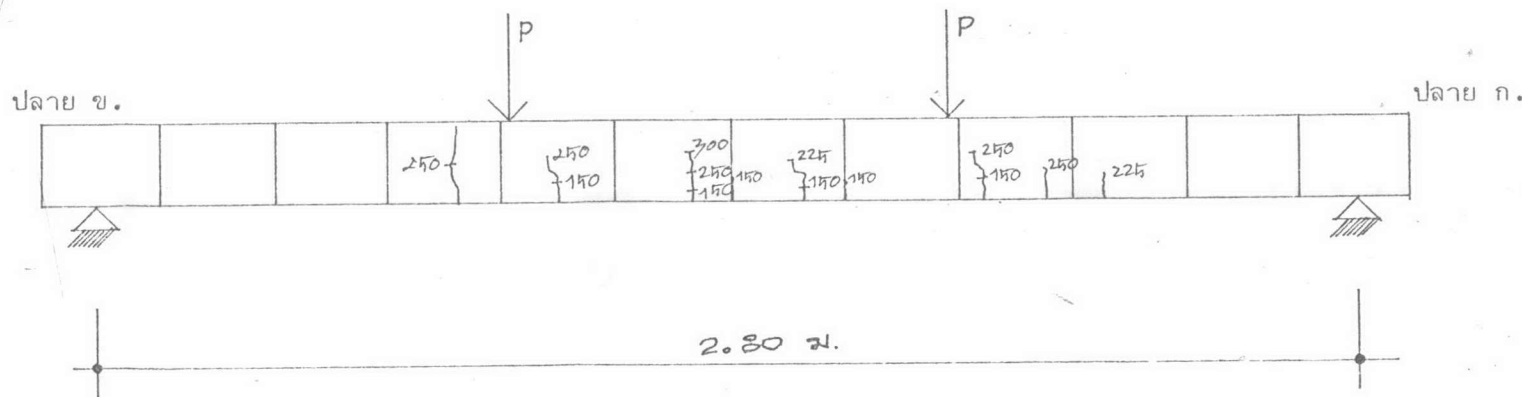
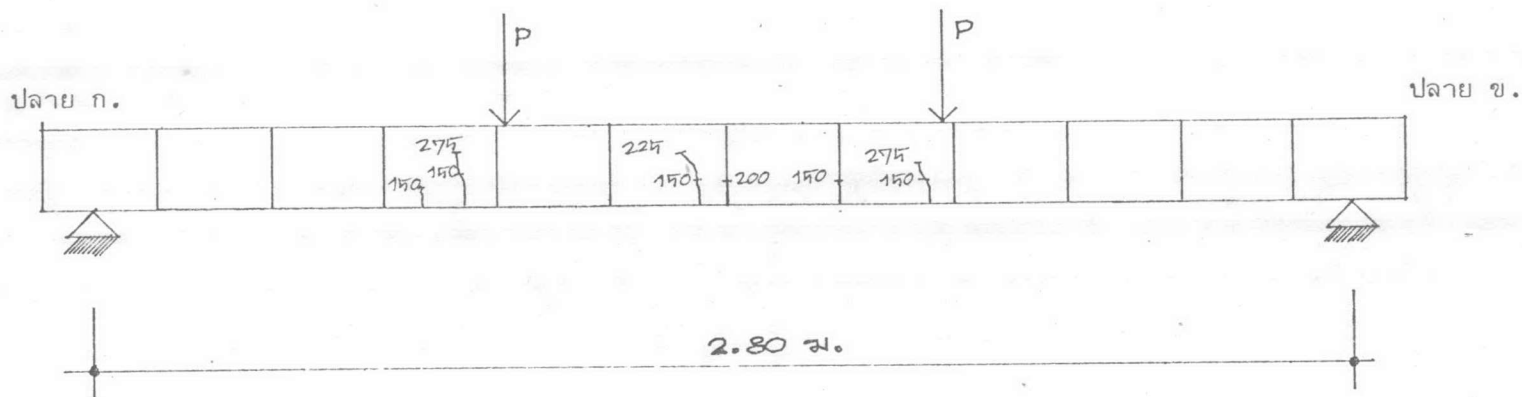
รูปที่ ๔.๖ การทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นประกอบ



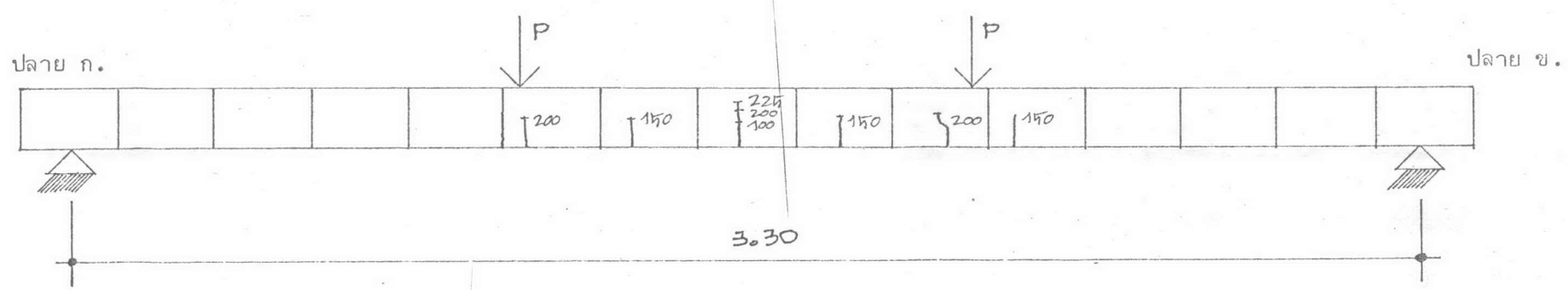
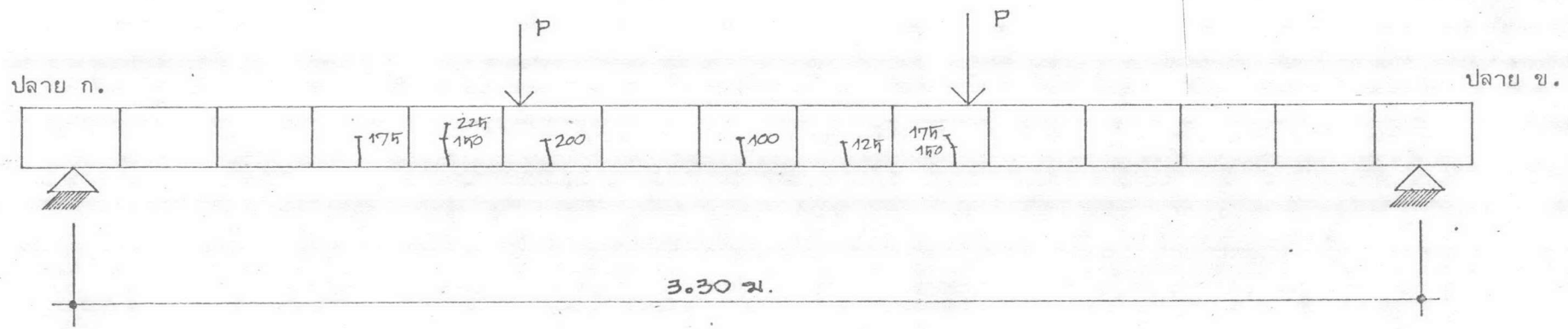
รูปที่ ๔.๗ ลักษณะการแตกร้าวของคานประกอบ



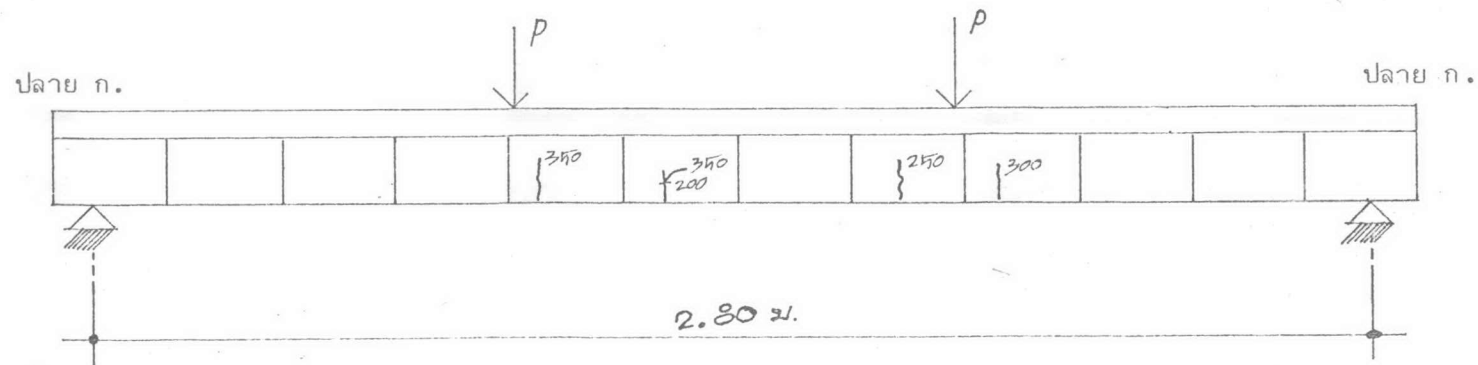
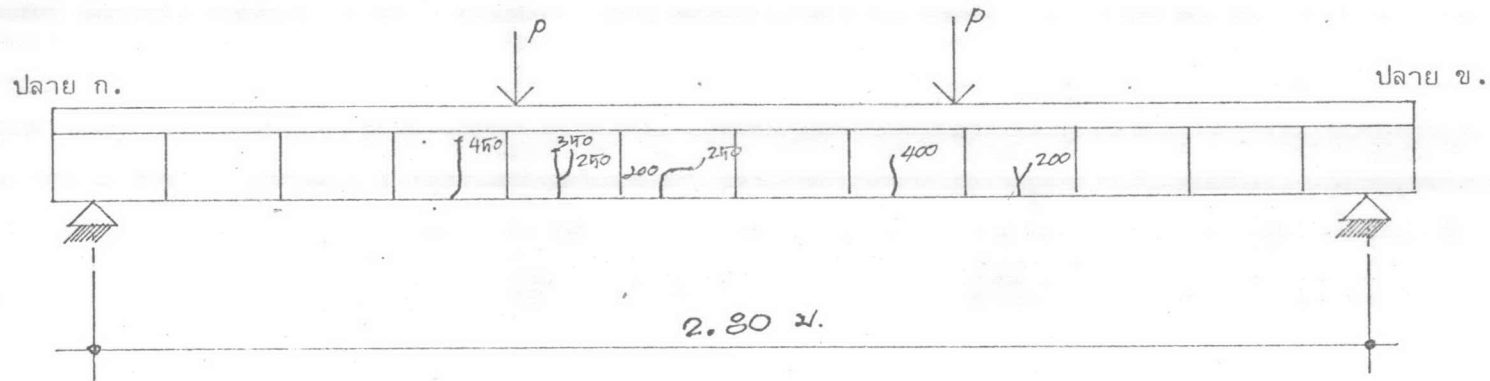
รูปที่ ๔.๘ ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้นประกอบ



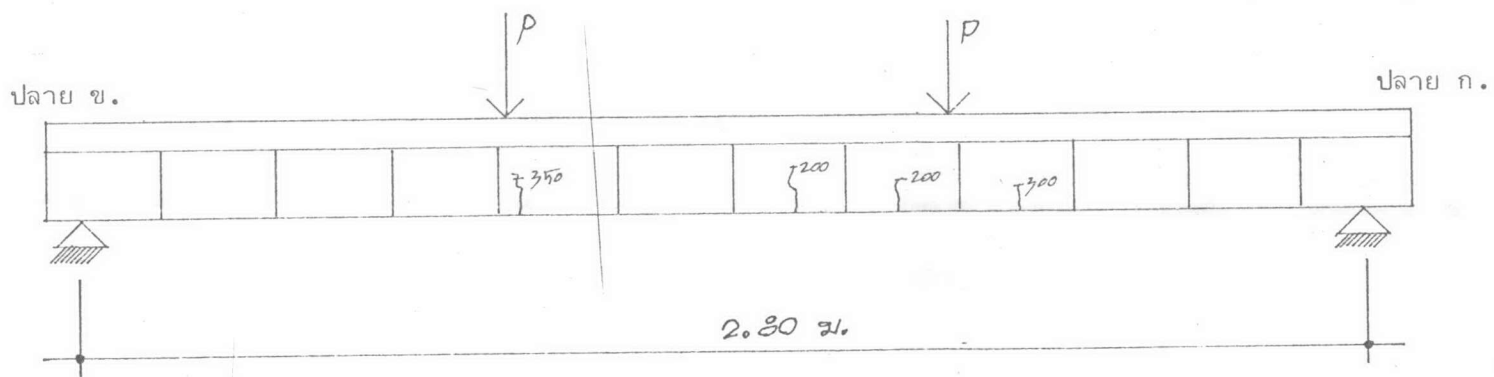
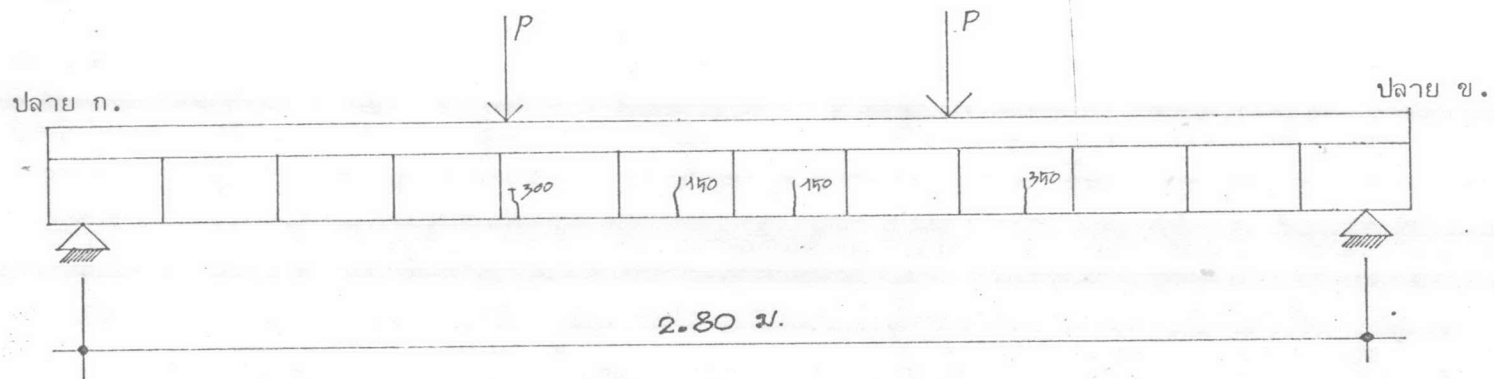
รูปที่ ๔.๑๐ ลักษณะของการแตกร้าวของคานประกอบ A-2



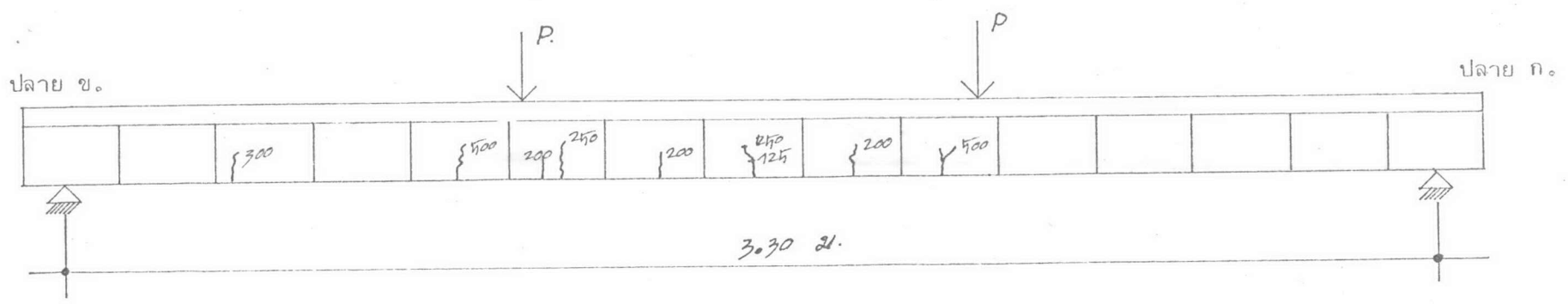
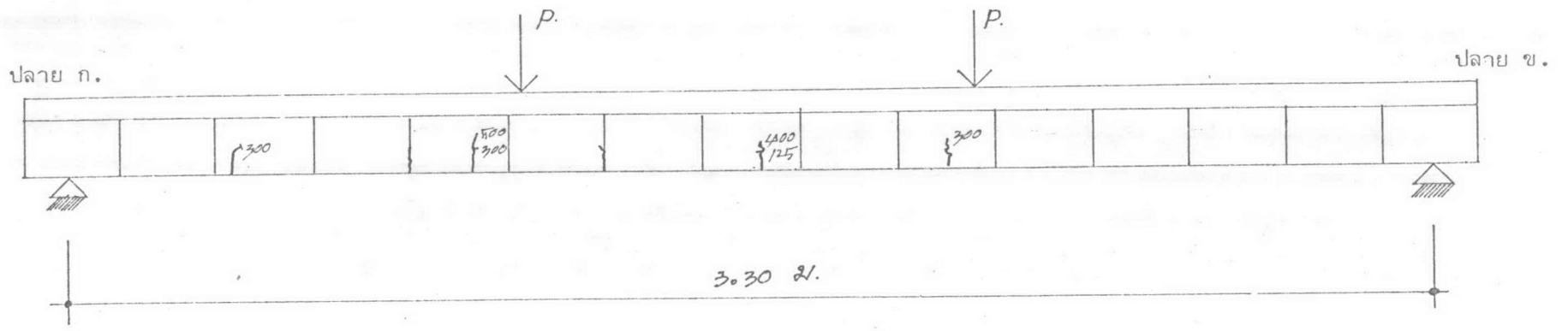
รูปที่ ๔.๑๒ ลักษณะของการแตกตัวของคานประกอบ B-2



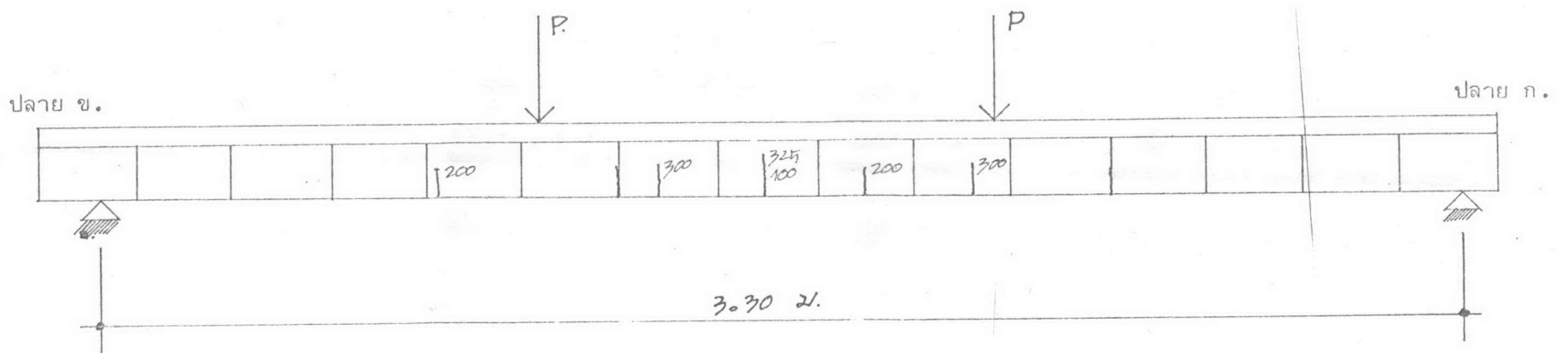
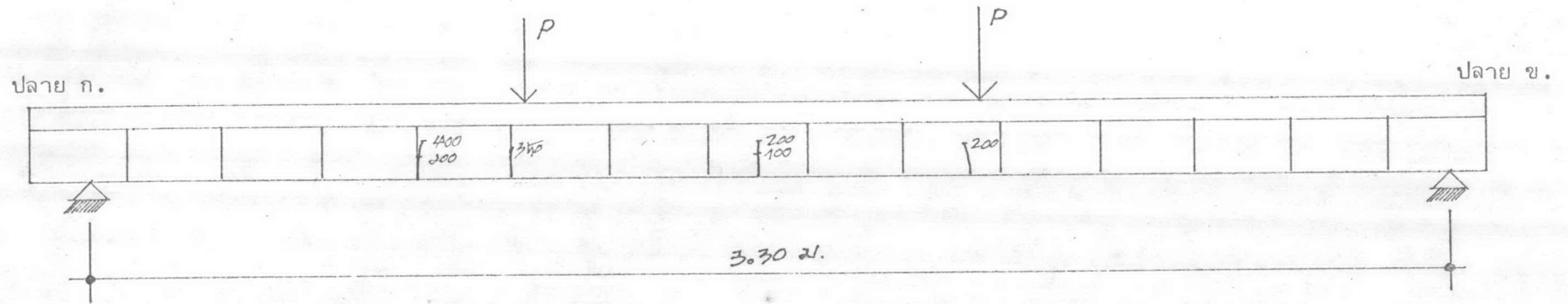
รูปที่ ๔.๑๓ ลักษณะของการแตกร้าวของคานประกอบ A-3



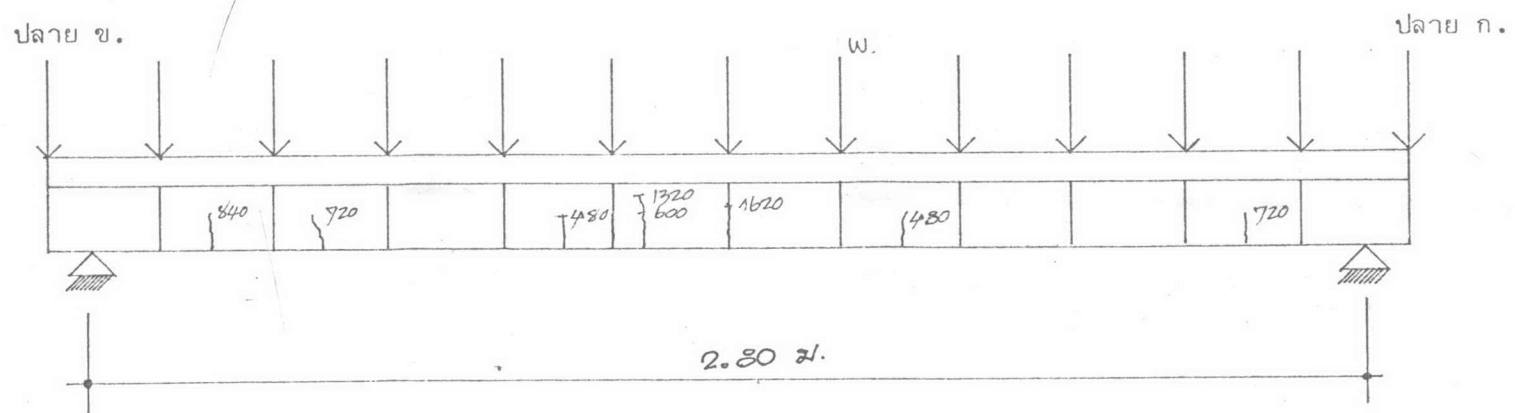
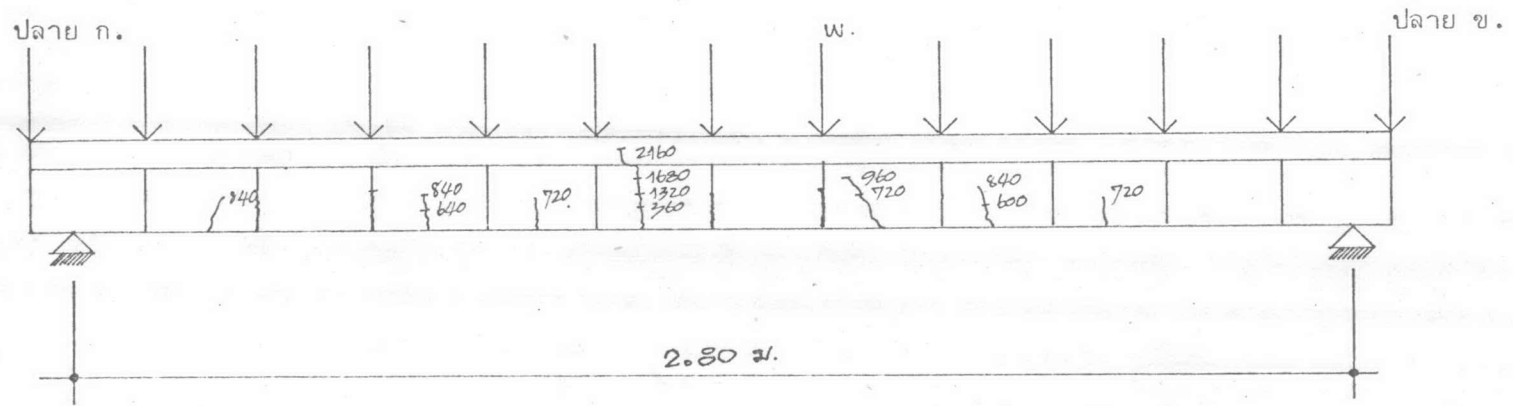
รูปที่ ๔.๑๔ ลักษณะของการแตกร้าวของคานประกอบ A-4



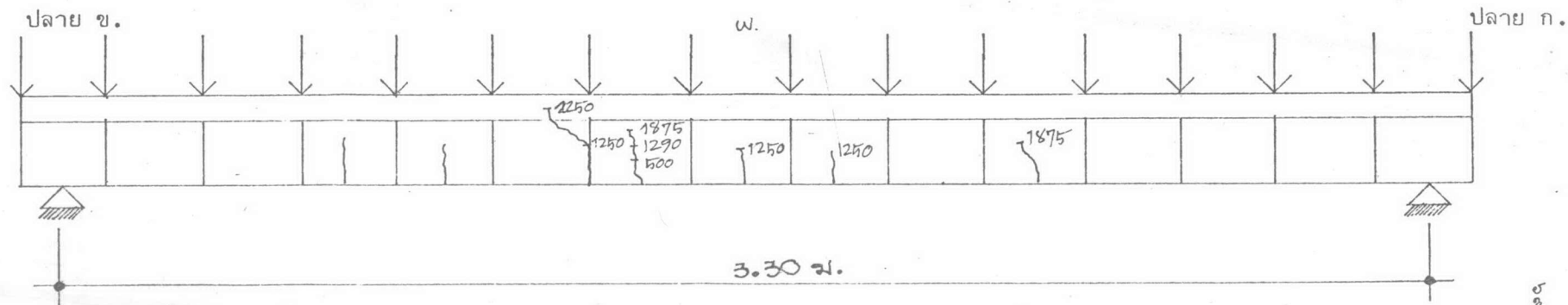
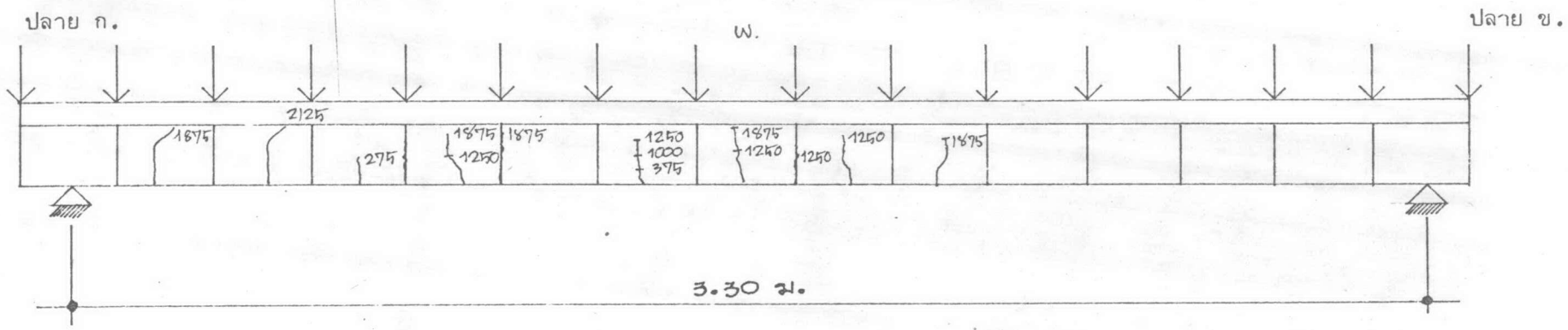
รูปที่ ๔.๑๕ ลักษณะของการแตกร้าวของคานประกอบ B-3



รูปที่ ๔.๑๖ ลักษณะการแตกร้าของคานประกอบ B-4



รูปที่ ๔.๑๗ ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้นประกอบ SA-1



รูปที่ ๔.๑๘ ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้นประกอบ SB-1

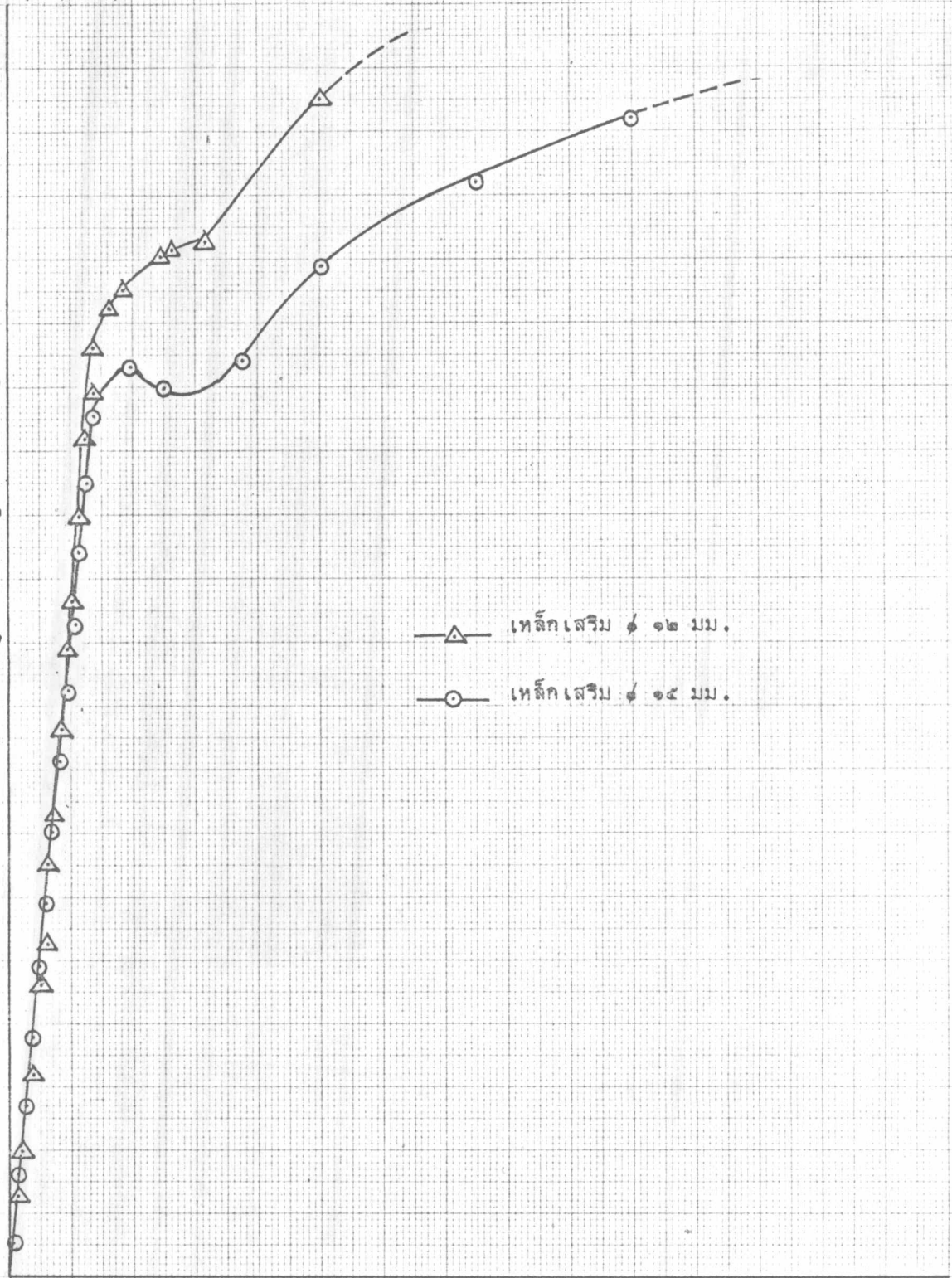
หน่วยแรงดึง (กก/ซม^๒)

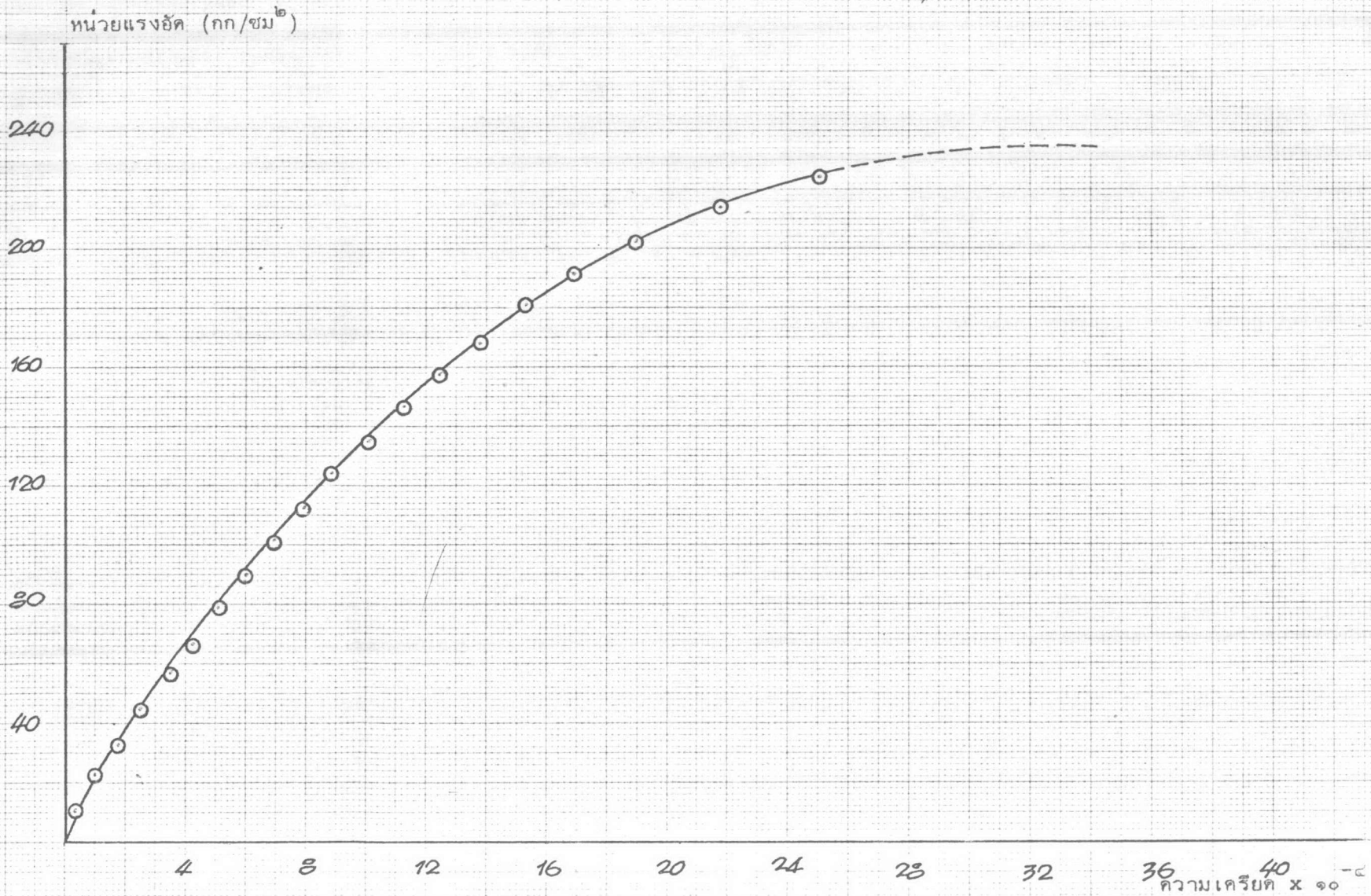
3600
3200
2800
2400
2000
1600
1200
800
400

—△— เหล็กเสริม φ ๑๒ มม.
—○— เหล็กเสริม φ ๑๔ มม.

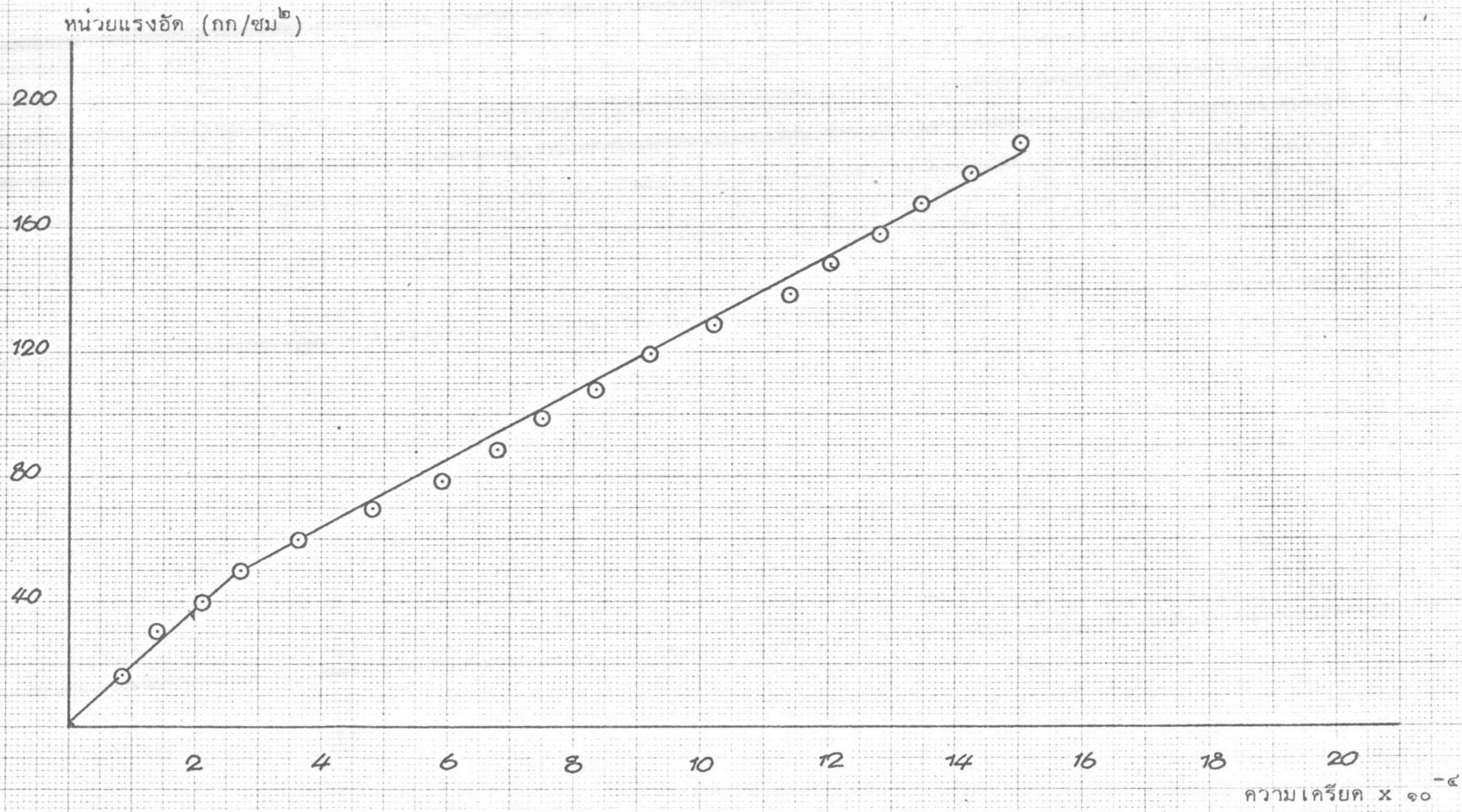
2 4 6 8 10 12 ความเครียด $\times 10^{-3}$

รูปที่ ๔.๒๐ การทดสอบหน่วยแรงดึงของเหล็กเสริม



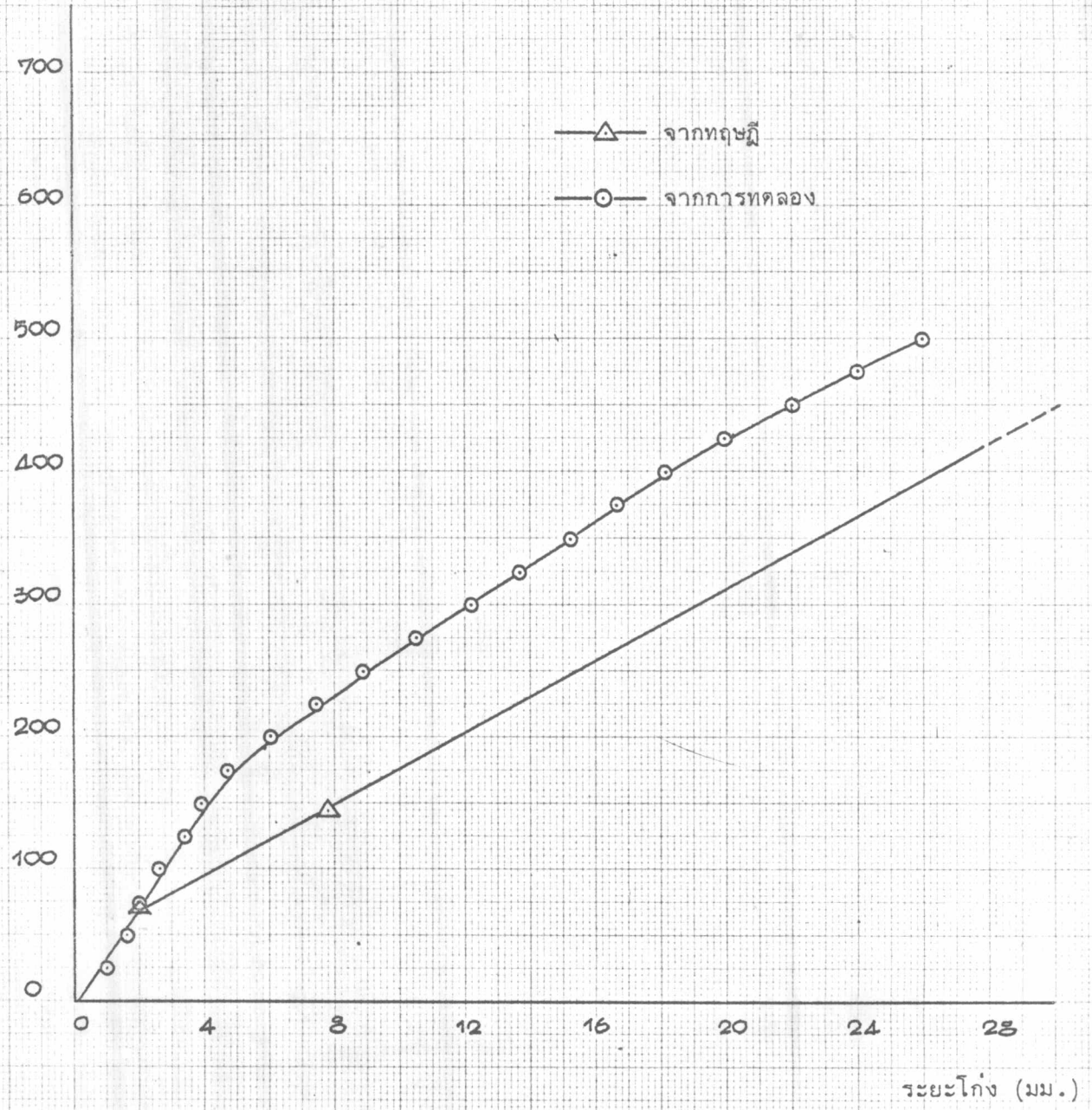


รูปที่ ๔.๒๐ การทดสอบหน่วยแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก



รูปที่ ๔.๒๑ การทดสอบหน่วยแรงอัดของอิฐโปรง

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



รูปที่ ๕.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน A-1

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

700

600

500

400

300

200

100

0

4

8

12

16

20

24

28

ระยะโค้ง (มม.)

—△— จากทฤษฎี

—○— จากการทดลอง

รูปที่ ๕.๖ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโค้งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน A-2

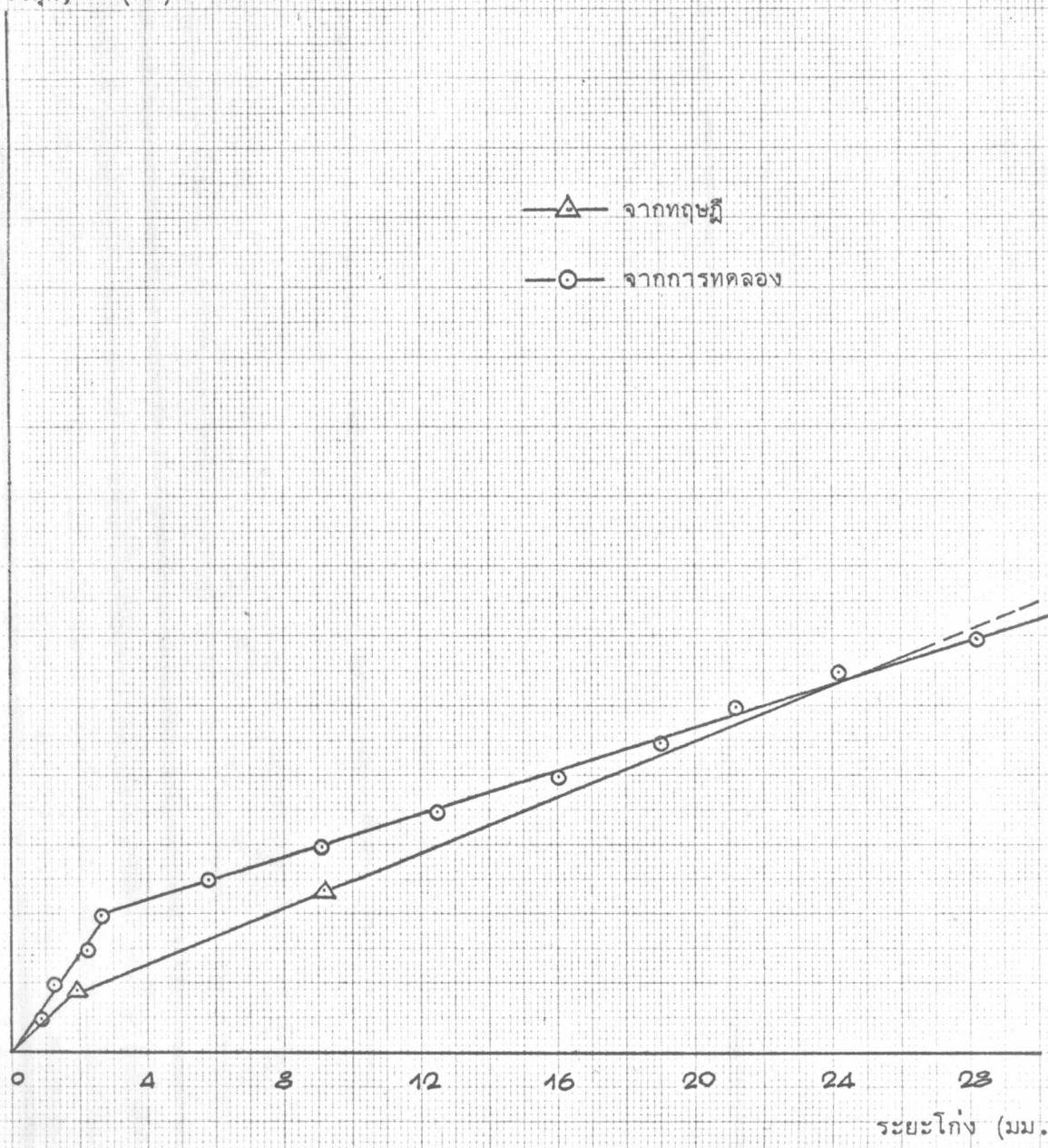
น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

700
600
500
400
300
200
100
0

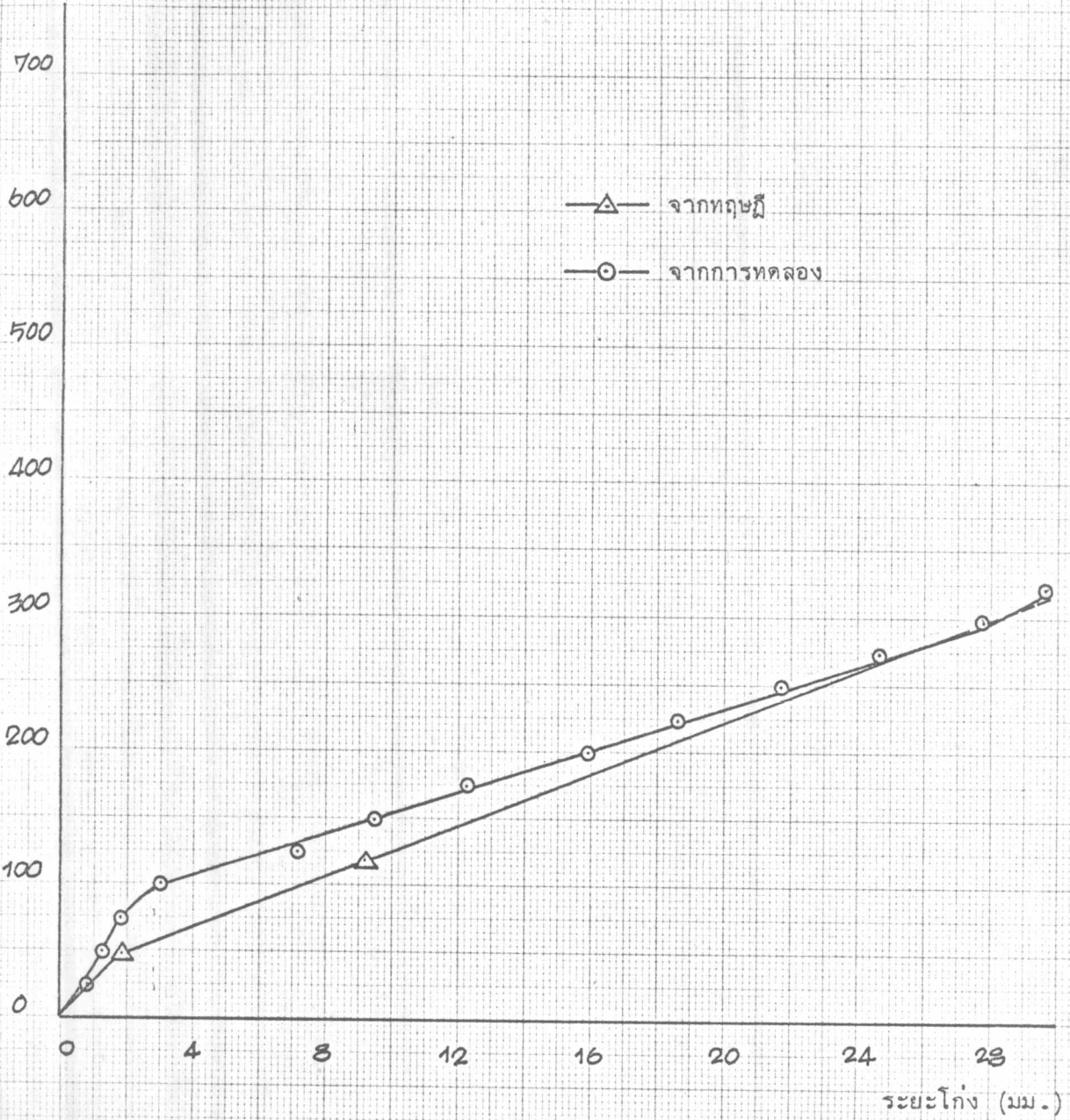
—△— จากทฤษฎี
—○— จากการทดลอง

0 4 8 12 16 20 24 28
ระยะโก่ง (มม.)

รูปที่ ๕.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน B-1



น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



รูปที่ ๕.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน B-2

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

700

600

500

400

300

200

100

0

0

4

8

12

16

20

24

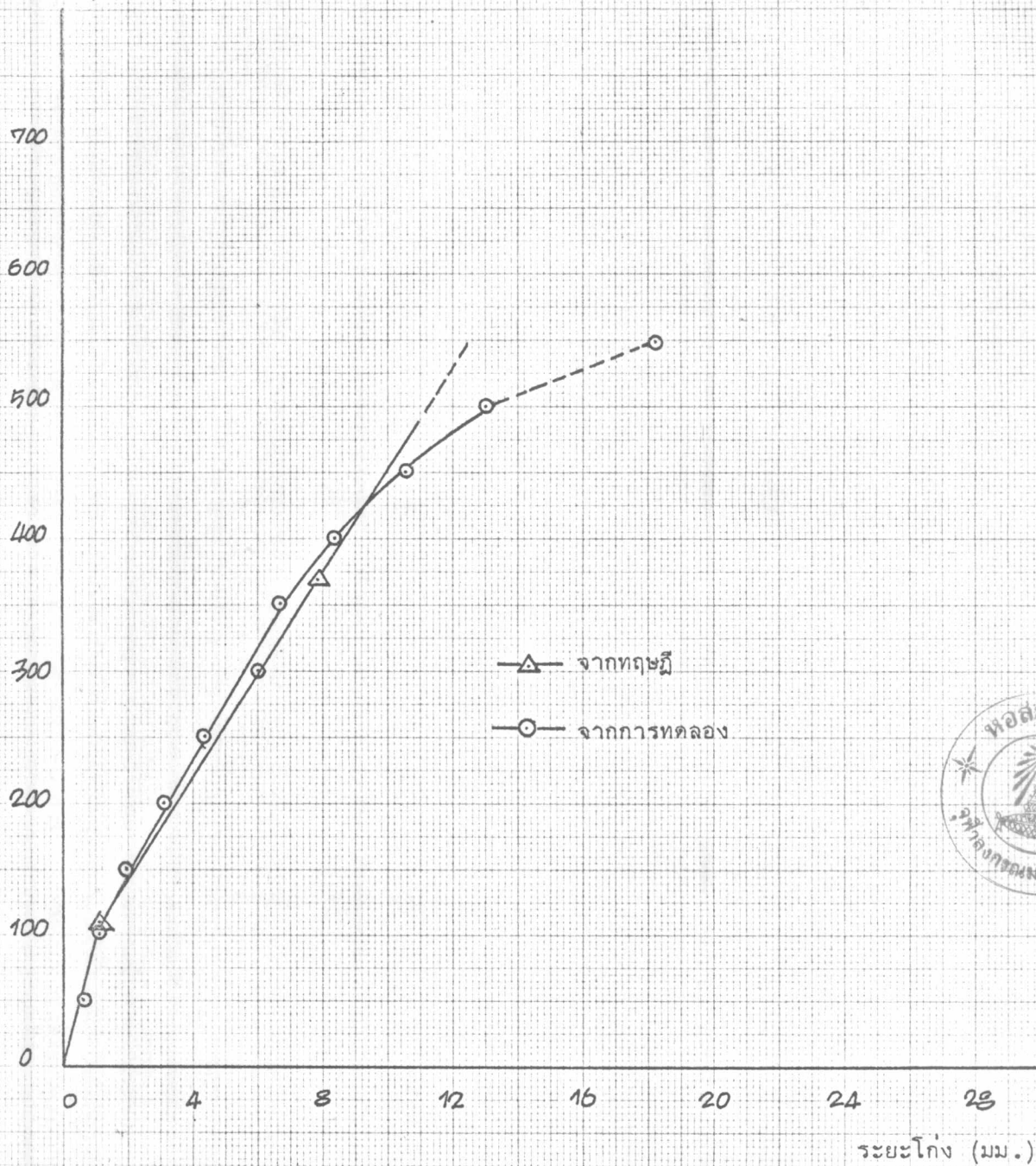
28

ระยะโก่ง (มม.)

—△— จากทฤษฎี
—○— จากการทดลอง

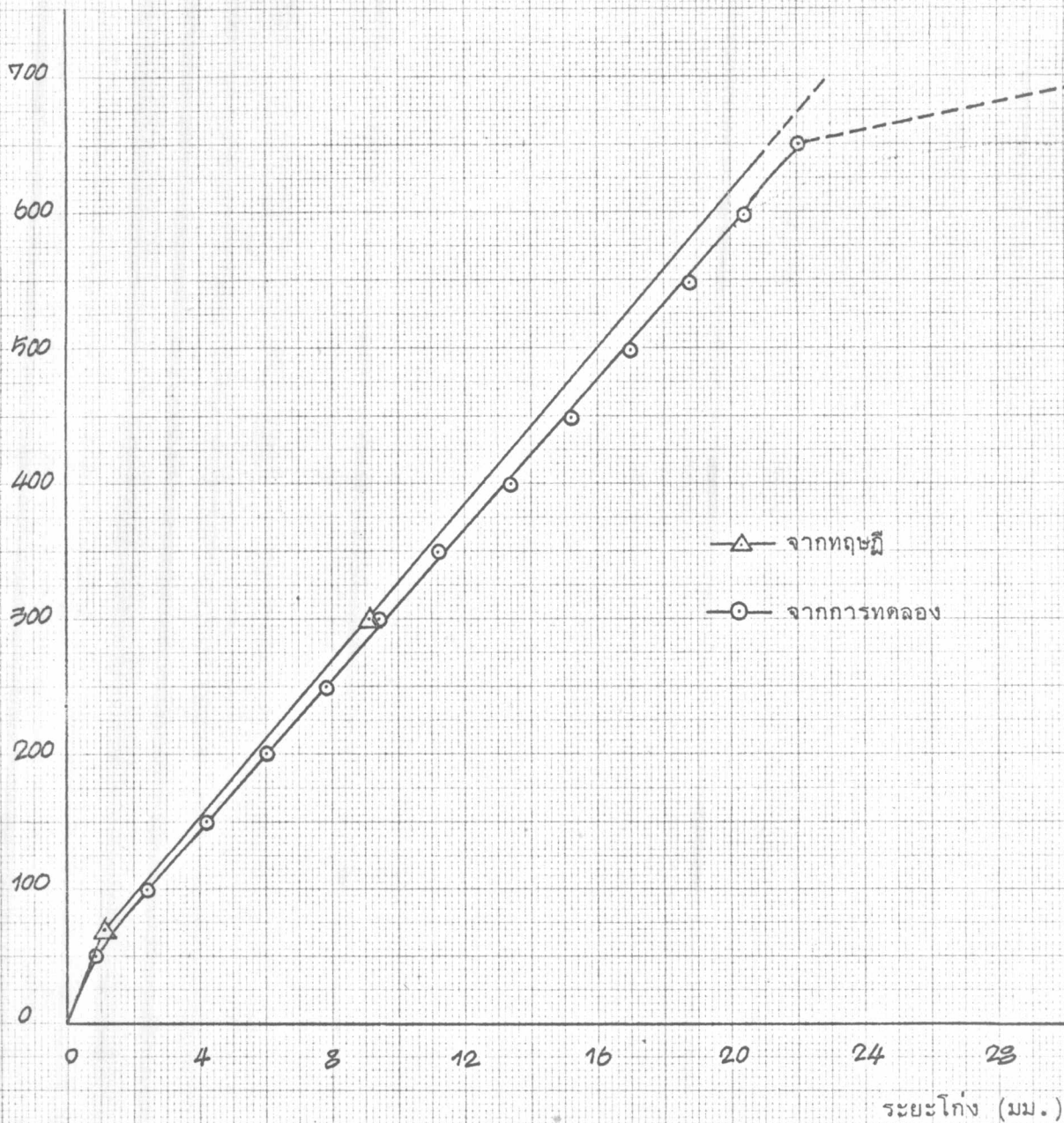
รูปที่ ๔.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน A-3

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



รูปที่ ๕.๖ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน A-4

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



รูปที่ ๕.๗ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน B-3

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

700

600

500

400

300

200

100

0

0

4

8

12

16

20

24

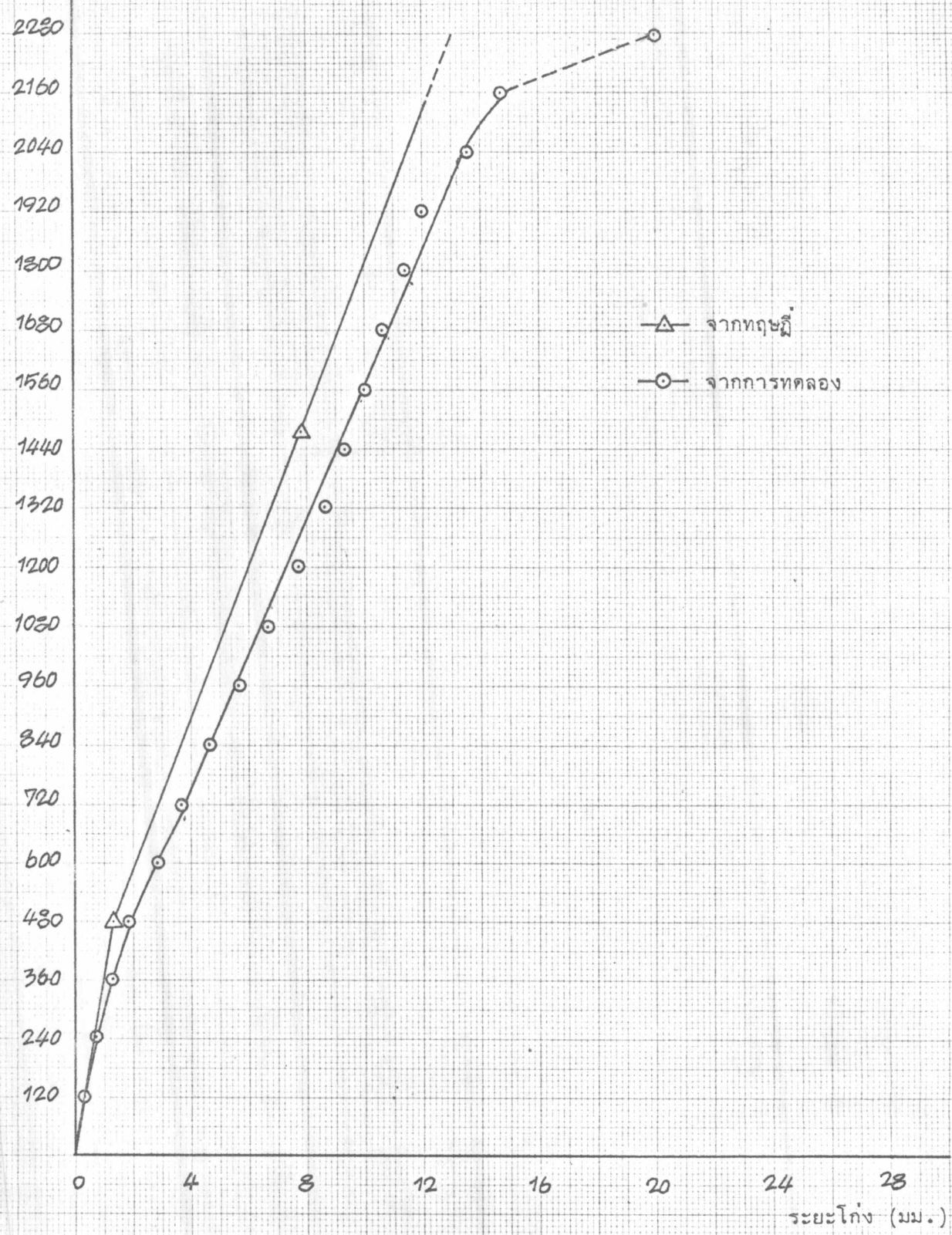
28

ระยะโก่ง (มม.)

- △— จากทฤษฎี
- จากการทดลอง

รูปที่ ๕.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
ของคาน B-4

น้ำหนักบรรทุก (กก./ม^๒)



รูปที่ ๕.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของแผ่นพื้น SA-1

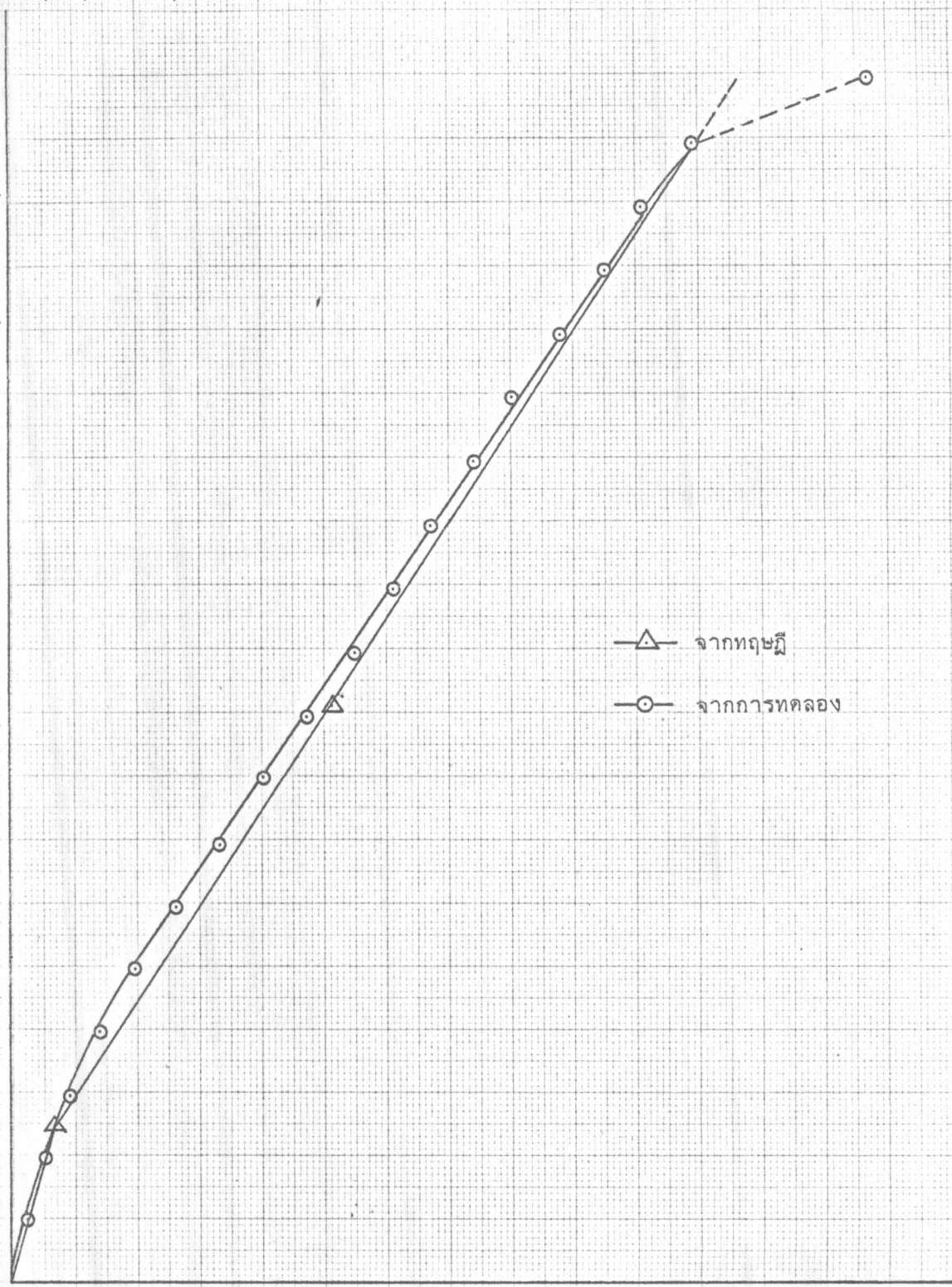
น้ำหนักบรรจุ (กก/ ม^๒)

2375
 2250
 2125
 2000
 1875
 1750
 1625
 1500
 1375
 1250
 1125
 1000
 875
 750
 625
 500
 375
 250
 125

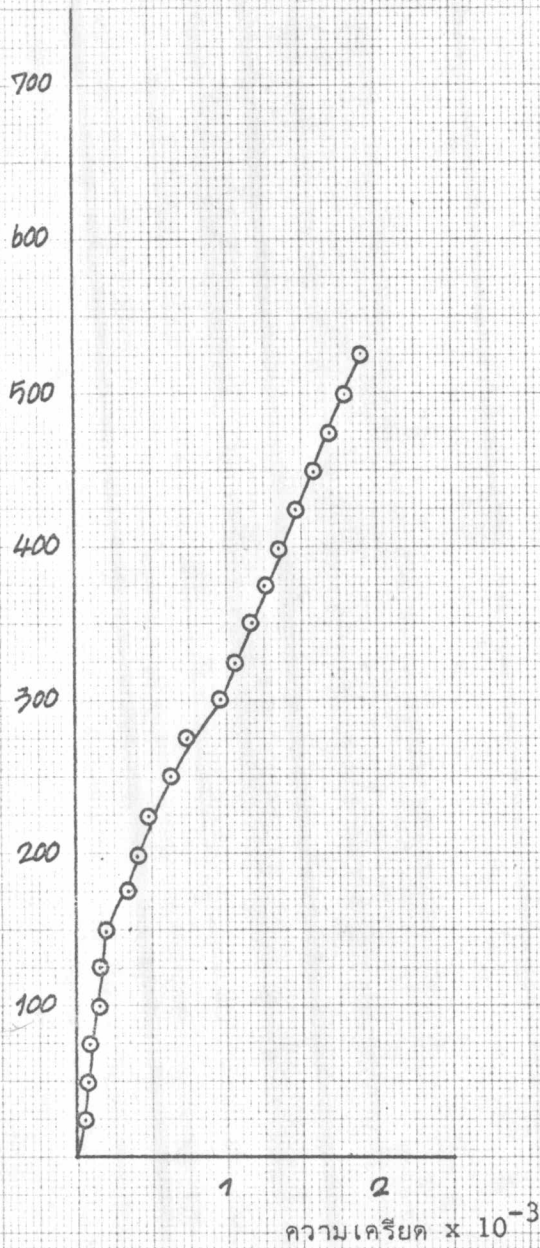
0 4 8 12 16 20 24 28
 ระยะโค้ง (มม.)

—△— จากทฤษฎี
 —○— จากการทดลอง

รูปที่ ๕.๑๐ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและระยะโค้งตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ
 ของแผ่นพื้น SB-1

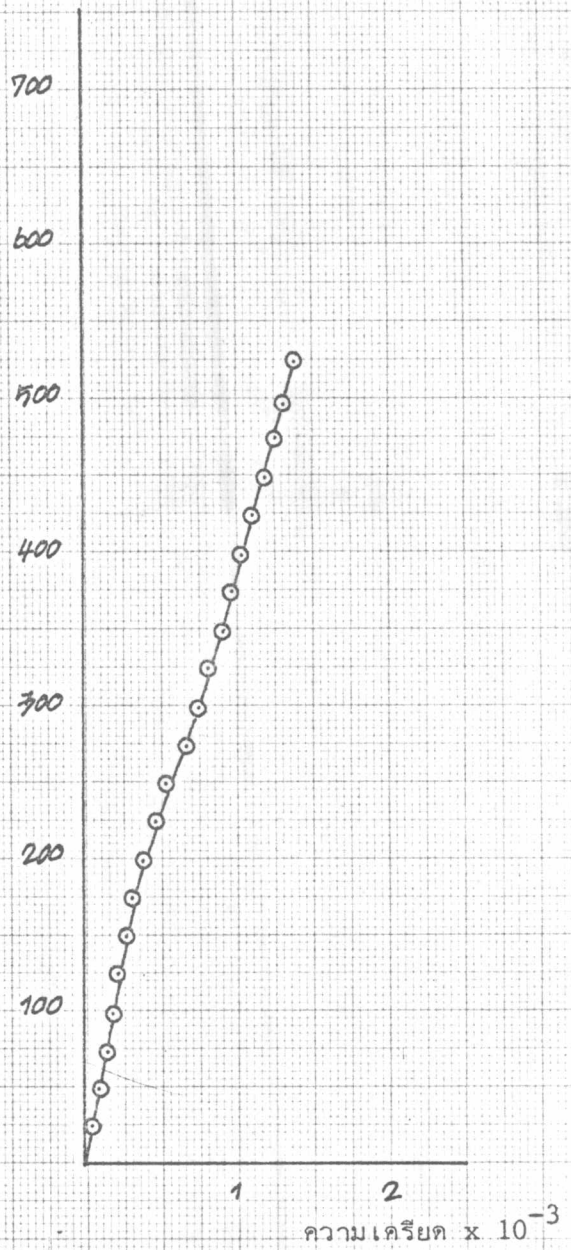


น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

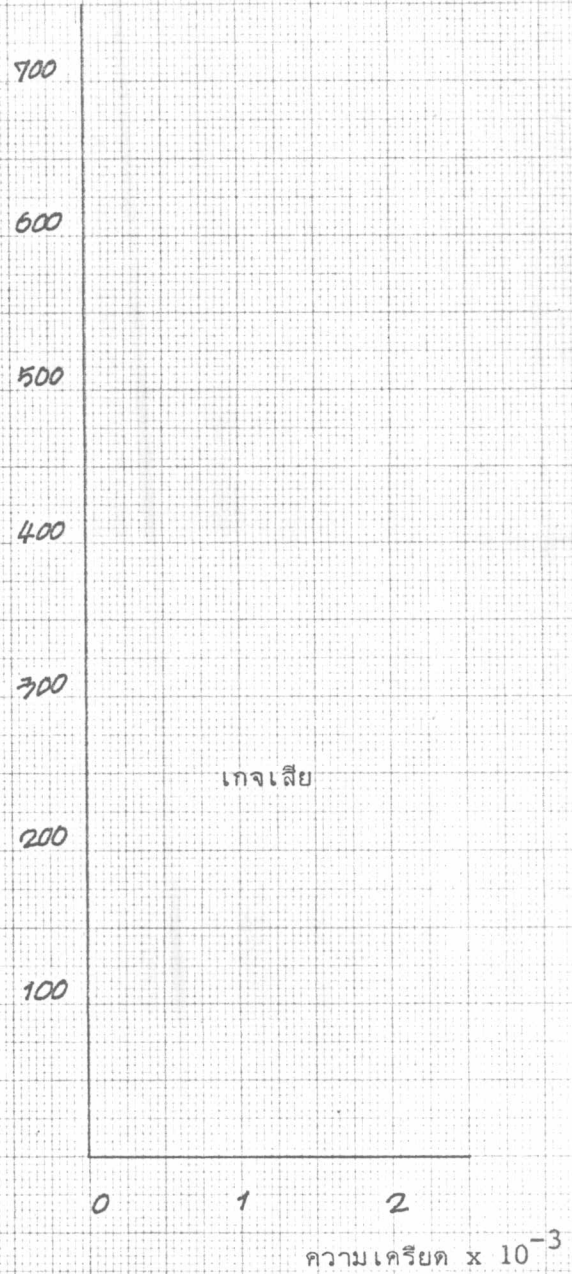
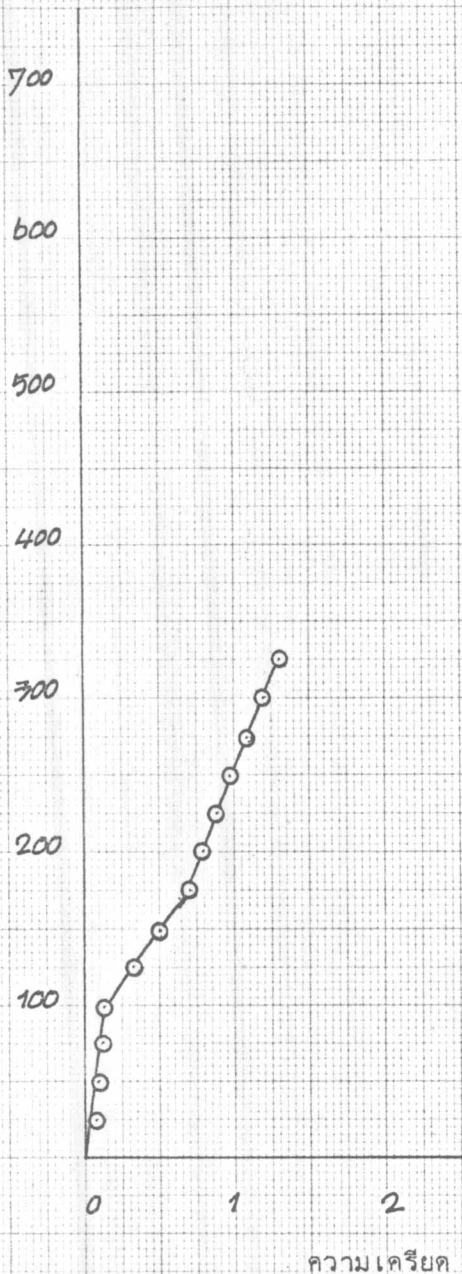


ความเครียดของฮีลล์

รูปที่ ๕.๑๑ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน A-1

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

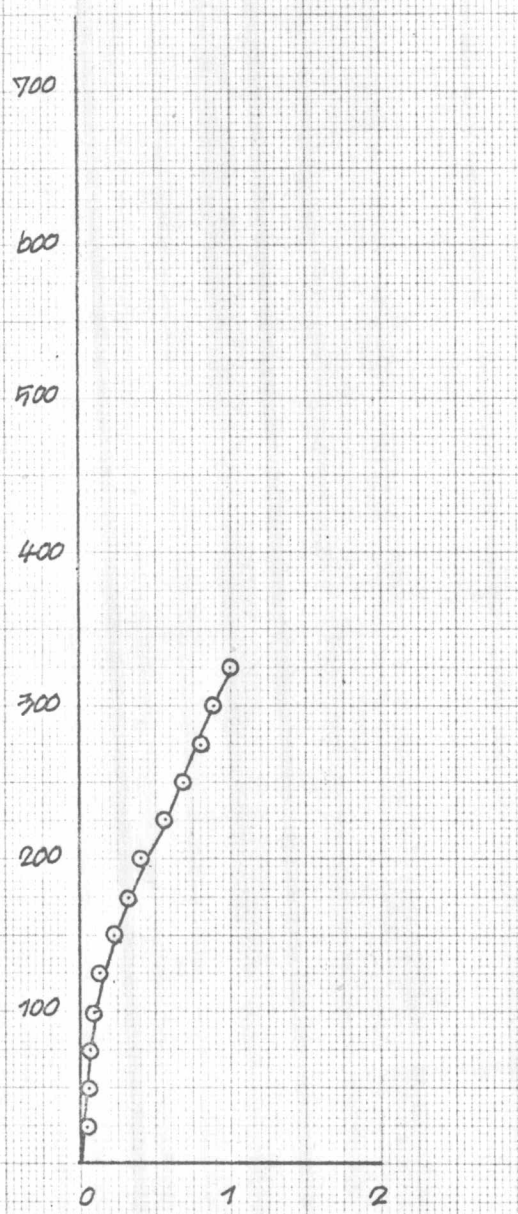


ความเครียดของเหล็กเสริม

ความเครียดของอิฐ

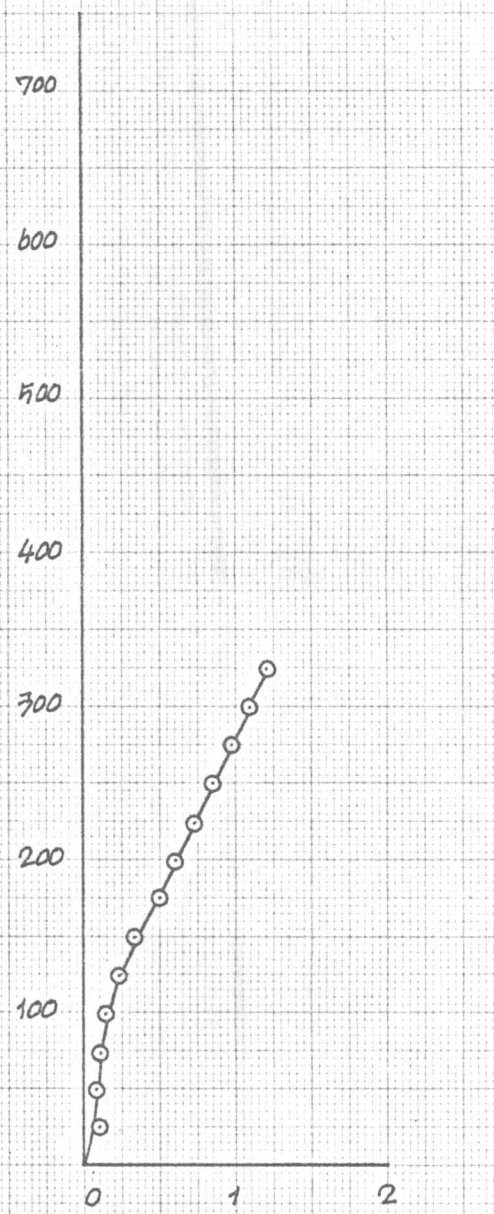
รูปที่ ๕.๑๒ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน A-2

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

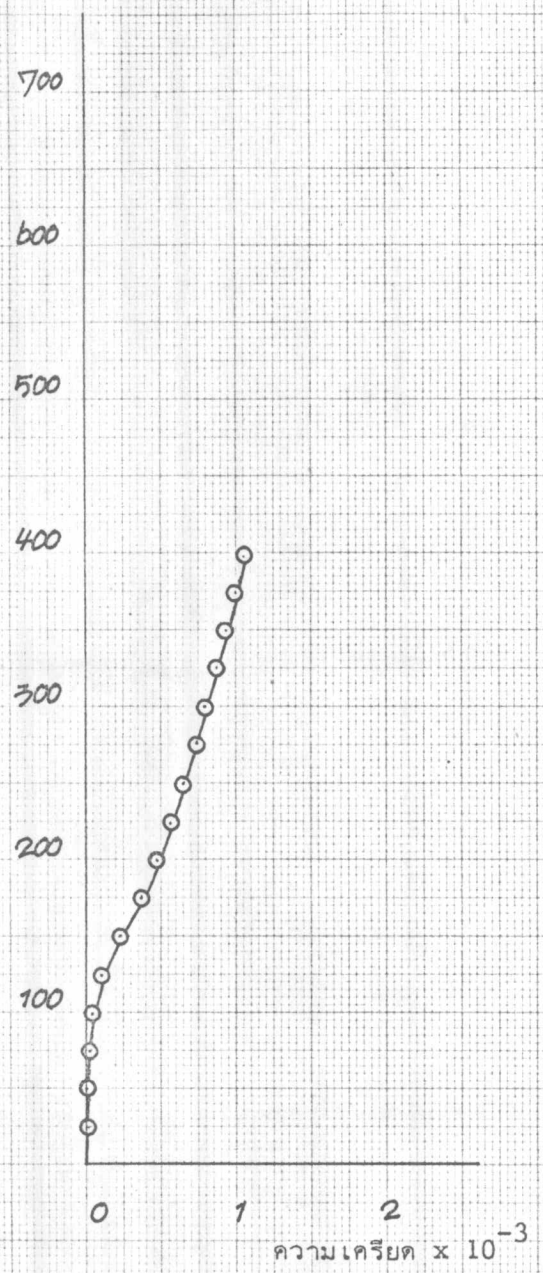
น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของอิฐ

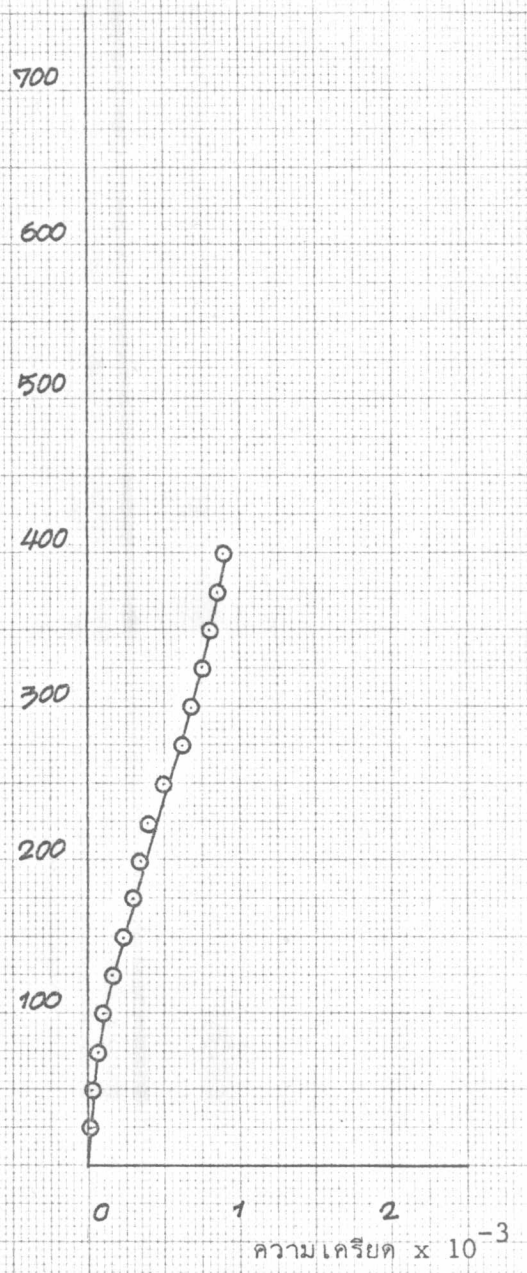
รูปที่ ๕.๑๓ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน B-1

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

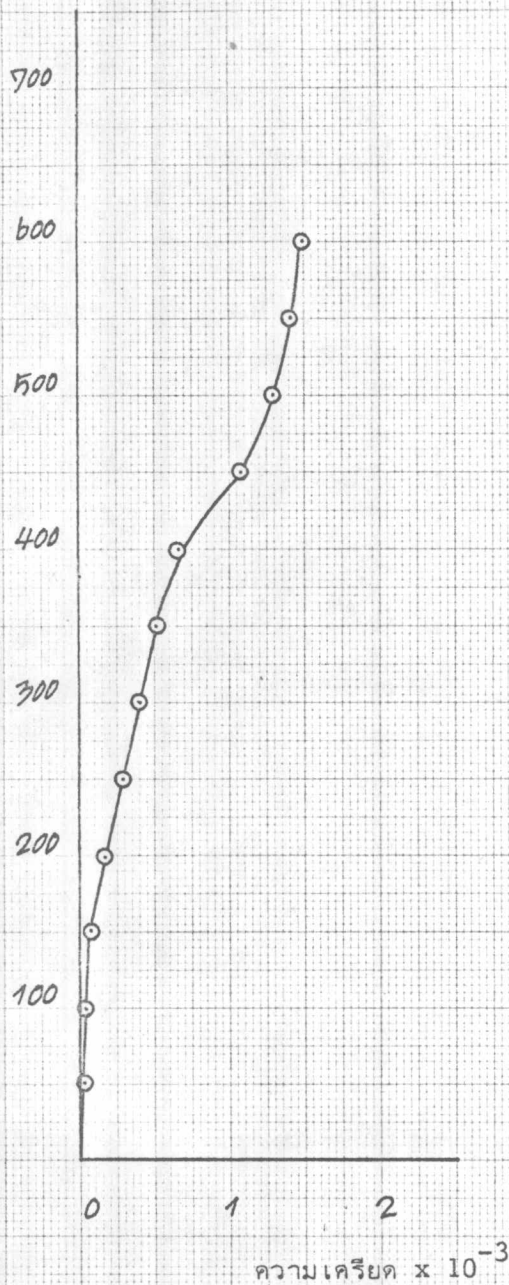
น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของอิฐ

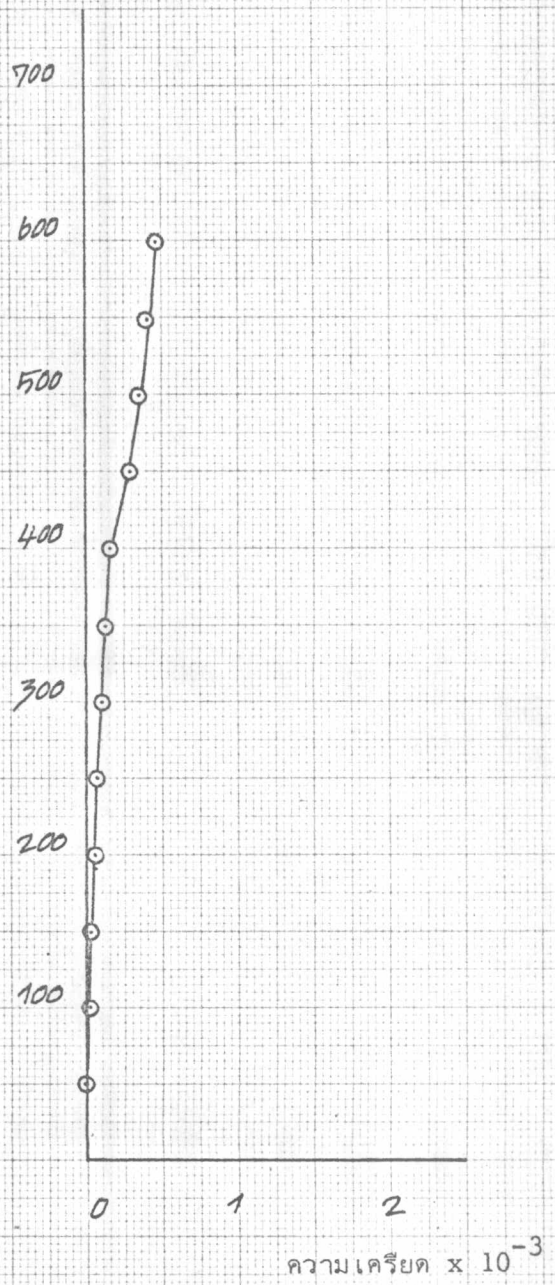
รูปที่ ๕.๑๔ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน B-2

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

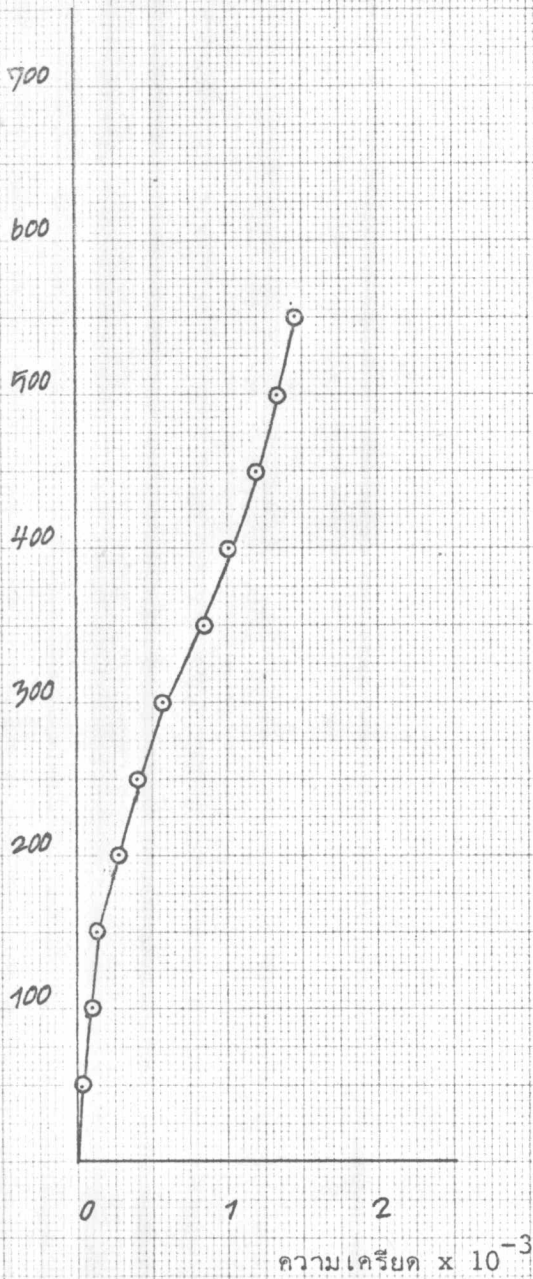
น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของคอนกรีต

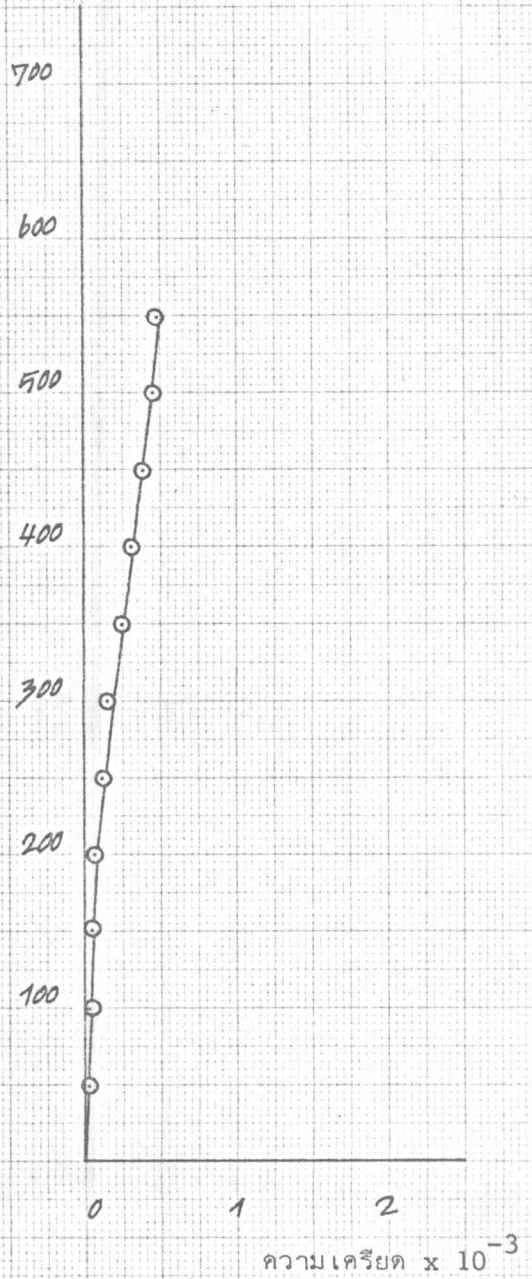
รูปที่ ๕.๑๕ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน A-3

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

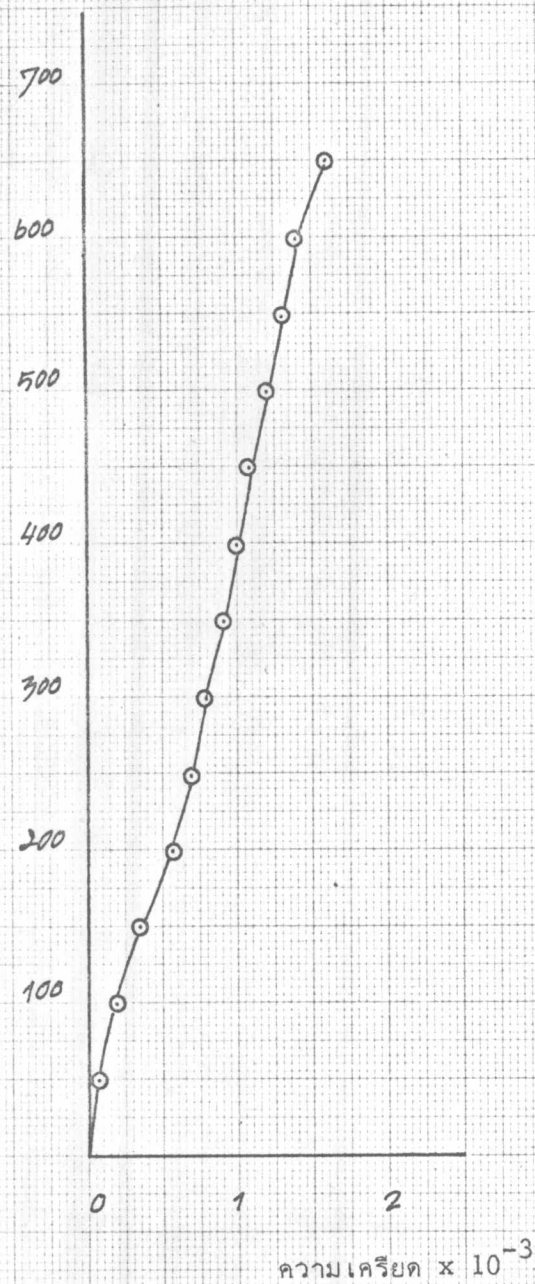
น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



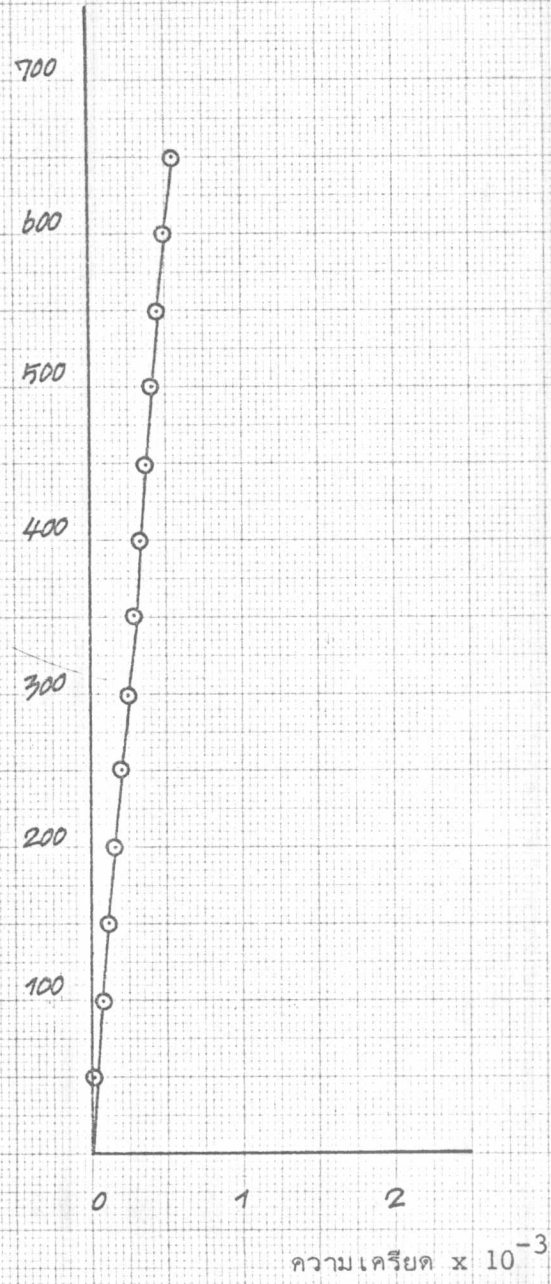
ความเครียดของคอนกรีต

รูปที่ ๕.๑๖ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน A-4

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



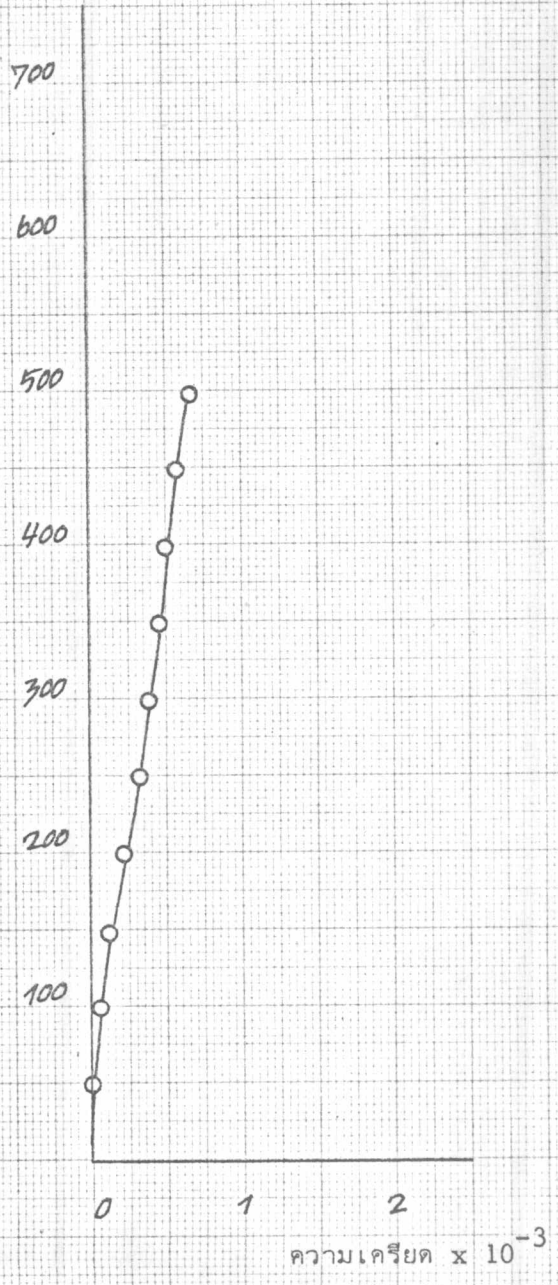
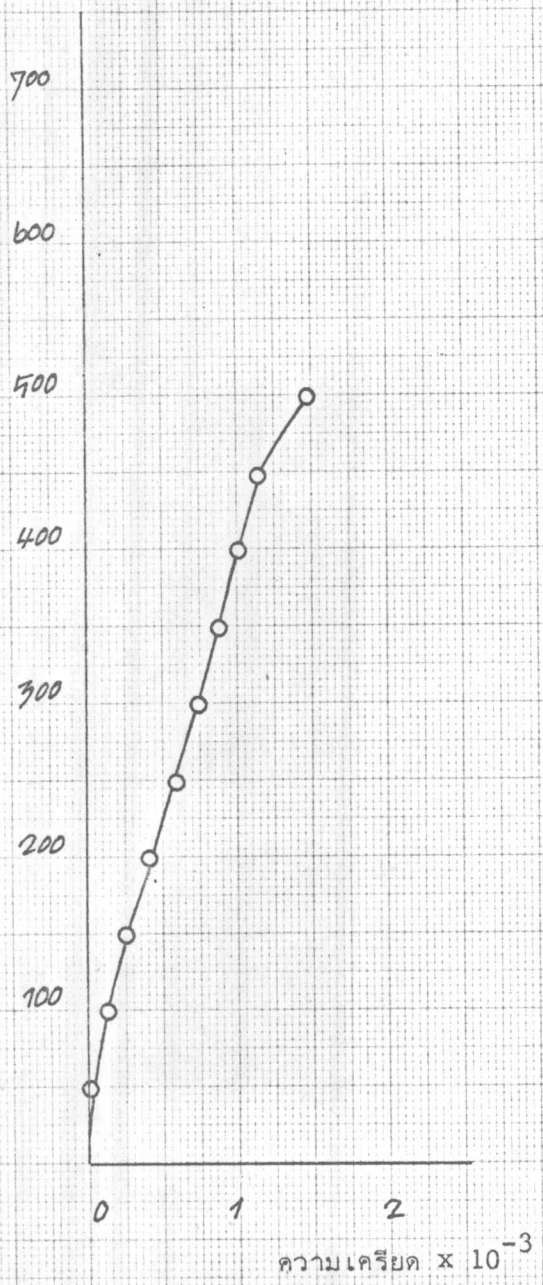
ความเครียดของเหล็กเสริม

ความเครียดของคอนกรีต

รูปที่ ๕.๑๗ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน B-3

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)

น้ำหนักบรรทุก, P (กก)



ความเครียดของเหล็กเสริม

ความเครียดของคอนกรีต

รูปที่ ๕.๑๘ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียดตรงจุดกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับของคาน B-4

ภาคผนวก



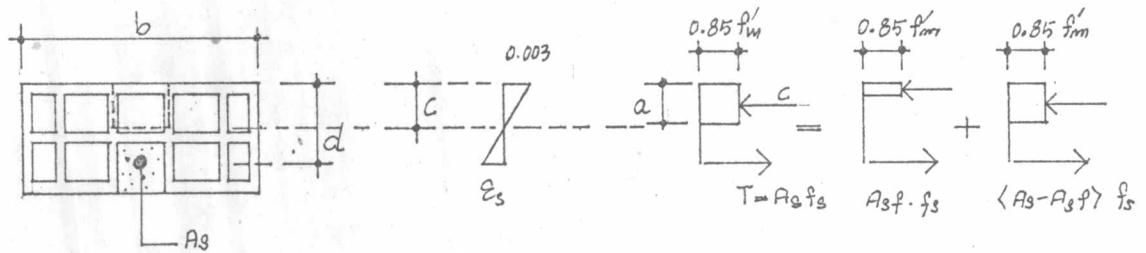
๑. ตัวอย่างการวิเคราะห์คานประกอบ

คุณสมบัติของวัสดุจากการทดลองได้

$$\begin{aligned}
 f_y &= 2,890 \text{ กก/ม}^2 & E_s &= 2.12 \times 10^6 \text{ กก/ชม}^2 \\
 f'_m &= 113 \text{ กก/ชม}^2 & E_m &= 1.13 \times 10^5 \text{ กก/ชม}^2 \\
 f'_c &= 230 \text{ กก/ชม}^2 & E_c &= 2.28 \times 10^5 \text{ กก/ชม}^2
 \end{aligned}$$

อิฐโพรง : $b = 24.2 \text{ ซม.}$ $b' = 6.0 \text{ ซม.}$ $t = 0.93 \text{ ซม.}$
 และ $d = 8.2 \text{ ซม.}$

๑.๑ คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก (A-1)



(ก) หน้าตัดแปลง

(ข) หน่วยการยึดหดตัว

(ค) หน่วยแรง ณ จุดประลัย

ณ จุดประลัย

$$A_s = 1.82 \text{ ซม}^2 \text{ (1-}\phi 15 \text{ มม.)}$$

หาดำแหน่งแกนสะเทิน

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{1.82}{24.2 \times 8.2} = 0.0092$$

จากสมการ (2-2)

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{p f_y d}{0.85 k_1 f'_m} \\
 &= \frac{0.0092 \times 2,890 \times 8.2}{0.85 \times 0.85 \times 113} = 2.67 \text{ ซม.}
 \end{aligned}$$

แสดงว่าแกนสะเทินอยู่ใต้ปีกคาน

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ (2-11)} \quad A_{sf} &= \frac{0.85 f'_m (b-b')t}{f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 113 (24.2-6.0) 0.93}{2,890} \\ &= 0.56 \text{ ซม.}^2 \end{aligned}$$

$$A_s - A_{sf} = 1.82 - 0.56 = 1.26 \text{ ซม.}^2$$

$$(p_w - p_f) = \frac{A_s - A_{sf}}{bd} = \frac{1.26}{6 \times 8.2} = 0.026$$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ (2-10)} \quad p_b &= 0.85 k_1 \frac{f'_m}{f_y} \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} \\ &= 0.85 \times 0.85 \times \frac{113}{2,890} \times \frac{0.003}{0.003 + \frac{2,890}{2.12 \times 10^6}} = 0.0196 \end{aligned}$$

$$\therefore p_w - p_f = 0.026 < p_b$$

แสดงว่าคานประกอบจะชำรุดโดยแรงอัดเป็นหลัก

$$\text{จากสมการ (2-15)} \quad f_s = 0.003 \times 2.12 \times 10^6 \left(\frac{8.2-c}{c} \right)$$

จากสมมูลย์ของแรง

$$\begin{aligned} A_s f_s &= 0.85 f'_m (b-b')t + 0.85 f'_m b'c \\ 1.82 \times 0.003 \times 2.12 \times 10^6 \left(\frac{8.2-c}{c} \right) &= 0.85 \times 113(24.2-6)0.93 + 0.85 \times \\ &\quad 113 \times 6 \times c \times 0.85 \\ 94,916.6 - 11,575.2c &= 1,381.88c + 489.86c^2 \\ c^2 + 26.45c - 193.76 &= 0 \\ c &= 5.97 \end{aligned}$$

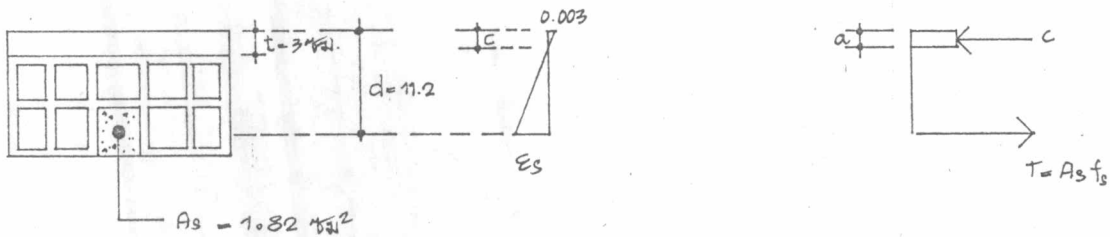
จากสมการ (2-19) $M'_u = 0.85 f'_m (b-b') t (d - \frac{t}{2}) + 0.85 f'_m b' k_1 c (d - \frac{k_1 c}{2})$

$$= 0.85 \times 113 \times (24.2 - 6) \times 0.93 \left(8.2 - \frac{0.93}{2} \right) + 0.85 \times 113 \times 6 \times 0.85 \times 5.97 \left(8.2 - \frac{0.85 \times 5.97}{2} \right)$$

$$= 12,575.12 + 15,250.92 = 28,772.30 \text{ กก-ชม.}$$

$$= 278.26 \text{ กก-ม.}$$

๑.๒ คานประกอบคอนกรีต-เหล็กเสริมเหล็ก เมื่อมีคอนกรีตเททับบน หน้า 3 ซม. (A-3)



(ก) หน้าตัดคาน

(ข) หน่วยการยึดหดตัว

(ค) หน่วยแรง ณ จุดประลัย

ณ จุดประลัย

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{1.82}{24.2 \times 11.2} = 0.0067$$

จากสมการ (2-10) $p_b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{230}{2,890} \frac{0.003}{0.003 + \frac{2,890}{2.12} \times 10^6}$

$$= 0.040$$

$$p = 0.0067 < p_b$$

ดังนั้น เหล็กเสริมจะถึงกำลังดึงคลากก่อน ($f_s = f_y$)

จากสมการ (2.2) $a = \frac{1.82 \times 2,890}{0.85 \times 230 \times 24.2} = 1.108 \text{ ซม.}$

ระยะ $c = \frac{1.108}{0.85} = 1.30 \text{ ซม.}$ อยู่ในชั้นคอนกรีต

จากสมการ (2-3) $M'_u = 1.82 \times 2,890 (11.2 - \frac{1 \cdot 108}{2})$
 $= 55,995.83 \text{ กก-ชม.}$
 $= 559.95 \text{ กก-ม.}$

๒. ตัวอย่างการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

ออกแบบแผ่นพื้นเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกจร = 300 กก/ม^๒ ช่วงขอบฐานรองรับ 3.30 เมตร

กำหนด $f_y = 2,800 \text{ กก/ชม}^๒$ $E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ กก/ชม}^๒$

$f'_c = 210 \text{ กก/ชม}^๒$ $E_c = 2.28 \times 10^5 \text{ กก/ชม}^๒$

$f'_m = 113 \text{ กก/ชม}^๒$ $E_m = 1.13 \times 10^5 \text{ กก/ชม}^๒$

อิฐโปรง : $b = 24.2 \text{ ซม.}$ $b' = 6 \text{ ซม.}$ $t = 0.93 \text{ ซม.}$ $d = 8.2 \text{ ซม.}$

๒.๑ คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก

น.น.คองที่ของคาน + น.น.คอนกรีตทับบน 3 ซม. = 200 กก/ม^๒

น.น.บรรทุกจร = 150 กก/ม^๒

∴ น.น.บรรทุกทั้งหมด = 1.4 x 200 + 1.7 x 150

= 535 กก/ม^๒

= 0.242 x 535 = 129.47 ≈ 130 กก/ม

$M'_u = \frac{1}{0.90} \times \frac{1}{8} \times 130 \times 3.3^2 \times 100$

= 19,662.50 กก-ชม.

สมมุติ $a =$ ความหนาของปีกคาน = 0.93 ซม.

จากสมการ (2-3) $A_s = \frac{19,662.50}{2,800(8.2 - \frac{0.93}{2})} = 0.906 \text{ ซม}^๒$

$P = \frac{0.906}{24.2 \times 8.2} = 0.0046$

จากสมการ (2-2) $c = \frac{0.0046 \times 2,800 \times 8.2}{0.85 \times 0.85 \times 113} = 1.29 > t = 0.93 \text{ ซม.}$

ค่า $c > t$ ดังนั้นต้องคำนวณแบบคานรูปตัวที

$$\text{จากสมการ (2-11)} \quad A_{sf} = \frac{0.85 \times 113 (24.2 - 6.0) 0.93}{2,800} = 0.58 \text{ ซม.}^2$$

$$M_1 = 0.90 \times 0.58 \times 2,800 \left(8.2 - \frac{0.93}{2}\right) = 11,305.48 \text{ กก-ซม.}$$

$$M_2 = 19,662.50 - 11,305.48 = 8,357.02 \text{ กก-ซม.}$$

$$\text{สมมุติ } a = 2.40 \text{ ซม.}$$

$$\text{จากสมการ (2-13)} \quad A_s - A_{sf} = \frac{8,357.02}{0.90 \times 2,800 \left(8.2 - \frac{2.40}{2}\right)} = 0.47 \text{ ซม.}^2$$

ตรวจสอบค่า a จากสมการ (2-2)

$$a = \frac{0.47 \times 2,800}{0.85 \times 113 \times 6.0} = 2.30 \text{ ซม.} \approx 2.40 \text{ ซม.}$$

$$\begin{aligned} \therefore A_s &= A_{sf} + (A_s - A_{sf}) \\ &= 0.58 + 0.47 = 1.05 \text{ ซม.}^2 \end{aligned}$$

$$\text{ใช้ } 1-\phi 12 \text{ มม. } A_s = 1.13 \text{ ซม.}^2$$

๒.๒ คานประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

$$\text{น.น.คง.ที่ของคาน} = 200 \text{ กก/ม.}^2$$

$$\text{น.น.บร.ทุกจร} = 300 \text{ กก/ม.}^2$$

$$d = 11.2 \text{ ซม. } A_s = 1.13 \text{ ซม.}^2$$

$$p = \frac{1.13}{24.2 \times 11.2} = 0.0042$$

$$p_b = 0.85 \times 0.85 \frac{210}{2,800} \frac{0.003}{0.003 + \frac{2,800}{2.04 \times 10^6}}$$

$$= 0.037$$

$$p = 0.0042 < 0.75 p_b = 0.028$$

ดังนั้น เหล็กเสริมจะถึงกำลังดึงคลาก f_y ก่อน

$$\text{จากสมการ (2-2)} \quad a = \frac{1.13 \times 2,800}{0.85 \times 210 \times 24.2} = 0.73 \text{ ซม.}$$

ระยะ $c = \frac{0.73}{0.85} = 0.97$ ซม. อยู่ในชั้นของคอนกรีต

จากสมการ (2-3) $M'_u = 1.13 \times 2,800 \left(11.2 - \frac{0.73}{2}\right)$
 $= 34,281.94$ กก-ซม.

$M_u = 0.90 \times 34,281.94 \times \frac{1}{100}$
 $= 308.54$ กก-ม.

$w = 308.54 \times \frac{8}{3.3^2} = 226.66$ กก/ม

จากสมการ (2-28) $U = 1.4D + 1.7L$
 $= 1.4 (0.242 \times 200) + 1.7(0.242 \times 300)$
 $= 191.18$ กก/ม. 226.66 กก/ม

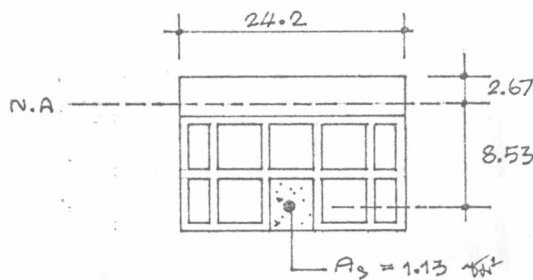
หาหน่วยแรงเฉือนที่เกิดระยะ d จากขอบฐานรองรับ

$V = \frac{191.18 \times 3.3}{2} - 191.18 \times 0.112 = 294.03$ กก.

$v = \frac{294.03}{6 \times 11.2} = 4.38$ กก/ซม^๒

$v_m = \phi(0.53 \sqrt{113})$
 $= 4.79$ กก/ซม^๒ > $v = 4.38$ กก/ซม^๒

ตรวจสอบระยะโค้งของแผ่นพื้น



$\frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 \times 10^6}{2.28 \times 10^5} = 8.95$

$\frac{E_m}{E_c} = \frac{1.13 \times 10^5}{2.28 \times 10^5} = 0.50$

หาค่าแ่งแกนสะเทิน โดยสมมุติแ่งแกนสะเทินอยู่ในคอนกรีต

$$(24.2 \bar{y} + 8.95 \times 1.13) \bar{y} = 24.2 \times \bar{y} \times \frac{\bar{y}}{2} + 8.95 \times 1.13 \times 11.2$$

$$24.2 \bar{y}^2 + 10.11 \bar{y} = 12.1 \bar{y}^2 + 113.27$$

$$\bar{y}^2 + 0.83 \bar{y} - 9.36 = 0$$

$$\bar{y} = 2.67$$

$$I = \frac{1}{3} \times 24.2 \times 2.67^3 + 8.95 \times 1.13 \times 8.53^2$$

$$= 889.41$$

$$\Delta = \frac{5 wL^4}{384 EI} = \frac{5 \times 300 \times 0.242 \times 3.3^4 \times 1,000,000}{384 \times 228,000 \times 889.41}$$

$$= 0.55 \text{ ซม.} < \frac{1}{360} \text{ ใช้ได้}$$

๓. การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจของแผ่นพื้นระบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ค่าแ่งของแผ่นพื้นแต่ละระบบ จะพิจารณาโดยหาปริมาณงานที่ทำได้ใน 1 วัน และหาค่าแ่งเป็นบาทต่อตารางเมตรของพื้นที่

๓.๑ ระบบพื้น ก พื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

วางพาดคานประกอบอิฐเสริมเหล็กในลักษณะช่วงคาน 3.50 เมตร แล้ววางเหล็กตะแกรงทางขวางขึ้นส่วนแผ่นพื้น ϕ 6 มม. ระยะห่าง 25 ซม. และวางขนานตามความยาวของคานประกอบ ϕ 6 มม. ระยะห่าง 48 ซม. เทคอนกรีตทับบนหนา 3 ซม.

๑. ค่าแ่งก่อคานอิฐเสริมเหล็ก ใช้ช่างปูน 1 คน ค่าแ่ง 80 บาทต่อวัน และคนงาน 1 คน ค่าแ่ง 45 บาทต่อวัน

$$\text{รวมค่าแ่ง } 80 + 45 = 125 \text{ บาท/วัน}$$

ในเวลา $\frac{1}{3}$ ชม. ก่อคานประกอบอิฐเสริมเหล็กได้ 3.50 ม.

ในเวลา 1 วัน (8 ชม.) ก่อคานประกอบได้ = $3 \times 3.50 \times 8 = 84 \text{ ม.}$

ค่าแรงก่อกำแพงประกอบบอิฐเสริมเหล็ก = $\frac{125}{84 \times 0.242} = 6.15$ บาท/ม^๒

๒. ค่าแรงติดตั้ง ใช้หัวหน้าคนงาน 1 คน 70 บาทต่อวัน และคนงาน 4 คน 45 บาทต่อวัน

รวมค่าแรง = 70 + 4 x 45 = 205 บาท/วัน

ใช้รอก 1 ตัว กำลังยก 1 ตัน ราคา 3,500 บาท

ค่าดอกเบี้ย $\frac{15}{365} \times \frac{3,500}{100} = 1.44$ บาท/วัน

ค่าเสื่อมราคา $\frac{3,500}{5 \times 365} = 1.92$ บาท/วัน

รวมค่าแรงในการติดตั้งทั้งหมด = 205 + 1.44 + 1.92 = 208.36 บาท/วัน

∴ ค่าแรงติดตั้ง = $\frac{208.36}{50} = 4.17$ บาท/ม^๒

๓. ค่าแรงในการผูกเหล็กตะแกรง หัวหน้าข้างเหล็ก 1 คน 80 บาทต่อวัน คนงาน 2 คน 45 บาทต่อวัน

รวมค่าแรง 80 + 2 x 45 = 170 บาท/วัน

ใน 1 วัน ทำการผูกเหล็กตะแกรง ได้พื้นที่ 60 ม^๒

ค่าแรงผูกเหล็กตะแกรง $\frac{170}{60} = 2.83$ บาท/ม^๒

๔. ค่าแรงเทคอนกรีตทับบนหนา 3 ซม. ช่างปูน 1 คน 85 บาทต่อวัน กรรมกร 3 คน ค่าแรง 45 บาทต่อวัน

รวมค่าแรงคนงาน = 85 + 3 x 45 = 220 บาท/วัน

ใน 1 วัน เทคอนกรีตหนา 3 ซม. ได้พื้นที่ 40 ม^๒

ค่าแรงในการเทคอนกรีตหนา 3 ซม. = $\frac{220}{40} = 5.50$ บาท/ม^๒

รวมค่าแรงของระบบพื้น ก. = 6.15 + 4.17 + 2.83 + 5.50 = 18.65 บาท/ม^๒

๓.๒ ระบบพื้น ข. แผ่นพื้นหล่อทับที่คอนกรีตเสริมเหล็กขนาดของแผ่นพื้น 3.50 x 4.00 ม. ใช้พื้นหนา 10 ซม. ใช้เหล็กตะแกรง Ø 9 มม. @ 0.20 ม.

๑. ค่าแรงไม้แบบและค้ำยัน หัวหน้าช่างไม้ 1 คน 80 บาทต่อวัน และช่างไม้ 3 คน 50 บาทต่อวัน

$$\therefore \text{รวมค่าแรง} = 80 + 3 \times 50 = 230 \text{ บาท/วัน}$$

ในเวลา 3 วัน ช่างไม้ทำแบบไม้ได้ 40 ม^2

$$\therefore \text{ค่าแรงช่างไม้} = \frac{230 \times 3}{40} = 17.28 \text{ บาท/ม}^2$$

๒. ค่าแรงตัดและผูกเหล็ก หัวหน้าช่างเหล็ก 1 คน 85 บาทต่อวัน ช่างเหล็ก 2 คน 50 บาทต่อวัน

$$\text{รวมค่าแรง} = 85 + 2 \times 50 = 185 \text{ บาท/วัน}$$

ใน 1 วัน ทำการผูกเหล็กได้พื้นที่ $= 40 \text{ ม}^2$

$$\text{ค่าแรงตัดและผูกเหล็ก} = \frac{185}{40} = 4.63 \text{ บาท/ม}^2$$

๓. ค่าแรงเทคอนกรีต หนา 10 ซม. ใช้ช่างปูน 1 คน 85 บาทต่อวัน คนงาน 3 คน 45 บาทต่อวัน

$$\text{รวมค่าแรง} = 85 + 3 \times 45 = 220 \text{ บาท/วัน}$$

ใน 1 วัน เทคอนกรีตหนา 10 ซม. ได้ 20 ม^2

$$\text{ค่าแรงเทคอนกรีต} = \frac{220}{20} = 11 \text{ บาท/ม}^2$$

$$\text{รวมค่าแรงของระบบพื้น ข.} = 17.28 + 4.63 + 11 = 32.91 \text{ บาท/ม}^2$$

๓.๓ ระบบพื้น ค. ระบบพื้นอิฐบล็อกและคานรูปตัวทีหงาย

วางพาดคานรูปตัวทีหงายในลักษณะช่วงคาน 3.50 ม. มีไม้ค้ำยันกันการโก่ง วางเหล็กตะแกรง $\emptyset 6$ มม. ระยะห่าง 25 ซม. เทคอนกรีตหับบน หนา 3 ซม.

๑. ค่าติดตั้ง หัวหน้าคนงาน 1 คน 70 บาทต่อวัน และคนงาน 4 คน 45 บาทต่อวัน

$$\text{รวมค่าแรง} = 70 + 4 \times 45 = 250 \text{ บาท/วัน}$$

ใช้รอก 1 ตัว กำลังยก 1 ตัน ราคา 3,500 บาท

$$\text{ค่าดอกเบี้ย} = \frac{15}{365} \times \frac{3,500}{100} = 1.44 \text{ บาท/วัน}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{3,500}{5 \times 365} = 1.92 \text{ บาท/วัน}$$

ใน 1 วัน ติดตั้งคานและอิฐ ได้ 40 ม^๒

$$\text{รวมค่าแรงทั้งหมด} = 250.0 + 1.44 + 1.92 = 253.36 \quad \text{บาท}$$

$$\therefore \text{ค่าติดตั้งคานและอิฐ} = \frac{253.36}{40} = 6.33 \quad \text{บาท/ม}^๒$$

๒. ค่าแรงในการผูกเหล็กตะแกรง หัวหน้าข้างเหล็ก 1 คน 80 บาทต่อวัน

คนงาน 2 คน 45 บาทต่อวัน

$$\text{รวมค่าแรง} = 80 + 2 \times 45 = 170 \quad \text{บาท/วัน}$$

ใน 1 วัน ทำการผูกเหล็กตะแกรงได้พื้นที่ 50 ม^๒

$$\text{ค่าแรงผูกเหล็กตะแกรง} = \frac{170}{50} = 3.40 \quad \text{บาท/ม}^๒$$

๓. ค่าแรงเทคอนกรีตทับบนหนา 3 ซม. ค่าแรงเช่นเดียวกับระบบพื้นประกอบอิฐ

เสริมเหล็ก = 5.50 บาท/ม^๒

$$\text{รวมค่าแรงของระบบพื้น ค.} = 6.33 + 3.40 + 5.50 = 15.23 \quad \text{บาท/ม}^๒$$

๓.๔ ระบบพื้นคานรูปตัวที

วางพาดชั้นส่วนในลักษณะช่วงคาน 3.50 เมตร แล้ววางเหล็กตะแกรงทางขวาง \emptyset 6 มม.

ระยะห่าง 25 ซม. และทางขนาน คาน \emptyset 6 มม. ระยะห่าง 48 ซม. เทคอนกรีตทับบน หนา 3 ซม.

ค่าติดตั้ง ค่าแรงผูกเหล็กตะแกรง และค่าแรงเทคอนกรีตทับบน หนา 3 ซม. เช่นเดียวกับ

ระบบพื้นประกอบคอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

$$\text{รวมค่าแรงทั้งหมด} = 4.17 + 2.83 + 5.50 = 12.50 \quad \text{บาท/ม}^๒$$

ตารางที่ ผ-๑ แสดงราคาค่าก่อสร้างและค่าวัสดุของระบบพื้นประกอบ
คอนกรีต-อิฐเสริมเหล็ก

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ราคา/หน่วย (บาท) | จำนวนเงิน (บาท) |
|-------|-------------------------------|--------|------------------|---------------------|--------------------|
| ๑ | คานประกอบอิฐเสริมเหล็ก | 14 | ม ^๒ | 121.00 | 1,694.00 |
| ๒ | เหล็ก ϕ ๖ มม. | 20.38 | กก. | 8.00 | 163.00 |
| ๓ | คอนกรีต | 0.42 | ม ^๓ | 800.00 | 336.00 |
| ๔ | ไม้ค้ำยัน (ต่อการใช้ ๑ ครั้ง) | 3.90 | ฟุต ^๓ | 130.00 | 127.75 |
| ๕ | ราคาค่าวัสดุทั้งหมด | | | | 2,320.00 |
| ๖ | ราคาค่าวัสดุต่อตารางเมตร | | | | 165.71 |
| ๗ | ราคาค่าแรงต่อตารางเมตร | | | | 18.65 |
| | รวมราคาแผ่นดินต่อตารางเมตร | | | | 184.36 |

ตารางที่ ผ-๒ แสดงราคาวัสดุและค่าแรงของระบบพื้นหล่อในที่
คอนกรีตเสริมเหล็ก

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ราคา/หน่วย (บาท) | จำนวนเงิน (บาท) |
|-------|-------------------------------|--------|------------------|---------------------|--------------------|
| ๑ | คอนกรีต | 1.40 | ม ^๓ | 800.00 | 1,120.00 |
| ๒ | เหล็ก ϕ ๔ มม. | 73.75 | กก. | 8.00 | 590.00 |
| ๓ | ลวดผูกเหล็ก | 2.5 | กก. | 15.00 | 37.50 |
| ๔ | ไม้แบบและค้ำยัน (ใช้ ๑ ครั้ง) | 26.42 | ฟุต ^๓ | 130.00 | 1,301.94 |
| ๕ | ราคาค่าวัสดุทั้งหมด | | | | 3,049.44 |
| ๖ | ราคาค่าวัสดุต่อตารางเมตร | | | | 217.82 |
| ๗ | ราคาค่าแรงต่อตารางเมตร | | | | 32.91 |
| | รวมราคาแผ่นดินต่อตารางเมตร | | | | 250.73 |

ตารางที่ ผ-๓ แสดงราคาค่าก่อสร้างและค่าวัสดุของระบบพื้นอิฐบล็อก
และคานรูปตัวทีหงาย

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ราคา/หน่วย (บาท) | จำนวนเงิน (บาท) |
|-------|-------------------------------|--------|------------------|---------------------|--------------------|
| ๑ | คานและอิฐบล็อก | 14.00 | ม ^๒ | 115.00 | 1,610.00 |
| ๒ | เหล็ก ϕ ๖ มม. | 20.38 | กก. | 8.00 | 163.00 |
| ๓ | คอนกรีต | 0.60 | ม ^๓ | 800.00 | 480.00 |
| ๔ | ไม้ค้ำยัน (ต่อการใช้ ๑ ครั้ง) | 3.90 | ฟุต ^๓ | 130.00 | 127.75 |
| ๕ | ราคาวัสดุทั้งหมด | | | | 2,380.75 |
| ๖ | ราคาวัสดุต่อตารางเมตร | | | | 170.05 |
| ๗ | ราคาค่าแรงต่อตารางเมตร | | | | 15.23 |
| | รวมราคาแผ่นพื้นต่อตารางเมตร | | | | 185.28 |

ตารางที่ ผ-๔ แสดงราคาค่าก่อสร้างและค่าวัสดุของระบบพื้นคานรูปตัวที

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ราคา/หน่วย (บาท) | จำนวนเงิน (บาท) |
|-------|-----------------------------|--------|----------------|---------------------|--------------------|
| ๑ | คานรูปตัวที | 14.00 | ม ^๒ | 156.00 | 2,184.00 |
| ๒ | เหล็ก ϕ ๖ มม. | 20.38 | กก. | 8.00 | 163.00 |
| ๓ | คอนกรีต | 0.42 | ม ^๓ | 800.00 | 336.00 |
| ๔ | ราคาค่าวัสดุทั้งหมด | | | | 2,683.00 |
| ๕ | ราคาค่าวัสดุต่อตารางเมตร | | | | 191.64 |
| ๖ | ราคาค่าแรงต่อตารางเมตร | | | | 12.50 |
| | รวมราคาแผ่นพื้นต่อตารางเมตร | | | | 204.14 |
| | | | | | |

๔. กำลังของวัสดุก่อคอนกรีต

ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ ของ ว.ส.ท. ๑๐๐๕-๑๘ ที่ ๓๒๐๐ ในกรณีที่ได้มีการหากำลังอัดของวัสดุก่อคอนกรีตโดยวิธีทดสอบล่วงหน้าและก้อนวัสดุก่อ มอร์ต้าตลดจนฝีมือการทำงานตรงตามหลักเกณฑ์กำหนดในมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ แล้วอาจคิดหาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้โดยเฉลี่ยค่า f'_m จากค่าที่ให้ไว้ในตารางข้างล่าง โดยคิดเนื้อที่รวมสำหรับวัสดุก่อชนิดก้อนตัน และเนื้อที่หน้าตัดสุทธิสำหรับวัสดุก่อชนิดกึ่งกลวง

| กำลังอัดของก้อน (f'_b) (กก/ซม ^๒) | | | กำลังอัดของวัสดุก่อทั้งหมด (กก/ซม ^๒) | | |
|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----------------------------------------------------|-----|-----|
| 70 | ถึง | 105 | 63 | ถึง | 80 |
| 106 | ถึง | 175 | 81 | ถึง | 110 |
| 176 | ถึง | 280 | 111 | ถึง | 140 |
| 281 | ถึง | 420 | 141 | ถึง | 170 |
| เกิน | | 420 | เกิน | | 170 |

$$\text{สำหรับโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุก่อ} = 1,000 f'_m \quad \text{กก/ซม}^๒$$

ประวัติการศึกษา

นายสมบูรณ์ ศุภกิตติวงศ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา ๒๕๑๖ ปัจจุบันรับราชการอยู่ที่การประปา-นครหลวง

