

มาตรฐานการทดสอบ

การควบคุมกำลังอัดของคอนกรีตในสนามโดยวิธี Moving Average

1. ขอบข่าย

เป็นการหาค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้แผนภาพแสดงกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน (Moving Average) เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมกำลังอัดของคอนกรีตในสนามขณะก่อสร้าง

2. การคำนวณ

ความรู้พื้นฐานทางสถิติ

ค่าฟังก์ชันต่างๆ ที่ควรทราบเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เป็นค่าเฉลี่ยกำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

เมื่อ $x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n$ คือ ค่ากำลังอัดของแต่ละแท่งตัวอย่างคอนกรีต
เป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
 n คือ จำนวนแท่งตัวอย่างคอนกรีต

2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายกำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตจากค่าเฉลี่ย (\bar{X})

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบรวมของเส้นโค้งการแจกแจงความถี่แบบปกติ ซึ่งทำให้ทราบถึงระดับการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตได้ ในกรณีที่มีการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตดี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะน้อย นั่นคือกำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตส่วนใหญ่จะมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าเฉลี่ย (เส้นโค้งการแจกแจงความถี่แบบปกติโด่งขึ้นและแคบลง) ในกรณีที่การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตไม่ดี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่ามาก ค่ากำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตก็จะกระจายออกจากค่าเฉลี่ยมาก (เส้นโค้งการแจกแจงความถี่เตี้ยลงและแบนออก)

การเก็บข้อมูล

ค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่หาได้นั้น จะถูกต้องมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลที่เก็บโดยวิธีการสุ่มจะเป็นตัวแทนที่แท้จริง นอกจากนี้จำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกด้วย โดยมาตรฐานทั่วไป กำหนดว่า จำนวนข้อมูลที่จะถือว่าน่าเชื่อถือได้ ต้องมาจากกำลังของแท่งตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 30 ค่า

แผนภาพการควบคุมคุณภาพ

แผนภาพการควบคุมคุณภาพนี้ มีการใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมคุณภาพคอนกรีตโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในเรื่องกำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ทั้งนี้เพราะแผนภาพนี้จะแสดงให้เห็นทุกขณะว่า กำลังคอนกรีตมีการผันแปรมากน้อยเท่าใด

โดยทั่วไป แผนภาพที่ใช้ในงานควบคุมคุณภาพ กำลังอัดคอนกรีต มีอยู่ 2 แผนภาพ ดังนี้

- (1) แผนภาพแสดงกำลังอัดเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างคอนกรีต
- (2) แผนภาพแสดงกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน

แผนภาพกำลังอัดเฉลี่ยของแท่งตัวอย่าง

แผนภาพนี้ได้จากการนำข้อมูลของกำลังอัดเฉลี่ยที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน มาเขียนความสัมพันธ์ โดยให้

- แกนนอนแสดงจำนวนชุดตัวอย่าง
- แกนตั้งแสดงกำลังอัด หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

แผนภาพกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน

แผนภาพนี้ได้จากการนำข้อมูลของกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน ที่อายุ 7 และ 28 วัน มาเขียนความสัมพันธ์ โดยให้

- แกนนอนแสดงจำนวนชุดตัวอย่าง
- แกนตั้งแสดงกำลังอัด หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

การประเมินผลจากแผนภาพ

เมื่อได้แผนภาพแล้ว จะนำมาทำการวิเคราะห์ และประเมินผล ดังนี้

1. การประเมินผลจากแผนภาพกำลังอัดเฉลี่ยของแท่งตัวอย่าง แผนภาพแสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอในการควบคุมคุณภาพคอนกรีต
2. การประเมินผลจากแผนภาพกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน ซึ่งการวิเคราะห์และประเมินผล ดูได้จากแนวโน้มของเส้นในแผนภาพ

- ถ้าเส้นที่ได้มีค่าความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม
- ถ้าเส้นที่ได้มีค่าความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มกำลังอัดลดลงจากเดิม
- ถ้าเส้นที่ได้มีค่าความลาดเอียงเป็นศูนย์ แสดงว่าแนวโน้มกำลังอัดคงที่

การไปใช้งาน

1. หาค่า f_{cr} และออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้งานจริงในสนามให้มีค่ากำลังอัดสูงกว่ากำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง ดังนี้

$$f_{cr} = f_{c'} + z_s$$

โดยที่ f_{cr} = กำลังอัดที่ออกแบบใช้งานจริงในสนาม

$f_{c'}$ = กำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ปกติมีค่าระหว่าง 30-40 กก./ตร.ซม.)

z = ค่าคงที่ทางสถิติ เทียบกับร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า $f_{c'}$

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ Z

ร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า $f_{c'}$	ค่าคงที่ทางสถิติ (z)
30	0.52
25	0.67
20	0.84
15.9	1.00
15	1.04
10	1.28
5	1.65
2.5	1.96
2.3	2.00
1	2.33
0.5	2.58
0.13	3.00

2. ออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีตเพื่อไว้รวม 3 อัตราส่วน พร้อมใช้งานได้ทันที ดังนี้

- อัตราส่วนที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากับกำลังอัดที่ออกแบบใช้งานจริงในสนาม (f_{cr}) ตามข้อ 1

- อัตราส่วนที่ 2 ส่วนผสมคอนกรีตที่มีค่า W/C ลดลง 0.05 เมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสมที่ 1

- อัตราส่วนที่ 3 ส่วนผสมคอนกรีตที่มีค่า W/C เพิ่มขึ้น 0.05 เมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสมที่ 1

3. ทำงานสนามโดยใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตที่ 1 ก่อน โดยการเลือกใช้ส่วนผสมคอนกรีตอัตราส่วนที่ 2 หรือ 3 มีข้อพิจารณาดังนี้

3.1 ถ้าเส้นกราฟที่ได้จากการ Moving Average มีแนวโน้มลดลง ซึ่งคาดว่าจะต่ำกว่าเส้นกำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างต่อไปได้ ให้เปลี่ยนมาใช้ส่วนผสมคอนกรีตอัตราส่วนที่ 2

3.2 ถ้าเส้นกราฟที่ได้จากการ Moving Average มีแนวโน้มสูงขึ้น และสูงจากเส้นกำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างมาก ให้เปลี่ยนมาใช้ส่วนผสมคอนกรีตอัตราส่วนที่ 3

3. ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนด $f_c' = 200$ กก./ตร.ซม.

$s = 30$ กก./ตร.ซม.

$z = 1.04$ (ยอมให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่ต่ำกว่า f_c' เท่ากับร้อยละ 15)

ดังนั้น กำลังอัดที่ออกแบบใช้งานจริงในสนาม (f_{cr}) = $200 + (30 \times 1.04)$

= 231 กก./ตร.ซม.

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

สวพ.ทล.212/2551

Project งานวิจัยคอนกรีต

Lab No. CM. 10 / 2550

Location

Test by

Date

ชุดที่	วันที่เก็บ ตัวอย่าง	กำลังอัดที่อายุ 7 วัน (กก./ตร.ซม.)					กำลังอัดที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		X1	X2	X3	\bar{X}	XMOV	X1	X2	X3	\bar{X}	XMOV
1	1/6	192	168	182	181	-	218	256	244	239	-
2		191	176	208	192	-	223	226	241	230	-
3		182	209	178	190	-	248	255	234	236	-
4		190	211	210	204	-	258	242	224	241	-
5	3/6	178	195	198	190	191	255	246	241	247	241
6		189	185	175	183	192	236	220	247	234	239
7		194	238	196	209	192	240	234	259	244	243
8		196	200	201	199	194	225	246	222	231	239
9	4/6	198	202	198	199	193	223	242	246	237	238
10		199	198	190	196	194	255	245	248	249	239
11		189	196	197	194	196	240	232	226	233	239
12		168	189	201	186	195	230	243	239	238	238
13	7/6	193	181	189	188	192	217	240	221	226	237
14		191	195	185	190	191	241	216	238	231	235
15		186	194	189	190	189	231	224	238	231	232
16		188	198	193	193	189	245	231	248	242	233
17		190	185	200	192	190	231	245	236	238	233
18		186	183	180	183	189	244	232	240	238	236
19	9/6	199	194	192	195	190	225	230	234	230	236
20		189	203	198	197	192	235	229	235	233	236
21		194	189	197	193	192	240	230	227	232	234
22		196	184	199	193	192	232	225	245	234	233
23		191	203	198	197	195	248	241	236	242	234
24		195	184	196	192	195	241	248	247	245	238
25		193	199	186	193	194	246	247	220	238	238
26	10/6	198	194	202	198	195	240	229	244	238	238
27		200	203	200	201	196	238	231	241	237	240
28		194	196	201	197	196	238	231	241	237	240
29		194	200	197	197	197	246	235	223	235	236
30	11/6	195	199	198	197	198	220	243	237	233	235
31		200	188	198	195	197	245	236	239	240	235
32		190	196	198	195	196	224	234	241	233	235

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

สวพ.ทล.212/2551

Project

Lab No.

Location

Test by

Date

ชุดที่	วันที่เก็บ ตัวอย่าง	กำลังอัดที่อายุ 7 วัน (กก./ตร.ซม.)					กำลังอัดที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		X1	X2	X3	\bar{X}	XMOV	X1	X2	X3	\bar{X}	XMOV
33	12/6	202	195	185	194	196	226	240	238	235	235
34		186	200	199	195	196	236	242	246	241	237
35		188	195	197	194	195	232	245	239	239	238
36		197	196	204	199	195	231	238	240	237	237
37		191	198	196	195	195	231	245	239	239	238
38	15/6	195	193	186	191	195	241	247	230	239	239
39		197	193	200	197	195	245	239	231	238	239
40		199	196	204	196	196	238	243	244	242	239
จำนวนแท่งตัวอย่าง						120					120
กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)						197					237
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กก./ตร.ซม.)						16					20
ค่าสูงสุด (กก./ตร.ซม.)						238					258
ค่าต่ำสุด (กก./ตร.ซม.)						175					217

หมายเหตุ

ช่องที่ 1 คือ ชุดที่

ช่องที่ 2 คือ วันที่หล่อแท่งตัวอย่าง

ช่องที่ 3 – 5 คือ ค่ากำลังอัดแท่งตัวอย่างที่อายุ 7 วัน

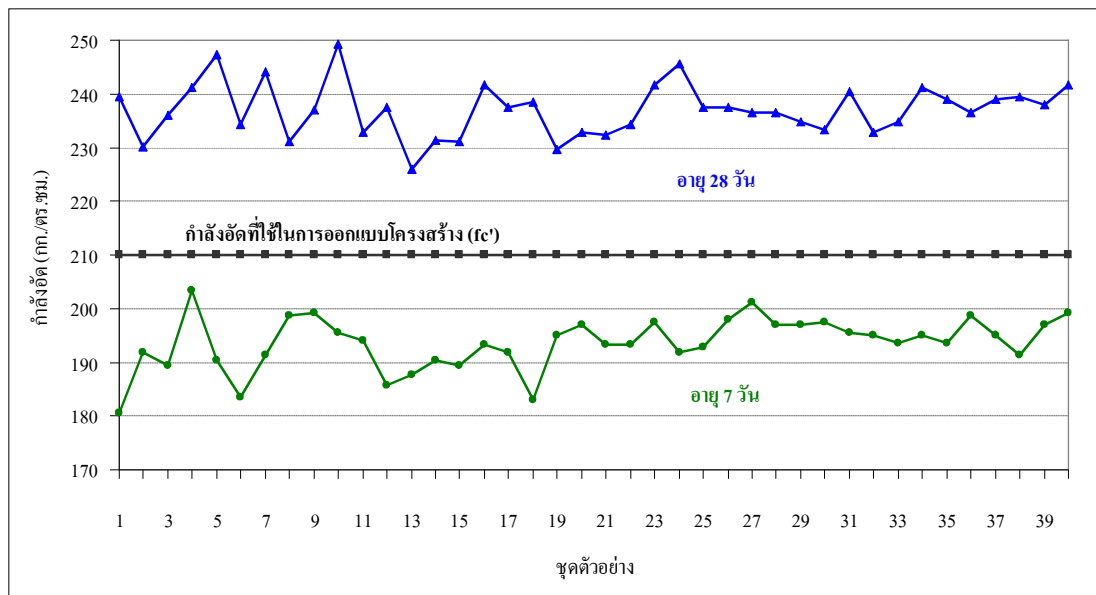
ช่องที่ 6 คือ ค่าเฉลี่ยกำลังอัดแท่งตัวอย่างที่อายุ 7 วัน (ค่าเฉลี่ยจากช่องที่ 3 – 5)

ช่องที่ 7 คือ ค่ากำลังอัดแท่งตัวอย่างเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกันที่อายุ 7 วัน

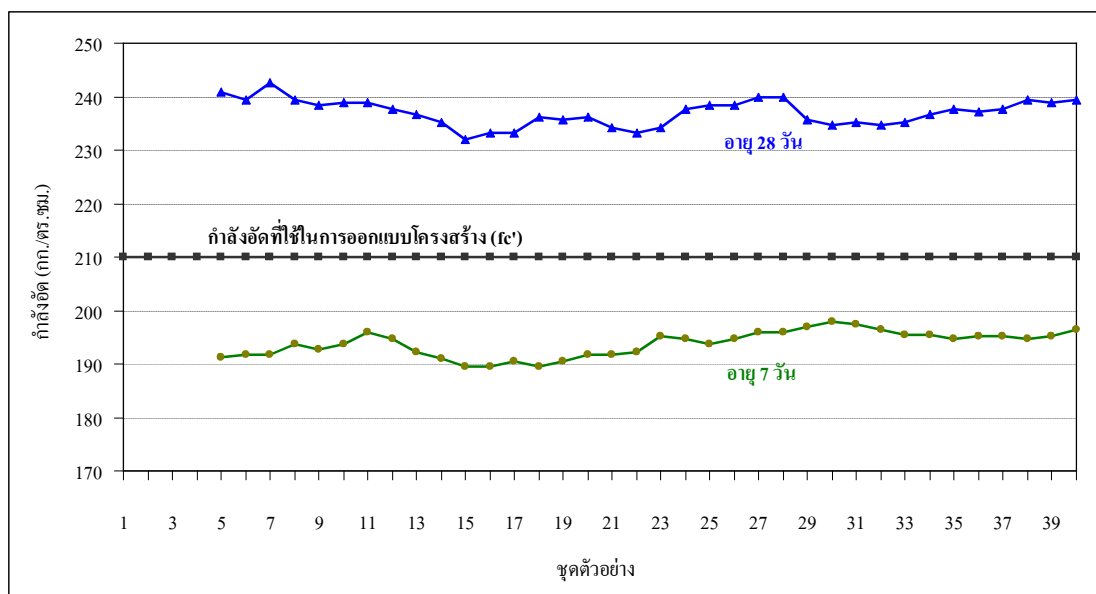
ช่องที่ 8 – 10 คือ ค่ากำลังอัดแท่งตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

ช่องที่ 11 คือ ค่าเฉลี่ยกำลังอัดแท่งตัวอย่างที่อายุ 28 วัน (เฉลี่ยจากช่องที่ 8 – 10)

ช่องที่ 12 คือ ค่ากำลังอัดแท่งตัวอย่างเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกันที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 1 แผนภาพกำลังอัดเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างคอนกรีต



รูปที่ 2 แผนภาพกำลังอัดเฉลี่ย 5 ค่าติดต่อกัน (Moving Average)