



เอกสารอ้างอิง

1. Lie, T.T., "Fire and Buildings, "National Research Council of Canada, 1972.
2. Tasnim Uddin, A.M., and G. Culver Charles, "The Effect of Elevated Temperature on Structural Members, "Journal of the Structural Division, 1531-1549, July, 1975.
3. Ingberg, S.H., "Influence of Mineral Composition of Aggregates on Fire Resistance of Concrete, "Proceedings, American Society for testing and Materials, Vol.29, Part 2, 1929.
4. Saemann, J.C., and G.W. Washa, "Variation of Mortar and Concrete Properties with Temperature, "Journal of the American Concrete Institute; PCA Research Department Bulletin, November 1958.
5. Philleo, R., "Some Physical Properties of Concrete at High Temperatures, "Proceedings, American Concrete Institute Journal, Vol.54, No.10, April, 1958.
6. Maholtra, H.L., "Effect of Temperature on the Compressive Strength of Concrete, "Magazine of Concrete Research, Vol.8, No.23, August, 1956.
7. Carette, G.G., Painter, K.E., and V.M.Malhotra, "Sustained High Temperature effect on Concretes made with Normal Portland Cement, Normal Portland Cement and Slag, or Normal Portland Cement and Fly Ash, "Concrete international design & construction, Vol.4, July-Dec. 1982.

8. Zoldners, N.G., "Effect of High Temperatures on Concrete Incorporating Different Aggregates, "American Society for Testing Materials, Vol.60, 1960.
9. Zoldners, N.G., Malhotra, V.M., and Wilson, H.S., "High Temperature Behavior of Aluminous Cement Concretes Containing Different Aggregates, "Proceedings, ASTM, v.63, No.1 , Jan. 1966.
10. ACI Publication SP 25, "Temperature and Concrete , "American Concrete Institute, Nov., 1968.
11. Davis, H.S., "Effects of High Temperature Exposure on Concrete, "Materials Research and Standards, V.7, No.10, Oct. 1967.
12. REXFORD WILSON, "Fire and the Building, "Building Research, Jan-Feb., 1965.
13. ASTM Standard E 119, "Fire Tests of Building Construction and Materials, "American Standard of Testing and Materials, 1980.
14. BULLETIN D INFORMATION N 174, "Model code for Fire Design of Concrete Structures, " Oct. 1986.
15. ASTM Standard C 192-76, "Curing of Concrete, "American Standard of Testing and Materials, 1980.
16. C.N.S. Electronics Ltd., "Pundit Manual for use with the Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester, 61-63 Holmes Road, London.

17. ASTM Standard C 805-79, "Compressive Strength with Rebound Hammer, "American Standard of Testing and Materials, 1980
18. ASTM Standard C 469-65, "Static Modulus of Elasticity, "American Standard of Testing and Materials, 1980.
19. Grun, R., and H. Beckman, "The Behavior of Cement Aggregates and Concrete at High Temperatures, "Cement and Cement Manufacture, Vol.3, No.3, 1930.
20. IDORN, G.M., "Hydration of Portland Cement Paste at High Temperture, BFL internal report, No.185, 1968.
21. Cement and Concrete Research, "Changes of Pore Structure of Cement Mortars due to Temperature, Vol.10, 1980.
22. ACI SP-39, "Effect of Temperature and age on Thermal Expansion and Modulus of Elasicity of Concrete, "Behavior of concrete under extremes, Oct.1973.
23. FREDERICK M LEA, "The Chemistry of Cement and Concrete, "Third Edition, 1970.
24. T. Harada, "Research on Fire Proof of Concrete and Reinforced Concrete Construction, " Tokyo Institute of Technology, 1961.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วันทดสอบโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังรับแรงอัด ที่ออกแบบไว้ (กก.ต่อตร.ซม.)	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย	
210	44, 46, 44.5	249.0, 260.3, 251.8	253.72	5.88
280	50, 52.5, 53	282.9, 297.1, 299.9	293.34	9.11
350	74, 74, 77	418.8, 418.8, 435.8	424.47	9.81

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 254 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบไฟ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
	ตัวอย่างที่1, 2, 3	ตัวอย่างที่1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	38, 30, 36	215.1, 169.8, 203.7	196.20	23.56	77.33
15	33, 36, 30	186.7, 203.7, 169.8	186.76	16.95	73.61
30	37, 37, 35	209.4, 209.4, 198.1	205.62	6.52	81.04
45	38, 40, 35	215.1, 226.4, 198.1	213.17	14.25	84.00
60	41, 39.5, 41.5	232.0, 223.5, 234.8	230.14	5.88	90.70
90	43.5, 44, 40	246.2, 249.0, 226.4	240.52	12.32	94.70
120	38.5, 43, 38	217.8, 243.4, 215.1	225.43	15.62	88.85
180	42, 36, 44.5	237.6, 203.7, 251.8	231.03	24.71	90.95

ตารางที่ ก.3 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 254 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
		ตัวอย่างที่1,2,3	ค่าเฉลี่ย		
1	30.5, 35.5, 29.5	172.6, 200.9, 166.9	180.16	18.21	70.60
15	31.5, 30, 27.5	178.3, 169.8, 155.6	167.89	11.47	66.17
30	33, 35.5, 27.5	186.7, 200.9, 155.6	181.10	23.17	71.30
45	32, 34.5, 33	181.1, 195.3, 186.8	187.70	7.15	73.89
60	40, 36.5, 33.5	226.4, 206.6, 189.6	207.50	18.42	81.69
90	42.5, 35, 33.5	240.5, 198.1, 189.6	209.40	27.27	82.50
120	43, 38, 36.5	243.4, 215.1, 206.6	222.65	19.27	87.65
180	38, 38, 43	215.1, 215.1, 243.4	224.65	16.37	88.38

ตารางที่ ก.4 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 254 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 45 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	30, 30.5, 28	169.8, 172.6, 158.5	166.95	7.46	65.80
15	30, 28, 29	169.8, 158.5, 164.1	164.12	5.65	64.61
30	27, 33, 31	152.8, 186.8, 175.4	171.67	17.30	66.85
45	29.5, 30.5, 35.5	166.9, 172.6, 200.9	180.16	18.21	70.60
60	36, 28, 32	203.7, 158.5, 181.1	181.10	22.6	71.30
90	35, 38, 30	198.1, 194.3, 169.8	194.30	15.36	76.40
120	38, 36, 36.5	215.1, 203.7, 206.6	208.45	5.92	81.88
180	37, 38.5, 35	209.4, 217.9, 198.1	208.45	9.93	81.88

ตารางที่ ก.5 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 293 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
	ตัวอย่างที่1, 2, 3	ตัวอย่างที่1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	42.5, 44.5, 44	240.5, 251.8, 249	247.12	5.88	84.20
15	40, 43, 45	226.4, 243.4, 254.7	241.46	14.11	82.41
30	45, 45.5, 48	254.7, 257.5, 271.7	261.30	9.11	89.20
45	46, 46, 48.5	260.3, 260.3, 274.5	265.04	8.20	90.45
60	49, 51, 51.5	277.3, 288.6, 291.5	285.79	7.50	97.50
90	53, 49, 48	299.9, 277.3, 271.7	282.96	14.93	96.57
120	50, 49, 53.5	282.9, 277.3, 302.7	287.68	13.35	97.85
180	53.5, 48.5, 51	302.8, 274.5, 288.6	288.62	14.15	98.5

ตารางที่ ก.6 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 293 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
	ตัวอย่างที่1,2,3	ตัวอย่างที่1,2,3	ค่าเฉลี่ย		
1	37, 35	209.4, 198.1	203.74	7.99	69.54
15	28, 30.5, 34.5	158.5, 172.6, 195.2	175.43	18.51	59.87
30	42, 38, 40	237.7, 215, 226.4	226.37	11.35	77.26
45	43, 43.5, 40.5	243.3, 246.2, 229.2	239.50	9.09	81.74
60	43.5, 45, 48	246.2, 254.7, 271.7	257.50	12.98	87.88
90	46, 45, 47	260.3, 260.3, 265.9	260.33	3.23	88.80
120	47, 47, 43	265.9, 265.9, 243.4	258.50	12.99	88.26
180	48.5, 47.5, 45.5	274.5, 280.1, 263.2	272.6	8.61	93.04

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.7 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 293 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
	ตัวอย่างที่1,2,3	ตัวอย่างที่1,2,3	ค่าเฉลี่ย		
1	33, 35, 32.5	186.7, 198.1, 183.9	189.58	7.52	64.70
15	29, 30, 26.5	164.1, 169.8, 149.9	161.20	10.25	55.02
30	32.5, 38.5, 35.5	183.9, 217.9, 200.9	200.91	17.00	68.57
45	37.5, 39, 40	212.2, 220.7, 226.4	219.75	7.15	75.00
60	45.5, 42	257.5, 237.7	247.50	14.00	84.47
90	44, 45.3, 44.8	249, 256.4, 253.5	253.45	3.73	86.50
120	45, 45, 47	254.7, 262.2, 265.9	258.44	5.70	88.20
180	48, 46, 46.5	271.6, 260.3, 263.2	265.03	5.87	90.45

ตารางที่ ก.8 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 424 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ28วัน
	ตัวอย่างที่1,2,3	ตัวอย่างที่1,2,3	ค่าเฉลี่ย		
1	62.5,63.5,54.5	353.7,359.4,308.4	340.50	27.95	80.30
15	58,58.5,55	328.2,331.1,311.3	322.58	10.69	76.08
30	61,62.5,63	345.2,353.7,356.5	351.84	5.88	82.98
45	62.5,60,63.5	353.7,339.6,384.8	359.37	23.13	84.76
60	67.5,69,63	382,390.5,356.5	376.34	17.69	88.67
90	65,68.5,68	367.9,387.7,384.8	380.12	10.69	89.65
120	69,71,71.5	390.5,401.8,404.6	398.98	7.46	94.00
180	73,72,69	413.1,407.5,390.5	403.70	11.77	95.21

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.9 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 424 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยง เบน	% ของ กำลังที่ อายุ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	54, 57, 53	305.6, 322.6, 299.9	309.37	11.81	72.9
15	46, 52, 50.5	260.3, 294.3, 285.8	280.14	17.69	66.07
30	58, 54, 54	328.2, 305.6, 305.6	313.13	13.05	73.80
45	58, 54.5, 56	328.2, 308.4, 316.9	317.86	9.98	74.97
60	59, 55.5, 56	333.8, 314.1, 316.9	321.63	10.66	75.86
90	60.5, 59, 56	342.4, 333.9, 316.9	331.07	12.98	78.08
120	63, 60, 57	356.5, 339.6, 322.6	339.56	17.00	80.08
180	64, 62.5, 60	362.2, 353.7, 339.6	351.82	11.42	82.98



ตารางที่ ก.10 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ทำการทดสอบไฟโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

กำลังที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อตร.ซม.

กำลังที่อายุ 28 วันเฉลี่ย = 424 กก.ต่อตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 45 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		ค่าเบี่ยงเบน	% ของกำลังที่อายุ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	49.5, 47, 48.5	280.1, 265.9, 274.5	273.51	5.84	64.50
15	45, 42, 46.5	254.7, 237.7, 263.2	251.83	12.98	59.40
30	51.5, 48, 53.5	291.5, 271.7, 302.8	288.60	15.74	68.07
45	54.5, 51.5, 53.5	308.4, 291.5, 302.8	300.88	8.61	70.75
60	56, 55, 54.5	316.9, 311.3, 308.4	311.26	4.32	73.41
90	57, 54, 54	322.6, 305.6, 305.6	311.26	9.81	73.41
120	60.5, 59, 57	342.4, 333.9, 322.6	332.95	9.93	78.53
180	63, 60, 60	356.5, 339.6, 339.6	345.22	9.76	81.42

ตารางที่ ก.11 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการใช้เครื่องอัดรีดไขมัน

กำลังที่ออกแบบไว้ = 210, 280, 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

แท่งตัวอย่างทดสอบที่อายุ = 28 วัน

กำลังรับแรงอัด	เวลา $\times 10^{-6}$	ความเร็ว (กม.ต่อ วินาที)	กำลังรับแรงอัด (กก.ต่อ ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
210	67, 68, 67	4.55, 4.41, 4.55	263 , 244, 263	256.00	13.164
280	65.5, 64.3, 65	4.60, 4.68, 4.65	288, 296, 290	291.33	4.223
350	63.8, 63.8, 63	4.7, 4.7, 4.76	405.9, 405.9, 442	417.97	20.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.12 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออัดร้ำโซนิค

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับ แรงอัดที่28วัน
1	150.92	0.826	66.86
15	134.06	13.04	59.40
30	153.39	2.56	67.96
45	157.82	6.76	70.00
60	172.57	7.66	76.50
90	181.42	22.99	80.38
120	194.69	-	86.26
180	209.44	10.23	92.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 13 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุลตราโซนิค

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	141.59	-	61.88
15	132.74	15.33	58.00
30	144.54	5.11	63.17
45	148.97	2.55	65.11
60	151.92	2.55	66.43
90	150.44	8.85	65.76
120	168.15	22.98	73.50
180	206.50	13.53	90.25

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.14 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุตสาหกรรม

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	132.74	15.32	58.02
15	128.63	11.77	56.22
30	141.01	5.32	61.63
45	146.02	4.43	63.82
60	148.97	6.76	65.11
90	150.44	8.85	65.76
120	159.29	-	69.62
180	184.4	12.82	80.60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.15 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออลตราโซนิค

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	188.14	23.41	74.64
15	141.59	-	56.17
30	185.83	8.83	73.72
45	190.27	7.66	75.48
60	202.07	2.55	80.17
90	209.44	10.22	83.09
120	221.3	15.42	87.80
180	254.2	10.05	97.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.16 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุตสาหกรรม

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	147.49	5.11	58.51
15	132.47	15.33	52.55
30	162.25	12.77	64.36
45	171.10	10.22	67.88
60	185.84	-	73.73
90	194.69	7.67	77.35
120	207.97	7.66	82.51
180	246.58	5.20	97.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.17 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออัดร้ำโซนิค

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 45 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	143.07	2.58	56.77
15	130.68	13.89	51.84
30	154.87	4.43	61.44
45	162.25	13.52	64.36
60	179.95	5.10	71.39
90	185.84	-	73.73
120	207.96	7.65	82.50
180	228.90	12.98	90.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.18 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุตสาหกรรม

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	320.06	51.66	76.75
15	277.27	5.11	66.40
30	297.93	20.43	71.44
45	339.23	33.80	81.22
60	330.38	38.80	79.22
90	359.28	23.95	86.02
120	405.96	28.46	97.20
180	414.97	15.61	99.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.19 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุตสาหกรรม

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	283.19	23.41	67.90
15	268.44	10.22	64.37
30	295.64	29.50	70.88
45	301.53	32.72	72.31
60	307.47	32.04	73.73
90	323.01	47.86	77.46
120	346.61	25.55	83.12
180	376.11	-	90.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.20 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมืออุตสาหกรรม

กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% กำลังรับแรง อัดที่ 28 วัน
1	241.89	5.11	58.01
15	221.24	-	53.15
30	265.34	15.58	63.63
45	274.34	30.52	65.78
60	295.60	29.50	70.88
90	301.56	31.82	72.32
120	319.93	31.82	76.72
180	358.70	15.07	86.02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.21 แสดงข้อมูลกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบ

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210, 280, 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

แท่งตัวอย่างทดสอบอายุ = 28 วัน

กำลังรับแรงอัด ที่ออกแบบไว้ (กก.ต่อตร.ซม)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3			
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง(กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน
210	32.3, 32.2, 32.5	239.9, 238.2, 243.6	240.57	2.761
280	35.5, 34.9, 35.5	288.5, 279.7, 288.5	285.57	5.081
350	44.1, 41.2, 41.9	400.8, 380.8, 387.5	385.70	19.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากขั้นตอนทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	28.6, 28.2, 28.5	188.6, 180.4, 185.8	184.93	4.168	76.90
15	27.3, 27.5, 25.9	162.4, 171.4, 153.4	162.38	9.025	67.52
30	28.9, 28.3, 27.7	193.9, 180.4, 171.8	182.08	11.147	75.71
45	29.7, 28.7, 29.2	207.5, 190.5, 193.9	197.32	8.978	82.05
60	31.9, 30.8, 31.1	234.6, 220.5, 225.5	226.87	7.123	94.34
90	31.8, 31.0, 31.5	234.5, 225.5, 230.5	230.21	4.518	95.73
120	32.5, 31.7, 31.5	243.6, 229.5, 229.5	234.21	8.094	97.39
180	33.4, 31.7, 31.5	259.8, 232.0, 230.1	240.62	16.653	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก๊สแล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	26.7, 26.4, 26.6	159.7, 156.9, 159.7	158.78	1.559	66.03
15	25.7, 25.9, 25.5	150.4, 152.0, 148.8	150.41	1.640	62.54
30	27.6, 27.5, 27.2	173.1, 170.5, 162.4	168.67	5.581	70.14
45	28.8, 29.8, 28.5	190.0, 218.3, 185.8	198.05	17.668	82.35
60	31.1, 30.7, 30.3	225.5, 220.5, 207.5	217.85	9.308	90.58
90	30.5, 31.5, 31.7	216.5, 230.1, 232.0	226.18	8.443	94.05
120	31.5, 31.9, 30.5	230.1, 234.6, 216.5	227.04	9.399	94.41
180	31.6, 32.3, 31.4	229.5, 234.6, 229.5	231.21	2.898	96.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากน็อนทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	26.9, 26.2, 26.7	158.7, 155.0, 158.3	156.37	1.743	65.02
15	24.9, 25.4, 25.1	144.5, 145.3, 144.3	144.74	0.529	60.18
30	27, 26.6, 26.6	162.3, 158.3, 158.3	159.68	2.338	66.40
45	28.3, 28.7, 28.7	180.4, 190.5, 190.5	187.14	5.813	77.82
60	30.7, 31.3, 28.3	216.5, 228.5, 180.4	208.49	25.04	86.70
90	30.4, 31.5, 31.5	216.5, 229.5, 229.5	225.20	7.534	93.64
120	31.9, 32, 30	234.6, 234.6, 207.5	225.54	15.623	93.78
180	32.5, 31.8, 31.2	239.6, 230.6, 225.5	231.89	7.104	96.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากหมอนทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	30.4, 30.7, 30.3	216.5, 216.5, 215.0	216.0	0.866	75.64
15	29.3, 29.4, 30.2	193.9, 193.9, 207.5	198.47	7.817	69.50
30	30.5, 30.8, 31.1	216.5, 220.5, 225.5	220.84	4.530	77.34
45	32.5, 32.9, 32.4	243.5, 252.6, 241.6	245.91	5.882	86.12
60	32.3, 33.6, 32.5	239.6, 261.6, 241.5	247.60	12.203	86.69
90	32.3, 32.4, 32.5	243.5, 243.6, 243.5	243.56	-	85.29
120	34.4, 34.7, 33.8	375.0, 377.5, 265.6	339.37	63.896	118.80
180	34.4, 35.7, 34.5	375.0, 282.1, 375.0	344.03	53.635	120.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	29.3, 30.3, 29.4	193.9, 207.5, 193.9	198.47	7.817	69.50
15	28.7, 28.8, 28.9	189.4, 190.5, 193.9	191.30	12.203	66.99
30	29.2, 30.3, 30.2	193.0, 208.5, 207.5	203.00	8.675	71.09
45	33.7, 29.8, 31	265.6, 207.5, 225.5	231.55	31.482	81.09
60	32.4, 32.2, 32.1	239.4, 239.4, 234.6	237.78	2.794	83.27
90	33.1, 32.3, 33.4	270.6, 239.4, 259.1	256.37	15.783	89.78
120	33.9, 32.7, 34.7	270.6, 248.6, 276.6	265.41	14.904	92.94
180	33.8, 34.6, 34.5	270.6, 276.6, 276.5	274.60	3.424	96.16

ตารางที่ ก.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	37.8, 37.5, 37.5	324.7, 317.5, 317.5	319.90	4.157	84.62
15	35.5, 34.5, 35.8	288.0, 276.1, 290.5	284.89	7.694	75.35
30	36.2, 38, 37	297.7, 324.8, 311.2	311.24	13.535	82.33
45	37.5, 38.5, 37.1	311.2, 333.1, 311.2	318.53	12.360	84.26
60	38.3, 37.6, 38.2	333.1, 317.5, 324.8	325.12	7.806	86.00
90	38.7, 38.5, 39.1	340.0, 333.1, 342.8	338.63	4.992	89.57
120	39.1, 37.6, 38.3	342.8, 318.3, 326	329.00	12.554	87.03
180	38.3, 38.9, 40	326, 342.8, 342.8	377.2	9.699	89.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.
 อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับแก่แล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	36.1, 34.8, 35.9	297.7, 279.7, 297.7	291.69	10.409	77.16
15	32.2, 32.3, 32.7	234.6, 234.5, 252.6	240.57	10.451	63.64
30	36.5, 35.6, 35.4	304.1, 305, 288.10	299.07	9.508	79.09
45	37, 35.4, 36	311.2, 288.1, 297.7	299.02	11.625	63.22
60	36.8, 38, 36	311.2, 324.8, 297.7	311.24	13.530	82.33
90	36.3, 37.9, 37.1	297.7, 324.8, 311.2	311.24	13.535	82.33
120	37.7, 37.6, 37.6	320.5, 320.5, 320.5	320.50	-	84.78
180	38.3, 38.1, 37.8	329.1, 324.8, 324.8	326.21	2.499	86.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดที่ได้จากข้อทดสอบกับเวลา

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างทดสอบที่ 1, 2, 3				% กำลัง รับแรงอัด ที่ 28 วัน
	ค่าที่ได้รับทันทีแล้ว	ค่ากำลัง (กก.ต่อตร.ซม)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	36.2, 34.3, 34.6	297.7, 270.7, 275	281.12	14.518	74.36
15	31.1, 30.7, 30.8	225.5, 218.6, 220.1	221.41	2.985	58.57
30	34.1, 35.3, 34.5	279.7, 279.7, 276.5	278.61	1.830	73.69
45	36.1, 35.8, 35.4	297.7, 290.7, 288	292.12	5.011	77.24
60	37.5, 33.9, 35.7	317.2, 279.7, 290.7	295.9	19.299	78.27
90	37.5, 34.9, 35.8	318.2, 279.7, 295.7	297.86	19.388	78.79
120	36.8, 38, 36	311.2, 324.8, 297.7	311.24	13.530	82.33
180	38.8, 37.3, 36.8	360.8, 315.2, 310.7	328.91	27.718	87.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น แท่งตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย (กก./ซม. ²)	ค่าเบี่ยงเบน
210	240000, 230000, 235000	235000	5000
280	278504, 273130, 253630	268420	13089
350	320500, 309000, 300500	310000	10037

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	98000, 78000, 95000	90333	10785	38.44
15	70000, 66000, 50200	62067	10469	26.40
30	118800, 121120, 116980	118967	2075	50.62
45	138000, 136400, 133000	135800	2553	57.78
60	131740, 140438, 147550	139910	7918	59.54
90	151440, 153174, 145314	149976	4129	63.82
120	160840, 175250, 158710	164933	8997	70.18
180	179890, 140000, 177050	165647	22256	70.49

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	57914, 53930, 54170	55338	2234	23.54
15	70078, 66140, 65600	67270	2444	28.62
30	93087, 88142, 88355	89860	2795	38.24
45	124290, 130190, 124820	126430	3264	53.80
60	148540, 148360, 119103	138667	16944	59.00
90	154056, 158012, 155495	155854	2002	66.32
120	174285, 162023, 150450	162252	11920	69.00
180	189090, 135540, 158710	161113	26858	68.56

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 210 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1,2,3	ค่าเฉลี่ย		
1	53275, 50787, 54248	52770	1785	22.46
15	52295, 46527, 53000	50607	3550	21.53
30	83550, 85800, 82867	84070	1535	35.77
45	92482, 95825, 95250	94519	1787	40.22
60	122500, 86395, 95000	101286	23124	43.13
90	110310, 118718, 111404	113477	4571	48.29
120	131644, 120230, 119592	123852	6757	52.70
180	128814, 153178, 116976	132990	18458	56.59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	122183, 136700, 138723	132535	9022	49.38
15	118110, 134216, 128380	126902	8154	47.28
30	153061, 145366, 151315	149914	4034	55.85
45	153543, 153543, 152650	153245	515	57.09
60	166318, 163537, 167900	165918	2208	61.81
90	184424, 160393, 163700	169505	13032	63.15
120	174090, 165000, 178937	172676	7075	64.33
180	178795, 176177, 163889	172954	7958	64.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	93680, 86012, 90000	89897	3835	33.49
15	82086, 80896, 92964	85315	6650	31.78
30	127344, 117563, 121546	122151	4918	45.51
45	112795, 132165, 109156	118038	12368	44.00
60	121152, 121253, 142698	128367	12410	47.82
90	123825, 123241, 151315	132793	16042	47.47
120	163620, 160280, 143705	155868	10665	58.07
180	162088, 168816, 143898	158266	12889	59.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 280 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	70700, 71298, 71332	71110	355	26.49
15	70181, 70608, 64173	68320	3598	25.45
30	93572, 109960, 95250	100153	8492	37.31
45	115920, 120290, 109820	115343	5258	42.97
60	122587, 116930, 119150	119555	2850	44.54
90	130500, 128450, 123550	127500	3571	47.50
120	131920, 133485, 142795	136067	5879	50.69
180	138270, 137090, 133974	136445	2219	50.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 300 องศาเซลเซียส



เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	168450, 176850, 165570	170290	5860	54.93
15	167105, 177710, 155745	166850	10980	53.82
30	175740, 171211, 169800	172250	3103	55.56
45	177015, 167100, 198920	181010	16282	58.39
60	201420, 209370, 187995	199595	10804	64.38
90	175200, 190778, 180352	182110	7936	58.75
120	185966, 211860, 202510	200110	13112	64.55
180	225895, 214810, 174700	205135	26934	66.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.9 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	106160, 125330, 128355	119950	12036	38.69
15	97180, 117424, 106815	107140	10125	34.56
30	146840, 121940, 121940	130240	14376	42.00
45	161535, 121420, 143967	142307	20108	45.91
60	176000, 144870, 167100	162657	16033	52.47
90	177550, 163878, 155950	165793	25017	53.48
120	175450, 169940, 158750	168047	8510	54.21
180	181270, 174015, 160000	171762	10810	55.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างทดสอบที่

กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบไว้ = 350 กก.ต่อ ตร.ซม.

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 450 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้ หลังเผา (วัน)	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (กก.ต่อ ตร.ซม.)		ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน	%ของค่า โมดูลัสความยืด หยุ่นที่ 28 วัน
	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3	ค่าเฉลี่ย		
1	87000, 80140, 88907	85349	4610	27.53
15	88440, 80640, 86340	85140	4036	27.46
30	142716, 117936, 124765	128472	12799	41.44
45	135740, 116275, 127390	126468	9765	40.79
60	166620, 153150, 142101	153957	12279	49.66
90	180000, 135000, 150400	155130	23535	50.04
120	183810, 176000, 164220	174676	9862	56.35
180	188000, 172868, 162000	174290	13058	56.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

ค่าแรงยึดเหนี่ยวของแท่งตัวอย่างทดสอบที่อายุ = 28 วัน

ค่ากำลังรับแรงอัด = 280 กก.ต่อตร.ซม.

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	100	100	100
20	450	460	500
40	1250	1100	980
60	2560	1790	1740
80	2760	2650	2320
100	3930	3110	3270
120	4330	4030	4000
140	4700	4500	4450
160	5750	5720	5650
180	6550	6650	6000
200	7000	7100	6500
240	7050	7150	6650

ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 0 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	100	100	100
20	150	150	200
40	550	300	350
60	1050	650	600
80	1450	950	870
100	1850	1120	1030
120	1920	1350	1150

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 30 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	0	0	0
20	60	250	260
40	80	400	500
60	155	600	900
80	250	950	1350
100	480	1250	1650
120	810	1670	2070
140	1210	2000	2140
160	1590	2200	2160
180	1840	2250	2160
200	1990	2300	2160

ตารางที่ ค.4 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 45 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	0	0	0
20	220	400	200
40	350	800	350
60	570	1300	450
80	850	1900	650
100	1150	2600	950
120	1540	3100	1300
140	1920		1700
160	2200		2250
180			2900
200			3650
240			4700

ตารางที่ ค.5 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 60 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	0	0	0
20	230	220	390
40	530	310	620
60	820	390	790
80	1200	480	1150
100	1760	570	1540
120	2330	670	1670
140	2800	760	1900
160	2920	860	2150
180	2930	1100	2450
200		1430	2670
240		1840	2950

* ตัวอย่างที่ 2 ค่าแรงดึงสูงสุดมีค่า = 2730 กก.

ตารางที่ ค.6 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 90 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	100	100	100
20	350	200	250
40	820	320	520
60	1370	370	870
80	1970	680	1270
100	2570	1130	1720
120	3170	1650	2180
140	3800	2150	2660
160	4200	2500	3200
180		2950	3570
200		3400	3660
240		3520	3660

ตารางที่ ค.7 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 120 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	0	0	0
20	120	160	70
40	280	330	100
60	540	630	250
80	830	1000	370
100	1160	1470	600
120	1550	1820	870
140	1950	2180	1140
160	2480	2550	1380
180	3080	2670	1700
200	3660		2050
240	3960		2850

ตารางที่ ค.8 แสดงข้อมูลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา = 180 วัน

ค่าที่อ่านได้ (Slip) $\times 10^{-2}$ mm.	ค่าแรงดึง (กิโลกรัม)		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
0	100	100	100
20	350	460	220
40	560	920	360
60	860	1510	640
80	1210	2220	1050
100	1570	3150	1640
120	1930	4030	1930
140	2320	4480	2260
160	2770	4930	2570
180	3220	5320	2960
200	3550	5710	
240	4000	6000	



ตารางที่ ค.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับเวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ = 400 องศาเซลเซียส

เวลาที่ทิ้ง ไว้หลังเผา (วัน)	ตัวอย่างที่ 1, 2, 3				%ของแรง ยึดเหนี่ยว ที่ 28 วัน
	Pmax*	U**	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	
1	1920, 1350, 1150	16.08, 11.3, 9.6	12.341	3.345	21.20
30	1990, 2300, 2160	16.7, 18.6, 18.1	17.765	0.965	30.50
45	2210, 3100, 2679	18.5, 25.9, 22.4	22.310	3.732	38.32
60	2930, 2730, 2950	24.5, 22.8, 24.7	24.046	1.017	41.30
90	4200, 3520, 3660	35.2, 29.5, 30.7	31.786	3.005	54.59
120	3960, 4700, 3280	33.2, 39.4, 27.5	33.345	5.947	57.28
180	4000, 6000, 3600	33.5, 50.3, 30.2	37.980	10.768	65.25

Pmax* = ค่าแรงดึงสูงสุด (กก.)

U** = ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของคอนกรีตกับเหล็กเสริม (กก.ต่อ ตร.ซม.)

ภาคผนวก ง.

เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาสำหรับทดสอบไฟ
ตามมาตรฐาน ASTM

เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ ° C
0:00	20
0:05	538
0:10	704
0:15	760
0:20	795
0:25	821
0:30	843
0:35	862
0:40	878
0:45	892
0:50	905
0:55	916
1:00	927
1:05	937
1:10	946
1:15	955
1:20	963
1:25	971
1:30	978
1:35	985
1:40	991
1:45	996

เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ ° C
2:00	1010
2:10	1017
2:20	1024
2:30	1030
2:40	1038
2:50	1045
3:00	1052
3:10	1059
3:20	1066
3:30	1072
3:40	1079
3:50	1086
4:00	1093
4:10	1100
4:20	1107
4:30	1114
4:40	1121
4:50	1128
5:00	1135
5:10	1142
5:20	1149
5:30	1156
5:40	1163
5:50	1170
6:00	1177
6:10	1184

เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิสำหรับทดสอบไฟ
ตามมาตรฐาน ISO

เวลา นาที	อุณหภูมิ °C
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1029
180	1090
240	1133
360	1193

t = เวลา (นาที)

T = อุณหภูมิของเตาไฟที่เวลา t (°C)

T_0 = อุณหภูมิเริ่มต้นของเตาไฟ (°C)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย บัณฑิต เกษรมาลา เกิดเมื่อวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ.2506 เกิดที่กรุงเทพฯ
จบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการ
ศึกษา 2527



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย