

เอกสารอ้างอิง

1. มอก. 15 "ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ." สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย เล่ม 1 ปี พ.ศ. 2514
2. วินิต ช่อวิเชียร "คอนกรีตเทคโนโลยี." ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2527
3. สมยศ ศิริโสภณศิลป์ "การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดคอนกรีตรูปกล่องที่อยู่กลางแจ้ง." ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526
4. A Water Resoures Technical Publication: "Design of Arch Dams." United States Department of The Interior Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, U.S. Goverment Printing office, Washington DC. 20402, 1977.
5. ACI Committee 207. "Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures." American Concrete Institute, Detroit, 1980.
6. ACI Publication. "ACI Manual of Concrete Practice 1976 Part1." American Concrete Institute, Detroit, 1976.
7. ASHRAE, "ASHRAE Handbook of Fundamentals." George Banta Co.Inc., Menasha. Wisconsin U.S.A., 1978.
8. ASTM C186-78. "Method of Test for Heat of Hydration of Portland Cement." Part 13, Cement Lime Gypsum and Related Building Materials and Systems, 1980
9. Blank, Robert F. and Kennedy, Henry. "The Technology of Cement and Concrete." Volume1, PP. 48-51, New York, John Wiley & Sons, Inc. London, 1955.
10. Chao, B.T. "Advanced Heat Transfer." Engineering Publications Office and College of Engineering. University of Illinois Press., Urbana, Chicago, London, 1969.

11. General Electric Co. Research and Development Center. "Heat Transfer & Fluid Flow Data Book." 120 ERITE BLVD. Schenectady, New York, 12305, April 1979.
12. Japan Consultant Company. "Adiabatic Temperature Rising Test in Concrete." Report to TOKYU-KU, TOKYO CONSTRUCTION COMPANY, KIYOSUMI, KOTO-KU, TOKYO 135, 1979.
13. Jakob, Max. "Heat transfer." Vol. 1, John-Wiley & Sons Inc., New York 16, 1949.
14. Limsuwan, Ekasit. "Adiabatic Temperature Rising Test in Concrete" for Doa Kanong Cable Stayed Bridge Reprot to Ch. Karnchang-Tokyo Construction Co.,Ltd., Bangkok, Nov., 1984.
15. Limsuwan, Ekasit. "Adiabatic Temperature Rising Tests for mass Concrete Heat Generation." Department of Civil Engineering Chulalongkorn Univesity, Bangkok, 1985.
16. Orchard, D.F. "Concrete Technology." Vol.1, John-Wiley & Sons Inc., New York 16, 1962.
17. Philip, Holman Jack. "Heat Transfer." Fifth Edition, McGraw-Hill Inc., Tosho Printing Co.,Ltd., Tokyo.
18. Mindess, Sidney and Young, J. Francis "Concrete." Printice-Hall, INC. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
19. Townsend, Charles L. "Control of Cracking in mass Concrete Structures." United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, 1965.
20. Troxell, Earl George. "Composition and Properties of Concrete." The Maple Press Company, York, P.A., Mc Graw-Hill, 1869.

21. Vuoriner (Helsinki), Jukka. "Cements for Concrete for Large Dams." In October 1978. Updated in October 1981.
22. Water Gate and Penstock Association in Japan. "Technical Standards for Gate and Penstocks." Published by Water Gate and Penstocks Association in Japan, 1979.
23. Zemansky, Mark W. Ph.D. "Heat and Thermodynamics." 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1943.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

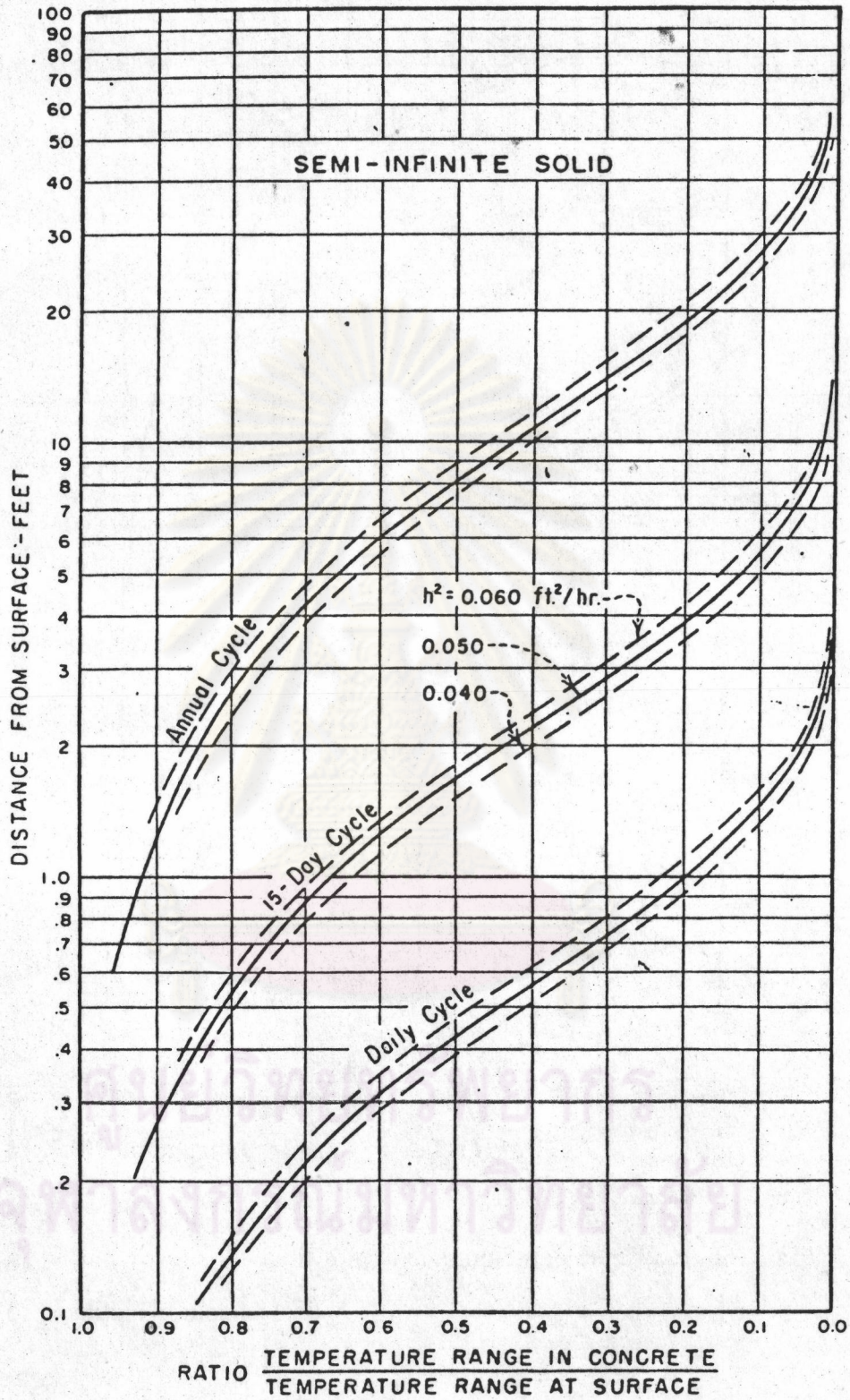
ภาคผนวก ก

สมการการคำนวณหาอุณหภูมิในคอนกรีตตามวิธีของ Carlson

	<u>ที่จุดศูนย์กลาง</u>	<u>ที่จุดอื่นๆ</u>
T_n	$L_n + Z_n t_{n-1}$	$L_n + Z_n t_{n-1}$
L_n	$0.5 C_n Z_n$	$(C_n + L_{n+1}) Z_n$
C_n	$2t'_{n+1} + (2S-2)t'_n + 2SE_t$	$t'_{n-1} + (2S-2)t'_n + t'_{n+1} + 2SE_t$
S	$X^2 / (h^2 T)$	$X^2 \gamma / (h^2 T)$
Z_n	$(2S+2-Z_{n+1})^{-1}$	$(S+1)^{-1}$

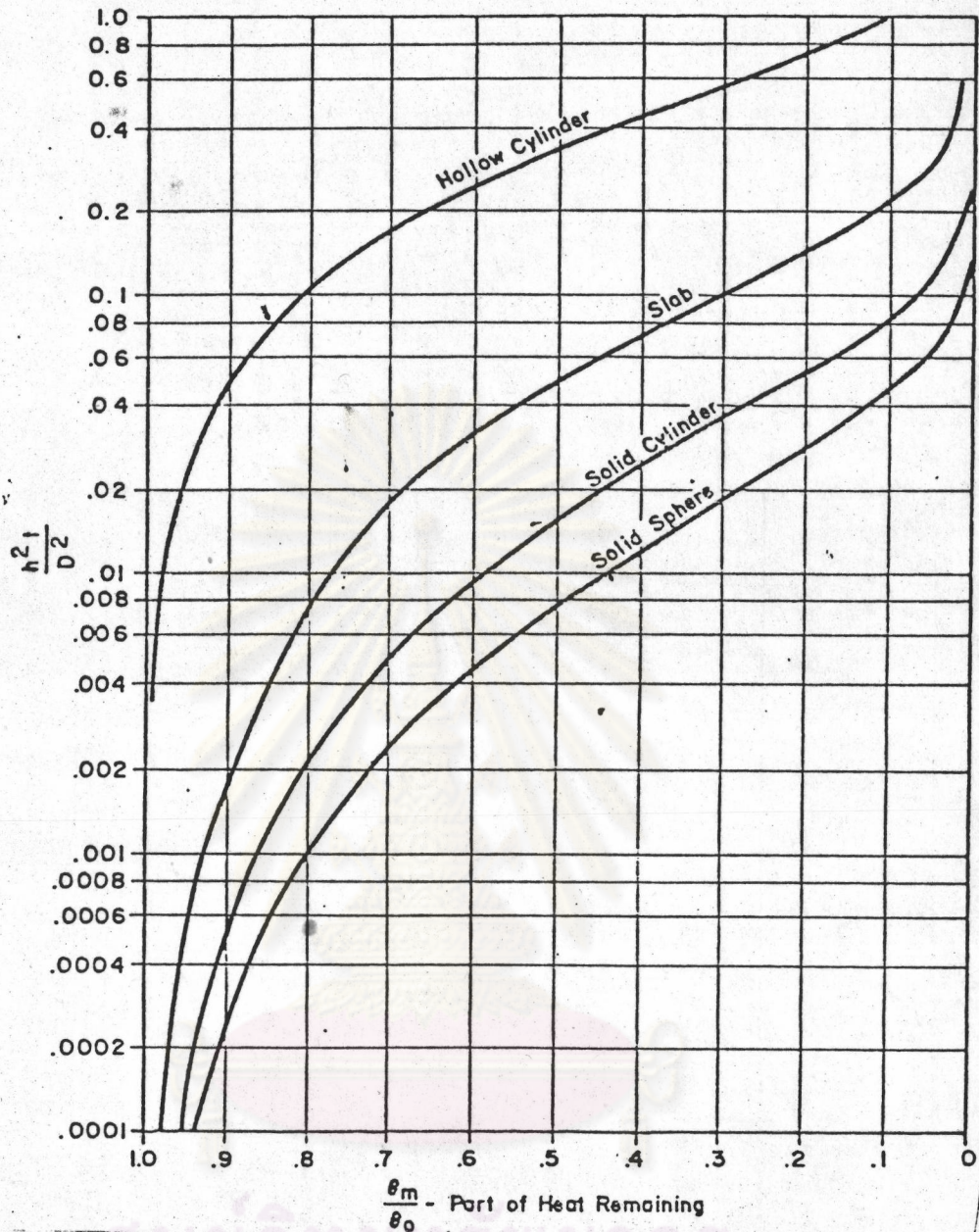
- เมื่อ t'_n = อุณหภูมิเริ่มแรกที่จุด "n"
 t_n = อุณหภูมิสุดท้ายที่จุด "n"
 E_t = อุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อน ($^{\circ}\text{C}/\text{day}$)
 T = ช่วงเวลาในการคำนวณ (day)
 X = ระยะระหว่างจุด (ft)
 h^2 = ความสามารถแผ่กระจายความร้อน (ft^2/day)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



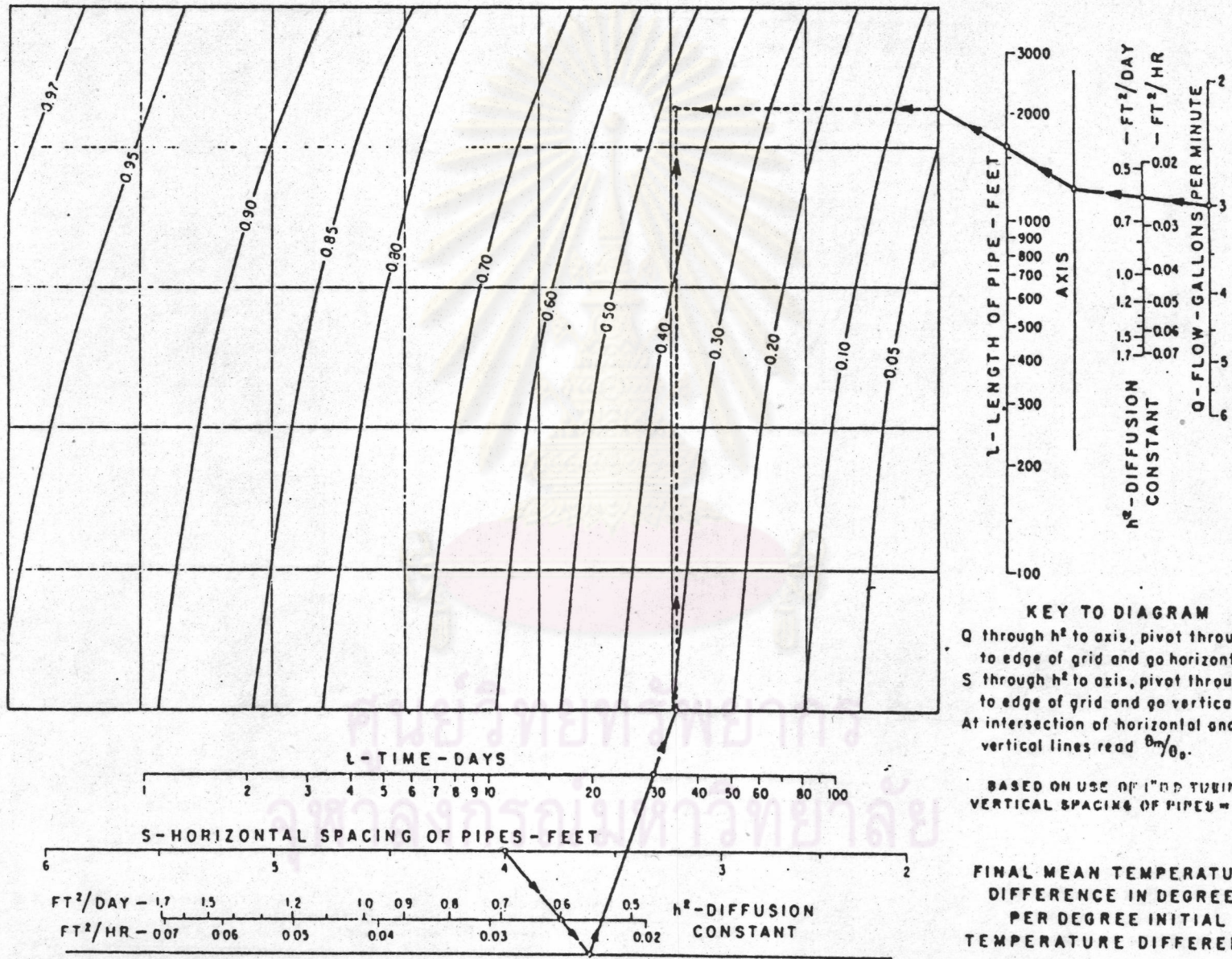
Temperature variations with depth in semi-infinite solid.

รูปที่ ๘1. อุณหภูมิแปรผันตามความลึกของมวลกึ่งอนันต์ (19)



- t = เวลา (day)
- h^2 = ความสามารถแผ่กระจายความร้อน (ft²/day)
- D = ความหนา (ft)
- θ_m = ผลต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)
- θ_0 = อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุด (°C)

รูปที่ ๕.๒ ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากมวลคอนกรีต(๕)

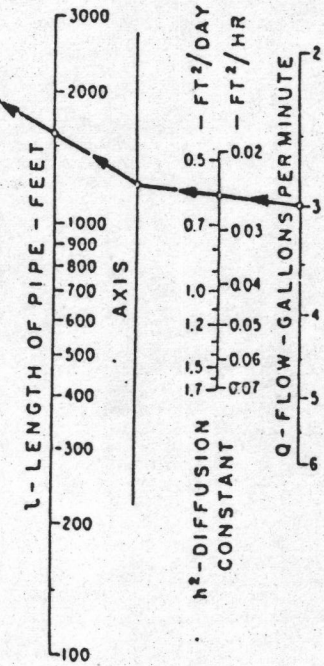
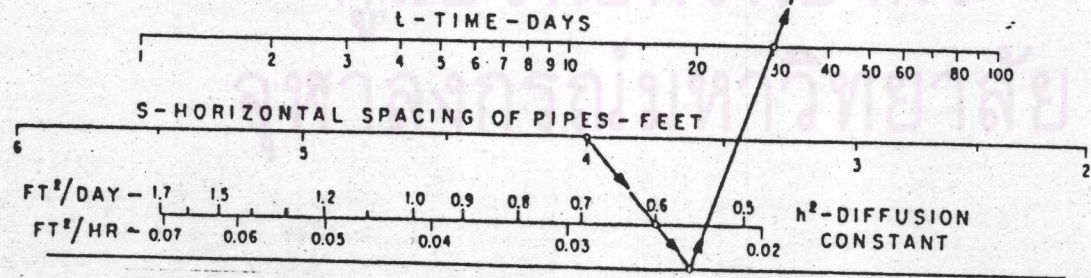


KEY TO DIAGRAM
 Q through h^2 to axis, pivot through l to edge of grid and go horizontally.
 S through h^2 to axis, pivot through l to edge of grid and go vertically.
 At intersection of horizontal and vertical lines read θ_m/θ_0 .

BASED ON USE OF 1" DIAM PIPES
 VERTICAL SPACING OF PIPES = 6'-0"

FINAL MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE IN DEGREES PER DEGREE INITIAL TEMPERATURE DIFFERENCE

รูปที่ ผ.3 อุณหภูมิเฉลี่ยของคอนกรีต(๑)

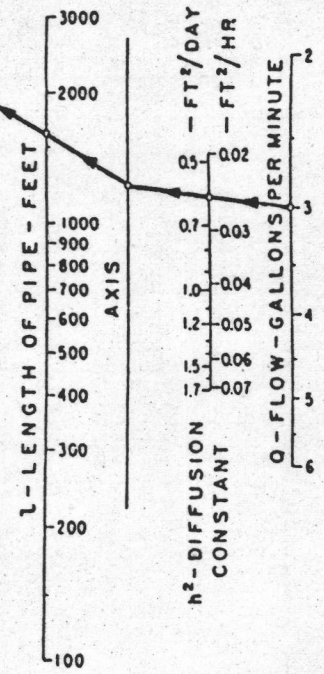
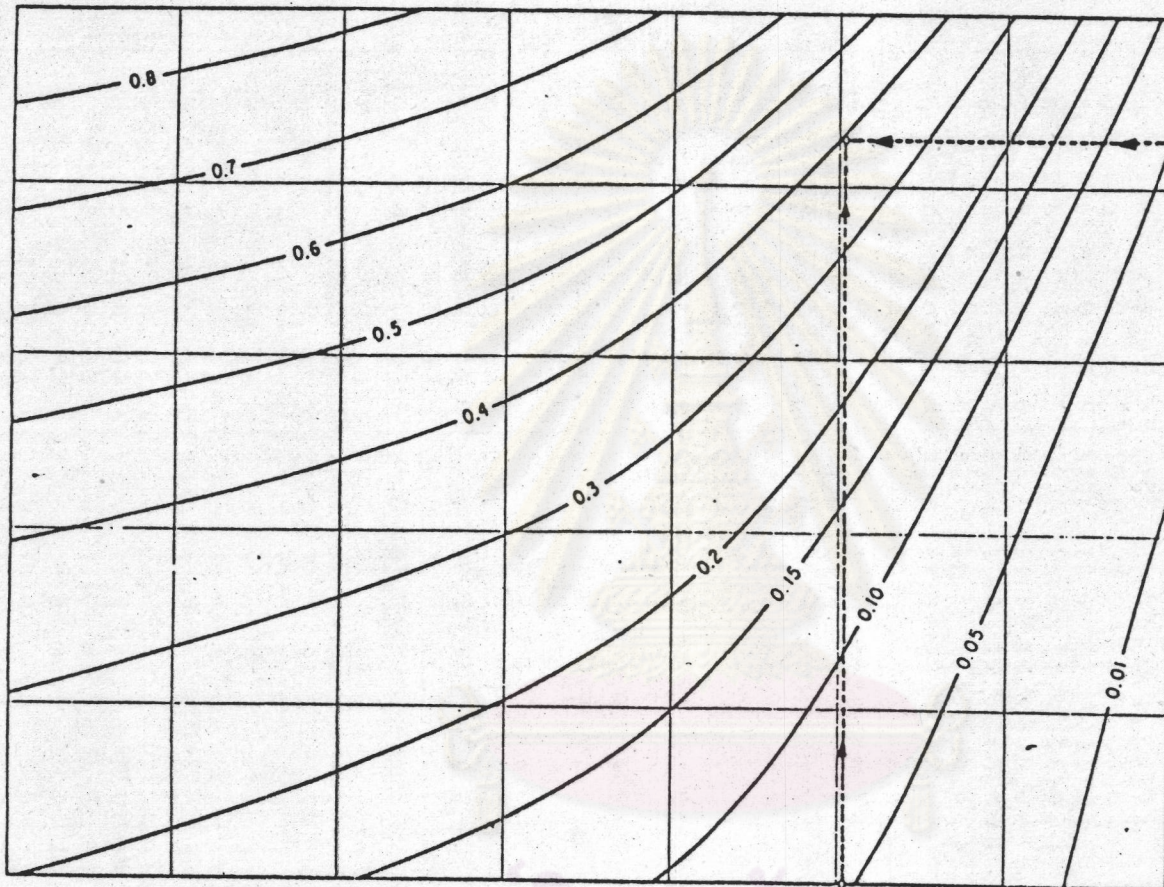


KEY TO DIAGRAM
 Q through h^2 to axis, pivot through l to edge of grid and go horizontally.
 S through h^2 to axis, pivot through l to edge of grid and go vertically.
 At intersection of horizontal and vertical lines read Q_{ml}/Q_0

BASED ON USE OF 1" O.D. TUBING
 VERTICAL SPACING OF PIPES = 8'-0"

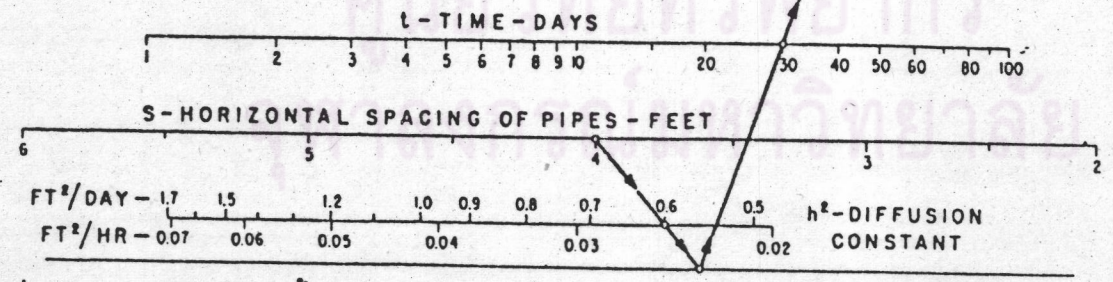
FINAL MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE AT A GIVEN LENGTH FROM INLET IN DEGREES PER DEGREE INITIAL TEMPERATURE DIFFERENCE

รูปที่ ผ.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของคอนกรีตจากจุดปล่อยน้ำเข้าถึงระยะความยาวท่อใด ๆ (S) AXIS



KEY TO DIAGRAM
 Q through h² to axis, pivot through L to edge of grid and go horizontally.
 S through h² to axis, pivot through L to edge of grid and go vertically.
 At intersection of horizontal and vertical lines read h^2/θ_0

BASED ON USE OF 1" O.D. TUBING
 VERTICAL SPACING OF PIPES = 5'-0"



TEMPERATURE RISE OF WATER IN PIPES IN DEGREES PER DEGREE INITIAL TEMPERATURE DIFFERENCE

รูปที่ ผ.5 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของน้ำในท่อระบายความร้อน(๖)

ตารางที่ ผ1. อุณหภูมิเพิ่มของการทดสอบชุด ก. (ประเภทของซีเมนต์),

ชุด ค. (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์) และ ชุด ง. (อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต)

อายุ (ชม.)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างทดสอบ (°C)										
	ชุด ก.			ชุด ค.				ชุด ง.			
	CTI	CTIII	CTV	CW45	CW50	CW55	CW60	CI20	CI30	CI35	CI40
1	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	1.0	2.0	1.5
2	2.5	1.5	0.5	4.0	3.5	2.5	4.0	1.0	2.5	4.0	5.0
3	4.5	4.0	1.5	7.5	6.5	4.5	7.0	2.0	4.5	6.5	10.0
4	6.5	7.0	2.5	12.0	9.0	6.5	10.0	3.0	6.5	9.0	18.0
5	9.5	11.0	4.5	17.5	12.0	9.5	14.0	5.0	9.5	11.5	23.0
6	12.5	15.0	6.5	22.0	15.5	12.5	18.0	7.0	12.5	14.5	25.0
7	14.5	19.5	9.5	24.0	19.5	14.5	22.0	9.0	14.5	17.0	27.0
8	17.5	21.5	12.5	25.5	21.0	17.5	24.0	10.5	17.5	19.5	29.0
9	21.5	26.0	14.5	27.0	22.5	21.5	25.0	13.0	21.5	22.0	29.5
10	23.0	29.0	17.5	28.0	23.5	23.0	26.0	15.0	23.0	24.0	30.0
11	24.5	29.5	18.5	28.0	24.0	24.5	27.0	17.0	24.5	24.5	31.0
12	25.5	30.5	20.0	29.5	25.0	25.5	28.0	20.0	25.5	25.0	31.5
13	26.0	31.0	21.5	30.0	25.5	26.0	28.0	23.0	26.0	26.0	32.0
14	26.5	32.0	23.0	31.0	26.0	26.5	29.0	25.0	26.5	26.5	33.0
15	27.0	33.0	24.5	32.0	26.5	27.0	29.5	26.0	27.0	27.0	33.0
16	27.5	34.0	25.5	33.0	27.0	27.5	30.0	27.0	27.5	27.5	33.5
17	28.5	34.5	26.0	33.5	27.5	28.5	31.0	28.0	28.5	28.0	34.0
18	29.0	35.5	26.5	33.5	28.0	29.0	31.0	29.0	29.0	28.5	34.5
19	30.0	36.0	27.5	34.0	28.0	30.0	31.0	30.0	30.0	29.5	35.0
20	30.5	36.5	27.5	34.0	29.0	30.5	31.5	31.5	30.5	30.0	35.0
21	30.5	36.5	28.5	35.0	29.0	30.5	32.0	31.5	30.5	30.0	35.5
22	30.5	37.0	28.5	35.5	30.0	30.5	32.0	32.0	30.5	31.0	36.0
23	31.0	37.5	29.0	35.5	30.0	31.0	32.5	33.0	31.0	31.0	36.0
24	31.5	38.0	29.5	36.0	30.5	31.5	32.5	33.5	31.5	31.5	36.5
25	31.5	38.0	30.0	36.0	30.5	31.5	34.0	33.5	31.5	32.0	36.5
26	31.5	38.5	30.5	36.0	31.0	31.5	34.0	34.0	31.5	32.0	37.0
27	32.5	39.0	30.5	36.0	31.0	32.5	34.5	34.0	32.5	32.5	37.0
28	32.5	39.0	30.5	36.0	31.0	32.5	34.5	35.0	32.5	32.5	37.0
29	32.5	39.0	31.5	36.5	31.5	32.5	34.5	35.0	32.5	33.0	37.0
30	32.5	39.5	31.5	37.0	32.0	32.5	34.5	36.0	32.5	33.0	37.0
31	33.0	39.5	31.5	37.0	32.0	33.0	34.5	36.0	33.0	33.0	37.0
32	33.0	39.5	31.5	37.0	32.0	33.0	35.0	36.0	33.0	34.0	37.0
33	33.5	39.5	32.0	37.0	32.5	33.5	35.0	36.0	33.5	34.0	37.0
34	33.5	39.5	32.5	37.0	33.0	33.5	35.0	37.0	33.5	34.5	37.5
35	33.5	40.0	32.5	37.0	33.0	33.5	35.0	37.0	33.5	34.5	37.5
36	33.5	40.0	32.5	37.0	33.0	33.5	35.0	38.0	33.5	34.5	37.5
37	33.5	40.0	32.5	37.0	33.0	33.5	35.0	38.0	33.5	34.5	37.5
38	33.5	40.0	32.5	37.0	33.0	33.5	35.0	38.0	33.5	34.5	37.5
39	34.0	40.0	32.5	37.0	33.0	34.0	35.0	38.0	34.0	34.5	37.5
40	34.0	40.0	33.0	37.0	33.5	34.0	35.0	38.0	34.0	35.0	37.5
41	34.5	40.0	33.5	37.5	33.5	34.5	35.5	38.0	34.5	35.0	37.5
42	34.5	40.5	33.5	37.5	33.5	34.5	35.5	38.5	34.5	35.0	37.5
43	34.5	40.5	33.5	37.5	33.5	34.5	35.5	38.5	34.5	35.5	37.5
44	34.5	40.5	33.5	37.5	34.0	34.5	35.5	39.0	34.5	35.5	37.5
45	34.5	40.5	33.5	37.5	34.0	34.5	36.0	39.0	34.5	35.5	37.5

ตารางที่ ผ1. (ต่อ)

อายุ (ชม.)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างทดสอบ (°C)										
	ชุด ก.			ชุด ค.				ชุด ง.			
	CTI	CTIII	CTV	CW45	CW50	CW55	CW60	CI20	CI30	CI35	CI40
46	35.0	40.5	33.5	37.5	34.0	35.0	36.0	39.0	35.0	36.0	38.0
47	35.0	40.5	33.5	37.5	34.0	35.0	36.0	39.0	35.0	36.0	38.0
48	35.0	40.5	33.5	37.5	34.0	35.0	36.0	39.0	35.0	36.0	38.0
49	35.0	40.5	33.5	37.5	34.0	35.0	36.0	39.0	35.0	36.0	38.0
50	35.0	40.5	33.5	37.5	34.0	35.0	36.0	39.0	35.0	36.0	38.0
51	35.0	40.5	34.0	37.5	34.0	35.0	36.0	39.5	35.0	36.0	38.0
52	35.5	40.5	34.0	37.5	34.0	35.5	36.0	39.5	35.5	36.0	38.0
53	35.5	40.5	34.0	37.5	34.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.0	38.0
54	35.5	40.5	34.0	37.5	34.5	35.5	36.0	40.0	35.5	36.0	38.0
55	35.5	40.5	34.0	37.5	34.5	35.5	36.0	40.0	35.5	36.0	38.0
56	35.5	40.5	34.0	37.5	34.5	35.5	36.0	40.0	35.5	36.0	38.0
57	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
58	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
59	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
60	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
61	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
62	35.5	40.5	34.5	37.5	35.0	35.5	36.0	40.0	35.5	36.5	38.0
63	36.0	40.5	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
64	36.0	40.5	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
65	36.0	40.5	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
66	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
67	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
68	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
69	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
70	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
71	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0
72	36.0	41.0	34.5	37.5	35.0	36.0	36.0	40.0	36.0	36.5	38.0

ตารางที่ ๒๒. อุณหภูมิเพิ่มของการทดสอบชุด ข. (ปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีต)

อายุคอนกรีต (ชม)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างทดสอบ									
	CC200	CC250	CC300	CC350	CC400	CC450	CC450	CC500	CC500	CC550
1	0.5	0.5	2.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.5	2.0	1.5
2	1.0	1.5	4.0	2.5	3.5	4.0	3.5	3.5	4.0	4.0
3	3.0	3.5	6.0	4.5	7.0	7.0	6.5	6.0	7.5	7.0
4	5.0	5.5	8.5	6.5	10.0	10.5	10.5	9.5	12.0	11.5
5	6.0	7.5	10.0	9.5	14.0	13.5	13.5	12.5	16.0	16.0
6	8.5	10.0	12.0	12.5	17.0	17.0	17.5	16.5	21.0	21.0
7	9.0	12.0	14.0	14.5	21.0	21.5	22.0	20.5	26.0	27.0
8	11.5	13.5	17.0	17.5	24.5	24.5	24.5	24.5	28.0	31.0
9	12.0	14.5	19.5	21.5	27.0	26.0	26.5	28.0	30.0	33.0
10	13.0	15.5	20.0	23.0	28.0	27.0	27.5	29.5	31.0	35.0
11	13.5	16.0	21.5	24.5	29.0	28.5	28.5	31.0	32.5	36.5
12	14.0	16.5	22.5	25.5	30.5	29.0	29.5	32.0	33.5	37.5
13	14.0	17.5	23.0	26.0	31.0	30.0	30.5	33.0	34.5	38.5
14	14.5	18.0	24.0	26.5	32.0	31.0	31.5	34.0	35.5	39.5
15	14.5	18.0	24.0	27.0	33.0	31.0	32.0	35.0	36.0	40.0
16	15.0	18.5	25.0	27.5	33.0	32.0	33.0	35.0	36.5	41.0
17	15.5	18.5	25.0	28.5	33.5	33.0	33.5	36.0	37.0	41.5
18	15.5	18.5	25.5	29.0	34.0	34.0	34.0	37.0	37.0	41.5
19	16.0	19.0	26.0	30.0	35.0	34.0	34.5	37.5	37.5	42.0
20	16.0	19.5	26.0	30.5	35.0	34.5	35.5	38.5	38.0	43.0
21	16.5	19.5	26.5	30.5	36.0	35.0	35.5	38.5	38.0	43.5
22	16.5	20.0	27.0	30.5	36.5	36.0	36.0	39.0	39.0	44.0
23	16.5	20.0	27.0	31.0	36.5	36.5	36.0	39.5	40.0	44.5
24	17.0	20.0	27.5	31.5	37.0	36.5	36.5	39.5	40.0	44.5
25	17.0	20.0	27.5	31.5	37.0	37.0	36.5	40.0	40.0	45.0
26	17.0	20.5	28.0	31.5	37.5	37.0	37.5	41.0	40.0	45.0
27	17.0	20.5	28.0	32.5	38.0	37.5	37.5	41.0	40.5	45.0
28	18.0	21.5	28.0	32.5	38.0	37.5	38.0	41.5	41.0	45.5
29	18.0	21.5	28.0	32.5	38.0	37.5	38.0	41.5	41.0	46.0
30	18.0	21.5	29.0	32.5	38.0	38.0	38.5	41.5	41.0	46.5
31	18.5	21.5	29.0	33.0	38.5	38.0	38.5	42.0	42.0	46.5
32	18.5	21.5	29.0	33.0	38.5	38.5	38.5	42.0	42.0	47.0
33	18.5	21.5	29.0	33.5	38.5	38.5	38.5	42.0	42.0	47.0
34	18.5	22.0	29.0	33.5	39.0	39.0	38.5	42.0	42.0	47.0
35	18.5	22.0	29.0	33.5	39.0	39.0	38.5	42.0	42.0	47.5
36	19.0	22.5	29.5	33.5	39.0	39.0	39.0	42.5	42.5	47.5
37	19.0	22.5	29.5	33.5	39.0	39.0	39.0	42.5	42.5	47.5
38	19.0	22.5	30.0	33.5	39.0	40.0	39.5	42.5	43.0	47.5
39	19.0	22.5	30.0	34.0	39.5	40.0	39.5	42.5	43.0	47.5
40	19.0	22.5	30.0	34.0	39.5	40.0	39.5	42.5	43.0	48.0
41	19.0	22.5	30.0	34.5	40.0	40.5	39.5	43.0	43.0	48.0
42	19.0	23.0	30.0	34.5	40.0	40.5	39.5	43.0	43.0	48.0
43	19.0	23.0	30.0	34.5	40.0	41.0	39.5	43.0	43.0	48.0
44	19.0	23.0	30.0	34.5	40.0	41.0	39.5	43.0	43.0	48.0
45	19.0	23.0	30.0	34.5	40.0	41.0	39.5	43.0	43.5	48.0

ตารางที่ ๒. (ต่อ)

อายุคอนกรีต(ชม)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างทดสอบ									
	CC200	CC250	CC300	CC350	CC400	CC450	CC450	CC500	CC500	CC550
46	19.0	23.0	30.0	35.0	40.0	41.0	39.5	43.0	43.5	48.0
47	19.0	23.5	30.0	35.0	40.0	41.0	39.5	43.0	43.5	48.5
48	19.0	23.5	30.0	35.0	40.5	41.0	39.5	43.0	43.5	48.5
49	19.0	23.5	30.0	35.0	40.5	41.5	39.5	43.0	43.5	48.5
50	19.0	23.5	30.0	35.0	40.5	41.5	39.5	43.0	43.5	48.5
51	19.0	23.5	30.0	35.0	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	48.5
52	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	49.0
53	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	49.0
54	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	49.0
55	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	49.0
56	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	41.5	40.0	43.0	43.5	49.0
57	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	42.0	40.0	43.0	44.0	49.0
58	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	42.0	40.0	43.0	44.0	49.0
59	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	42.0	40.0	43.0	44.0	49.0
60	19.0	23.5	30.0	35.5	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
61	19.0	24.0	30.0	35.5	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
62	19.0	24.0	30.0	35.5	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
63	19.0	24.0	30.0	36.0	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
64	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
65	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.0	40.5	43.0	44.0	49.0
66	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
67	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
68	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
69	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
70	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
71	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0
72	19.0	24.5	30.0	36.0	41.0	42.5	40.5	43.0	44.0	49.0

ตารางที่ ผ3. ผลการทดสอบประกอบอื่น ๆ

ชุดการ ทดสอบ	ตัวอย่าง ทดสอบ	ค่าการยุบ ตัว(ชม.)	กำลังอัดประลัย(กก./ชม. ²)		โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ชม.)	ความหนาแน่นคอน กรีตสด(กก./ม. ³)
			3 วัน	28 วัน		
ชุด ก.	CT-I	6.5	173	306	415	2458
	CT-III	15.0	230	237	413	2449
	CT-V	10.5	152	230	449	2545
ชุด ข.	CC-200	0	66	107	293	2043
	CC-250	0	90	189	368	2173
	CC-300	1.0	143	251	428	2425
	CC-350	6.5	173	306	415	2458
	CC-400	23.5	180	308	417	2469
	CC-450	22.0	104	202	368	2400
	CC-450	24.5	152	252	410	2432
	CC-500	23.0	144	195	350	2328
	CC-550	24.5	169	236	336	2345
ชุด ค.	CW-45	1.0	220	307	452	2484
	CW-50	4.5	197	342	470	2441
	CW-55	6.5	173	306	415	2458
	CW-60	17.0	120	203	396	2493
ชุด ง.	CI-20	18.0	168	287	376	2449
	CI-30	6.5	173	306	415	2458
	CI-35	16.5	161	283	410	2472
	CI-40	11.0	191	299	437	2406

ภาคผนวก ข

วิธีทางไฟไนต์อีลิเมนต์

Brisbane กล่าวจากกฎทรงพลังงานว่า พลังงานทั้งหมดในส่วยย่อย = พลังงานที่ถ่ายเทเข้ามาจากภายนอก - พลังงานที่ถ่ายเทออกสู่ภายนอก สำหรับกรณีที่ไม่มีความร้อนภายในเกิดขึ้น ดังสมการ(๑)

$$W(u, \dot{u}) = \int_A \left(\frac{1}{2} \nabla U k \nabla U + p_0 c U \dot{U} \right) dA - \int_S \underline{n} \cdot q U dS \quad (1.5)$$

- เมื่อ W = พลังงานศักย์ทั้งหมด (btu°F/ft²/hr)
- U = อุณหภูมิ เมื่อเวลา t (°F)
- \dot{U} = อนุพันธ์ของอุณหภูมิเทียบกับเวลา (°F/hr)
- ∇ = gradient operator $\left(\frac{\partial}{\partial X}, \frac{\partial}{\partial Y} \right)$
- A = พื้นที่ของส่วยย่อย (ft²)
- S = ระยะทางตามผิวขอบของส่วยย่อย (ft)
- k = ค่านำความร้อนสำหรับวัสดุ (btu/hr/ft/°F)
- c = ค่าความร้อนจำเพาะสำหรับวัสดุ (btu/lb/°F)
- p_0 = ค่าความหนาแน่นสำหรับวัสดุ (lb/ft³)
- \underline{n} = เวกเตอร์หนึ่งหน่วยตั้งฉากกับผิวขอบของส่วยย่อย
- q = เวกเตอร์สนามความร้อน (btu/ft²/hr)

ถ้าให้เมตริกซ์ตัวประกอบรูป(3) (shape function) แปรผันเป็นเส้นตรงจะได้

$$\underline{f}(x, y) = [1 \quad X \quad Y] \quad \text{สำหรับส่วยย่อยรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ ๗6.}$$

$$\underline{f}(x) = [1 \quad X] \quad \text{สำหรับส่วยย่อย 1 มิติ ดังรูปที่ ๗7.}$$

สำหรับส่วยย่อยรูปสามเหลี่ยม ถ้าให้

$$U(x, y) = \underline{f} \underline{w} \quad (1.6)$$

หรือ

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_j \\ u_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & a_j & b_j \\ 1 & a_k & b_k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_j \\ w_k \end{pmatrix}$$

จะได้

$$\underline{w} = \underline{A} \underline{u}$$

เมื่อ

$$\underline{A} = \frac{1}{m} \begin{pmatrix} m & 0 & 0 \\ b_j - b_k & b_k & -b_j \\ a_k - a_j & -a_k & a_j \end{pmatrix}$$

$$m = a_j b_k - a_k b_j$$

แทนค่า \underline{w} ลงในสมการ (1.6)

$$\begin{aligned} U(x, y) &= \underline{f} \underline{A} \underline{u} \\ &= \underline{N} \underline{u} \end{aligned} \quad (1.7)$$

เมื่อ

$$\underline{N} = \underline{f} \underline{A}$$

หาอนุพันธ์ของ $U(x, y)$ เทียบกับเวลา และ gradient $U(x, y)$

$$\dot{U}(x, y) = \underline{N} \dot{\underline{u}}$$

และ

$$\underline{\nabla} U(x, y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \underline{f} \underline{A} \underline{u}$$

$$= \underline{D} \underline{u} \quad (1.8)$$

เมื่อ

$$\underline{D} = \frac{1}{m} \begin{pmatrix} b_j - b_k & b_k & -b_j \\ a_k - a_j & -a_k & a_j \end{pmatrix}$$

สำหรับส่วนย่อย 1 มิติ

$$\begin{pmatrix} u_i \\ u_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_i \\ w_j \end{pmatrix}$$

จะได้

$$\underline{A} = \frac{1}{L} \begin{pmatrix} L & 0 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\underline{k} = \begin{pmatrix} k_x & k_{xy} \\ k_{xy} & k_y \end{pmatrix} \quad (1.9)$$

เมื่อ k_x, k_y และ k_{xy} เป็นค่าความนำความร้อนในแนวแกน X, Y และ XY

ตามลำดับ (สำหรับวัสดุที่เป็น Isotropic ค่าของ k_{xy} จะมีค่าเป็นศูนย์)

$$q = -q_c - q_e + q_r \quad (1.10)$$

เมื่อ q_c = ความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อน⁽⁷⁾ ตลอดหน้าตัด S_1 (btu/ft²/hr)
 $= h_c (U - U_a)$

q_e = ความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนและจากการระเหยของน้ำ⁽⁷⁾ ตลอดหน้าตัด S_2 (btu/ft²/hr)
 $= K_D (h_s - h_a)$

q_r = ความร้อนที่ถ่ายเทจากการแผ่รังสีความร้อน ตลอดหน้าตัด S_3 (btu/ft²/hr)
 $= q_{rs} - q_{r1}$

q_{rs} = ความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีความร้อน⁽¹⁰⁾ ความยาวคลื่นสั้น
 $= \frac{r \sin p}{T} 1.03 S (\sin^2 p + 0.7 \sin p)$

q_{r1} = ความร้อนที่สูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อน^{(3), (7)} ความยาวคลื่นยาว
 $= eC_1 (U_{t-1} + U_o)^4 - eC_2 (U_a + U_o)^4$ สำหรับสภาพกลางแจ้ง
 $= eC_1 [(U_{t-1} + U_o)^4 - (U_a + U_o)^4]$ สำหรับในร่มหรือเมฆมาก

h_c = $0.99 + 0.31v$ สำหรับพื้นผิวที่ตั้งในแนวตั้งและขวางทิศลม⁽⁷⁾
 (btu/ft²/hr/°F)
 $= 0.66 + 0.133v$ สำหรับพื้นผิวที่วาง⁽³⁾

v = ความเร็วลม (mph)

U_a = อุณหภูมิของอากาศ (°F)

K_D = h_c / C_{pm}

C_{pm} = ความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น⁽¹¹⁾ (btu/lb/°F)
 $= (1 + W_a) C_{pa}$

C_{pa} = ความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง⁽⁷⁾ (0.24 btu/lb/°F)

h_s = Enthalpy ของอากาศชื้นที่ผิว⁽⁷⁾ (btu/lb of dry air)
 $= C_{pa} U_{t-1} + W_s h_{gs}$

h_{gs} = ความร้อนในการกลายเป็นไอของน้ำ⁽¹¹⁾ (btu/lb)
 $= 1061 + 0.441 U_{t-1}$

h_a = Enthalpy ของอากาศชื้น (btu/lb of dry air)

$$= C_{pa}U_a + W_a h_{ga}$$

h_{ga} = ความร้อนในการกลายเป็นไอของน้ำที่อุณหภูมิของอากาศ (btu/lb)

$$= 1061 + 0.441U_a$$

W_a, W_s = อัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำต่ออากาศของอากาศและที่ผิวตามลำดับ⁽⁷⁾

$$= 0.622 \frac{H_u P_{ws}}{P_t - H_u P_{ws}}$$

H_u = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหรือที่ผิว

P_t = ความดันบรรยากาศ (atm)

P_{ws} = ความดันอากาศชื้นของอากาศหรือที่ผิว⁽⁷⁾ (atm)

$$= 218.167 \times 10^{-B_0}$$

$$B_0 = \frac{B_2 (B_3 + B_4 B_1 + B_5 B_1^3)}{(1 + B_6 B_1)}$$

$$B_1 = 647.27 - U_1$$

U_1 = อุณหภูมิของอากาศหรือที่ผิว ($^{\circ}K$)

$$B_2 = B_1 / U_1$$

$$B_3 = 3.2473814$$

$$B_4 = 5.86826 \times 10^{-3}$$

$$B_5 = 1.1702379 \times 10^{-8}$$

$$B_6 = 2.1878462 \times 10^{-3}$$

r = ความสามารถดูดซึมความร้อนของผิววัสดุ (absorptivity)

S = ปริมาณแสงแดดใน 1 วัน (btu/ft²)

T = ช่วงเวลาถูกแสงแดดใน 1 วัน (hr)

$$p = 3.1416 \text{ t}/T$$

t = เวลาที่เริ่มนับจากเวลาถูกแสงแดด (hr)

e = emisivity⁽⁷⁾ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 10, 50, 70 ค่าของ e จะมีค่าเป็น 0.1, 0.19, 0.22 $^{\circ}R^{-3}$ ตามลำดับ

C_1 = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann = 0.1713×10^{-8} btu/ft²/hr/ $^{\circ}R$

$$C_2 = 0.496 \times 10^{-14} \text{ btu/ft}^2/\text{hr}/^\circ\text{R}$$

$$U_0 = \text{ค่าคงที่เปลี่ยน } ^\circ\text{F เป็น } ^\circ\text{R (Rankine)}$$

เมื่อแทนค่าจากสมการที่ (1.6) ถึง (1.10) ลงในสมการที่ (1.5) จะได้

$$W(u, \dot{u}) = \int_A \left(\frac{1}{2} \underline{u}^T \underline{D}^T \underline{k} \underline{D} \underline{u} + p_0 c \underline{u}^T \underline{N}^T \underline{N} \dot{\underline{u}} \right) dA - \int_S \underline{u}^T \underline{N}^T \underline{n}^T \underline{q} dS$$

จากทฤษฎีพลังงานน้อยที่สุด $\frac{\partial W}{\partial u} = 0$ จะได้

$$\int_A (\underline{D}^T \underline{k} \underline{D} \underline{u} + p_0 c \underline{N}^T \underline{N} \dot{\underline{u}}) dA + \int_{S_1} h_c \underline{N}^T \underline{n}^T (\underline{N} \underline{u} - U_a) dS + \int_{S_2} \underline{N}^T \underline{n}^T \underline{q}_e dS - \int_{S_3} \underline{N}^T \underline{n}^T \underline{q}_r dS = 0$$

เมื่อรวมผลของพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีแบบคายความร้อนในส่วนย่อยจากสมการข้างบนจะได้เป็น

$$\underline{B} \underline{u} + \underline{C} \dot{\underline{u}} + \underline{H} \underline{u} - \underline{h}^* + \underline{m}^* - \underline{q}^* - \underline{E} = 0 \quad (1.11)$$

$$\text{เมื่อ } \underline{B} = \int_A \underline{D}^T \underline{k} \underline{D} dA$$

$$\underline{C} = \int_A p_0 c \underline{N}^T \underline{N} dA$$

$$\underline{H} = h_c \int_{S_1} \underline{N}^T \underline{N} dS$$

$$\underline{h}^* = h_c U_a \int_{S_1} \underline{N}^T dS$$

$$\underline{m}^* = \int_{S_2} \underline{N}^T \underline{n}^T \underline{q}_e dS$$

$$\underline{q}^* = \int_{S_3} \underline{N}^T \underline{n}^T \underline{q}_r dS$$

$$\underline{E} = \int_A p_0 c \Delta T dA$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= \text{อุณหภูมิแบบกักกันความร้อนที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา } t \text{ (}^\circ\text{F)} \\ &= P(e^{-a(t-t_0)} - e^{-at}) \end{aligned}$$

$$P = \text{อุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อนสูงสุด (}^\circ\text{F)}$$

$$a = \text{ค่าคงที่จากการทดสอบการวัดอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อน (day}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta t = \text{ช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ (day)}$$

ค่าอนุพันธ์ของ U คือ

$$\dot{U} = \frac{1}{\Delta t} C(u_t - u_{t-1})$$

จากสมการ (1.12) จะได้

$$\left(\underline{B} + \frac{1}{\Delta t} \underline{C} + \underline{H}\right) \underline{u} = \frac{1}{\Delta t} \underline{C} u_{t-1} + \underline{h}^* - \underline{m}^* + \underline{q}^* + \underline{E}$$

$$\text{หรือ} \quad \underline{K} \underline{u} = \underline{F} \quad (1.12)$$

เมื่อ \underline{K} = สติฟเนสเมทริกซ์ (stiffness matrix)

$$= \underline{B} + \frac{1}{\Delta t} \underline{C} + \underline{H}$$

\underline{F} = เวกเตอร์น้ำหนักบรรทุก (load vector)

$$= \frac{1}{\Delta t} \underline{C} u_{t-1} + \underline{h}^* - \underline{m}^* + \underline{q}^* + \underline{E}$$

u_{t-1} = อุณหภูมิที่เวลา $t-1$

เมื่อแทนค่า \underline{D} และ \underline{k} ลงในสมการของ \underline{B} จะได้

$$\underline{B} = \frac{1}{2m} \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ & B_{22} & B_{23} \\ \text{sym} & & B_{33} \end{pmatrix}$$

$$\text{โดยที่ } B_{11} = a^2 k_x + b^2 k_y + 2abk_{xy}$$

$$B_{12} = ab_k k_x - ba_k k_y - (bb_k - aak) k_{xy}$$

$$B_{13} = -ab_j k_x + ba_j k_y - (bb_k - aak) k_{xy}$$

$$B_{22} = b^2 k_x + a^2 k_y - 2akbk k_{xy}$$

$$B_{23} = -b_j b_k k_x - a_j a_k k_y + (akb_j + a_j bk) k_{xy}$$

$$B_{33} = b_j^2 k_x + a_j^2 k_y - 2a_j b_j k_{xy}$$

$$a = b_j - b_k$$

$$b = a_k - a_j$$

การหาค่าสตีฟเนสเมตริกซ์ \underline{K} จะใช้ส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมแล้วแบ่งส่วนย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยม 4 รูป ดังรูปที่ ผ8. หลังจากรวมสตีฟเนสเมตริกซ์ (assembly) ในส่วนของ \underline{B} ของส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยมทั้ง 4 รูปแล้ว จึงทำการลดจุดศูนย์กลางของส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมโดยเทคนิคโครงสร้างย่อย (substructure technique)

หาค่า \underline{C} , \underline{E} โดยวิธีลด (lumped method) เพื่อให้ได้ค่าที่จุดขั้วเท่านั้น

$$\underline{C} = \begin{pmatrix} C_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_l \end{pmatrix}$$

$$\text{เมื่อ } C_1 = \frac{p_o c}{2} (A_1 + A_2)$$

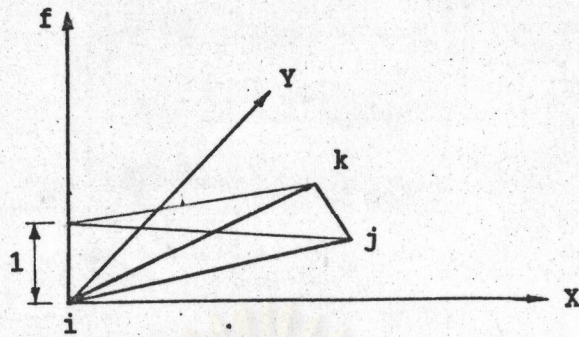
$$C_j = \frac{p_o c}{2} (A_2 + A_3)$$

$$C_k = \frac{p_o c}{2} (A_3 + A_4)$$

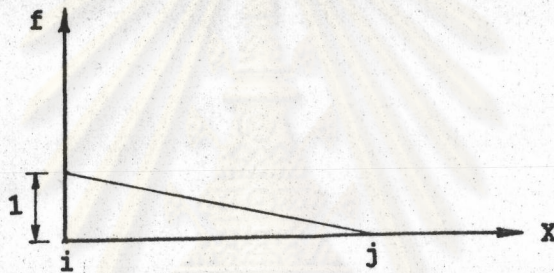
$$C_l = \frac{p_o c}{2} (A_4 + A_1)$$

$A_1, A_2, A_3, A_4 =$ พื้นที่ส่วนย่อยที่ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ

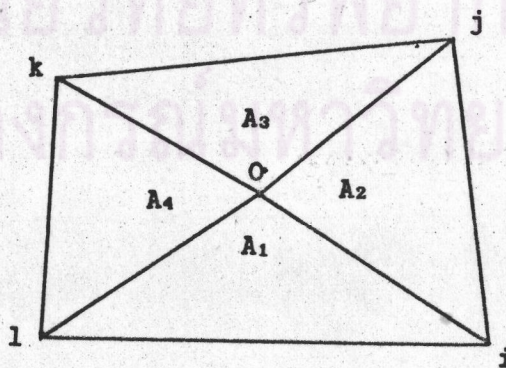
$$\underline{E} = \frac{p_o c \Delta T}{2} \begin{pmatrix} A_1 + A_2 \\ A_2 + A_3 \\ A_3 + A_4 \\ A_4 + A_1 \end{pmatrix}$$



รูปที่ ๘.๖ ตัวประกอบรูปแปดเหลี่ยม เป็น เส้นตรงของส่วนย่อยรูปสาม เหลี่ยม



รูปที่ ๘.๗ ตัวประกอบรูปแปดเหลี่ยม เป็น เส้นตรงของส่วนย่อย 1 มิติ



รูปที่ ๘.๘ ส่วนย่อยรูปสี่ เหลี่ยมประกอบไปด้วยส่วนย่อยรูปสาม เหลี่ยม 4 รูป

เมื่อแทนค่า \underline{N} จากการใช้ส่วนย่อย 1 มิติ ลงในสมการของ \underline{H} , \underline{h}^* , \underline{m}^* , \underline{q}^* จะได้

$$\begin{aligned}\underline{H} &= hc \int_0^L \underline{N}^T \underline{N} dX \\ &= \frac{hcL}{6} \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{h}^* &= hc \int_0^L \underline{N}^T \underline{n}^T U_a dX \\ &= hc U_a \begin{pmatrix} L/2 \\ L/2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{m}^* &= \int_0^L \underline{N}^T \underline{n}^T q_e dX \\ &= q_e \begin{pmatrix} L/2 \\ L/2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{q}^* &= \int_0^L \underline{N}^T \underline{n}^T q_r dX \\ &= q_r \begin{pmatrix} L/2 \\ L/2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษา FORTRAN77 บนเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต ความสามารถของโปรแกรมนี้คือ สามารถหาการกระจายของอุณหภูมิในคอนกรีตทึดลา ภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ปริมาณแสงแดด การระเหยของน้ำ ปริมาณความชื้น ความดันบรรยากาศ นอกจากนี้ยังรวมถึงผลของการวางท่อระบายความร้อนในคอนกรีตและขั้นตอนการก่อสร้างองค์อาคารด้วย การป้อนข้อมูลต้องป้อนผ่าน EDITOR เช่น เวอร์ดสตาร์ ลงใน TEXT FILE วก่อนที่จะใช้โปรแกรมสติฟเนสเมตริกซ์เป็นตัวแปร 2 มิติ (TWO DIMENSION ARRAY) ซึ่งเก็บไว้เฉพาะซีกบนมีลักษณะเป็น UPPER BAND MATRIX

1. ส่วนประกอบและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โดยเรียงลำดับต่อไปนี้

1.1. รับชื่อของไฟล์ข้อมูลทางคีย์บอร์ด 3 ไฟล์ คือ

ก. INPUT FILE เป็นไฟล์ที่บอกรายละเอียดต่าง ๆ ทั้งหมดขององค์อาคาร ให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ ยกเว้นอุณหภูมิเริ่มแรกขององค์อาคาร เช่น พิกัดของจุดสมมติ สภาวะสิ่งแวดล้อม คุณสมบัติของวัสดุ เป็นต้น

ข. OUTPUT FILE เป็นไฟล์แสดงผลลัพธ์ของการคำนวณการกระจายอุณหภูมิ

ค. INITIAL TEMPERATURE FILE เป็นไฟล์ที่บอกอุณหภูมิเริ่มแรกที่จุดสมมติ ให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์

1.2. อ่านข้อมูลควบคุม และคุณสมบัติของวัสดุจากไฟล์ INPUT FILE

1.3. เรียกโปรแกรมย่อย CONFI เพื่ออ่านและ generate ข้อมูลของพิกัดและจุดสมมติ

1.4. อ่านและ generate ข้อมูลของเลขหมายส่วนย่อยและจุดสมมติประจำส่วนย่อย แล้วกลับไปยังโปรแกรมหลัก

1.5. อ่านและ generate ข้อมูลของจุดที่ผิวขอบเขตที่มีการพาและการแผ่รังสี ความร้อนพร้อมทั้งรวม (ASSEMB) ผลของการคูณชั้นแสงแดด (q_{rs}) ในส่วนโหนดเวกเตอร์ (q^*) และเก็บค่าไว้ในตัวแปรชั่วคราว ($T()$, DUMMY ARRAY)

1.6. อ่านและ generate ข้อมูลของจุดกำหนดอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ เช่น จุดที่มีต่อระบายความร้อน หรือจุดที่ผิวขององค์อาคารซึ่งต้องวัดอุณหภูมิไว้ก่อนแล้ว

1.7. ให้ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นแก่ตัวแปรต่าง ๆ และอ่านค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของจุดสมมติต่าง ๆ จากไฟล์ INITIAL TEMPERATURE FILE

1.8. สร้างเมตริกซ์ B ของส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยมและรวมสติฟเนสโดยตรงของส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม 4 รูป ให้เป็นสติฟเนสของรูปสี่เหลี่ยม แล้วลดสติฟเนสที่จุดกลางของส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมให้เหลือเฉพาะที่จุดมุมทั้ง 4 จุดเท่านั้น พร้อมทั้งรวมเมตริกซ์ C ลงในตัวแปร $D()$ และเมตริกซ์ B ลงในตัวแปร $A(,)$

1.9. คำนวณพื้นที่และโมเมนต์เฉื่อยด้านแรงดัดของส่วนย่อย พร้อมทั้งหาจุดศูนย์กลางมวลทั้งในแนวแกน X และ Y เพื่อใช้คำนวณหน่วยแรงในองค์อาคาร

1.10. อ่านและ generate ข้อมูลของจุดที่ผิวขอบเขตที่มีการพาความร้อน รวมสติฟเนสโดยตรงในส่วนของเมตริกซ์ H ลงในตัวแปร $A(,)$ ยกเว้นผิวที่มีการระเหยของน้ำ

1.11. กำหนดค่าสติฟเนสเมตริกซ์ที่จุดกำหนดอุณหภูมิให้มีค่าเป็น 10^6 เพื่อที่จะได้จุดนั้น

เป็น FIXED POINT พร้อมทั้งรวมสถิติเบสโดยตรงในส่วนของเมตริกซ์ C ลงในตัวแปร $A(,)$

1.12. เรียกโปรแกรมย่อย REDUCE เพื่อลดเมตริกซ์ให้เป็น UPPER TRIANGULAR MATRIX

1.13. เรียกโปรแกรมย่อย HYDRAT เพื่อรวมค่าเมตริกซ์ E ลงในโหนดเวกเตอร์ชั่วคราว $T()$

1.14. อ่านข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นบรรยากาศ และความดันของบรรยากาศ แล้วรวมเวกเตอร์ h^* , เวกเตอร์ m^* โดยเรียกโปรแกรมย่อย EVAPO, เวกเตอร์ q^* ในส่วนของ q_{r-1} ลงในตัวแปร $T()$ และเวกเตอร์ C_{u-1}/T ลงในโหนดเวกเตอร์ซึ่งใช้ตัวแปร $TP()$ จากนั้นให้ค่าศูนย์แก่ตัวแปร $T()$

1.15. อ่านและ generate ข้อมูลของจุดที่มีวขอบเขตที่มีการดูดซับแสงแดด q_{rs} ลงในส่วนของโหนดเวกเตอร์ q^* แล้วรวมไว้ในตัวแปร $T()$

1.16. อ่านและ generate ข้อมูลของจุดกำหนดอุณหภูมิและเก็บไว้ในตัวแปร $T()$ แล้วรวมตัวแปร $T()$ เข้ากับโหนดเวกเตอร์ $TP()$

1.17. คุมโหนดเวกเตอร์ที่จุดกำหนดอุณหภูมิด้วย 10^6 เพื่อที่จะได้จุดนั้นเป็น FIXED POINT แล้วเรียกโปรแกรมย่อย SYMSOL เพื่อแก้สมการหาอุณหภูมิผลลัพธ์

1.18. หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและพิมพ์ผลลัพธ์ลงไฟล์ OUTPUT FILE เรียกโปรแกรมย่อย STRESS เพื่อหาหน่วยแรงในองค์อาคารและพิมพ์ผลหน่วยแรง

1.19. ย้อนทำซ้ำในข้อ 1.13. ถึง 1.18 จนหมดข้อมูล

ข้อกำหนด ในการคำนวณหาหน่วยแรงในองค์อาคารนั้น อุณหภูมิเริ่มแรกต้องมีค่าเท่ากับทุกจุดจึงจะได้หน่วยแรงที่ถูกต้อง

2. การกรอกข้อมูลลงในไฟล์ข้อมูล

2.1. INPUT FILE กรอกข้อมูลเรียงลำดับดังนี้

2.1.1. ชื่อโครงการ

2.1.2. ข้อมูลควบคุม มีเพียง 1 แถว

- จำนวนจุด (NODAL POINTS)
- จำนวนส่วนย่อย (ELEMENTS)
- จำนวนวัสดุ (MATERIALS)

- จำนวนผิวที่สัมผัสอากาศไม่รวมผิวที่ถูกแสงแดดและจุดกำหนดอุณหภูมิ
- จำนวนผิวที่ถูกแดด
- จำนวนจุดที่กำหนดอุณหภูมิ
- จำนวนครั้งที่เพิ่มเวลา
- ค่าควบคุม เป็น 0 เมื่อ ไม่ต้องการคำนวณหน่วยแรง
เป็น 1 เมื่อ ต้องการคำนวณหน่วยแรง
- ค่าควบคุม เป็น 0 เมื่อ ต้องการคำนวณแรงค้ำรอบแกน X
เป็น 1 เมื่อ ต้องการคำนวณแรงค้ำรอบแกน X และ Y
- จำนวนครั้งที่เพิ่มเวลาต่อการพิมพ์ผลลัพธ์ 1 ครั้ง
- ช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของการเพิ่มเวลา (hr.)
- อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต (PLACING TEMPERATURE, °F)
- ค่าการดูดซับความร้อนที่ผิว
- ค่าความสามารถถ่ายเทความร้อนที่ผิว ($^{\circ}R^{-3}$)
- ค่าควบคุม
เป็น -1 เมื่อเป็นช่วงเดียว (SIMPLE SPAN STRUCTURE)
เป็น 0 เมื่อเป็น 2 ช่วง (2 SPAN STRUCTURE)
เป็น 1 เมื่อเป็น 3 ช่วง (3 SPAN STRUCTURE)

2.1.3. ข้อมูลวัสดุ คุณสมบัติวัสดุ 1 ชนิดต่อข้อมูล 1 แถว โดยแต่ละแถวประกอบด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- ความนำความร้อนในแนวแกน X (btu/ft/hr/°F)
- ความนำความร้อนในแนวแกน Y (btu/ft/hr/°F)
- ความนำความร้อนในแนวแกน X Y (เป็นศูนย์สำหรับ ISOTROPIC MATERIAL, btu/ft/hr/°F)
- ความร้อนจำเพาะ (btu/lb/°F)
- ความหนาแน่น (lb/ft³)
- โมดูลัสยืดหยุ่น (lb/ft²)
- สัมประสิทธิ์การขยายตัว (ft/°F)

- อุณหภูมิสูงสุดจากผลทดสอบการเพิ่มแบบกักกันความร้อน
($^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C} \times 1.8$)
- ค่าคงที่จากผลทดสอบการเพิ่มแบบกักกันความร้อน (hr^{-1})
- อัตราส่วนของช่วงเวลาดังแต่การวัดอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตต่อช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของการเพิ่มเวลา (ในกรณีที่มีการเทคอนกรีตไม่พร้อมกัน)

2.1.4. พิกัดของจุดสมมติ (COORDINATE) จำนวนแถวขึ้นอยู่กับจำนวนจุดและวิธี GENERATION ข้อมูล ดังรูปที่ ๗9. ซึ่งแต่ละแถวประกอบด้วย

- จุด I
- จุด J ($I=J$ เมื่อไม่ต้องการ GENERATE ในแนว X)
- จุด K ($I=K$ เมื่อไม่ต้องการ GENERATE ในแนว Y)
- ค่าการเพิ่มของจุดถัดไปในแนว J (dJ)
- ค่าการเพิ่มของจุดถัดไปในแนว K (dK)
- ค่าพิกัดของจุด I ในแนวแกน X (ft)
- ค่าพิกัดของจุด I ในแนวแกน Y (ft)
- ค่าพิกัดของจุด J ในแนวแกน X (ถ้าไม่มีการ GENERATE ให้ใส่เลขใด ๆ ลงไป, ft)
- ค่าพิกัดของจุด J ในแนวแกน Y (ถ้าไม่มีการ GENERATE ให้ใส่เลขใด ๆ ลงไป, ft)
- ค่าพิกัดของจุด K ในแนวแกน X (ถ้าไม่มีการ GENERATE ให้ใส่เลขใด ๆ ลงไป, ft)
- ค่าพิกัดของจุด K ในแนวแกน Y (ถ้าไม่มีการ GENERATE ให้ใส่เลขใด ๆ ลงไป, ft)

2.1.5. ข้อมูลชนิดของวัสดุและจุดประจำส่วนย่อย มีจำนวนแถวขึ้นอยู่กับวิธี GENERATE ข้อมูล ดังรูปที่ ๗10. และแต่ละแถวประกอบด้วย

- ส่วนย่อย II
- ส่วนย่อย JJ ($II = JJ$ เมื่อไม่ GENERATION ในแนว JJ)
- ส่วนย่อย KK ($II = KK$ เมื่อไม่ GENERATION ในแนว KK)

- จุด I ของส่วนย่อย II
- จุด J ของส่วนย่อย II
- จุด K ของส่วนย่อย II
- จุด L ของส่วนย่อย II
- ชนิดของวัสดุ
- ค่าที่เพิ่มขึ้นของส่วนย่อยในแนว JJ
- ค่าที่เพิ่มขึ้นของส่วนย่อยในแนว KK
- ค่าที่เพิ่มขึ้นของจุดในแนว JJ
- ค่าที่เพิ่มขึ้นของจุดในแนว KK'

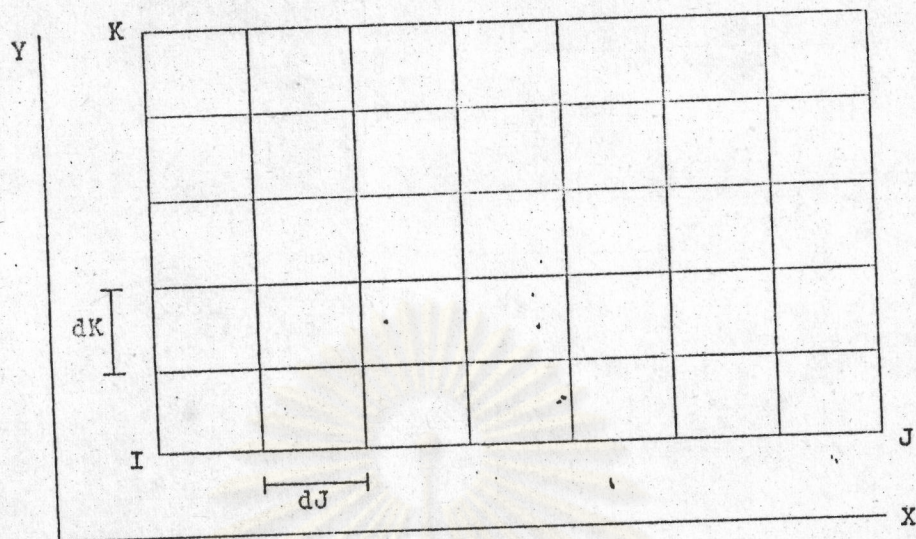
2.1.6. ข้อมูลผิวที่มีการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน เมื่อเวลาเริ่มต้น โดยกรอกข้อมูลผิวที่ได้รับแสงแดดไว้ท้ายสุด ดังรูปที่ ผ11. (ไม่มีผิวดำเท ความร้อนให้ข้ามข้อนี้ไป ไม่ต้องใส่ข้อมูล) ประกอบด้วย

- จุด I (ปลายแรกสุดของผิวดำเทความร้อนที่ GENERATE)
- จุด J (ปลายหลังสุดของผิวดำเทความร้อนที่ GENERATE)
- ค่าเพิ่มแต่ละข้างของจุด (dJ)
- ปริมาณแสงแดด (เป็น 0 สำหรับจุดที่ถ่ายเทความร้อนโดยการพา ความร้อนอย่างเดียว, btu/ft²/day)
- เวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้น (0.00-24.00 น.)
- เวลาที่ดวงอาทิตย์ตก (0.00-24.00 น.)
- เวลาเริ่มต้นคำนวณ (0.00-24.00 น.)

2.1.7. ข้อมูลของจุดกำหนดอุณหภูมิ (ถ้าไม่มีจุดกำหนดอุณหภูมิไม่ต้องใส่ข้อมูล) เมื่อเวลาเริ่มต้น

- จุด I (จุดแรกที่ GENERATE)
- จุด J (จุดหลังสุดที่ GENERATE)
- ค่าเพิ่มแต่ละข้างของจุด (dJ)
- ค่าอุณหภูมิที่กำหนด (°F)

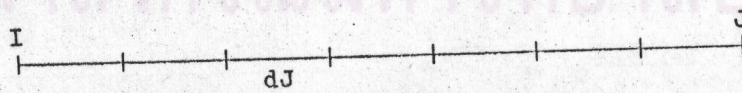
2.1.8. ข้อมูลความร้อนที่เสียไปด้วยการพาความร้อน โดยเรียงลำดับแถวของ



รูปที่ พ.10 การ generation ข้อมูลจุดขอบเขต

	KK					
L	K					
I II	J					JJ

รูปที่ พ.9 การ generation ข้อมูลพิกัด



รูปที่ พ.10 การ generation ข้อมูลส่วนย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูล เหมือนกับการกรอกข้อมูลตาม ข้อ 2.1.6. (ถ้าไม่มีการพาความร้อนไม่ต้องใส่ข้อมูล)

- จุด I
- จุด J
- ค่า dJ
- ค่า hc

2.1.9. ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ, ความชื้น และความดันบรรยากาศรอบ ๆ องค์อาคาร ($^{\circ}\text{F}$, ถ้าไม่มีการพาความร้อนไม่ต้องใส่ข้อมูล) ในเวลาต่อมา

2.1.10. ข้อมูลของจุดกำหนดอุณหภูมิในเวลาต่อมา (เหมือน ข้อ 2.1.7.)

2.1.11. ปริมาณแสงแดด ในเวลาต่อมา

หมายเหตุ: ข้อมูลตามหัวข้อ 2.1.6. ถึง 2.1.11. อาจมีหลายชุดได้ขึ้นกับจำนวนครั้งที่เพิ่ม เวลา

2.2. INITIAL TEMPERATURE FILE กรอกข้อมูลเรียงลำดับดังนี้

2.2.1. ข้อมูลบอกจำนวนจุดที่จะกำหนดอุณหภูมิเริ่มแรกในการคำนวณ

2.2.2. ข้อมูลจุดและอุณหภูมิที่กำหนด โดยกำหนดจุดและตามด้วยอุณหภูมิกำหนด

ซึ่งแต่ละแถวมีข้อมูลได้ไม่เกิน 5 จุด

ในกรณีที่เทคอนกรีตไม่พร้อมกันทั้งโครงสร้าง รอยต่อที่เป็น COLD JOINT หรือ CONSTRUCTION JOINT นี้จะต้องนำอุณหภูมิที่ผิวที่เทก่อนแล้วมาเฉลี่ยกับอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต (PLACING TEMPERATURE)

3. ผลที่ได้จาก OUT PUT FILE คือหมายเลขจุดและอุณหภูมิที่จุด

4. รายละเอียดโปรแกรมและตัวอย่างข้อมูล

รายละเอียดโปรแกรม

```

C      Transient temperature and stress in massive concrete
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
      CHARACTER HED*40,AFILE*20,BFILE*20,CFILE*20
      COMMON/XY/X(650),Y(650),IQ(4,600),NTYPE(600),EM(15),AL(15),
*AR(600),NOSP(650)
      COMMON/SS/NUMNP,MBAND,A(650,52),TP(650)
      DIMENSION T(650),D(650),LM(5),IX(3),E(3,3),S(5,5),DD(5),
*XCOND(15),YCOND(15),SPHT(15),DENS(15),PEAK(15),POW(15),IOFF(15)
*,CGY(600)
*,CGX(600),ISUR(300,2),CL(200),HH(200),XYCOND(15),TD(10),IT(10)
      DATA MDIM/52/,KAT/0/
      WRITE (*,300) MDIM
300    FORMAT (' MAX. BAND WIDTH NEW = ',I4)
      WRITE (*,'(A\)' ) ' ENTER INPUT FILE --> '
      READ (*,'(A)' ) AFILE
      WRITE (*,'(A\)' ) ' ENTER OUTPUT FILE --> '
      READ (*,'(A)' ) BFILE
      WRITE (*,'(A\)' ) ' ENTER INIT. TEMP. FILE --> '
      READ (*,'(A)' ) CFILE
      OPEN (1,FILE=AFILE,STATUS='OLD')
      OPEN (2,FILE=BFILE,STATUS='OLD')
      OPEN (3,FILE=CFILE,STATUS='OLD')

C
C      Read & point of control information
      READ (1,'(A)' ) HED
      READ (1,216) NUMNP,NUMEL,NUMMAT,NBCCON,NBCRAY,NPOINT,NDT,ISIG
*,IFLAG,INTER,DT,TO,ABS,EMIS,RL
      NBCSUR = NBCRAY+NBCCON
      NBCTOT = NBCSUR+NPOINT
      WRITE (2,'(X,A)' ) HED
      WRITE (*,200) NUMNP,NUMEL,NBCTOT,NUMMAT,NDT,INTER,DT,TO,
*ABS,EMIS,ISIG,RL
      IBCA = 1
      IF (DT .EQ. 0.) DT = 1.E20
      IF (KAT .EQ. 0) WRITE (*,212)
      IF (KAT .NE. 0) WRITE (*,211)

```

```

C      Read material properties
      DO 1 M = 1,NUMMAT
      READ (1,217) XCOND(M),YCOND(M),XYCOND(M),SPHT(M),DENS(M),
*EM(M),AL(M),PEAK(M),POW(M),IOFF(M)
1      WRITE (*,210) M,XCOND(M),YCOND(M),XYCOND(M),SPHT(M),DENS(M),
*EM(M),AL(M),PEAK(M),POW(M),IOFF(M)
      DO 2 I = 1,NUMNP
2      T(I)      = 0.
C
C      Read or gen. nodal point information
      IF (KAT .EQ. 0) WRITE (*,201)
      IF (KAT .NE. 0) WRITE (*,209)
      CALL CONFI (NUMNP,NUMEL)
C
C      Read or gen. specified head or temp.
      ICOUNT = 0
      IF (NBCSUR .LE. 0) GOTO 23
15     READ (1,218) I,J,INC,TR,TAM,TPM,TST
      IF (TR .GT. 0) TR1 = TR
      IF (TST .LT. TAM .OR. TST .GT. TPM.OR.ICOUNT.LT.NBCCON) GOTO 16
      CALL SOLAR (TAM,TPM,TST,TR)
      GOTO 19
16     TR = 0.
19     IF (INC .LE. 0) INC = J-I
      J = J-INC
      DO 20 II = I,J,INC
      ICOUNT = ICOUNT+1
      JJ = II+INC
      ISUR(ICOUNT,1) = II
      ISUR(ICOUNT,2) = JJ
      XL = SPA(X,Y,II,JJ,KAT)
      X1 = XL*.5*ABS*TR
      T(II) = X1+T(II)
20     T(JJ) = X1+T(JJ)
      IF (ICOUNT .LT. NBCSUR) GOTO 15
23     IF (NPOINT .EQ. 0) GOTO 25
24     READ (1,222) I,J,INC,TR
      DO 18 II = I,J,INC

```



```

        ICOUNT      = ICOUNT+1
        ISUR(ICOUNT,1) = II
        ISUR(ICOUNT,2) = 0
18      T(II) =TR
        IF (ICOUNT .LT. NBCTOT) GOTO 24
25      DO 21 L = 1,NUMNP
21      WRITE (*,202) L,X(L),Y(L),T(L)
C
        DO 26 I = 1,NUMNP
        TP(I) = TO
        D(I) = 0.
        DO 26 J = 1,MDIM
26      A(I,J) = 0.
        MBAND = 0
        READ (3,305) JP
        READ (3,305) JEV
305     FORMAT (I3)
306     FORMAT (5(I4,F8.2))
        IF (JP .LE. 0) GOTO 22
        I = 5
17      READ (3,306) (IT(L),TD(L),L=1,I)
        DO 45 L = 1,I
        K = IT(L)
        TP(K) = TD(L)*1.8+32.
        IF (K .LT. JEV) GOTO 45
        TP(K) = (TP(K)+TO)*.5
45      CONTINUE
        JP = JP-5
        IF (JP .LT. 5) I = JP
        IF (JP .GT. 0) GOTO 17
C
C      Form conductivity and heat capacity matrices for complete body
22      WRITE (*,203)
        DO 38 N = 1,NUMEL
        DO 27 I = 1,4
27      LM(I) = IQ(I,N)
        MTYPE = NTYPE(N)
        CONDI = XCOND(MTYPE)

```

```

CONDJ = YCOND(MTYPE)
CONDK = XYCOND(MTYPE)
DO 28 I = 1,5
DD(I) = 0.
DO 28 J = 1,5
28 S(I,J) = 0.
CALL NO(IQ,N,I,J,K,L)
LM(5) = I
WRITE (*,204) N,I,J,K,L,MTYPE
XX = (X(I)+X(J)+X(K)+X(L))/4.
YY = (Y(I)+Y(J)+Y(K)+Y(L))/4.
AR(N) = 0.

C
C Form quadrilateral heat capacity and conductivity matrices
DO 33 K = 1,4
I = LM(K)
J = LM(K+1)
IF (I-J) 29,33,29
29 AJ = X(J)-X(I)
AK = XX-X(I)
BJ = Y(J)-Y(I)
BK = YY-Y(I)
C = BJ-BK
DX = AK-AJ
XMUL = 1.
IF (KAT .NE. 0) XMUL = (X(I)+X(J)+XX)/3.
XLAM = AJ*BK-AK*BJ
AR(N) = AR(N)+.5*XLAM
COMM = .5*XMUL/XLAM
QSTORE = XLAM*XMUL*SPHT(MTYPE)*DENS(MTYPE)/4.

C
C Form conductivity tensor for anisotropic bodies
E(1,1) = C*C*CONDI+DX*DX*CONDJ+2.*C*DX*CONDK
E(1,2) = C*BK*CONDI-DX*AK*CONDJ+CONDK*(DX*BK-C*AK)
E(1,3) = -C*BJ*CONDI+DX*AJ*CONDJ+CONDK*(C*AJ-DX*BJ)
E(2,1) = E(1,2)
E(2,2) = BK*BK*CONDI+AK*AK*CONDJ-2.*AK*BK*CONDK
E(2,3) = -BK*BJ*CONDI-AJ*AK*CONDJ+CONDK*(AJ*BK+BJ*AK)

```

```

E(3,1) = E(1,3)
E(3,2) = E(2,3)
E(3,3) = BJ*BJ*CONDI+AJ*AJ*CONDJ-2.*AJ*BJ*CONDK
IX(1) = K
IX(2) = K+1
IF (K-4) 31,30,31
30 IX(2) = 1
31 IX(3) = 5
DO 32 I = 1,3
II = IX(I)
DD(II) = DD(II)+QSTORE
DO 32 J = 1,3
JJ = IX(J)
32 S(II,JJ) = S(II,JJ)+E(I,J)*COMM
33 CONTINUE
C
C* Elininate center nodal point
C = S(5,5)
DO 34 I = 1,4
B1 = S(I,5)
DO 34 J = 1,4
34 S(I,J) = S(I,J)-B1*S(J,5)/C
C
C Add element matrices to complete matrices
DO 38 L = 1,4
I = LM(L)
D(I) = D(I)+DD(L)
DO 38 M = 1,4
J = LM(M)-I+1
IF (MBAND-J) 35,36,36
35 MBAND = J
36 IF (J) 38,38,37
37 A(I,J) = A(I,J)+S(L,M)
38 CONTINUE
WRITE (*,301)
WRITE (*,302) (AR(N),N = 1,NUMEL)
IF (ISIG .LE. 0) GOTO 42

```

```

C      Compute center of gravity and moment of inertial
      AREAX = 0.
      AREAY = 0.
      AREA  = 0.
      XI    = 0.
      YI    = 0.
      DO 39 N = 1, NUMEL
      CALL NO (IQ,N,I,J,K,L)
      MTYPE = NTYPE(N)
      U      = EM(MTYPE)
      AJ     = X(J)-X(I)
      AK     = X(J)-X(K)
      BJ     = Y(J)-Y(I)
      BK     = Y(K)-Y(J)
      AREA  = AREA+AR(N)*U

C
C      Compute element moment of inertia about X-axis
C      Assume sides parallel to the axes
      AREAX = FAR(CGY,Y,AR,AREAX,U,XI,AJ,BK,AK,BJ,I,J,K,L,N,AJ)
      IF (IFLAG .LE. 0) GOTO 39

C
C      Compute element moment of inertia about Y-axis
      AREAY = FAR(CGX,X,AR,AREAY,U,YI,BK,AJ,BJ,AK,I,J,K,L,N,AJ)
39     CONTINUE
      CG1   = AREAX/AREA
      IF (IFLAG .GT. 0) CG2 = AREAY/AREA
      DO 40 N = 1, NUMEL
      DCG   = CGY(N)-CG1
      M     = NTYPE(N)
      XI    = XI+AR(N)*EM(M)*DCG*DCG
      IF (IFLAG .LE. 0) GOTO 40
      DCG   = CGX(N)-CG2
      YI    = YI+AR(N)*EM(M)*DCG*DCG
40     CONTINUE
      DO 41 I = 1, NUMEL
      DO 41 J = 1, 4
      N     = IQ(J,I)
41     NOSP(N) = NTYPE(I)

```

```

42  IF (NBCSUR .EQ. 0) GOTO 46
    WRITE (*,207)
    ICOUNT = 0

C
C  Read or generate convection coefficient
43  READ (1,219) I,J,INC,HC
    J = J-INC
    DO 44 K = I,J,INC
      L = K+INC
      ICOUNT = ICOUNT+1
      WRITE (*,208) K,L,HC
      XL = SPA(X,Y,L,K,KAT)
      HH(ICOUNT) = HC*XL
      CL(ICOUNT) = XL
      IF (ICOUNT .GT. NBCCON) GOTO 44

C
C  Modify for convection boundary conditions
    H = HC*XL/6.
    A(K,1) = A(K,1)+2.*H
    A(L,1) = A(L,1)+2.*H
    KK = L-K+1
    IF (KK .GT. 0) A(K,KK) = A(K,KK)+H
    KK = K-L+1
    IF (KK .GT. 0) A(L,KK) = A(L,KK)+H
44  CONTINUE
    IF (ICOUNT .LT. NBCSUR) GOTO 43

C
C  Modify for temperature BC. and form effective CO MATRIX
46  IF (NPOINT .LE. 0) GOTO 48
    JJ = NBCSUR+1
    DO 47 N = JJ,NBCTOT
      I = ISUR(N,1)
      A(I,1) = 1.E+6
47  D(I) = 0.
48  DO 49 N = 1,NUMNP
49  A(N,1) = A(N,1)+D(N)/DT

C
C  Triangularized effective conductivity matrix

```

```

WRITE (*,*) '   REDUCE STIFFNESS MATRIX'
CALL REDUCE
IBCA  = 1
TIME  = 0.

C
C   Begin transient calculations
LL=0
DO 81 LNDT = 1,NDT
WRITE (*,303)
CALL HYDRAT (T,LNDT,IX,PEAK,POW,SPHT,DENS,IOFF,LM,DT,KAT,
*NUMMAT,NUMEL)
IF (NBCSUR .LE. 0) GOTO 65

C
C   Calculate effective load vector
C   Convection effect
C   Read external environment temperature
READ (1,220) TEMPR,HUMID,PRESS
WRITE (*,213) TEMPR
DO 64 N = 1,NBCSUR
K      = ISUR(N,1)
L      = ISUR(N,2)
TEMP   = HH(N)*TEMPR*.5
IF (N .GT. NBCCON) TEMP = EVAPO(HH,TP,HUMID,PRES,TEMPR,K,L,N)
TSA    = (((TP(K)+TP(L))*0.5+460.)*0.01)**4.
TAA    = (TEMPR+460.)*0.01
C      = CL(N)*0.5*EMIS
IF (N .GE. NBCCON) GOTO 62
TAA    = TAA**4.
QLN    = C*.174*(TSA-TAA)
GOTO 63
62    TAA    = TAA**6.
QLN    = C*(.174*TSA-.00496*TAA)
63    T(K)   = T(K)+(TEMP-QLN)*2.
64    T(L)   = T(L)+(TEMP-QLN)*2.
65    DO 77 N = 1,NUMNP
77    TP(N)  = .5*T(N)+D(N)*TP(N)/DT
DO 66 II = 1,NUMNP
66    T(II)  = 0.

```

```

IF (NBCRAY .EQ. 0) GOTO 76
C
C   Solar radiation effect
TST   = TST+DT
AA    = 0.
IF (TST .EQ. 24.) AA = 24.
IF (TST .EQ. 48.) AA = 48.
TAM   = TAM+AA
TPM   = TPM+AA
IF (TST .LT. TAM .OR. TST .GT. TPM) GOTO 72
TR = TR1
C
READ (1,223) TR
CALL SOLAR (TAM,TPM,TST,TR)
GOTO 74
72  TR          = 0.
C
C   Read heat flow intensities
74  WRITE (*,214) TR
     II        = NBCCON+1
     DO 75 N = II,NBCSUR
     J         = ISUR(N,1)
     K         = ISUR(N,2)
     XL        = SPA(X,Y,K,J,KAT)
     X1        = TR*XL*.5*ABS
     T(J)      = X1+T(J)
75  T(K)      = X1+T(K)
76  IF (NPOINT .EQ. 0) GOTO 71
C
C   Fix temperature effect
ICOUNT = NBCSUR
67  READ (1,221) I,J,INC,TR
     WRITE (*,215) I,J,INC,TR
     IF (J .EQ. I .OR. J .EQ. 0) GOTO 69
     DO 68 K = I,J,INC
     ICOUNT = ICOUNT+1
68  T(K)      = TR
     GOTO 70
69  ICOUNT = ICOUNT+1

```

```

T(I) = TR
70 IF (ICOUNT .LT. NBCTOT) GOTO 67
71 DO 82 N = 1, NUMNP
82 TP(N) = TP(N) + .5 * T(N)
IF (NPOINT .LE. 0) GOTO 79
JJ = NBCTOT + 1
DO 78 N = JJ, NBCTOT
I = ISUR(N, 1)
78 TP(I) = (1.E6) * T(I)
C
C Solve for new temperature
79 WRITE (*, *) ' SOLVE FOR TEMP. TIME No.....', LNDT
CALL SYMSOL
TIME = TIME + DT
LL = LL + 1
C
C Print temperature
IF (NDT .EQ. 1 .AND. DT .EQ. 1.E+20) TIME = 0.
IF (LL .LT. INTER) GOTO 81
WRITE (2, 206) TIME
N1 = 0
DO 83 N = 1, NUMNP
N1 = N1 + 1
TD(N1) = (TP(N) - 32.) / 1.8
IT(N1) = N
IF (N1 .LT. 10 .AND. N .NE. NUMNP) GOTO 83
WRITE (2, 205) (IT(N2), TD(N2), N2=1, N1)
N1 = 0
83 CONTINUE
TAVE = 0.
TAVZ = 0.
AZ = 0.
DO 80 N = 1, NUMEL
CALL NO (IQ, N, I, J, K, L)
IF (L .EQ. I) TAV = (TP(I) + TP(J) + TP(K)) / 3.
IF (L .NE. I) TAV = (TP(I) + TP(J) + TP(K) + TP(L)) / 4.
TAVZ = TAVZ + TAV * AR(N)
80 AZ = AZ + AR(N)

```



```

TAVE = TAVZ/AZ
WRITE (2,304) TAVE
LL = 0
C IF (ISIG .GT. 0) CALL STRESS (NUMEL,TO,XI,YI,CG1,CG2,AREA,RL,
C *IFLAG,TD,IT)
81 CONTINUE
STOP ' PROGRAM EXECUTED'

C
C Format statements
200 FORMAT (/ ' NUMBER OF NODAL POINTS ',6X,I4/
*' NUMBER OF ELEMENTS ',I10/' NUMBER OF CONVECTION BC ',I10/
*' NUMBER OF MATERIALS ',I10/' NUMBER OF INCREMENTS ',I10/
*' OUTPUT INTERVAL ',I10/' TIME INTERVAL ',10X,F10.2/
*' INITIAL TEMPERATURE ',F10.2/' ABSORBTIVITY',12X,F10.2/
*' EMISSIVITY',14X,F10.2/' STRESS OPTION',11X,I10/
*' SPAN RATIO',14X,F10.2)
201 FORMAT (/ ' N.P. NO.',14X,'X',14X,'Y',14X,'T')
202 FORMAT (I8,2X,3E15.6)
203 FORMAT ('1',' N I J K L MATERIAL')
204 FORMAT (5I5,I7)
205 FORMAT (10(I4,F8.2))
206 FORMAT (' TEMPERATURES AT TIME ',F8.2,' [Centigrate]')
207 FORMAT ('1',' I J M')
208 FORMAT (2I5,2E15.6)
209 FORMAT (' N.P. NO. CODE ',14X,'R',14X,'Z',14X,'T')
210 FORMAT (I4,9E12.3,I3)
211 FORMAT (' AXISYMMETRIC SOLID BODY '/' M ',9X,'KRP',9X,'KZZ'
*,9X,'KRZ',11X,'C',11X,'D',11X,'Q',10X,'EM',10X,'AL',' IOFF')
212 FORMAT (' TWO DIMENSIONAL PLANE BODY '/' M ',10X,'KXX'
*,9X,'KXY',11X,'C',11X,'D',11X,'Q',10X,'EM',10X,'AL',10X,
*'MT',9X,'EXP',' IOFF')
213 FORMAT (5X,' AIR TEMPERATURE ',5X,F10.2)
214 FORMAT (5X,' HEAT FLOW INTENSITY ',F10.2)
215 FORMAT (5X,' FORM ',I5,' TO ',I5,' INC ',I5,' TREAD ',F10.2)
216 FORMAT (2I4,I2,4I4,3I2,F5.2,4F5.1)
217 FORMAT (4F5.2,F5.1,F10.0,F10.8,F5.1,F7.4,I3)
218 FORMAT (3I5,F5.0,3F5.2)
219 FORMAT (3I5,F5.1)

```

```

220  FORMAT (F6.2,F6.2,F6.3)
221  FORMAT (3I5,F5.1)
222  FORMAT (3I5,F5.2)
223  FORMAT (F5.0)
301  FORMAT ('1',' AREA OF ELEMENT')
302  FORMAT (5E13.5)
303  FORMAT (//,5X,'TRANSIENT BOUNDARY CONDITION',/)
304  FORMAT (' MEAN TEMP  ',E13.5)
      END

C
      SUBROUTINE CONFI (NUMNP,NUMEL)
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
      COMMON/XY/X(650),Y(650),IQ(4,600),NTYPE(600),EM(15),AL(15),
*AR(600),NOSP(650)
      ICOUNT = 0
3      READ (1,500) I,J,K,NINCX,NINCY,X(I),Y(I),X1,X2,X3,X4
      IF (J .EQ. I .AND. K .EQ. I) GOTO 7
      X(J) = X(I)
      X(K) = X(I)
      Y(J) = Y(I)
      Y(K) = Y(I)
      IF (J .EQ. I) GOTO 15
      X(J) = X1
      Y(J) = X2
15     IF (K .EQ. I) GOTO 16
      X(K) = X3
      Y(K) = X4
16     IF (J .EQ. I) NINCX = 1
      XINC = 1
      IF (J .NE. I) XINC = (J-I)/NINCX
      XJ   = (X(J)-X(I))/XINC
      YJ   = (Y(J)-Y(I))/XINC
      IF (K .EQ. I) GOTO 4
      IK   = K-I
      YINC = IK/NINCY
      XK   = (X(K)-X(I))/YINC
      YK   = (Y(K)-Y(I))/YINC

```

```

4      DO 6 II = I,J,NINCX
      XN      = (II-I)/NINCX
      ICOUNT = ICOUNT+1
      X(II) = X(I)+XN*XJ
      Y(II) = Y(I)+XN*YJ
      IF (K .EQ. I) GOTO 6
      L      = II+NINCY
      K      = II+IK
      DO 5 JJ = L,K,NINCY
      YN      = (JJ-II)/NINCY
      ICOUNT = ICOUNT+1
      X(JJ) = X(II)+YN*XK
5      Y(JJ) = Y(II)+YN*YK
6      CONTINUE
      GOTO 8
7      ICOUNT = ICOUNT+1
8      IF (ICOUNT .LT. NUMNP) GOTO 3
C
C      Read or gen. element properties
      ICOUNT = 0
9      READ (1,501) I,J,K,NTYPE(I), (IQ(N,I),N=1,4), INCX, INCY, NODX, NODY
      IF (J .EQ. I .AND. K .EQ. I) GOTO 13
      NK      = K-I
      IF (INCX .EQ. 0) INCX = 1
      DO 12 II = I,J,INCX
      NTYPE(II) = NTYPE(I)
      IJ      = (II-I)/INCX
      DO 10 N = 1,4
10     IQ(N,II) = IQ(N,I)+IJ*NODX
      ICOUNT = ICOUNT+1
      IF (K .EQ. I) GOTO 12
      IK      = II+INCY
      INCY1   = INCY
      IF (INCY .EQ. 0) INCY1 = 1
      KK      = II+NK
      DO 11 JJ = IK, KK, INCY1
      NTYPE(JJ) = NTYPE(I)
      IJ      = (JJ-II)/INCY1

```

```

        ICOUNT = ICOUNT+1
        DO 11 N = 1,4
11      IQ(N,JJ) = IQ(N,II)+IJ*NODY
12      CONTINUE
        GOTO 14
13      ICOUNT = ICOUNT+1
14      IF (ICOUNT .LT. NUMEL) GOTO 9
        RETURN
500     FORMAT (5I5,6F5.1)
501     FORMAT (12I5)
        END

C
C      EVAPOURATION HEAT & MASS TRANSFER
C      FUNCTION EVAPO (HH,TP,HUMID,PRESS,TEMPR,K,L,N)
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
C      IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
        DIMENSION HH(1),TP(1),TK(4)
        B2 = 3.2473814
        B3 = 5.8682600E-3
        B4 = 1.1702379E-8
        B5 = 2.1878462E-3
        B6 = 218.167
        TK(1) = (TP(K)+TP(L))*0.5
        TK(2) = TEMPR
        TK(3) = 1
        TK(4) = HUMID
        DO 1 I = 1,2
        TK1 = TK(I)
        TK1 = (TK1-32.)/1.8+273.15
        B0 = 647.27-TK1
        TK1 = B0/TK1
        TK1 = -TK1*(B2+B0*B3+B0*B0*B0*B4)/(1+B0*B5)
        TK1 = 10**TK1
        TK1 = TK1*B6
        II = I+2
        TK(II) = .622*TK(II)*TK1/(PRES-TK(II)*TK1)
        TK1 = 1061+.441*TK(I)
1      TK(I) = .24*TK(I)+TK(II)*TK1

```

```

CP      = .24*(1+TK(4))
CP      = HH(N)/CP
EVAPO  = CP*(TK(3)-TK(4))
RETURN
END

C      Compute the intensities of solar radiation on surface of body
SUBROUTINE SOLAR (TAM,TPM,TST,TR)
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
TIME    = TPM-TAM
T       = TST-TAM
AL      = T*3.141592654/TIME
TR      = 1.03*TR*SIN(AL)*SIN(AL)*(SIN(AL)+.7)/TIME
RETURN
END

C
SUBROUTINE REDUCE
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
COMMON/SS/NN,MM,A(650,52),TP(650)
C      Reduce stiffness matrix to upper triangular divided by it diagonal
DO 4 N = 1,NN
B = A(N,1)
DO 4 L = 2,MM
C = A(N,L)/B
I = N+L-1
IF (NN-I) 4,5,5
5      J = 0
DO 6 K = L,MM
J = J+1
6      A(I,J) = A(I,J)-C*A(N,K)
4      A(N,L) = C
RETURN
END

C
SUBROUTINE SYMSOL
C      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)

```

```

COMMON/SS/NN,MM,A(650,52),TP(650)
C Forward substitution
J = NN-1
DO 9 N = 1,J
C = TP(N)
DO 8 L = 2,MM
I = N+L-1
IF (NN-I) 9,8,8
8 TP(I) = TP(I)-A(N,L)*C
9 TP(N) = C/A(N,1)
TP(NN) = TP(NN)/A(NN,1)
C
C Back substitution
N = NN
13 N = N-1
IF (N) 10,7,10
10 DO 12 K = 2,MM
L = N+K-1
IF (NN-L) 11,12,12
12 TP(N) = TP(N)-A(N,K)*TP(L)
11 GOTO 13
7 RETURN
END
C
C Internal heat generation
SUBROUTINE HYDRAT (T,LNDT,IX,PEAK,POW,SPHT,DENS,IOFF,LM,DT,KAT,
*NUMMAT,NUMEL)
C IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
COMMON/XY/X(650),Y(650),IQ(4,600),NTYPE(600),EM(15),AL(15),
*AR(600),NOSP(650)
DIMENSION P(5),T(1),TE(15),IX(1),PEAK(1),POW(1),SPHT(1),
*DENS(1),LM(1),IOFF(1)
DO 1 I = 1,NUMMAT
J = IOFF(I)+LNDT
TJ = -(J-1.5)*DT/24.
IF (TJ .GT. 0.) TJ = 0.
TI = -(J-.5)*DT/24.

```

```

1   TE(I) = PEAK(I)*(EXP(TJ*POW(I))-EXP(TI*POW(I)))
    DO 10 N = 1,NUMEL
      I = NTYPE(N)
      IF (PEAK(I) .EQ. 0) GOTO 10
      HEAT = SPHT(I)*DENS(I)*TE(I)
      DO 3 I = 1,4
        LM(I) = IQ(I,N)
3   P(I) = 0.
    P(5) = 0.
    CALL NO (IQ,N,I,J,K,L)
    LM(5) = I
    XX = (X(I)+X(J)+X(K)+X(L))/4.
    YY = (Y(I)+Y(J)+Y(K)+Y(L))/4.
    DO 8 K = 1,4
      I = LM(K)
      J = LM(K+1)
      IF (I-J) 4,8,4
4   AJ = X(J)-X(I)
    AK = XX-X(I)
    BJ = Y(J)-Y(I)
    BK = YY-Y(I)
    XMUL = 1.
    IF (KAT .NE. 0) XMUL = XMUL*(X(I)+X(J)+XX)/3.
    XLAM = AJ*BK-AK*BJ
    IX(1) = K
    IX(2) = K+1
    IF (K-4) 6,5,6
5   IX(2) = 1
6   QQ = XLAM*XMUL*HEAT/4.
    DO 7 I = 1,2
      II = IX(I)
7   P(II) = P(II)+QQ
8   CONTINUE
    DO 9 L = 1,4
      I = LM(L)
9   T(I) = T(I)+2.*P(L)
10  CONTINUE
    RETURN

```

END

C

SUBROUTINE NO (M,N,I,J,K,L)

IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)

DIMENSION M(4,1)

I = M(1,N)

J = M(2,N)

K = M(3,N)

L = M(4,N)

RETURN

END

C

FUNCTION FAR (CGY,Y,AR,ARE,U,XI,AJ,BK,AK,BJ,I,J,K,L,N,C)

C

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)

IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)

DIMENSION CGY(1),Y(1),AR(1)

IF (I .EQ. L) CGY(N) = (Y(I)+Y(J)+Y(K))/3.

IF (I .NE. L) CGY(N) = (Y(I)+Y(J)+Y(K)+Y(L))/4.

IF (I .NE. L) XI = XI+(AJ*BK**3.)/12.*U

IF (I .EQ. L .AND. C .NE. 0.) XI = XI+(AJ*BK**3.)/36.*U

IF (I .EQ. L .AND. C .EQ. 0.) XI = XI+(AK*BJ**3.)/36.*U

FAR = ARE+AR(N)*U*CGY(N)

RETURN

END

C

FUNCTION SPA (X,Y,I,J,K)

C

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)

IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)

DIMENSION X(1),Y(1)

A = X(I)-X(J)

SPA = Y(I)-Y(J)

SPA = SQRT(A*A+SPA*SPA)

IF (K .NE. 0) SPA = SPA*(X(I)+X(J))*0.5

RETURN

END

C

SUBROUTINE STRESS (NUMEL,TO,XI,YI,CG1,CG2,AREA,RL,IFLAG,TD,IT)

C

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)


```

IMPLICIT INTEGER*2 (I-N)
COMMON/XY/X(650),Y(650),IQ(4,600),NTYPE(600),EM(15),AL(15),
*AR(600),NOSP(650)
COMMON/SS/NUMNP,MBAND,A(650,52),TP(650)
DIMENSION IT(1),TD(1),RLS(2)
DATA RLS/-1.,0./

C
C   Compute temperature difference
DO 1 N = 1,NUMNP
1   TP(N) = TP(N)-TO
    PT    = 0.
    CTX   = 0.
    CTY   = 0.
    DO 2 N = 1,NUMEL
    CALL NO (IQ,N,I,J,K,L)

C
C   Compute thermal force and moment
IF (I .NE. L) TAV = .25*(TP(I)+TP(J)+TP(K)+TP(L))
IF (I .EQ. L) TAV = (TP(I)+TP(J)+TP(K))/3.
IF (I .EQ. L) GOTO 11
T1 = (TP(I)+TP(J))*0.5
T2 = (TP(K)+TP(L))*0.5
Y1 = (Y(I)+Y(J))*0.5
Y2 = (Y(K)+Y(L))*0.5
DY = Y2-Y1
CGY = Y1+DY*((T1+2.*T2)/(3.*(T1+T2)))
IF (IFLAG .LE. 0) GOTO 12
T1 = (TP(L)+TP(I))*0.5
T2 = (TP(K)+TP(J))*0.5
X1 = (X(L)+X(I))*0.5
X2 = (X(K)+X(J))*0.5
DX = X2-X1
CGX = X1+DX*((T1+2.*T2)/(3.*(T1+T2)))
GOTO 12
11  CGY = (Y(I)+Y(J)+Y(K))/3.
    IF (IFLAG .GT. 0) CGX = (X(I)+X(J)+X(K))/3.
12  CONTINUE
    MTYPE = NTYPE(N)

```

```

EL      = EM(MTYPE)*AL(MTYPE)
P       = EL*AR(N)*TAV
C1      = P*(CGY-CG1)
PT      = PT+P
CTX     = CTX+C1
IF (IFLAG .LE. 0) GOTO 2
C2      = P*(CGX-CG2)
CTY     = CTY+C2
2       CONTINUE
C
C       Calculate stress at location of maximum moment
C       STRP is strain due to axial thermal force
C       STRCB is strain due to thermal moment
L       = 0
DO 20 I = 1,2
CMX     = CTX/(3.*RLS(I)+2.)
STRP    = PT/AREA
IF (IFLAG .GT. 0) CMY = CTY/(3.*RLS(I)+2.)
WRITE (2,601)
DO 3 N = 1,NUMNP
MP      = NOSP(N)
DY      = CG1-Y(N)
STRM1   = CMX*DY/XI
STRM2   = 0.
IF (IFLAG .LE. 0) GOTO 4
DX      = CG2-X(N)
STRM2   = CMY*DX/YI
L       = L+1
4       TD(L) = EM(MP)*(STRP+STRM1+STRM2-AL(MP)*TP(N))
IF (L .LT. 7 .AND. N .NE. NUMNP) GOTO 3
J       = N-L
DO 6 K = 1,L
6       IT(K) = J+K
WRITE (2,600) (IT(J),TD(J),J = 1,L)
L       = 0
3       CONTINUE
WRITE (2,602) PT,CMX,CMY,CG1,CG2,XI,YI
20      CONTINUE

```

```
DO 5 I = 1,NUMNP
5   TP(I) = TP(I)+TO
   WRITE (2,'(A)') '1'
   RETURN
600  FORMAT (7(I5,E12.4))
601  FORMAT (' THERMAL INDUCED STRESS')
602  FORMAT (/' PT,CMX,CMY,CG1,CG2,XI,YI',7E11.3)
END
```



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

236	250	282.76	0	0	0
253	267	282.76	0	0	0
270	282	482.76	0	0	0
285	299	282.76	0	0	0
302	318	282.76	0	0	0
322	334	482.76	0	0	0
336	350	282.76	0	0	0
353	367	282.76	0	0	0
370	382	482.76	0	0	0
385	399	282.76	0	0	0
50	400	50	0.0		
1	50	1	0.0		
1	351	50	0.7		
351	400	1	1.5		
80.24	.85	.999			
202	218	2	83.9		
222	234	4	83.9		
236	250	2	83.9		
253	267	2	82.8		
270	282	4	82.8		
285	299	2	82.8		
302	318	2	81.5		
322	334	4	81.5		
336	350	2	81.5		
353	367	2	82.8		
370	382	4	82.8		
385	399	2	82.8		
83.84	.85	.999			
202	218	2	83.9		
222	234	4	83.9		
236	250	2	83.9		
253	267	2	82.8		
270	282	4	82.8		
285	299	2	82.8		
302	318	2	81.5		
322	334	4	81.5		
336	350	2	81.5		
353	367	2	82.8		

370 382 4 82.8

385 399 2 82.8

- INITIAL TEMPERATURE FILE

350

301

1	27.37	2	27.07	3	27.06	4	27.06	5	27.06
6	27.06	7	27.06	8	27.06	9	27.06	10	27.06
11	27.06	12	27.06	13	27.06	14	27.06	15	27.06
16	27.06	17	27.06	18	27.06	19	27.06	20	27.06
21	27.06	22	27.06	23	27.06	24	27.06	25	27.06
26	27.06	27	27.06	28	27.06	29	27.06	30	27.06
31	27.06	32	27.06	33	27.06	34	27.06	35	27.06
36	27.06	37	27.06	38	27.06	39	27.06	40	27.06
41	27.06	42	27.06	43	27.06	44	27.06	45	27.06
46	27.06	47	27.06	48	27.06	49	27.09	50	27.33
51	28.25	52	28.07	53	28.08	54	28.08	55	28.08
56	28.08	57	28.08	58	28.08	59	28.08	60	28.08
61	28.08	62	28.08	63	28.08	64	28.08	65	28.08
66	28.08	67	28.08	68	28.08	69	28.08	70	28.08
71	28.08	72	28.08	73	28.08	74	28.08	75	28.08
76	28.08	77	28.08	78	28.08	79	28.08	80	28.08
81	28.08	82	28.08	83	28.08	84	28.08	85	28.08
86	28.08	87	28.08	88	28.08	89	28.08	90	28.08
91	28.08	92	28.08	93	28.08	94	28.08	95	28.08
96	28.08	97	28.08	98	28.08	99	28.10	100	28.24
101	34.40	102	36.29	103	36.20	104	36.19	105	36.20
106	36.19	107	36.20	108	36.19	109	36.20	110	36.19
111	36.20	112	36.19	113	36.20	114	36.19	115	36.20
116	36.19	117	36.20	118	36.20	119	36.21	120	36.20
121	36.23	122	36.20	123	36.23	124	36.20	125	36.23
126	36.20	127	36.23	128	36.20	129	36.23	130	36.20
131	36.23	132	36.20	133	36.21	134	36.20	135	36.20
136	36.20	137	36.20	138	36.20	139	36.20	140	36.20
141	36.20	142	36.20	143	36.20	144	36.20	145	36.20
146	36.20	147	36.20	148	36.19	149	36.28	150	34.56
151	43.44	152	47.20	153	47.63	154	47.28	155	47.63
156	47.28	157	47.63	158	47.28	159	47.63	160	47.28

161	47.63	162	47.28	163	47.63	164	47.28	165	47.63
166	47.28	167	47.63	168	47.46	169	47.53	170	47.93
171	47.55	172	47.86	173	47.54	174	47.93	175	47.54
176	47.86	177	47.54	178	47.93	179	47.54	180	47.86
181	47.54	182	47.93	183	47.52	184	47.54	185	47.53
186	47.35	187	47.54	188	47.35	189	47.54	190	47.35
191	47.54	192	47.35	193	47.54	194	47.35	195	47.54
196	47.35	197	47.54	198	47.35	199	47.51	200	45.09
201	42.29	202	28.22	203	46.20	204	28.22	205	46.21
206	28.22	207	46.21	208	28.22	209	46.21	210	28.22
211	46.21	212	28.22	213	46.21	214	28.22	215	46.21
216	28.22	217	46.22	218	28.22	219	44.64	220	46.18
221	44.53	222	28.22	223	44.53	224	46.16	225	44.53
226	28.22	227	44.53	228	46.16	229	44.53	230	28.22
231	44.53	232	46.16	233	44.52	234	28.22	235	45.82
236	28.22	237	45.83	238	28.22	239	45.83	240	28.22
241	45.83	242	28.22	243	45.83	244	28.22	245	45.83
246	28.22	247	45.83	248	28.22	249	45.81	250	28.22
251	34.14	252	36.14	253	28.22	254	36.15	255	28.22
256	36.15	257	28.22	258	36.15	259	28.22	260	36.15
261	28.22	262	36.15	263	28.22	264	36.15	265	28.22
266	36.15	267	28.22	268	36.28	269	35.69	270	28.22
271	35.69	272	36.58	273	35.69	274	28.22	275	35.69
276	36.58	277	35.69	278	28.22	279	35.69	280	36.58
281	35.69	282	28.22	283	35.67	284	36.28	285	28.22
286	36.12	287	28.22	288	36.12	289	28.22	290	36.12
291	28.22	292	36.12	293	28.22	294	36.12	295	28.22
296	36.12	297	28.22	298	36.12	299	28.22	300	35.66
301	30.70	302	28.22	303	31.70	304	28.22	305	31.70
306	28.22	307	31.70	308	28.22	309	31.70	310	28.22
311	31.70	312	28.22	313	31.70	314	28.22	315	31.70
316	28.22	317	31.70	318	28.22	319	31.59	320	31.86
321	31.59	322	28.22	323	31.59	324	31.86	325	31.59
326	28.22	327	31.59	328	31.86	329	31.59	330	28.22
331	31.59	332	31.86	333	31.58	334	28.22	335	31.70
336	28.22	337	31.70	338	28.22	339	31.70	340	28.22
341	31.70	342	28.22	343	31.70	344	28.22	345	31.70

346 28.22 347 31.70 348 28.22 349 31.70 350 28.22



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายยศชัย จูประพัทธศรี เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2503 ณ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เข้ารับการศึกษาชั้นปริญญาบัณฑิตที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาโยธา จังหวัดขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2522 และจบการศึกษาวุฒิ วศ.บ. เมื่อปี พ.ศ. 2526 และเข้ารับการศึกษาดำเนินปริญญาโทบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (โครงสร้าง) เมื่อปี พ.ศ. 2527 และจบการศึกษาวุฒิ วศ.ม. เมื่อปี พ.ศ. 2532 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่ ฝ่ายอำนวยการและประสานงาน กองก่อสร้างโครงการย่อย กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สามเสน กทม. หมายเลขโทรศัพท์ 2431196



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย