บทที่ 3

เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องมือสำหรับหาคุณสมบัติของวัสดุ

(1) เครื่องทดสอบวัสดุ Amsler ขนาด 20 ตัน ใช้ดึงเหล็กเพื่อหากำลังดึงของเหล็กขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ทดลอง

(2) เครื่องทดสอบวัสดุ Amsler ขนาด 100 ตัน ใช้กดอิฐ กดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกและลูกบาศก์ ปูนสอขนาด 2 นิ้ว เพื่อหากำลังอัดประลัย

(3) ตะแกรงร่อน ใช้ร่อนหาส่วนละเอียดของหินและทราย

(4) ตาชั่ง ใช้ชั่งน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ทราย หิน อิฐ แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก ปูนสอ และคานที่ใช้ทดลอง

3.1.2 เครื่องมือสำหรับการทดลองการรับน้ำหนักของคาน

(1) เครื่อง Amsler 500 tons Compression and Tranverse Testing Machine Model 500 D(D) 74 ใช้เป็นฐานรองรับคานและกดน้ำหนักลงคานต่าง ๆ ที่ทดลอง

(2) เกจวัดระยะโก่ง (Mechanical dial gage) พร้อมขายึดแม่เหล็ก ใช้วัดระยะโก่งที่กึ่งกลางช่วงของคานที่ทดลอง

(3) เกจวัดความเครียด (Strain gages) แบบ KC-30-AL-11 ของ Kyowa Electronic Instument Co., Ltd ซึ่งมีระยะเกจ 30 มิลลิเมตร ความต้านทาน 120.0 ± 0.3 โอห์ม เกจแฟคเตอร์ 2.08 ± 1% ใช้วัดความเครียดของเหล็กเสริมเอก เหล็กปลอกอิฐ และคอนกรีตที่เกิดขึ้นในการทดลองการรับน้ำหนักของคาน

(4) เครื่อง Portable Digital Strain Indicator model 1200 และเครื่อง Switching and Balancing Unit model 1225 ของบริษัท BLH. Electronics, Walthain, Massachusetts ใช้อ่านความเครียดที่วัดได้จากเกจวัดความเครียด มีความละเอียดในการอ่านมาก

(5) สายไฟฟ้า ใช้ต่อเกจวัดความเครียดเข้าเครื่อง Strain Indicator และ Balancing Unit.

(6) กรันกรีต ใช้เคลือบเกจวัดความเครียด เพื่อป้องกันตอนเทและกระทุ้งคอนกรีตไม่ให้ถูกเกจวัดความเครียด

(7) คานเหล็กรูป E ขนาด 7.3 ซ.ม. x 15.0 ซ.ม. ยาว 1.20 ม. จำนวน 2 อัน นำมาประกอบกันเป็นรูป IE ใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงบนคาน แบบ Third point loading.

(8) ไม้บรรทัดเหล็กยาว 50 ซ.ม. ใช้วัดระยะโก่งที่กึ่งกลางช่วงของคานที่ทดลองและวัดระยะต่าง ๆ

3.2 <u>วัสดุที่ใช้ในการทดลอง</u>

3.2.1 อิฐ ใช้อิฐโปร่ง "ซี-เอ็ม" ของบริษัทอุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด มี 4 แบบ ดังรูปที่ 3.1 (ภาคผนวก ก.)

คุณสมบัติของอิฐที่ใช้ทดลอง มีดังนี้ คือ

(1) การดูดซึม ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 (ภาคผนวก ก.) จากผลการทดลองจะเห็นว่าอิฐทั้ง 4 แบบ มีเปอร์เซนต์การดูดซึมในเวลา $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มากที่สุด 9.4 % และ 11.1 % ตามลำดับ ค่าดูดซึมที่มากที่สุดของอิฐทั้ง 4 แบบนี้ยังน้อยกว่าของ ASTM ซึ่งกำหนดให้ค่ามากที่สุด 16 % สำหรับค่าเฉลี่ย 5 ก้อน และค่ามากที่สุดของอิฐแต่ละก้อน 19 % ฉะนั้นอิฐที่ใช้นี้ไม่มีผลการดูดซึมต่อคอนกรีตและปูนสอมากนัก จึงเหมาะที่จะใช้ในการทดลอง

(2) กำลังอัดประลัยของอิฐ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 (ภาคผนวก ก.) จะเห็นว่ากำลังอัดประลัยของอิฐด้านที่แรงกดขนานกับรูจะมีกำลังอัดประลัยมากกว่าด้านที่ตั้งฉากกับรู อิฐแบบที่ 2 และที่ 3 จะมีกำลังอัดประลัยเฉลี่ย (คิดหน้าตัดสุทธิโดยให้แรงกดขนานกับรู) 310 ก.ก/ซ.ม.^{2} และ 282 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มากไม่แพ้กำลังอัดประลัยของคอนกรีต จึงเหมาะที่จะนำมาใช้สร้างคานได้ ส่วนอิฐแบบที่ 1 มีกำลังอัดประลัย 150 ก.ก./ซ.ม.^{2} (คิดหน้าตัดสุทธิและแรงกดตั้งฉากกับรู) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแบบที่ 2 และที่ 3 ใช้อิฐแบบที่ 1 เฉพาะคาน B1 - 1.50 เท่านั้น

(3) โมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐ การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐ หาได้โดยนำอิฐมาติดเกจวัดความเครียดแล้วนำไปกดโดยให้แรงกดขนานกับรู อ่านค่าแรงอัดและความเครียดที่เกิดขึ้น แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียด ดังรูปที่ 3.2 (ภาคผนวก ก.) ก็จะหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้ ในการทดลองนี้ใช้ 2 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 1 ใช้อิฐแบบที่ 2 เพียงก้อนเดียว ติดเกจวัดความเครียดที่ด้านข้างของอิฐแล้วนำมากด ส่วนตัวอย่างที่ 2 ใช้อิฐแบบที่ 2 จำนวน 2 ก้อน มาก่อติดกันด้วยปูนสอ ในลักษณะเดียวกันกับที่ก่อคานจริง ๆ ติดเกจวัดความเครียดที่อิฐด้านที่ก่อด้วยปูนสอแล้วนำมากด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 จะได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ได้ $E_b = 9.33 \times 10^4$ ก.ก./ซ.ม.^{2}

ตัวอย่างที่ 2 ได้ $E_b = 9.48 \times 10^4$ ก.ก./ซ.ม.^{2}

จากผลการทดลองทั้ง 2 ตัวอย่าง จะเห็นว่าได้ค่าใกล้เคียงกันมาก ฉะนั้นจะใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐของตัวอย่างที่ 2 ซึ่งตรงกับความเป็นจริงของคานที่ทดลอง นั่นคือใช้

$$E_b = 9.48 \times 10^4 \text{ ก.ก./ซ.ม.}^2$$

3.2.2 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 (ตราช้าง) และชนิดที่ 3 (ตราช้างเอราวัณ)

3.2.3 ทราย ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตมีโมดูลัสความละเอียด 2.71 ส่วนทรายที่ใช้ผสมปูนสอ มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ทั้งหมด

3.2.4 หิน ใช้หินเบอร์ 1 ซึ่งผ่านตะแกรง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ทั้งหมด

3.2.5 น้ำ ใช้น้ำประปา

3.2.6 เหล็กเสริม ใช้เหล็กกลมผิวเรียบ ส่วนปลายของเหล็กเสริมเอกงอขอตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 1001-16 ยกเว้นเหล็กเสริมเอก ϕ 19 ม.ม. วางยาวเป็นเส้นตรงเท่านั้น ไม่โค้งงอขอที่ปลาย ทั้งนี้เพราะอิฐที่ใช้เทคอนกรีตมีขนาดแคบจำกัด ส่วนปลายเหล็กปลอกโค้งงอขอทั้งสองข้าง ดังรูปที่ 4.3 (ภาคผนวก ข.) เพื่อเพิ่มการยึดหน่วงให้ดีขึ้น

คุณสมบัติของเหล็กเสริมแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 (ภาคผนวก ก.) จากผลการทดสอบเหล็ก ϕ 12 ม.ม. ϕ 15 ม.ม. และ ϕ 19 ม.ม มีกำลังดึงคลากเท่ากันคือ 2700 ก.ก./ซ.ม.^{2} ในการหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก ใช้ดึงเหล็ก ϕ 15 ม.ม. โดยติดเกจวัดระยะยืด และดึงเหล็ก ϕ 19 ม.ม. โดยติดเกจวัดความเครียดและเกจวัดระยะยืด ได้ดังรูปที่ 3.3 (ภาคผนวก ก.) ซึ่งจะได้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของเหล็ก ดังนี้

$$E_s = 2.24 \quad 10^6 \text{ ก.ก./ซ.ม.}^2$$

3.2.7 ปูนสอ ส่วนผสมของปูนสอประกอบด้วยปูนซีเมนต์และทราย ตามปกติจะใช้ปูนซีเมนต์ซิลิก้า ซึ่งมีการยืดและหดตัวน้อย แต่ในการวิจัยนี้มีเวลาจำกัด จึงใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3 ซึ่งให้กำลังเร็ว แต่หดตัวมากกว่า ในที่นี้จะไม่นำการยืดและหดตัวมาเกี่ยวข้อง

กำลังอัดประลัยของปูนสอ ใช้อัตราส่วนผสมและเวลาทดสอบต่าง ๆ กันที่ได้จากการทดสอบลูกบาศก์ขนาด 2 นิ้ว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 (ภาคผนวก ก.) คือก้อนที่ 1-- 6 ใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 : ทราย = 1 : 3 โดยปริมาตร จะได้กำลังอัดประลัยของปูนสอ เมื่อปูนสอมีอายุ 3 วัน และ 15 วัน มีค่าเท่ากับ 99 ก.ก./ซ.ม.^{2} และ 184 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ ใช้กับคาน B1 - 1.50 เท่านั้น ส่วนก้อนที่ 7 - 18 ใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3 : ทราย = 1 : 3 โดยปริมาตร จะได้กำลังอัดประลัยของปูนสอ เมื่อปูนสอมีอายุ 3, 6 และ 12 วัน มีค่าเท่ากับ 184 ก.ก./ซ.ม.^{2}

270 ก.ก./ซ.ม.^{2} และ 356 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ ใช้กับคานทุกตัว ยกเว้นคาน B1 - 1.50 เท่านั้น

3.2.8 คอนกรีต ใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน = 1 : 2 : 4 โดยปริมาตร และใช้อัตราส่วน น้ำ : ซีเมนต์ = 0.53 คานทุกตัวใช้ปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ชนิดที่ 3 ยกเว้นคาน B1 - 1.50 ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต หาได้จากการกดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซ.ม. สูง 30 ซ.ม. ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 (ภาคผนวก ก.) กำลังอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีอายุ 4, 5, 9, 10 และ 13 วัน มีค่าเท่ากับ 180, 190, 230, 230, และ 260 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต หาได้จากการกดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกโดยการติดเกจวัดระยะหดสั้น จะได้กราฟดังรูปที่ 3.4 (ภาคผนวก ก.) ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดประลัย 230 ก.ก./ซ.ม.^{2} (ลำดับที่ 6) และ 260 ก.ก./ซ.ม.^{2} (ลำดับที่ 8) มีค่าเท่ากับ 2.27×10^5 ก.ก./ซ.ม.^{2} และ 2.39×10^5 ก.ก./ซ.ม.^{2} ตามลำดับ