



IKM-06/2566

Water Resources Design 04

ส่วนสำรวจและออกแบบที่ 1 นครราชสีมา
สำนักงานทรัพยากรน้ำที่ 5
กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

4 กุมภาพันธ์ 2566



เกณฑ์กำหนดในการออกแบบด้านโครงสร้างงานแหล่งน้ำ (ตอนที่ 1)

ส่วนสำรวจและออกแบบที่ 1 นครราชสีมา สังกัดสำนักงานทรัพยากรน้ำที่ 5 กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่ด้านการสำรวจและออกแบบ โครงการแหล่งน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำมูล 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ โครงการแหล่งน้ำที่อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานนั้นอยู่ในพื้นที่เกษตรน้ำฝน ซึ่งประสบปัญหาด้านการขาดแคลนน้ำต้นทุนในการตอบสนองความต้องการของชุมชนและประชาชน

ส่วนสำรวจและออกแบบที่ 1 นครราชสีมา ได้รวบรวมเกณฑ์กำหนดในการออกแบบด้านโครงสร้างงานแหล่งน้ำในวารสารฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการคำนวณออกแบบ โครงการพัฒนาอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำพร้อมระบบกระจายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล โดยถ่ายทอดความรู้จากภาคทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติในระดับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานภายในหน่วยงานให้เกิดความรู้ความเข้าใจ นำไปสู่การคำนวณออกแบบ โครงการแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เกณฑ์กำหนดในการออกแบบด้านโครงสร้างงานแหล่งน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรมโครงการด้านแหล่งน้ำในส่วนของการอาคารชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกจร แรงดันน้ำสูงสุด และอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้อย่างปลอดภัย

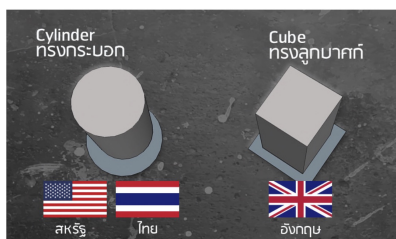
การออกแบบมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- (1) American Concrete Institute (ACI)
- (2) United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation (USBR)
- (3) United States Department of the Army Corps of Engineer
- (4) American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
- (5) American Society for Testing of Materials (ASTM)
- (6) American Institute of Steel Construction (AISC)
- (7) American Water Works Association (AWWA)
- (8) Thai Industrial Standards (TIS)
- (9) Japanese Industrial Standards (JIS)

M ข้อกำหนดและคุณสมบัติของวัสดุ

การคำนวณออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) ให้ใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) และ United States Standard ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stree Design, WSD) ตาม ACI Code-318-71 หรือทฤษฎีหน่วยแรงประลัย (Ultimate Strength Design, USD) ตาม ACI Code-318-77 ตามตารางที่ 1

ภาพที่ 1 ก่อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกและรูปทรงลูกบาศก์



ที่มา : <http://www.yotathai.com>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.

ตารางที่ 1 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

รายการ		หน่วยแรงที่ยอมให้(กก./ซม. ²)						
		สำหรับคอนกรีตซึ่งมีกำลังอัดประลัย(กก./ซม. ²)						
		สูตร	100	140	175	210	280	350
อัตราส่วนโมดูลัส	n	$\frac{2,040,000}{15,210(f'c)^{1/2}}$	14	11	10	9	8	7
แรงดัด :								
- หน่วยแรงดัดที่ผิว	fc	0.45f'c	45.0	63.0	78.8	94.5	126.0	157.5
- หน่วยแรงดัดที่ฐานรากและกำแพงคอนกรีตสั้น	fc	0.45(f'c) ^{1/2}	4.2	4.97	5.56	6.09	7.03	7.86
แรงเฉือน :								
- คานคอนกรีตสั้น	Vc	0.29(f'c) ^{1/2}	2.9	3.4	3.8	4.20	4.90	5.40
- ดงคอนกรีตสั้น	Vc	0.32(f'c) ^{1/2}	3.2	3.8	4.2	4.60	5.40	6.00
- โครงสร้างที่เสริมเหล็ก	Vc	1.32(f'c) ^{1/2}	13.2	15.6	17.5	19.10	22.1	24.7
รับแรงเฉือน								
- แผ่นพื้นและฐานรากตามเส้นขอบ	Vc	0.53(f'c) ^{1/2}	5.3	6.3	7.0	7.70	8.90	9.90
แรงกด :								
- เต็มพื้นที่(Full area load)	fc	0.25(f'c) ^{1/2}	25.0	35.0	43.8	52.5	70.0	87.5
- หนึ่งในส่วนของพื้นที่หรือ น้อยกว่า(Location partial area)	fc	0.37(f'c) ^{1/2}	37.0	51.8	64.8	77.7	103.6	129.5

ที่มา: เอกสารประกอบการสอนวิชาคอนกรีตเสริมเหล็กแผนกวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523

ที่มา : คู่มือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. 2550.

M คอนกรีต (Concrete)

ตามมาตรฐานเกณฑ์กำหนดให้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (fc') ของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร โดยมีอายุการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน มีค่า fc' ดังนี้

● คอนกรีตล้วน fc' = 140 kg/cm²

● คอนกรีตเสริมเหล็ก fc' = 175 kg/cm²

สำหรับการใช้ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร ความสูง 15 เซนติเมตร (Cube) มาเทียบกับ fc' ของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร (Cylinder) โดยมีอายุการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน มีดังนี้

● ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = 0.833*กำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ในการออกแบบและเขียนแบบจะมีการระบุกำลังอัดคอนกรีตว่า

● กำลังอัดคอนกรีตล้วน fc' = 140 kg/cm² (ksc) (Cylinder)

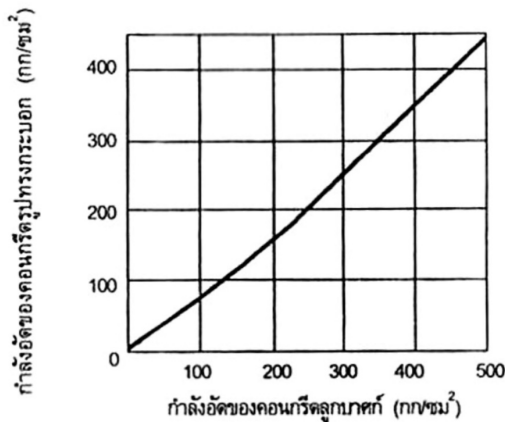
● กำลังอัดคอนกรีตล้วน fc' = 168.07 ksc = 169 ksc (Cube)

● กำลังอัดคอนกรีตเสริมเหล็ก fc' = 175 ksc (Cylinder)

● กำลังอัดคอนกรีตเสริมเหล็ก fc' = 210.08 = 211 ksc (Cube)

เกณฑ์กำหนดในการออกแบบด้านโครงสร้างงานแหล่งน้ำ (ตอนที่ 1)

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของกำลังอัดคอนกรีตก่อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกและรูปทรงลูกบาศก์



คอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง x ความสูง (ซ.ม.)	คอนกรีตรูปลูกบาศก์กว้าง x ยาว x สูง (ซ.ม.)
15 x 30	15 x 15 x 15

ความรู้เพิ่มเติม : รู้ก่อนใช้ คอนกรีตผสมเสร็จ

สิ่งนำรู้ก่อนใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mix Concrete)

- ในประเทศไทยใช้มาตรฐานทางฝั่งอเมริกา แต่การอ้างอิงกำลังรับแรงอัด มักจะใช้ทั้ง 2 ระบบ คือ อเมริกา (Cylinder : ทรงกระบอก) และ อังกฤษ (Cube : ลูกบาศก์)
- คอนกรีต กำลังอัด 280 ksc (Cylinder) หมายถึงคอนกรีตที่มีกำลังอัด 280 กก./ตร.ซม. สำหรับก้อนตัวอย่างทดสอบทรงกระบอก (อ้างอิงอเมริกา)
- คอนกรีตกำลังอัด 280 ksc (Cube) หมายถึงคอนกรีตที่มีกำลังอัด 280 กก./ตร.ซม. สำหรับก้อนตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์ (อ้างอิงอังกฤษ)

แหล่งที่มา <http://www.tpa.or.th/tpanews/>

เหล็กเสริมคอนกรีต (Reinforcing Steel)

ตามมาตรฐานเกณฑ์กำหนดให้ใช้มีดังนี้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้น

ชนิดเหล็ก	สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก	ความต้านแรงดึงที่จุดเปลี่ยน	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง
เหล็กกลม (round bar)	SR24	≥ 2,400 ksc ≥ 235 MPa	≥ 3,900 ksc ≥ 385 MPa	≥ 21 %
เหล็กข้ออ้อย (deformed bar)	SD30	≥ 3,000 ksc ≥ 295 MPa	≥ 4,900 ksc ≥ 480 MPa	≥ 17 %
	SD40	≥ 4,000 ksc ≥ 390 MPa	≥ 5,700 ksc ≥ 560 MPa	≥ 15 %
	SD50	≥ 5,000 ksc ≥ 490 MPa	≥ 6,300 ksc ≥ 620 MPa	≥ 13 %

มาตรฐานการทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเส้น

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต
 - มอก 20-2543 มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม)
 - มอก 24-2536 มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)
- มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (มยธ.103-2533)
- ASTM A615 M-79 Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement (Metric)
- BS 4449: 1969 Hot Rolled steel bars for the reinforcement of concrete
- JIS G3112-1975 Steel bars for concrete reinforcement
- AASHTO (American Association for State Highway and Transportation Officials)

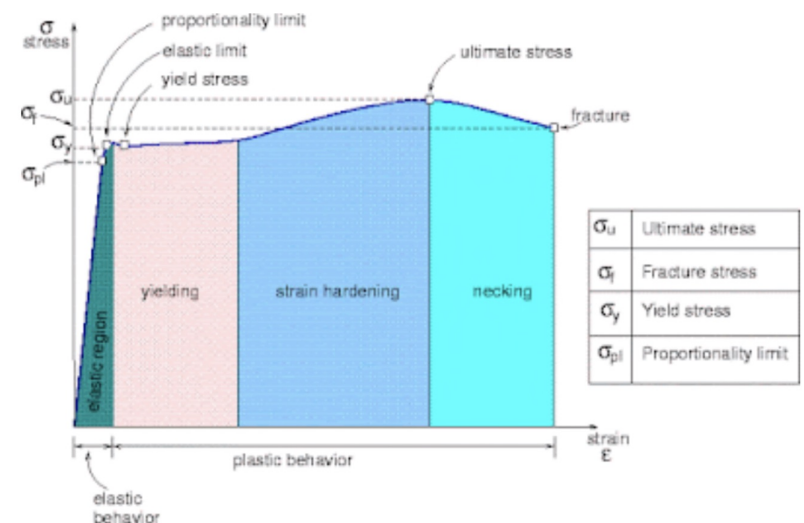
ที่มา : มหาวิทยาลัยพะเยา คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2559.

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนของมวลเหล็กเส้นที่ยอมให้

สัญลักษณ์	มวลต่อเมตร (kg/m)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
		เฉลี่ย ร้อยละ	แต่ละเส้น ร้อยละ
RB6	0.222	± 5	± 10.0
RB9	0.499	± 3.5	± 6.0
RB12	0.888	± 3.5	± 6.0
DB12	0.888	± 5	± 6.0
DB16	1.578	± 5	± 6.0
DB20	2.466	± 4	± 5
DB22	2.984	± 4	± 5
DB25	3.853	± 4	± 5
DB28	4.834	± 4	± 5
DB32	6.313	± 3.5	± 4

ที่มา : มหาวิทยาลัยพะเยา คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2559.

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียดของเหล็กเส้น



ที่มา : มหาวิทยาลัยพะเยา คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2559.

เหล็กโครงสร้าง (Structural Steel)

ตามมาตรฐานเกณฑ์กำหนดให้ใช้มีดังนี้

- เหล็กรูปพรรณ มอก. 116-2529
- ทองบรอนซ์ (Bronze) ASTM Designation : B 22-85
- เหล็กแผ่น (Steel Plate) ASTM Designation : A-246
- เหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ASTM 276-86a, ASTM A 167-86 Type 304 and 316
- เหล็กหล่อ (Cast Iron) ASTM Designation : A 48-83, Class 30
- สลักเกลียว ASTM Designation : A 307-86a
- ท่อเหล็ก (Standard Black Pipe) มอก. 276-2521 ประเภทที่ 2
- ท่อเหล็กอาบสังกะสี มอก. 277-2521 ประเภทที่ 2

ที่มา : คู่มือเกณฑ์กำหนดการออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. 2550.

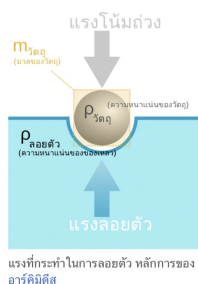
เกณฑ์กำหนดในการออกแบบด้านโครงสร้างงานแหล่งน้ำ (ตอนที่ 1)

M แรงที่กระทำต่ออาคาร

แรงที่กระทำต่ออาคารสำหรับการคำนวณออกแบบมีดังนี้

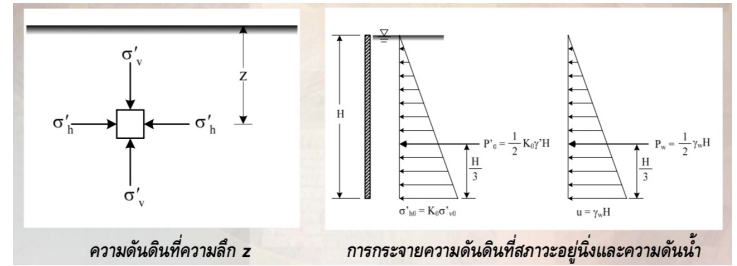
- น้ำหนักบรรทุกถาวร (Dead Load, DL)
- ✓ คอนกรีตเสริมเหล็ก 2,400 kg/m³
- ✓ คอนกรีตล้วน 2,300 kg/m³
- ✓ น้ำจืด 1,000 kg/m³
- ✓ ดินแห้ง 1,760 kg/m³
- ✓ ดินบดอัดแน่น 1,900 kg/m³
- ✓ ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2,100 kg/m³
- ✓ เหล็กเหนียว 7,850 kg/m³
- น้ำหนักจร (Live Load, LL)
- ✓ ผนัง กำแพง 900 kg/m³
- ✓ Operating Platform with Stoplog 750 kg/m³
- ✓ Operating Platform without Stoplog 500 kg/m³
- ✓ พื้น 300 kg/m³
- ✓ สะพาน 500 kg/m³
- แรงลม (Wind Load, WL)
- ✓ ความสูงไม่เกิน 15 m ใช้แรงลม 100 kg/m²
- ✓ ความสูงระหว่าง 15-30 m ใช้แรงลม 150 kg/m²
- แรงดันด้านข้างที่กระทำต่อกำแพงกันดิน
- ✓ กรณีมีเครื่องจักรกลทำงานก่อสร้างในบริเวณข้างเคียงกับกำแพงกันดิน ให้คิดแรงดันด้านข้างที่กระทำต่อกำแพงกันดินเพิ่มขึ้นเท่ากับดินถมอัดแน่นความหนา 0.60 m
- แรงดันน้ำ (Uplift Water Pressure)
- ✓ โดยการสมมติให้แรงกระทำใต้ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งแรงดันน้ำที่จุดใดๆ จะเท่ากับ ความสูงของน้ำที่จุดนั้นๆ โดยอาศัยวิธีของ Lane's Method มาใช้ในการคำนวณ
- แรงลอยตัว (Buoyance Force)
- ✓ แรงลอยตัวเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วย โครงสร้างของอาคาร
- ✓ แรงลอยตัวทำให้เกิดเสถียรภาพของอาคารลดลง
- แรงดันน้ำที่กระทำกับฝายน้ำล้น (Hydrostatic Pressure)
- ✓ ใช้หลักการที่วิกฤติมากที่สุด คือ มีระดับน้ำที่สันฝายน้ำล้น และด้านท้ายฝายน้ำล้นไม่มีน้ำ
- แรงที่กระทำต่อกำแพงในแนวตั้ง (Vertical Wall Loads)
- ✓ แรงดันดินด้านข้าง (Active Soil Pressure)
- ✓ แรงดันน้ำด้านหลังกำแพง (Water Pressure)
- ✓ แรงดันด้านข้างที่แปลงมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกด้านหลังกำแพง

ภาพที่ 4 แรงลอยตัว

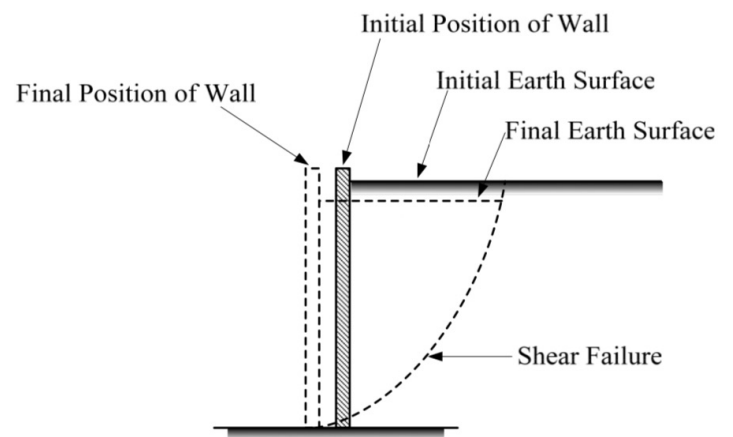


ที่มา : <http://www.th.m.wikipedia.org>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.

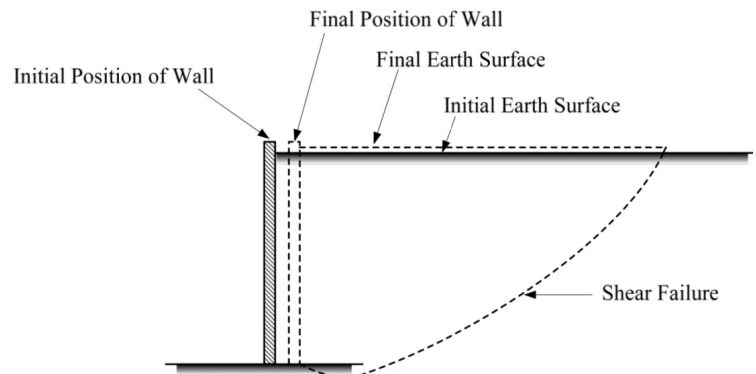
ภาพที่ 5 ความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง



ภาพที่ 6 ความดันดินที่สภาวะ Active



ภาพที่ 7 ความดันดินที่สภาวะ Passive



ที่มา : <http://www.eng.sut.ac.th>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.

M อ้างอิง

- คู่มือเกณฑ์กำหนดการออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. 2550.
- มหาวิทยาลัยพะเยา คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2559.
- <http://www.eng.sut.ac.th>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.
- <http://www.tpa.or.th>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.
- <http://www.th.m.wikipedia.org>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.
- <http://www.yotathai.com>. 4 กุมภาพันธ์ 2566.