รายการอ้างอิง

1. American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineerings. ASHRAE Handbook of fundamental USA., 1993.

2. Supaluk Pukdee. *A method for estimating the heat transfer into an air-conditioned space.* AIT master thesis No. ET-90-16 Thailand, (Aug. 1990).

3. Francastora, G.; Masoero, M.; Call M. *Surface heat transfer in building components.* ASHRAE /DOE conference : Thermal performance of the exterior envelopes of buildings, (1982): 180-203.

4. Flanders, S.N. *Confidence in heat flux transducer measurements of building.* ASHRAE Transactions Vol. 91, 1985.

5. Schwerdtfeger, P. *The measurement of heat flow in the ground and the theory of heat flux meters.* Technical report 232 USACRREL, Hanover, NH, 1979.

6. Flanders, S.N. *Measureing thermal performance of building envelopes - nine case studies.* CRREL CRREL report in press, 1984.

7. Flanders, S.N. Measured insulation improvement potential for ten army buildings. Submitted to ASTM for inclusion in an STP, 1984.

8. Johannesson, G. Heat flow measurements - Thermoelectrical meters, function principles and sources of error. Division of building technology, Lund Insitute of Technology Report TVBH-3003 (USACRREL Draft Translation), 1979.

9. Kerrisk, J.F. *Weighting factors.* DOE 2.1E's Engineers Manual Vol. 1. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

10. Stephenson, D. G.; and Mitalas, G. P. *Cooling load calculations by thermal response factor method.* ASHRAE Transactions Vol. 73 Part 1, 1967.

11. Mitalas, P.; and Stephenson, D. G. *Room thermal response factors.* ASHRAE Transactions Vol. 73 Part 1, 1967.

12. Kerrisk, Jerry F.; Schnurr, Norman M.; Moore, John E.; and Hunn, Bruce D. *The custom weighting-factor method for thermal load calculations in the DOE-2 computer program.* ASHRAE Transactions Vol. 87 Part 2, (1981): 569-584.

13. Hunn., B.D.; Schnurr, N.M.; Peterson, J.L.; Kerrisk, J.F.; and Moore, J.E. *Applications of DOE-1 to passive solar heating of commercial buildings : Preliminary results.* Proceedings of the Third National Passive Solar Conference San Jose, California, (Jan. 1979).

14. Schnurr, N.M.; Kerrisk, J.F.; Moore, J.E.; Hunn, B.D.; and Cumali, Z.O. *Applications of DOE-2 to direct-gain passive solar systems : Implementation of a weighting-factor calculation technique.* Proceedings of the Fourth National Passive Solar Conference Kansus City, Missouri, (Oct. 1979).

15. Kimura, K.; and Stephenson, D.G. *Theoretical study of cooling load caused by lights.* ASHRAE Transactions Vol. 74 Part 2 , (1968) : 189 - 197.

16. Mitalas, G.P.; Kimura, L. *A calorimeter to determine cooling loads caused by lights.* ASHRAE Transactions Vol. 77 Part 2, (1971) : 65 - 72.

17. Ball, H.D.; and Green, D. *The impact of lighting fixtures on heating and cooling loads - Mathematical model.* ASHRAE Transactions Vol. 87, (1982) : 236 - 258.

18. Ball, H.D. *The impact of lighting fixtures on heating and cooling loads - Application to design.* ASHRAE Transactions Vol. 87, (1982) : 259 - 287.

19. Jury, E.I. Theory and application of the z-transform method John Wiley and Son, New York, 1964.

20. Sowell, E.F.; and Walton, G.N. *Efficient computation of zone loads.* ASHRAE Transactions Vol. 86 Part 1, (1980) : 49 - 72.

21. Kusada, T. *NBSLD, The computer program for heating and cooling loads in building.* NBS Building Science Series 69 National Bureau of Standards (Jul. 1976).

22. Hittle, D.C. BLAST - The building loads analysis and system thermodynamics program. Vol. 1 User's Manual U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL) report CERL-TR-E-119.

23. Sowell, E.F.; and Chiles, D.C. *Characterization of zone dynamic response for CLF/CLTD tables.* ASHRAE Transactions Vol. 91 Part 2A, (1984): 162-178.

24. Sowell, E.F.; and Chiles, D.C. *Zone descriptions and response characterization for CLF/CLTD calculations.* ASHRAE Transactions Vol. 91 Part 2A, (1984): 179-200.

25. Chiles, D.C.; and Sowell, E.F. *A counter-intuitive effect of mass on zone cooling load response.* ASHRAE Transactions Vol. 91 Part 2A, (1984): 201-208.

26. Rudoy, W.; and Duran, F. *Development of an improved cooling load calculation method.* ASHRAE Transactions Vol. 81 Part 2, 1975.

27. Mitalas, G.P. *An experimental check on the weighting factor method of calculating room cooling load.* ASHRAE Transactions Vol. 75 Part 2, (1969): 222.

28. Hunn, B.D. *Applications of DOE-1 to passive solar heating of commercial buildings: Preliminary results.* Proceeding of 3rd Nat'l Passive Solar Conference, San Jose, C.A., (Jan. 1979).

29. Schnurr, N.M. *Application of DOE-1 to passive solar heating of commercial buildings: Preliminary results.* Proceeding of 3 rd Nat'l Passive Solar Conference Kansas City, (Oct. 1979).

30. Barakat, S.A. *Experimental determination of the Z-transfer function coefficients for houses.* ASHRAE Transactions.

31. Sowell, E.F. *Classification of 200,640 parametric zones for cooling load calculations.* ASHRAE Transactions Vol. 94 Part 2, (1988): 754 - 777.

32. Sowell,E.F. *Cross-check and modification of the DOE-2 program for calculation of zone weighting factors.* ASHRAE Transactions Vol. 94 Part 2, (1988): 737 - 753.

33. Sowell, E.F. *Load calculations for 200,640 zones.* ASHRAE Transactions Vol. 94 Part 2, (1988): 716 - 736.

34. McQuiston, F.C.; and Spitler, J.D. Cooling and heating load calculation manual. 2nd ed. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1994.

35. Spitler, J.D.; McQuiston, F.C.; and Lindsey, K.L. *The CLTD/SCL/CLF cooling load calculation method.* ASHRAE Transactions Vol. 99 Part 1, 1993.

36. Spitler, J.D.; and McQuiston, F.C. *Development of a revised cooling and heating calculation manual.* ASHRAE Transactions Vol. 99 Part 1, 1993.

37. Harris, S.M.; and McQuiston, F.C. *A study to catagorize walls and roofs on the basis of thermal response.* ASHRAE Transactions Vol. 94 Part 2, (1988) : 688 - 715.

38. Falconer, D.R.; Sowell, E.F.; Spitler, J.D.; and Todorovic, B.B. *Electronic tables for the ASHRAE load calculation manual.* ASHRAE Transactions Vol. 99 Part 1, 1993.

39. Buhl, W. Frederic; and Curtis, Richard B. *Response factors.* DOE 2.1E Engineering Manual Vol. 1. Lawrence Berkeley Laboratory, (1981): II.1-II.29.

40. Hittle, Douglas C. *Calculating building heating and cooling loads using the frequency response of multilayered slabs.* A doctoral thesis Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1981.

41. Peavy, B. A. *A note on response factors and conduction transfer functions.* ASHRAE Transactions Vol. 84, 1978.

42. Rowley, F.B. *Surface conductances as affected by air velocity temperature and character of surface.* ASHRAE Transactions Vol. 36, 1930.

43. Maloney, D. BLAST the building loads analysis & system thermodynamics program : A verification of the use of heat conduction transfer functions as used in the program BLAST. BLAST Support Office Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1985.

44. TRACE 600's Engineers Manual. TRANE Company, 1992.

45. Design load user's manual for the hourly analysis program and the system design load program. CARRIER Corporation, 1994.

46. Buhl, W. Frederick. *Loads*. DOE 2.1E Engineering Manual Vol. 1. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

47. American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineerings. ASHRAE Handbook of fundamental USA., (1981): 26.1 - 26.46.

48. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนรวมของกรอบอาคาร. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2537.

49. *Weather data*. DOE 2.1E Reference Manual Vol. 4. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

50. Hall, I. J. *Generation of a typical meteorological year*. Proceedings of the 1978 annual meeting of AS of ISES. Denver CO. Vol. 2.2, 1978.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

1. Incropera, Frank P.; and Witt, David P. De. Introduction to heat transfer. New York : John Wiley & Sons, 1990.

2. Kreider, J.F.; and Rabl, A. Heating and cooling of building. McGraw-Hill, 1994.

3. Hogg, R.V.; and Ledolter, J. Applied statistics for engineers and physical scientists 2nd ed. Maxwell Macmillan International, 1992.

4. FTI/DOE Reference Manual. Vol. 1, 2, and 3. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

5. FTI/DOE Supplement Manual. Vol. 1, 2, 3, and 4. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

6. FTI/DOE Engineers Manual. Vol. 1, 2, and 3. Lawrence Berkeley Laboratory, 1981.

7. บุญชัย เลิศนุวัฒน์. การพัฒนาโปรแกรมจำลองรูปแบบการใช้พลังงานสำหรับอาคารในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐาน

ข้อมูลสภาพบรรยากาศ คือ ข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิประเทศรวมถึงอิทธิพลจากทิศทางของลมประจำถิ่นและการไหลวนของน้ำในมหาสมุทร สภาพบรรยากาศเป็นส่วนสำคัญที่เป็นตัวกำหนดลักษณะความเป็นอยู่ของคน และลักษณะของสิ่งก่อสร้างในของแต่ละพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น สิ่งก่อสร้างของประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนก็จะมีลักษณะโปร่งเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก ส่วนสิ่งก่อสร้างของประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตหนาวก็จะมีผนังหนาทึบเพื่อเก็บความร้อนไว้ภายในอาคาร เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศของแต่ละสถานที่จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะของสภาพบรรยากาศของสถานที่แห่งนั้นเป็นหลัก สำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศด้วยโปรแกรมประมาณค่าพลังงานภายในอาคารก็ต้องใช้หลักการเดียวกัน เนื่องจากระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบโซนในโหมดการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน หรือค่าภาระความร้อนของโซน จะเป็นสมการแบบเดียวกันไม่ว่าจะใช้คำนวณสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตร้อนหรือประเทศที่อยู่ในเขตหนาวก็ตาม แต่ข้อมูลขาเข้าส่วนที่จะบ่งบอกว่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบโซนและค่าภาระความร้อนของห้องของสถานที่แต่ละแห่งควรจะเป็นเท่าใดนั่นก็คือ ข้อมูลสภาพบรรยากาศ นั่นเอง

โปรแกรมย่อย LOAD, SYSTEMS, PLANT และ ECONOMIC ของโปรแกรม DOE 2.1E ต้องการข้อมูลสภาพบรรยากาศรายชั่วโมง จำนวน 8,760 ชั่วโมงเพื่อใช้ประกอบการคำนวณ ข้อมูลสภาพบรรยากาศจะบรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศ (weather file) ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลระบุตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ได้แก่ หมายเลขประจำสถานี (weather station number), ค่าเขตเวลา (time zone), ค่าละติจูด (latitude), ค่าลองจิจูด (longitude) ส่วนข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ถูกตรวจวัด ได้แก่ ค่าความกระจ่างของท้องฟ้า (clearness number), ค่าอุณหภูมิผิวดิน (ground temperature), ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก, ค่าอุณหภูมิหยดน้ำค้าง (dew point temperature), ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์, ค่าความเร็วลม, ค่าทิศทางลม และค่าความดันบรรยากาศ เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีค่าแปรเปลี่ยนตามสภาพบรรยากาศในแต่ละช่วงเวลา ประเภทของแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศที่โปรแกรม DOE 2.1E สามารถนำไปใช้ประกอบการคำนวณ มีดังนี้

ก.1 แฟ้มอากาศมาตรฐานแบบ Test Reference Year (TRY)

เนื่องจากการออกแบบและการคัดเลือกระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมภายใต้สภาพแวดล้อมของอาคารจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศหลายๆ แบบ โดยใช้ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานชุดเดียวกัน ดังนั้นหน่วยงานอุตุนิยมวิทยาร่วมกับหน่วยงานกำหนดมาตรฐานของการออกแบบระบบปรับอากาศ ได้แก่ The National Bureau of Standards (NBS) , The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) และ The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE) จึงได้ร่วมมือกันเพื่อพัฒนามาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลสภาพบรรยากาศ (climatological data package) ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เรียกว่า Test Reference Year (TRY) ซึ่งประกอบด้วยอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมงของปีมาตรฐาน จำนวน 8,760 ชั่วโมง

แฟ้มมาตรฐานแบบ TRY จะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 8,760 ระเบียน โดยแต่ละระเบียนจะประกอบด้วยฟิลด์ของข้อมูลสภาพบรรยากาศที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศจำนวณ 30 ฟิลด์ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละฟิลด์จะแสดงดังตารางที่ ก.1 ส่วนรูปแสดงลักษณะของแฟ้มแบบ TMY จะแสดงดังรูปที่ ก.1(ก) ส่วนวิธีการคัดเลือกปีมาตรฐานนั้นสามารถศึกษาได้จาก DOE 2.1E [49]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 แสดงรายละเอียดของแฟ้มมาตรฐาน TRY

FIELD NUMBER	TAPE POSITION	FIELD DESCRIPTIONS	REMARKS
001	01 - 05	STATION NUMBER	Not used by program.
002	06 - 08	DRY BULB TEMPERATURE	000 - 140 = 0° - +140 ° F , -01 - -80 = -1° - -80°F , 999 = Missing
003	09 - 11	WET BULB TEMPERATURE	000 - 140 = 0° - +140 ° F , -01 - -80 = -1° - -80°F , 999 = Missing
004	12 - 14	DEW POINT TEMPERATURE	Not used by program.
005	15 - 17	WIND DIRECTION	Direction from which the wind is blowing in whole degrees (clockwise from north). 000 = Calm , 001 - 360 = 1 - 360 degrees , 999 = Missing
006	18 - 20	WIND SPEED	Wind speed in whole knots. 000 = Calm , 001 - 230 = 1 - 230 knots , 999 = Missing
007	21 - 24	STATION PRESSURE	Pressure at station in inches and hundredths of Hg. 1900 - 3999 = 19.00 - 39.99 in. Hg , 9999 = Missing
008	25	WEATHER	Not used in simulation.
.009	26 - 27	TOTAL SKY COVER	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths. 00 - 10 = 0 - 10 tenths , 99 = Missing
010	28 - 29	AMOUNT OF LOWEST CLOUD LAYER	Not used in simulation.
013	34 - 35	AMOUNT OF SECOND CLOUD LAYER	Not used in simulation.
016	40 - 41	SUMMATION OF FIRST TWO LAYER	Not used in simulation.
017	42 - 43	AMOUNT OF THIRD CLOUD LAYER	Not used in simulation.
020	48 - 49	SUMMATION OF FIRST THREE LAYER	Not used in simulation.
021	50 - 51	AMOUNT OF FOURTH CLOUD LAYER	Not used in simulation.
011	30	TYPE OF LOWEST CLOUD OR OBSCURING PHENOMENA	Generic cloud type or obscuring phenomena. 0 = Cirrus (Cirrus / Cirrostratus or Cirrocumulus / Unknown of the amount of cloud) 1 = Stratus (Stratus or Fractus Stratus) 2 = halfway between Cirrus and Stratus (Clear / Fog or other obscuring phenomena / Stratocumulus / Cumulus or Cumulus Fractus / Cumulonimbus or Mammatus / Altostratus or Nimbostratus / Altocumulus)
014	36	TYPE OF CLOUD - SECOND LAYER	Not used in simulation.
018	44	TYPE OF CLOUD - THIRD LAYER	Not used in simulation.
022	52	TYPE OF CLOUD - FOURTH LAYER	Not used in simulation.
012	31 - 33	HEIGHT OF BASE OF LOWEST LAYER	Not used in simulation.
015	37 - 39	HEIGHT OF BASE OF SECOND LAYER	Not used in simulation.

019	45 -47	HEIGHT OF BASE OF THIRD LAYER	Not used in simulation.
023	53 - 55	HEIGHT OF BASE OF FOURTH LAYER	Not used in simulation.
024	56 - 59	SOLAR RADIATION	Not used in simulation.
025	56 - 59	BLANK	Blank field - reserved for future use.
026	70 - 73	YEAR	
027	74 - 75	MONTH	Month of year. Such as 01 = Jan , 02 = Feb etc.
028	76 - 77	DAY	Day of month.
029	78 - 79	HOUR	Hour of observation in Local Standard Time. 00 - 23 = 0000 - 2300 LST
030	80	BLANK	Blank field - reserved for future use.

จากตารางที่ ก.1 จะเห็นได้ชัดว่า แฟ้มมาตรฐานแบบ TRY เป็นแฟ้มข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน (surface meteorology) เป็นหลัก ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับโปรแกรมประมาณค่าพลังงานของอาคารเพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบกรอบอาคารหรือระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เนื่องจากแฟ้มมาตรฐานแบบ TRY ยังขาดข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีความสำคัญต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจก เช่น ค่า global radiation, ค่า direct radiation และ ค่า diffuse radiation เป็นต้น เนื่องจากจุดบกพร่องในส่วนข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ทำให้แฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานที่ถูกสร้างขึ้นภายหลัง เช่น แฟ้มมาตรฐานแบบ TMY จำเป็นต้องผนวกแฟ้มข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์เข้ากับแฟ้มข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงหน่วยของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบางชนิดให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้นด้วย

สำหรับการใช้แฟ้มมาตรฐานแบบ TRY เป็นข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE 2.1E พบว่าโปรแกรม DOE 2.1E จะไม่นำค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) ที่ระบุในฟิลด์ 026 ไปใช้ในการคำนวณ แต่โปรแกรมจะคำนวณค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ (global solar radiation), ค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (direct radiation) และ ค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ (diffuse radiation) ขึ้นใหม่จากข้อมูลปริมาณเมฆ (total sky cover) ระบุในฟิลด์ 009 และ ชนิดของเมฆระดับต่ำสุดบนท้องฟ้า (type of lowest cloud or obscuring phenomena) ที่ระบุในฟิลด์ 011 ตามระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงใน Engineering's Manual ของ DOE 2.1E [46]

ก.2 Typical Meteorological Year (TMY)

ตามที่ได้กล่าวในตอนต้นว่าแต่ละระเบียนของแฟ้มมาตรฐานแบบ TMY ประกอบด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลประเภทแรกเป็นข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ถูกจัดเก็บในลักษณะต่างๆ จำนวน 11 ฟิลด์ เช่น ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์, ค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และ ค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ข้อมูลประเภทที่สองเป็นข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน (surface meteorology) จำนวน 28 ฟิลด์ เช่น ความดันบรรยากาศ และ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง เป็นต้น ซึ่งเมื่อรวมทุกฟิลด์เข้าด้วยกันจะได้ระเบียนที่มีความยาวทั้งสิ้น 132 ตัวอักษร โดยรายละเอียดของแต่ละฟิลด์จะแสดงดังตารางที่ ก.2 ส่วนรูปแสดงลักษณะของแฟ้มแบบ TMY จะแสดงดังรูปที่ ก.1(ข)

การคัดเลือกปีที่จะเป็นตัวแทนของปีมาตรฐานที่มีรูปแบบของ TMY นั้น Hall [50] ได้ศึกษาและใช้การคัดเลือกทางสถิติของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 แสดงรายละเอียดของแฟ้มมาตรฐาน TMY

FIELD NUMBER	TAPE POSITION	FIELD DESCRIPTIONS	REMARKS
001	001 - 005	STATION NUMBER	Not used by program.
002	006 - 015	SOLAR TIME (Yr, Mo, Day, Hour, Minute)	Not used by program.
003	016 - 019	LOCAL STANDARD TIME (Hr, Minute)	Not used by program.
101	020 - 023	EXTRATERRESTRIAL RADIATION	KJ/(m^2-hr) , 9999 = Missing
102	024 - 028	DIRECT RADIATION	KJ/(m^2-hr) , 9999 = Missing
103	029 - 033	DIFFUSE RADIAION	KJ/(m^2-hr) , 9999 = Missing
104	034 - 038	NET RADIATION	Not used by program.
105	039 - 043	TILT RADIATION	Not used by program.
106	044 - 048	OBSERVED RADIATION	Not used by program.
107	049 - 053	ENGINEERING CORRECTED RADIATION	Not used by program.
108	054 - 058	STANDARD YEAR CORRECTED RADIATION	GLOBAL RADIATION, KJ/(m^2-hr) , 9999 = Missing
109,110	059 - 068	ADDITIONAL RADIATION (A, B)	Not used by program.
111	069 - 070	MINUTE OF SUNSHINE	Not used by program.
201	071 - 072	TIME OF SURFACE OBSERVATION	Hour of observation in Local Standard Time. 00 - 23 = 0000 - 2300 LST
202	073 - 076	CEILING HEIGHT	Not used by program.
203	077 - 081	SKY CONDITION	Not used by program.
204	082 - 085	VISIBILITY	Not used by program.
205	086 - 093	WEATHER	Not used by program.
206	094 - 103	PRESSURE	Pressure at station in Pascal/10. 00000 - 10132 = 000000 - 101320 Pascal
207	104 - 107	DRY BULB TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
208	108 - 111	DEW POINT TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
209	112 -114	WIND DIRECTION	Direction from which the wind is blowing in whole degrees (clockwise from north) 000 = Calm, 001-360 = 1-360 degrees, 999 = Missing
210	115 - 118	WIND SPEED	Wind speed in x10 m/s, 9999 = Missing
211	119 - 120	TOTAL CLOUD AMOUNT	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths. 00 - 10 = 0 - 10 tenths, 99 = Missing
222	121 - 122	TOTAL OPAQUE	Not used by program.

STATN NO.	DRY BLB	WET BLB	DEW PT	WIND DIR	WIND SPD	STAT PRES	WX	TOT AMT	CLOUDS LAYER1 AMT	LAYER1 TYP	LAYER1 HGT	LAYER2 AMT	LAYER2 TYP	LAYER2 HGT	LAYER2 SUM	LAYER3 AMT	LAYER3 TYP	LAYER3 HGT	LAYER3 SUM	LAYER4 AMT	LAYER4 TYP	LAYER4 HGT	SLR RAD	BLANK	YEAR	MO	DY	HR	BLANK
XXXXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXXX	X	XX	XX	X	XXX	XX	X	XXX	XX	XX	X	XXX	XX	XX	X	XXX	XXXX	XXXXXXXXXX	XXXX	XX	XX	XX	X
001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030

รูปที่ ก.1 (ก) รูปแบบของแฟ้ม TRY

WBAN STATION NUMBER	SOLAR TIME YR	MO	DAY	HOUR	MINUTES	LOCAL STANDARD TIME HR	MINUTES	ETR KJ/m^2	RADIATION VALUE KJ/m^2 DIRECT	DIFFUSE	NET	TILT	GLOBAL OBSERVED	ENG. CORR.	STANDARD YEAR CORR	A	B	MIN OF SUNSHINE
XXXXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XX

TIME OF SURFACE OBSERVATION	CEILING HEIGHT Dm	SKY CONDITION	VISIBILITY Km	WEATHER	PRESSURE KPa SEA LEVEL	STATION	TEMP ^{o}C DRY BULB	DEW POINT	WIND DIRECTION	SPEED Km/Hr
XX	XXXX	XXXXX	XXXX	XXXXXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXX	XXXX	XX	XXX

CLOUDS TOTAL	LOWEST AMOUNT	LOWEST TYPE	LOWEST HEIGHT Dm	SECOND AMOUNT	SECOND TYPE	SECOND HEIGHT Dm	SECOND SUM AMT	THIRD AMOUNT	THIRD TYPE	THIRD HEIGHT Dm	THIRD SUM AMT	FOURTH AMOUNT	FOURTH TYPE	FOURTH HEIGHT Dm	OPAQUE	SNOW COVER
XX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XX	XXXX	XX	XX	XX	XXXX	XX	X

รูปที่ ก.1 (ข) รูปแบบของแฟ้ม TMY

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE 2.1E

โปรแกรม DOE 2.1E เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมาณค่าพลังงานของอาคารที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อช่วยการออกแบบระบบปรับอากาศ การประมาณพลังงานของการดำเนินงานอาคารตลอดปี และการคำนวณความคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ตัวโปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการใช้งานอย่างมากเนื่องจาก มีภาษาเป็นของตัวเอง มีระบบปรับอากาศและระบายอากาศให้เลือกใช้เป็นจำนวนมาก และมีตัวแปรต่างๆสำหรับปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่มีอยู่ให้มีลักษณะการทำงานเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ โปรแกรม DOE 2.1E อาจไม่เหมาะสมสำหรับผู้ที่กำลังเริ่มศึกษาโปรแกรมประมาณค่าพลังงานในอาคาร เนื่องจาก ขั้นตอนการคำนวณมีความซับซ้อน คำสั่งในโปรแกรมมีเป็นจำนวนมากซึ่งต้องการเวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจ รวมถึงแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศจะต้องมีความถูกต้องและครบถ้วน (ภาคผนวก ก.)

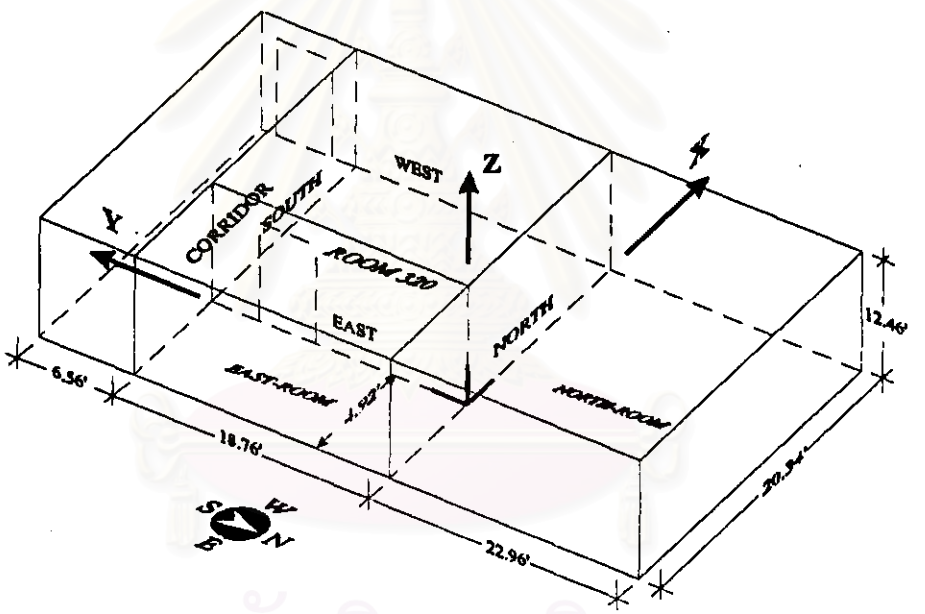
โปรแกรม DOE 2.1E ประกอบด้วย 5 โปรแกรมหลัก คือ

โปรแกรม BDL Processor ทำหน้าที่แปลงข้อมูลอาคาร ได้แก่ กรอบอาคาร ลักษณะการใช้งานอาคาร อุปกรณ์เครื่องปรับอากาศและระบายอากาศ ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอาคาร เป็นต้น ให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมหลักอื่นๆ สามารถเข้าใจได้ โดยโปรแกรมจะตรวจสอบว่าข้อมูลอาคารที่กรอกนั้นครบถ้วนและเพียงพอสำหรับใช้ในการคำนวณหรือไม่ ข้อมูลอยู่ในช่วงที่เหมาะสมหรือไม่ ข้อมูลถูกต้องตามหลักไวยากรณ์หรือไม่ เป็นต้น ในกรณีที่ข้อมูลอาคารที่กรอกมีการขาดตกบกพร่องเล็กน้อย โปรแกรมจะเพิ่มข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ให้โดยอัตโนมัติผ่านทางค่า default values

ส่วนโปรแกรมที่เหลืออีก 4 โปรแกรม เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณเฉพาะด้าน ได้แก่ โปรแกรม LOADS โปรแกรม SYSTEMS โปรแกรม PLANT และ โปรแกรม ECONOMICS โดยโปรแกรมเหล่านี้จะคำนวณต่อเนื่องกันเป็นลำดับไม่อาจข้ามขั้นตอนได้ โดยโปรแกรม LOADS ทำหน้าที่คำนวณค่าภาระการทำความเย็นทั้งแบบความร้อนแฝงและแบบความร้อนสัมผัสที่ต้องนำออกจากอาคารเพื่อรักษาระดับความสบายภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ผู้อยู่อาศัยพอใจ โดยค่าปริมาณความร้อนของอาคารในแต่ละชั่วโมงขึ้นกับ ลักษณะของสภาพบรรยากาศภายนอก รังสีจากดวงอาทิตย์ ตารางการใช้งาน หลอดไฟฟ้า อุปกรณ์ และอัตราการระบายอากาศ เป็นต้น โปรแกรม SYSTEMS ทำหน้าที่คำนวณปริมาณความร้อนที่ระบบปรับ

อากาศสามารถนำออกไปทิ้งได้จริงโดยจะนำตัวแปรต่างๆ ของระบบปรับอากาศมาพิจารณาประกอบด้วย เช่น ชนิดของเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ประกอบ และวิธีการควบคุมระบบปรับอากาศ เป็นต้น โปรแกรม PLANT ทำหน้าที่คำนวณอัตราการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งภายในอาคาร โดยพิจารณาทั้งช่วงภาระการทำงานเต็มที่ (full load) และช่วงภาระการทำงานบางส่วน (part load) ของ ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ เครื่องทำน้ำเย็น หม้อไอน้ำ และ หอผึ่งน้ำ เป็นต้น ส่วนโปรแกรม ECONOMICS ทำหน้าที่คำนวณต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอาคาร และระยะเวลาคุ้มทุน เมื่อใช้อุปกรณ์ที่ติดตั้งตามข้อมูลขาเข้า เป็นต้น

รายละเอียดของการจัดแบ่งโซนของข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE 2.1E สำหรับห้องทดลองถูกแสดงดังรูปที่ ข.1 ดังนี้



รูปที่ ข.1 ลักษณะการจัดแบ่งโซนของห้องทดลองและบริเวณใกล้เคียง

ตัวอย่างของข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE 2.1E สำหรับห้องทดลอง

```
INPUT LOADS ..
TITLE  LINE=1 *ENGINEERING 5 BUILDING , BANGKOK*
       LINE=2 *LOADS CALCULATION ONLY* ..

              RUN-PERIOD          JAN 1 1999  THRU  DEC 31 1999  ..

              ABORT               WARNINGS  ..   $ OLD VALUE IS WARNING
              DIAGNOSTIC          COMMENTS  ..
              LOADS-REPORT        VERIFICATION = (ALL-VERIFICATION)
                                  SUMMARY=(ALL-SUMMARY) ..
              BUILDING-LOCATION   LATITUDE=13.7  LONGITUDE=-100.3
                                  ALTITUDE=39
                                  DAYLIGHT-SAVINGS = NO
                                  TIME-ZONE=-7   AZIMUTH= 180  ..

                          $ MATERIAL DESCRIPTIONS

$ FINISHING
FINISH          = MATERIAL      THICKNESS= 0.002        $ 0.5 INCH.
                                CONDUCTIVITY            = 0.308
                                DENSITY                 = 97.9
                                SPECIFIC-HEAT           = 0.24  ..

$ 4" FACE BRICK
BRICK           = MATERIAL      THICKNESS= 0.333        $ 4 INCH.
                                CONDUCTIVITY            = 0.468
                                DENSITY  = 109.9
                                SPECIFIC-HEAT = 0.22  ..

$ 3/4 IN. PLASTER OR GYPSUM
GYPSUM      = MATERIAL  THICKNESS       = 0.0625
                        CONDUCTIVITY    = 0.42
                        DENSITY         = 100.0
                        SPECIFIC-HEAT   = 0.2  ..

$ 4 IN. HEAVYWEIGHT CONCRETE FLOOR
CONCRETE_6  = MATERIAL  THICKNESS       = 0.5
                        CONDUCTIVITY    = 1.0
                        DENSITY         = 144.0
                        SPECIFIC-HEAT   = 0.2  ..

: 20 IN. HEAVYWEIGHT CONCRETE (COLUMN)
CONCRETE    = MATERIAL  THICKNESS       = 1.71
                        CONDUCTIVITY    = 1.0
                        DENSITY         = 144.0
                        SPECIFIC-HEAT   = 0.2  ..

$ AIR-SPACE FOR INTERIOR WALL
AIR-SPACE   = MATERIAL  RESISTANCE      = 1.00  ..

                        $ LAYER DESCRIPTIONS

$ 4" FACE BRICK WITH FINISHING FOR EXTERIOR WALL
WEST-LAYER  = LAYERS        INSIDE-FILM-RES = 0.69 $ Ashrae
                            MATERIAL        = (FINISH,BRICK,FINISH)  ..

$ 10 CM. GYPSUM WALL WITH AIR-SPACE INSIDE
OTHER-LAYER = LAYERS    INSIDE-FILM-RES = 0.69
                        MATERIAL        = (GYPSUM,AIR-SPACE,GYPSUM)  ..

$ 6" N.W. CONCRETE FLOOR WITH FINISHING
FLOOR-LAYER = LAYERS    INSIDE-FILM-RES = 0.92
                        MATERIAL        = (CONCRETE_6,FINISH)  ..

$ 6" N.W. CONCRETE CEILING WITH FINISHING
CEIL-LAYER  = LAYERS    INSIDE-FILM-RES = 0.61
                        MATERIAL        = (FINISH,CONCRETE_6)  ..

$ 20" N.W. CONCRETE COLUMN WITH FINISHING FOR EXTERIOR WALL
COLUMN-LAYER =LAYERS    INSIDE-FILM-RES = 0.69
                        MATERIAL        = (FINISH,CONCRETE,FINISH)  ..

                        $ CONSTRUCTION DESCRIPTIONS

OUTSIDE-WALL= CONSTRUCTION  LAYERS          = WEST-LAYER
                            ABSORPTANCE     = 0.29
                            ROUGHNESS       = 5  ..

INSIDE-WALL     = CONSTRUCTION      LIKE OUTSIDE-WALL EXCEPT
                                    LAYERS      = OTHER-LAYER  ..

FLOOR           = CONSTRUCTION      LIKE OUTSIDE-WALL EXCEPT
                                    LAYERS      = FLOOR-LAYER  ..

CEILING         = CONSTRUCTION      LIKE OUTSIDE-WALL EXCEPT
                                    LAYERS      = CEIL-LAYER  ..

COLUMN          = CONSTRUCTION      LIKE OUTSIDE-WALL EXCEPT
                                    LAYERS      = COLUMN-LAYER  ..

                        $ GENERAL SPACE SCHEDULES

$ OCCUPANCY SCHEDULE
D-OCC1          = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (8,.9) (12,.4) (13,.9) (17,.4) (18,.1) (24,0)  ..
D-OCC2          = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (8,.9) (12,.4) (13,.9) (17,.4) (18,.1) (24,0)  ..
D-OCC3          = DAY-SCHEDULE      (1,.05) (7,.1) (21,.05) (24,0)  ..
W-OCC1          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-OCC1  ..
W-OCC2          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-OCC2  ..
W-OCC3          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-OCC3  ..
ZZOCC           = SCHEDULE          THRU JAN  4 W-OCC1
                                    THRU JAN  4 W-OCC2
                                    THRU DEC 31 W-OCC1 ..

$ LIGHTING SCHEDULE
D-LIG1          = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (8,.9) (12,.4) (13,.9) (17,.4) (18,.1) (24,0)  ..
D-LIG2          = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (8,.9) (12,.4) (13,.9) (17,.4) (18,.1) (24,0)  ..
D-LIG3          = DAY-SCHEDULE      (1,.05) (7,.1) (21,.05) (24,0)  ..
W-LIG1          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-LIG1  ..
W-LIG2          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-LIG2  ..
W-LIG3          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-LIG3  ..
ZZLIG           = SCHEDULE          THRU JAN  4 W-LIG1
                                    THRU JAN  4 W-LIG2
                                    THRU DEC 31 W-LIG1  ..

$ INFILTRATION SCHEDULE
D-INFIL1        = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (24,.4)  ..
D-INFIL2        = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (24,.4)  ..
W-INFIL1        = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-INFIL1  ..
W-INFIL2        = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-INFIL2  ..
ZZINFIL         = SCHEDULE          THRU JAN  4 W-INFIL1
                                    THRU JAN  4 W-INFIL2
                                    THRU DEC 31 W-INFIL1  ..

$ APPLIANCE SCHEDULE
D-EQ1           = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (24,.4)  ..
D-EQ2           = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (24,.4)  ..
D-EQ3           = DAY-SCHEDULE      (0,.4) (8,.9) (12,.4) (13,.9) (17,.4) (18,.1) (24,0)  ..
W-EQ1           = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-EQ1  ..
W-EQ2           = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-EQ2  ..
W-EQ3           = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D-EQ3  ..
ZZEQ            = SCHEDULE          THRU JAN  4 W-EQ1
                                    THRU JAN  4 W-EQ2
                                    THRU DEC 31 W-EQ1  ..

                        $ DEFINITIONS OF ZONE

$ THE STAIR SHADINGS ARE IN THE VICINITY OF OBSERVED WALL

STAIR-FLOOR     =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 6.73  WIDTH = 4.92
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 15.42 Y = 0 Z = 7.68
                                    AZIMUTH = 90 TILT = 180 ..
STAIR-N-WALL    =BUILDING-SHADE _   HEIGHT = 4.84  WIDTH = 6.72
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 22.14  Y = 0 Z = 7.68
                                    AZIMUTH = 0 TILT = 90 ..
STAIR-W-WALL    =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 2.85 WIDTH = 6.74
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 22.16 Y = 0 Z = 7.68
                                    AZIMUTH = 90 TILT = 90 ..

$ DEFINE A WALL FOR EVERY 2 STAIRS WHEN EACH STAIR HAS 0.28 M. WIDTH & 0.18 M.
$ HEIGHT.
$                                       (0.92 FT.)      (0.59 FT.)
$------------ UPWARD TO THE LEFT FROM OBSERVED WALL ----------------------
STAIR-WALL1     =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 4.92  WIDTH = 1.64
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 18.70 Y = 5.74 Z = 7.68
                                    AZIMUTH = 90 TILT = 90 ..
STAIR-WALL2     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 7.38 Z = 8.84 ..
STAIR-WALL3     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 9.02 Z = 10.04 ..
STAIR-WALL4     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 10.66 Z = 11.22 ..
STAIR-WALL5     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 12.30 Z = 12.40 ..
STAIR-WALL6     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 13.94 Z = 13.59 ..
STAIR-WALL7     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 15.58 Z = 14.76 ..
STAIR-WALL8     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 17.22 Z = 15.94 ..
STAIR-WALL9     =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 18.86 Z = 17.12 ..
STAIR-WALL10    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 18.70 Y = 20.50 Z = 18.30 ..

$------------ UPWARD TO THE RIGHT FROM OBSERVED WALL ---------------------
STAIR-WALL11    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 20.50 Z = 18.48 ..
STAIR-WALL12    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 18.86 Z = 20.66 ..
STAIR-WALL13    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 17.22 Z = 21.84 ..
STAIR-WALL14    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 15.58 Z = 23.02 ..
STAIR-WALL15    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 13.94 Z = 24.20 ..
STAIR-WALL16    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 12.30 Z = 25.38 ..
STAIR-WALL17    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 10.66 Z = 26.56 ..
STAIR-WALL18    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  9.02 Z = 27.74 ..
STAIR-WALL19    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  7.38 Z = 28.92 ..
STAIR-WALL20    =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-WALL1 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  5.74 Z = 30.10 ..

$ DEFINE STAIR FLOOR IN EVERY 2 STEPS.
STAIR-FLOOR11   =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 4.28  WIDTH = 1.64
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 21.98 Y = 20.50 Z = 18.48
                                    AZIMUTH = 90 TILT = 0 ..
STAIR-FLOOR12   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 18.86 Z = 20.66 ..
STAIR-FLOOR13   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 17.22 Z = 21.84 ..
STAIR-FLOOR14   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 15.58 Z = 23.02 ..
STAIR-FLOOR15   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 13.94 Z = 24.20 ..
STAIR-FLOOR16   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 12.30 Z = 25.38 ..
STAIR-FLOOR17   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y = 10.66 Z = 26.56 ..
STAIR-FLOOR18   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  9.02 Z = 27.74 ..
STAIR-FLOOR19   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  7.38 Z = 28.92 ..
STAIR-FLOOR20   =BUILDING-SHADE     LIKE STAIR-FLOOR11 EXCEPT
                                    X = 21.98 Y =  5.74 Z = 30.10 ..

$ THE OTHER STAIRS DOWNWARD FROM THE OBSERVED WALL
STAIR-FLOOR21   =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 12.20  WIDTH = 2.88
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 21.98 Y = 4.92 Z = 7.68
                                    AZIMUTH = 180 TILT = 35.21 ..

$ THE 452 sq.m. EAST WALL
STAIR-WALL21    =BUILDING-SHADE     HEIGHT = 19.68  WIDTH = 6.72
                                    TRANSMITTANCE = 0.0
                                    X = 15.42 Y = 25.32 Z = 0
                                    AZIMUTH = 180 TILT = 90  ..

                        $ SPACE CONDITIONS

                $ CONDITIONED SPACE (LABORATORY)
LAB-SPACE       =SPACE-CONDITIONS   TEMPERATURE = 175.81
                                    PEOPLE-SCHEDULE = ZZOCC
                                    NUMBER-OF-PEOPLE = 1
                                    PEOPLE-HEAT-GAIN = 240.
                                    PEOPLE-HEAT = 190.
                                    LIGHTING-SCHEDULE = ZZLIG
                                    LIGHTING-TYPE = SUS-FLOOR
                                    LIGHTING-W/SQFT = 1.69
                                    LIGHT-TO-SPACE = 1.0
                                    EQUIP-SCHEDULE = ZZEQ
                                    EQUIPMENT-W/SQFT = 0.5
                                    EQUIP-RADIABLE = 1.0
                                    EQUIP-LATENT = 0.
                                                    FLOOR-HEIGHT = 0
                                    FURN-FRACTION = 0.5
                                    FURNITURE-TYPE = LIGHT
                                    FURN-WEIGHT = 87.0
                                    ZONE-TYPE = CONDITIONED ..

                $ CONDITIONED SPACE ADJACENT SPACES
CORR-SPACE      =SPACE-CONDITIONS   TEMPERATURE = 182.5)
                                    LIGHTING-SCHEDULE = ZZLIG
                                    LIGHTING-TYPE = REC-FLUOR-NV
                                    LIGHTING-W/SQFT = 2.5 $ WHAT CORRECT VLT
                                    LIGHT-TO-SPACE = 1.0 $ 0.45 is old value.
                                    FLOOR-WEIGHT = 0.
                                    ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..

EAST-SPACE      =SPACE-CONDITIONS   TEMPERATURE = 175.0)
                                    FLOOR-WEIGHT = 0.
                                    ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..

HEATH-SPACE     =SPACE-CONDITIONS   TEMPERATURE = 295.0)
```

```
                                    FLOOR-HEIGHT = 30
                                    ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..


                          $ SPACE DESCRIPTIONS

                          $ CONSIDERATED SPACE (LABORATORY)
$ ------------------------------------------------------------------
R320-ZONE       =SPACE          X = 0   Y = 0   Z = 0  AZIMUTH = 0
                                AREA = 289.29      VOLUME = 3686.84
                                SPACE-CONDITIONS = R320-COND ..

  R320-W1-WALL  =EXTERIOR-WALL  CONSTRUCTION = OUTSIDE-WALL
                                GND-REFLECTANCE = 0.2 $ OLD CONCRETE.
                                SHADING-DIVISION = HR
                                SHADING-SURFACE = YES
                                X = 15.4 Y = 1.34 Z = 7.67
                                HEIGHT = 4.79   WIDTH = 5.81
                                AZIMUTH = 90    TILT = 90 ..

    R320-W2-WALL  =EXTERIOR-WALL LIKE R320-W1-WALL EXCEPT
                                X = 15.4 Y = 6.95 Z = 7.67
                                HEIGHT = 4.79   WIDTH = 7.87 ..

    R320-W3-WALL  =EXTERIOR-WALL LIKE R320-W1-WALL EXCEPT
                                X = 15.4 Y = 1.34 Z = 0
                                HEIGHT = 7.66   WIDTH = 13.48 ..

    R320-W4-WALL  =EXTERIOR-WALL LIKE R320-W1-WALL EXCEPT
                                CONSTRUCTION = COLUMN
                                X = 15.4 Y = 14.83 Z = 0
                                HEIGHT = 12.4e  WIDTH = 3.94 ..

    R320-W5-WALL  =EXTERIOR-WALL LIKE R320-W1-WALL EXCEPT
                                X = 0 Y = 0 Z = 0
                                HEIGHT = 12.4e  WIDTH = 1.34 ..

    R320-E-WALL   =INTERIOR-WALL CONSTRUCTION = INSIDE-WALL
                                NEXT-TO = EAST-ZONE
                                TILT = 90.0
                                HEIGHT = 12.4e  WIDTH = 10.7e ..

    R320-N-WALL   =INTERIOR-WALL LIKE R320-E-WALL EXCEPT
                                NEXT-TO = NORTH-ZONE
                                HEIGHT = 12.4e  WIDTH = 18.42 ..

    R320-S-WALL   =INTERIOR-WALL LIKE R320-E-WALL EXCEPT
                                NEXT-TO = CORRIDOR
                                HEIGHT = 12.4e  WIDTH = 15.42 ..

    R320-FLOOR    =INTERIOR-WALL CONSTRUCTION = FLOOR
                                INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
                                TILT = 180.0
                                AREA = 289.29 ..

    R320-CEILING  =INTERIOR-WALL CONSTRUCTION = CEILING
                                INT-WALL-TYPE = ADIABATIC
                                TILT = 0.0
                                AREA = 289.29 ..

$ ------------------------------------------------------------------

                          $ THREE NEIGHBOR SPACES
$ ------------------------------------------------------------------
CORRIDOR        =SPACE          X = -4.92 Y = 16.74 Z = 0  AZIMUTH = 0
                                AREA = 193.43      VOLUME = 1662.54
                                SPACE-CONDITIONS = CORR-COND ..

EAST-ZONE       =SPACE       X = -4.92 Y = 0  Z = 0  AZIMUTH = 0
                                AREA = 92.29       VOLUME = 1150.04
                                SPACE-CONDITIONS = EAST-COND ..

NORTH-ZONE      =SPACE       X = -4.92 Y = -22.9e Z = 0  AZIMUTH = 0
                                AREA = 467.00      VOLUME = 5811.65
                                SPACE-CONDITIONS = NORTH-COND ..
$ ------------------------------------------------------------------

                          $ HOURLY REPORT SCHEDULE
$ HEATING SCHEDULE IS SHUTDOWN.
D-SHUT          =DAY-SCHEDULE       (1,24) (0) ..
W-SHUT          =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D-SHUT ..
SHUTDOWN        =SCHEDULE           THRU DEC 31 W-SHUT ..

REPORT1-D       =DAY-SCHEDULE       (1,24) (1,) ..
REPORT1-W       =WEEK-SCHEDULE      (ALL) REPORT1-D ..
REPORT1         =SCHEDULE        $ THRU JAN 1 W-SHUT
                                   THRU JAN  1 W-SHUT
                                 THRU JAN  4 REPORT1-W
                                 THRU DEC 31 W-SHUT ..
$

L11             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (1) ..
L12             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..
L13             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (3) ..
L14             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (4) ..
L15             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (5) ..
L16             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (7) ..
L17             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (8) ..
L18             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W1-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..
L19             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..
L20             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W4-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..
L21             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W5-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..
L22             = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-W5-WALL
                                    VARIABLE-LIST = (2) ..

                          $ PRINT HOURLY REPORT

L=REPORT2       = HOURLY-REPORT     REPORT-SCHEDULE = REPORT1
                                    REPORT-BLOCK = (L11,L12,L13,L14,L15,L16,
                                    L17) ..

L=REPORT3       = HOURLY-REPORT     REPORT-SCHEDULE = REPORT1
                                    REPORT-BLOCK = (L18,L19,L20,L21,...  ..

END ..
COMPUTE LOADS   ..

INPUT SYSTEMS ..

                SYSTEMS-REPORT      VENTILATION = (ALL-VENTILATION)
                                    SUMMARY = (ALL-SUMMARY) ..

                          $ SYSTEMS SCHEDULES

$ OCCUPANCY SCHEDULE
D-OCCU          = DAY-SCHEDULE      (1,4) (0,) ..
D=OCCU          = DAY-SCHEDULE      (1,4) (1,) ..
W=OCCU          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D=OCCU ..
W=OCCU          = WEEK-SCHEDULE     (ALL) D=OCCU ..
ZZOCC           = SCHEDULE          THRU JAN  3 W=OCCU
                                    THRU JAN  4 W=OCCU
                                    THRU DEC 31 W=OCCU ..

$ HEATING SCHEDULE IS SHUTDOWN.
D=SHUT          =DAY-SCHEDULE       (1,4) (0,) ..
W-SHUT          =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=SHUT ..
SHUTDOWN        =SCHEDULE           THRU DEC 31 W=SHUT ..

$ COOLING COIL SCHEDULE
D=COIL1         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (0,) ..
D=COIL2         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (1) ..
W=COIL1         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=COIL1 ..
W=COIL2         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=COIL2 ..
ZZCOIL          =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=COIL1
                                    THRU JAN  4 W=COIL2
                                    THRU DEC 31 W=COIL1 ..

$ COOLING THERMOSTAT SCHEDULE
D=COOL1         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (75) ..
D=COOL2         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (76.8) ..
W=COOL1         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=COOL1 ..
W=COOL2         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=COOL2 ..
COOL-STAT       =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=COOL1
                                    THRU JAN  4 W=COOL2
                                    THRU DEC 31 W=COOL1 ..

$ HEATING THERMOSTAT SCHEDULE
D=HEAT1         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (65) .. $ SHUTDOWN HOURS
D=HEAT2         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (70) .. $ WORKING HOURS
W=HEAT1         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=HEAT1 ..
W=HEAT2         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=HEAT2 ..
HEAT-STAT       =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=HEAT1
                                    THRU JAN  4 W=HEAT2
                                    THRU DEC 31 W=HEAT1 ..

$ NATURAL VENTILATION TEMPERATURE SCHEDULE
D=NV1           =DAY-SCHEDULE       (1,24) (75) ..
D=NV2           =DAY-SCHEDULE       (1,24) (82.3) ..
W=NV1           =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=NV1 ..
W=NV2           =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=NV2 ..
NV-STAT         =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=NV1
                                    THRU JAN  4 W=NV2
                                    THRU DEC 31 W=NV1 ..

$ NATURAL VENTILATION SCHEDULE
D=NV-W1         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (0) ..
D=NV-W2         =DAY-SCHEDULE       (1,24) (1) ..
W=NV-W1         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=NV-W1 ..
W=NV-W2         =WEEK-SCHEDULE      (ALL) D=NV-W2 ..
NV-SCH          =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=NV-W1
                                    THRU JAN  4 W=NV-W2
                                    THRU DEC 31 W=NV-W1 ..

$ ------------------------------------------------------------------
                          $ SYSTEM DESCRIPTIONS

R320-CONTROL    =ZONE-CONTROL       DESIGN-COOL-T = 75.0
                                    DESIGN-HEAT-T = 70
                          $ THE RESULT IS THE SAME FOR ALL DESIGN-HEAT-T VALUE.
                                    COOL-TEMP-SCH = COOL-STAT
                                    HEAT-TEMP-SCH = HEAT-STAT
                          $ NO HEATING EQUIPMENT PROVIDED FOR ANY ZONE
                          $ THEN HEAT-TEMP-SCH DOES NOT EXIST.
                                    THERMOSTAT-TYPE = PROPORTIONAL
                                    THROTTLING-RANGE = .5 ..

R320-AIR        =ZONE-AIR           OUTSIDE-AIR-CFM = 219.2
                                    EXHAUST-CFM = 219.2
                                    ASSIGNED-CFM = 762.3
                                    EXHAUST-STATIC = 1.0
                                    EXHAUST-EFF = 0.825 ..

$ ROOM DESCRIPTIONS
                          $ R320-ZONE IS CONDITIONED AREA.
                          $ CORRIDOR      IS UNCONDITIONED AREA.
                          $ EAST-ZONE     IS UNCONDITIONED AREA.
                          $ NORTH-ZONE    IS UNCONDITIONED AREA.

$ THE COOLING CAPACITY IN THIS COMMAND DOES NOT EFFECT IN THE CENTRAL SYSTEM.
R320-ZONE       =ZONE               ZONE-TYPE = CONDITIONED
                                    ZONE-AIR = ROOM-AIR
                                    ZONE-CONTROL = ROOM-CONTROL
                                    SIZING-OPTION = ADJUST-LOADS ..

CORRIDOR        =ZONE               ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..

EAST-ZONE       =ZONE               ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..

NORTH-ZONE      =ZONE               ZONE-TYPE = UNCONDITIONED ..

$ ------------------------------------------------------------------
SYS-CONTROL     =SYSTEM-CONTROL     MIN-SUPPLY-T = 52.2
                                    MAX-SUPPLY-T = 75.0
$ THEN THE SELECTED DEFAULT WILL BE RESULTED (105).
                                    COOLING-SCHEDULE = ZZCOIL
                          $ THE HEATING EQUIPMENT IS ALWAYS OFF.
                                    HEATING-SCHEDULE = SHUTDOWN ..

$ ------------------------------------------------------------------
SYS-FAN         =SYSTEM-FANS        FAN-SCHEDULE = ZZCOIL
                                    SUPPLY-DELTA-T = 2.01
                                    SUPPLY-KW = 0.000640
                                    FAN-CONTROL = CONSTANT-VOLUME
                                    NIGHT-CYCLE-CTRL = STAY-OFF ..

$ ------------------------------------------------------------------
$ IF THE COOLING CAPACITY IS MORE THAN THE LIMITED VALUE, ALL HOURLY
CALCULATION
$ WILL BE THE SAME.
SYS-EQUIP       =SYSTEM-EQUIPMENT   COIL-BF = 0.10
                                    COOLING-CAPACITY = 28310
                                    FURNACE-AUX = 0
                                    FURNACE-KW = 1.35 $ This value can't be 0.
                                    COOL-FT-MIN = 70.0 ..

$ ------------------------------------------------------------------
R320-SYSTEM     =SYSTEM             SYSTEM-TYPE = PTAC
                                    SYSTEM-CONTROL = SYS-CONTROL
                                    SYSTEM-FANS = SYS-FAN
                                    SYSTEM-EQUIPMENT = SYS-EQUIP
                                    SIZING-RATIO = 1.
                                    ZONE-NAMES = (R320-ZONE,CORRIDOR,EAST-ZONE,
                                    NORTH-ZONE) ..

$ ------------------------------------------------------------------

                          $ HOURLY REPORT SCHEDULE

REPORT-D        =DAY-SCHEDULE       (1,24) (1,) ..
REPORT-W        =WEEK-SCHEDULE      (ALL) REPORT-D ..

REPORT1         =SCHEDULE           THRU JAN  3 W=SHUT
                                    THRU JAN  4 REPORT-W
                                    THRU DEC 31 W=SHUT ..

Y1              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (24) ..
Z1              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (4) ..
Y2              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (8) ..
Y3              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (19) ..
Y4              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (21) ..
Y5              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (31) ..
Y6              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (11) ..
Y7              = REPORT-BLOCK      VARIABLE-TYPE = R320-ZONE
                                    VARIABLE-LIST = (7) ..

                          $ PRINT HOURLY REPORT

Y=REPORT        = HOURLY-REPORT     REPORT-SCHEDULE = REPORT1
                                    REPORT-BLOCK = (Y1,Z1,Y2,Y3,Y4,Y5,Y6,Y7) ..

END ..
COMPUTE SYSTEMS ..

STOP ..
```

ภาคผนวก ค.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึง ตารางบันทึกผลการทดลองซึ่งเป็นการรวบรวมผลการทดลองของวันที่ 2-3 มกราคม 2542 โดยเริ่มรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เวลา 9:10 น. ถึง 12:10 น.ซึ่งประกอบด้วยตารางดังนี้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ทุกๆ 15 นาที

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยมือ ทุกๆ 30 นาที

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลการตรวจวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

โดยที่หน่วยของข้อมูลต่างๆ ในตารางมีดังต่อไปนี้

ข้อมูลอุณหภูมิมีหน่วยเป็น °F

ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็น %

ข้อมูลการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังจาก Heat flux meter (HFT) มีหน่วยเป็น Btu/(hr-ft^2)

ข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์มีหน่วยเป็น Btu/(hr-ft^2)

ข้อมูลความเร็วลมมีหน่วยเป็น m/s

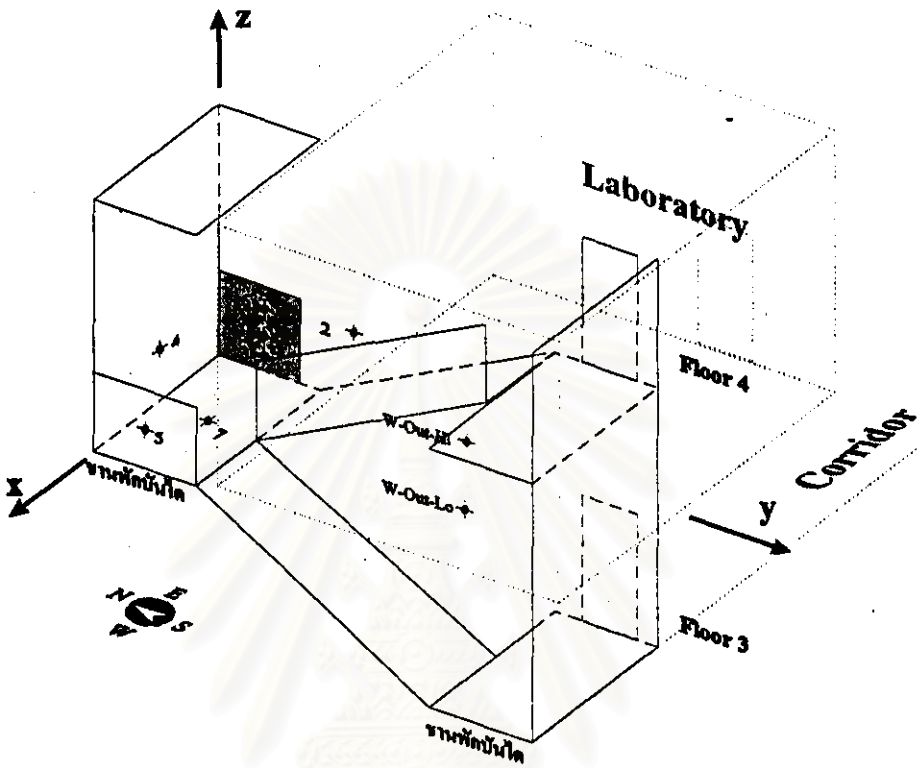
ข้อมูลปริมาณเมฆบนท้องฟ้ามีหน่วยเป็น อัตราส่วนของสิบ

ข้อมูลอัตราการไหลเชิงปริมาตรมีหน่วยเป็น cfm

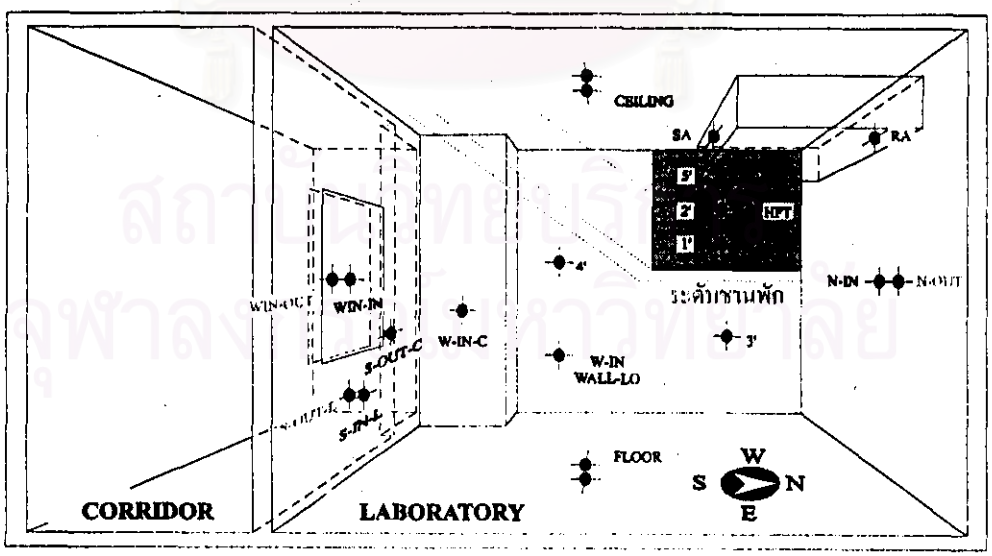
ตำแหน่งติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผนังภายนอกทั้งหมดถูกแสดงดังรูปที่ ค.1 โดยค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดภายในบริเวณผนังส่วนที่แรเงาจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ส่วนคู่ควบอุณหภูมิหมายเลข 4, 5 และ 7 ถูกใช้ในการคำนวณผลต่างของค่าการแผ่รังสีความร้อนคลื่นยาวระหว่างผนังที่ทำการตรวจวัดอุณหภูมิกับสิ่งแวดล้อม

ตำแหน่งของการติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิและ Heat flux meter ภายในห้องทดลองถูกแสดงดังรูปที่ ค.2 โดยค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดภายในบริเวณผนังส่วนที่แรเงาจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ซึ่งจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายเทความร้อนที่ตรวจวัดด้วย Heat flux meter ที่ติดตั้งบริเวณเดียวกัน ส่วนคู่ควบอุณหภูมิและเครื่อง Electronic humidity

transmitter สำหรับตรวจวัดสภาวะของลมจ่ายและลมกลับจะถูกติดตั้งที่ตำแหน่ง SA และ RA ตามลำดับ



รูปที่ ค.1 ตำแหน่งการติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผนังด้านนอก



รูปที่ ค.2 ตำแหน่งการติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิและ Heat flux meter ภายในห้องทดลอง

ตารางที่ ค.1 ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
9:10	78.1	77.7	78.1	79.3	77.5	82.0	80.1	54.0	75.6	78.6	79.7	77.7	60.8	85.7	80.1	79.7	80.2	79.3	79.5	80.1	80.1	79.9	82.2	79.3	80.6	81.3	3.17
9:11	78.1	77.5	77.9	79.2	77.4	81.9	79.9	53.8	75.2	78.6	79.5	77.7	61.6	87.1	80.1	79.7	80.2	79.5	79.5	80.2	80.2	79.9	82.2	79.3	80.6	81.5	4.76
9:26	77.7	77.7	78.1	79.3	77.5	82.0	80.1	68.9	75.0	78.8	79.9	77.7	60.1	78.8	79.9	79.5	80.2	79.2	79.3	80.2	80.2	79.9	82.4	79.5	80.8	81.8	3.17
9:30	77.9	77.7	78.1	79.3	77.5	81.9	79.9	73.6	76.8	78.8	79.9	77.7	64.7	78.4	79.9	79.5	80.2	79.2	79.3	80.2	80.2	79.9	82.4	79.5	81.0	82.0	3.17
9:31	77.9	77.7	78.1	79.3	77.7	81.9	80.1	74.5	77.2	78.8	79.9	77.9	64.7	88.4	79.9	79.5	80.2	79.3	79.5	80.2	80.2	79.9	82.4	79.5	81.0	82.1	1.59
9:46	77.9	77.9	78.3	79.3	77.5	82.0	80.1	53.8	75.6	79.2	80.2	77.9	60.8	86.0	80.1	79.5	80.2	79.5	79.5	80.6	80.6	80.2	82.9	80.1	81.3	82.4	3.17
10:01	77.5	77.4	78.3	79.2	77.4	82.2	80.4	50.5	73.9	79.5	80.4	77.9	57.9	88.2	79.9	79.5	80.2	79.3	79.5	81.0	81.0	80.6	83.1	80.4	81.5	82.7	4.76
10:16	77.4	77.4	78.1	79.2	77.2	82.2	80.4	67.3	74.5	79.9	80.8	77.7	57.4	78.8	79.9	79.3	80.1	79.2	79.3	81.1	81.1	80.8	83.5	80.8	81.9	82.9	4.76
10:31	77.4	77.2	77.7	79.2	76.8	82.2	80.2	69.4	75.6	80.1	81.1	77.7	61.1	78.8	79.7	79.3	80.1	79.0	79.3	81.3	81.3	81.0	83.7	81.1	82.2	83.1	3.17
10:46	77.5	77.4	77.9	79.2	77.2	82.4	80.4	53.1	75.0	80.4	81.3	77.7	60.7	87.7	79.9	79.5	80.1	79.2	79.5	81.7	81.7	81.1	83.8	81.7	82.6	83.4	3.17
11:01	77.4	77.2	78.1	79.0	77.0	82.6	80.8	68.0	73.2	80.8	81.9	77.5	56.7	79.4	79.9	79.5	79.9	79.2	79.3	82.0	82.0	81.3	84.2	82.0	82.8	83.7	4.76
11:16	77.4	77.0	77.7	79.2	77.0	82.4	80.4	68.9	75.4	81.0	81.9	77.5	61.7	79.5	79.7	79.3	79.9	79.0	79.3	82.2	82.2	81.5	84.4	82.6	82.9	84.1	3.17
11:31	77.4	77.4	77.9	79.0	77.4	82.6	81.0	53.6	75.0	81.3	82.2	77.7	60.0	87.2	80.1	79.5	79.9	79.3	79.5	82.6	82.4	81.9	84.7	83.3	83.1	84.2	3.17
11:46	77.4	77.2	78.1	79.0	77.4	82.8	81.7	65.3	73.4	81.7	82.6	77.7	57.2	79.0	80.1	79.5	80.1	79.3	79.5	82.9	82.9	82.2	85.1	83.8	83.7	84.6	4.76
12:01	77.2	77.2	77.7	79.0	77.2	82.8	81.7	67.3	74.8	82.0	82.9	77.7	59.6	80.0	79.9	79.5	79.9	79.2	79.5	82.9	82.9	82.2	85.3	84.2	83.8	84.9	3.17
12:16	77.4	77.4	78.1	79.0	77.5	82.8	81.5	69.4	75.7	82.6	83.3	78.1	61.2	78.6	80.1	79.9	79.9	79.3	79.9	83.5	83.1	82.4	85.6	84.9	84.0	85.3	3.17
12:31	77.4	77.4	78.1	79.0	77.5	82.8	81.5	54.0	75.4	83.1	83.7	78.1	60.6	85.5	80.2	79.9	80.1	79.5	79.9	83.8	83.7	82.9	86.2	85.6	84.6	85.6	3.17
12:44	77.5	77.4	78.1	79.0	77.5	82.9	81.3	52.3	73.9	83.7	84.0	78.1	58.5	88.4	80.1	79.9	80.1	79.3	79.9	84.2	84.0	83.1	86.4	86.2	84.9	84.4	4.76
12:46	77.4	77.4	78.1	79.0	77.5	82.9	81.5	50.2	73.6	83.8	84.2	78.1	56.3	85.8	80.1	79.9	80.1	79.5	79.9	84.4	84.2	83.5	86.5	86.5	85.1	84.6	4.76
13:01	77.4	77.2	77.7	78.8	77.2	82.9	81.3	67.6	75.0	84.0	84.4	78.1	59.7	79.9	80.1	79.9	80.1	79.2	79.9	84.7	84.6	83.7	86.9	87.1	85.5	85.1	4.76
13:16	77.4	77.4	78.1	78.8	77.5	82.9	81.3	70.0	75.9	84.4	84.6	78.3	62.3	78.5	80.2	80.1	80.2	79.3	80.1	85.1	84.6	83.8	87.1	88.0	85.8	85.6	3.17

ตารางที่ ค.1 ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
13:31	77.5	77.4	78.1	78.8	77.4	83.1	81.5	51.4	74.3	84.9	85.1	78.4	58.4	86.9	80.6	80.4	80.4	79.9	80.4	85.6	84.9	84.4	87.6	89.1	86.4	86.4	4.76
13:46	77.4	77.2	78.1	78.6	77.2	83.1	81.3	68.4	73.9	85.3	85.5	78.4	57.3	79.9	80.4	80.4	80.4	79.5	80.4	86.0	85.6	84.9	88.0	90.3	86.7	86.7	4.76
14:01	77.5	77.5	78.1	78.8	77.5	83.1	81.7	68.2	75.4	85.6	85.6	78.6	61.0	79.8	80.6	80.4	80.4	79.7	80.6	86.5	85.8	85.3	88.5	91.8	87.1	87.4	4.76
14:16	77.5	77.4	77.9	78.6	77.4	83.1	81.7	53.8	75.9	86.0	86.2	78.6	62.3	88.0	80.8	80.8	80.6	79.9	80.8	87.3	86.4	85.8	89.1	92.8	87.8	91.9	3.17
14:31	77.7	77.7	78.3	78.6	77.5	83.5	83.5	50.7	74.1	86.2	86.0	79.0	56.9	86.8	81.1	81.0	80.8	80.2	81.1	87.3	86.4	86.0	90.9	93.7	87.8	92.5	6.34
14:46	77.4	77.2	78.1	78.6	77.4	83.5	82.0	68.0	73.6	85.8	85.6	79.0	56.5	79.4	81.1	81.1	80.8	80.1	81.1	87.1	86.4	86.2	89.8	93.7	87.6	90.9	6.34
14:47	77.5	77.2	78.1	78.6	77.4	83.5	82.0	67.5	75.0	85.6	85.6	79.0	59.2	80.1	81.1	81.1	80.8	79.9	81.1	87.1	86.4	85.8	89.6	93.7	87.6	90.7	4.76
15:01	77.5	77.5	78.1	78.6	77.7	83.7	82.0	67.6	75.2	86.9	86.2	79.2	59.4	79.6	81.3	81.3	81.0	80.2	81.5	87.8	86.7	87.1	91.9	94.6	88.2	91.9	6.34
15:16	77.5	77.4	77.9	78.6	77.5	83.5	81.5	66.4	76.1	88.9	86.4	79.2	61.4	88.7	81.3	81.5	81.0	80.2	81.7	88.3	86.7	89.4	93.0	95.0	88.7	94.5	4.76
15:31	77.5	77.4	78.3	78.6	77.5	83.7	82.4	51.4	74.3	89.2	86.4	79.3	57.3	86.9	81.7	81.7	81.1	80.6	81.9	89.8	87.1	90.3	94.1	95.5	88.9	94.3	6.34
15:46	77.5	77.4	78.1	78.6	77.5	83.8	83.1	68.0	73.9	90.1	86.7	79.5	57.0	80.4	81.9	81.9	81.1	80.4	81.9	91.2	87.4	90.1	94.8	96.3	90.9	94.8	7.93
16:01	77.7	77.4	78.1	78.6	77.5	83.8	82.2	69.3	75.9	92.7	87.3	79.9	60.7	79.1	82.2	82.2	81.3	80.4	82.2	94.5	89.6	91.4	97.0	97.5	93.7	97.0	6.34
16:16	77.7	77.5	78.3	78.6	77.7	83.8	82.2	52.5	75.4	92.7	87.3	79.9	60.2	87.5	82.6	82.8	81.5	80.8	82.6	94.6	90.9	91.2	96.4	97.9	94.3	94.8	7.93
16:31	77.9	77.5	78.3	78.4	77.5	84.0	82.2	50.4	73.9	90.5	87.1	80.2	55.4	86.8	83.1	83.3	81.7	81.0	83.1	91.9	89.1	90.0	93.7	97.5	92.1	93.6	9.51
16:46	77.7	77.4	78.1	78.6	77.5	84.0	82.0	67.1	74.8	89.8	88.7	80.6	57.9	79.3	83.5	83.8	81.7	81.1	83.7	92.7	88.5	89.4	94.1	97.7	92.5	93.0	9.51
17:01	77.7	77.2	77.9	78.4	77.4	83.8	81.5	68.9	75.7	88.9	88.5	80.8	61.0	79.3	83.5	84.0	81.9	81.0	83.8	92.1	88.9	88.9	93.4	97.3	92.3	92.3	9.51
17:16	77.7	77.4	78.1	78.4	77.4	84.0	81.5	53.8	75.4	88.3	87.3	81.0	59.7	87.3	83.7	84.4	81.9	81.1	84.2	90.7	87.8	88.2	91.8	96.8	91.0	91.6	9.51
17:31	77.7	77.5	78.3	78.4	77.5	84.2	81.9	50.9	73.9	88.0	86.7	81.3	55.3	86.6	84.0	84.6	81.9	81.7	84.6	90.0	87.4	88.0	90.9	96.4	90.3	91.0	11.10
17:46	77.7	77.2	78.1	78.4	77.2	84.0	81.3	66.9	74.3	87.3	86.4	81.1	56.3	78.9	84.0	84.7	82.0	81.5	84.6	89.2	87.1	87.6	90.1	95.5	89.6	90.5	11.10
17:48	77.5	77.2	77.9	78.4	77.2	83.8	81.1	68.0	75.7	87.1	86.2	81.1	58.8	79.0	84.0	84.6	82.0	81.5	84.6	89.1	86.9	87.4	90.1	95.4	89.4	90.3	11.10
18:01	77.7	77.4	78.1	78.4	77.4	83.8	81.1	68.9	75.9	86.7	85.8	81.1	60.1	78.3	83.8	84.7	81.9	81.5	84.6	88.3	86.5	87.1	89.4	94.6	88.9	90.0	9.51

135

ตารางที่ ค.1 ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
18:16	77.7	77.5	78.1	78.4	77.4	83.8	81.1	52.3	75.4	86.4	85.5	81.3	59.6	86.5	84.0	84.7	82.0	81.7	84.7	88.0	86.4	86.7	89.2	93.9	88.3	89.4	11.10
18:26	78.6	77.5	78.3	78.4	77.5	83.8	81.3	53.1	76.6	86.2	85.3	81.5	60.9	86.5	84.0	84.9	82.0	81.9	84.6	87.6	85.8	86.4	88.9	93.6	88.0	89.2	9.51
18:31	77.7	77.5	78.3	78.4	77.4	83.8	81.3	50.0	73.8	86.2	85.3	81.3	56.2	87.8	83.8	84.7	82.0	81.9	84.6	87.6	86.0	86.5	88.9	93.4	88.0	89.2	11.10
18:46	77.5	77.5	78.3	78.4	77.4	83.8	81.3	67.3	74.7	85.6	84.9	81.3	57.4	78.6	83.8	84.6	82.0	81.9	84.4	87.3	85.6	86.2	88.3	92.7	87.4	88.9	12.68
19:01	77.5	77.5	78.1	78.4	77.5	83.8	81.1	70.0	76.3	85.3	84.7	81.3	61.4	78.2	83.8	84.4	82.0	81.9	84.4	86.7	85.3	85.8	88.2	91.9	87.1	88.5	9.51
19:01	77.5	77.5	78.1	78.4	77.5	83.7	81.1	66.2	76.5	85.3	84.7	81.3	60.4	87.3	83.8	84.4	81.9	81.9	84.4	86.7	85.3	85.6	88.2	91.8	87.1	88.3	9.51
19:16	77.5	77.7	78.3	78.4	77.5	83.8	81.3	52.0	74.8	85.3	84.6	81.3	57.7	84.5	83.8	84.4	82.0	82.0	84.2	86.5	85.3	85.6	88.2	91.4	86.7	88.3	9.51
19:22	77.5	77.4	78.1	78.4	77.2	83.8	81.1	68.7	75.6	84.9	84.6	81.1	59.7	78.7	83.7	84.0	81.9	81.9	84.0	86.4	85.1	85.6	88.0	91.0	86.7	88.2	9.51
19:31	77.5	77.5	78.3	78.4	77.4	83.8	81.3	68.2	73.9	84.9	84.4	81.1	55.9	78.4	83.5	84.0	81.9	81.9	83.8	86.4	84.9	85.5	88.0	90.9	86.5	88.2	11.10
19:46	77.5	77.4	78.1	78.4	77.2	83.7	81.0	69.1	75.4	84.4	84.0	80.8	59.7	88.8	83.1	83.7	81.9	81.5	83.7	85.8	84.7	85.3	87.6	90.1	86.2	88.0	9.51
20:01	77.5	77.4	78.1	78.4	77.4	83.7	81.0	52.9	75.7	84.2	83.8	80.8	60.5	86.1	83.3	83.7	81.9	81.7	83.7	85.6	84.6	84.9	87.4	89.8	86.2	87.6	9.51
20:16	77.5	77.4	78.3	78.4	77.2	83.7	81.1	51.1	73.9	84.0	83.8	80.8	56.6	86.8	83.1	83.5	81.9	81.7	83.5	85.6	84.6	84.9	87.4	89.2	86.0	87.4	9.51
20:31	77.5	77.4	78.1	78.4	77.4	83.7	81.0	67.8	75.0	83.8	83.7	80.4	59.5	79.9	82.8	83.1	81.7	81.3	83.1	85.3	84.4	84.7	87.3	88.7	85.6	87.3	9.51
20:46	77.5	77.4	78.1	78.4	77.4	83.5	80.8	70.7	76.1	83.5	83.5	80.4	60.9	88.1	82.8	83.1	81.7	81.1	82.9	84.9	84.0	84.4	87.1	88.2	85.5	87.1	6.34
21:01	77.5	77.4	78.1	78.4	77.2	83.7	81.1	51.4	74.7	83.5	83.5	80.2	58.9	87.5	82.6	82.9	81.7	81.3	82.9	84.9	84.0	84.6	87.1	88.0	85.3	87.1	9.51
21:16	77.4	77.4	78.1	78.4	77.2	83.7	81.1	67.5	73.9	83.3	83.1	80.2	57.1	79.5	82.6	82.8	81.7	81.1	82.8	84.6	83.8	84.2	86.9	87.6	85.1	86.7	7.93
21:31	77.5	77.4	77.9	78.4	77.4	83.5	81.0	69.1	75.7	82.9	82.9	80.1	61.3	79.0	82.2	82.6	81.5	81.0	82.6	84.4	83.5	83.8	86.7	87.1	84.7	86.5	7.93
21:46	77.5	77.5	77.9	78.4	77.4	83.5	81.1	53.1	74.8	82.8	82.9	80.1	59.9	86.9	82.2	82.4	81.5	81.0	82.6	84.2	83.5	83.8	86.7	86.7	84.7	86.4	7.93
22:01	77.4	77.0	77.7	78.3	76.8	83.5	81.0	63.0	73.8	82.8	82.8	79.7	56.9	78.2	82.0	82.2	81.3	80.8	82.2	84.2	83.7	83.8	86.7	86.4	84.7	86.4	7.93
22:16	77.4	77.4	77.5	78.4	77.4	83.5	81.0	68.2	75.4	82.6	82.8	79.9	59.8	79.2	82.0	82.2	81.3	80.8	82.2	83.8	83.1	83.7	86.5	86.2	84.4	86.2	7.93
22:28	77.4	77.2	77.4	78.4	77.2	83.3	80.6	69.8	75.7	82.2	82.4	79.5	61.4	78.6	81.9	82.0	81.3	80.4	82.0	83.7	83.1	83.5	86.4	85.8	84.2	86.2	6.34
22:31	77.4	77.2	77.4	78.4	77.2	83.3	80.8	52.9	75.6	82.2	82.6	79.7	60.6	86.2	81.9	82.0	81.1	80.8	82.0	83.7	82.9	83.5	86.4	85.8	84.2	86.2	6.34

136

ตารางที่ ค.1 ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
22:46	77.4	77.2	77.4	78.4	77.0	83.5	80.8	67.8	73.6	82.2	82.6	79.5	56.6	79.0	82.0	82.0	81.3	81.0	82.0	83.7	83.1	83.5	86.5	85.8	84.2	85.8	7.93
23:01	77.4	76.8	77.2	78.3	76.8	83.1	80.6	68.9	75.4	81.9	82.2	79.3	60.9	78.8	81.7	81.9	81.1	80.4	81.9	83.3	82.8	83.1	86.2	85.3	83.8	85.6	6.34
23:16	77.5	77.2	77.4	78.4	77.4	83.1	80.8	55.4	76.5	81.9	82.0	79.3	61.9	86.2	81.7	81.9	81.1	80.4	81.7	83.1	82.8	82.9	86.0	84.9	83.8	85.5	4.76
23:31	77.4	77.2	77.4	78.4	77.2	83.3	80.8	51.3	73.6	81.7	82.0	79.2	57.2	87.0	81.7	81.7	81.1	80.4	81.7	83.1	82.8	82.9	86.2	84.9	83.8	85.5	7.93
23:46	77.4	76.8	77.4	78.4	77.2	83.1	80.8	68.2	75.0	81.5	81.9	79.2	59.0	87.6	81.7	81.5	81.1	80.4	81.5	82.9	82.4	82.8	85.8	84.7	83.5	85.3	6.34
23:46	77.4	77.2	77.4	78.4	77.2	83.1	80.8	68.9	75.6	81.5	81.9	79.2	60.7	78.8	81.5	81.5	81.0	80.2	81.3	82.8	82.4	82.6	85.8	84.6	83.5	85.3	6.34
0:01	77.4	76.8	77.0	78.4	77.0	82.9	80.4	71.6	75.9	81.1	81.7	79.2	61.5	87.4	81.3	81.5	81.0	80.1	81.3	82.6	82.2	82.4	85.6	84.2	83.3	85.1	4.76
0:16	77.4	76.8	77.4	78.4	77.2	83.3	80.8	50.9	74.1	81.3	81.7	79.2	57.6	86.6	81.3	81.3	81.0	80.2	81.1	82.6	82.2	82.6	85.6	84.2	83.1	84.9	6.34
0:31	77.4	76.8	77.0	78.4	76.8	83.1	80.4	67.8	74.7	81.1	81.5	78.8	58.2	78.3	81.1	81.0	80.8	80.1	81.0	82.2	82.0	82.2	85.5	83.8	82.9	84.7	4.76
0:46	77.4	76.8	76.8	78.4	77.2	82.9	80.4	66.9	75.9	80.8	81.3	78.8	61.4	87.3	81.1	81.1	80.8	80.1	81.0	82.0	81.9	82.0	85.3	83.5	82.8	84.6	4.76
1:01	77.4	77.2	77.4	78.4	77.2	83.1	80.8	60.1	73.8	80.8	81.3	78.8	57.3	88.1	81.1	81.0	80.8	80.1	81.0	82.0	81.9	82.0	85.3	83.5	82.8	84.6	7.93
1:02	77.4	76.8	77.2	78.4	77.0	82.9	80.4	68.5	74.1	80.8	81.3	78.8	57.2	79.1	81.1	81.1	80.8	80.1	81.0	82.0	81.9	82.2	85.5	83.5	82.6	84.6	7.93
1:16	77.2	76.8	76.8	78.4	76.8	82.9	80.2	68.9	75.0	80.4	81.0	78.6	60.0	78.3	80.8	81.0	80.6	79.7	80.8	81.9	81.7	81.9	85.1	82.9	82.6	84.2	4.76
1:31	77.4	76.8	76.8	78.4	77.2	82.9	80.2	66.7	76.3	80.4	81.0	78.6	61.0	86.4	81.0	80.8	80.6	79.9	80.8	81.7	81.3	81.7	84.9	82.8	82.2	84.0	3.17
1:46	77.4	76.8	77.0	78.4	76.8	82.9	80.2	51.8	73.9	80.2	81.0	78.4	57.4	86.0	80.8	82.0	80.6	79.9	80.6	81.7	81.5	81.7	84.9	82.6	82.2	84.0	6.34
2:01	77.4	76.6	77.0	78.4	76.8	82.9	80.2	67.8	74.7	80.2	80.8	78.4	59.0	78.9	80.8	80.6	80.4	79.7	80.4	81.3	81.1	81.3	84.7	82.4	82.0	83.8	4.76
2:16	77.2	77.2	77.0	78.4	77.2	82.8	80.2	71.2	75.7	80.1	80.4	78.4	59.4	85.0	80.8	80.4	80.4	79.7	80.4	81.1	81.0	81.3	84.6	82.2	81.9	83.5	4.76
2:31	77.2	76.8	77.2	78.4	77.0	82.8	80.2	52.0	74.7	79.9	80.4	78.4	58.7	84.6	80.8	80.4	80.4	79.7	80.4	81.0	80.8	81.1	84.4	82.0	81.7	83.5	4.76
2:46	77.2	76.8	77.0	78.4	76.8	82.8	80.1	67.3	74.3	79.9	80.2	78.3	58.6	78.9	80.4	80.2	80.2	79.5	80.1	80.8	80.6	81.0	84.2	81.7	81.3	83.1	4.76
3:01	77.2	76.8	77.2	78.4	77.0	82.6	80.1	70.0	75.4	79.5	80.1	78.4	59.2	87.4	80.6	80.2	80.2	79.5	80.2	80.8	80.4	81.0	84.0	81.7	81.3	83.1	3.17

137

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
3:16	77.4	76.8	76.8	78.4	76.8	82.6	79.7	54.5	76.5	79.3	79.9	78.1	61.0	84.3	80.2	80.1	80.2	79.3	80.1	80.2	80.2	80.4	83.8	81.1	81.1	82.9	3.17
3:31	77.2	76.6	77.0	78.4	76.6	82.6	79.7	50.9	73.8	79.2	79.9	78.1	57.1	86.3	80.2	80.1	80.1	79.3	79.9	80.2	80.4	80.4	83.8	81.0	81.1	82.8	4.76
3:46	77.0	77.0	77.2	78.3	76.8	82.4	79.9	68.2	74.7	79.0	79.5	78.1	59.4	78.9	80.2	79.9	79.9	79.2	79.9	80.1	80.1	80.2	83.7	80.8	80.8	82.4	3.17
4:01	77.2	76.8	76.8	78.4	76.6	82.2	79.3	72.5	75.9	78.8	79.3	77.9	60.8	86.8	79.9	79.7	79.9	79.2	79.7	79.9	79.7	80.1	83.3	80.4	80.4	82.0	3.17
4:16	77.2	76.6	76.8	78.3	76.6	82.2	79.5	52.7	75.0	78.6	79.3	77.9	57.4	84.2	80.1	79.7	79.9	79.3	79.7	79.7	79.5	80.1	83.3	80.2	80.2	82.0	3.17
4:31	76.8	76.8	76.8	78.3	76.6	82.2	79.5	68.0	73.4	78.4	79.2	77.9	56.0	88.5	79.9	79.5	79.9	79.2	79.5	79.3	79.5	79.9	83.1	79.9	80.2	81.9	4.76
4:46	77.2	76.6	77.0	78.4	76.6	82.2	79.3	69.1	75.0	78.4	79.0	77.7	60.4	78.5	79.9	79.5	79.9	79.0	79.5	79.3	79.3	79.7	82.9	79.7	80.1	81.7	3.17
5:01	77.2	77.0	77.2	78.4	76.8	82.0	79.3	52.7	76.3	78.3	78.8	77.7	61.1	85.9	79.9	79.5	79.9	79.2	79.3	79.2	79.0	79.5	82.8	79.5	79.7	81.3	3.17
5:12	77.2	76.6	76.8	78.3	76.5	81.9	79.0	68.5	76.3	78.1	78.6	77.5	61.1	86.1	79.7	79.9	79.7	79.0	79.3	79.0	79.0	79.3	82.6	79.2	79.7	81.3	1.59
5:16	77.0	76.8	77.2	78.3	76.6	82.0	79.2	51.1	73.6	78.1	78.6	77.5	57.1	85.9	79.7	79.5	79.7	79.0	79.2	79.0	79.2	79.3	82.6	79.2	79.7	81.3	3.17
5:31	77.0	77.2	77.2	78.4	76.8	82.0	79.3	68.0	74.7	78.1	78.4	77.5	59.3	78.9	79.7	79.3	79.5	78.8	79.2	78.8	78.8	79.3	82.6	79.0	79.5	81.1	3.17
5:46	77.0	76.6	76.8	78.3	76.6	81.7	79.0	72.1	75.7	77.7	78.4	77.5	61.4	87.5	79.5	79.3	79.5	78.8	79.2	78.6	78.6	79.2	82.4	78.8	79.3	81.0	1.59
6:01	77.0	77.0	77.2	78.3	76.6	81.9	79.2	51.6	74.8	77.5	78.3	77.4	59.1	84.9	79.5	79.2	79.3	78.6	79.0	78.4	78.6	79.2	82.2	78.6	79.2	80.8	3.17
6:16	76.8	76.5	77.0	78.3	76.5	81.9	79.2	67.6	73.8	77.5	78.3	77.2	56.9	79.0	79.3	79.0	79.3	78.4	78.8	78.4	78.6	79.2	82.2	78.4	79.2	80.8	3.17
6:31	76.8	76.6	77.0	78.3	76.5	81.7	79.0	69.4	75.2	77.4	78.1	77.2	61.2	78.6	79.3	79.0	79.3	78.4	78.8	78.3	78.4	78.8	82.0	78.3	79.2	80.4	1.59
6:46	77.0	76.8	77.2	78.3	76.6	81.7	79.0	54.1	76.3	77.2	77.7	77.2	61.7	85.1	79.3	79.0	79.2	78.4	78.6	78.1	78.3	78.6	81.9	78.1	79.0	80.4	1.59
7:01	76.8	76.6	77.2	78.1	76.6	81.7	79.2	63.5	73.6	77.2	77.7	77.2	57.9	88.5	79.2	78.8	79.2	78.4	78.6	78.1	78.3	78.6	81.9	77.9	78.8	80.2	3.17
7:16	76.8	76.5	77.2	78.3	76.5	81.7	79.0	68.7	74.8	76.8	77.7	76.8	61.2	79.8	79.2	78.6	79.2	78.3	78.4	77.9	78.3	78.4	81.9	77.5	78.8	80.1	3.17
7:31	76.8	76.8	77.2	78.3	76.6	81.7	79.0	72.7	75.9	76.8	77.5	77.0	62.4	87.8	79.2	78.6	79.2	78.4	78.4	78.1	78.1	78.4	81.7	77.5	78.6	79.9	1.59
7:46	76.8	77.0	77.4	78.3	76.8	81.7	79.2	52.3	74.7	76.8	77.7	77.2	59.5	85.9	79.2	78.6	79.0	78.4	78.4	78.1	78.1	78.6	81.7	77.7	78.6	79.9	3.17
8:01	76.8	76.8	77.5	78.3	76.8	81.7	79.3	68.0	73.9	77.0	77.9	77.0	57.2	88.7	79.2	78.4	79.0	78.3	78.4	78.3	78.3	78.6	81.9	77.5	78.8	79.9	3.17
8:16	76.8	76.8	77.4	78.3	76.6	81.5	79.2	69.6	75.2	76.8	77.7	76.8	60.7	78.5	79.0	78.4	79.0	78.3	78.3	78.3	78.3	78.6	81.7	77.5	79.0	79.9	1.59

138

ตารางที่ ค.1 ผลการตรวจวัดด้วยเครื่อง Data logger ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

TIME	N-IN	E-IN	E-OUT	W-IN-C	S-IN-L	S-OUT-C	S-OUT-L	SA	RA	W-OUT-LO	W-OUT-HI	W-IN-W-LO	RH of RA	RH of SA	1'	2'	3'	4'	5'	1	2	3	4	5	6	7	HFT
8:31	76.8	76.5	77.2	78.3	76.6	81.3	78.6	70.5	76.3	76.8	77.9	76.6	62.2	86.9	78.8	78.4	78.8	78.1	78.3	78.3	78.3	78.4	81.7	77.5	79.0	79.9	0.00
8:46	76.8	76.8	77.4	78.1	76.5	81.5	79.2	51.8	73.6	77.0	78.1	76.6	57.2	85.6	79.0	78.4	78.8	78.3	78.3	78.4	78.4	78.6	81.9	77.9	79.2	79.9	3.17
9:01	76.6	76.5	77.2	78.1	76.5	81.3	79.0	67.8	74.3	77.2	78.3	76.6	58.3	87.2	78.8	78.3	78.6	78.1	78.1	78.4	78.6	78.6	82.0	78.1	79.3	79.9	3.17
9:16	76.8	76.8	77.4	78.1	76.5	81.3	79.0	71.8	75.6	77.2	78.3	76.5	62.3	88.5	78.6	78.3	78.6	77.7	78.1	78.6	78.6	78.6	82.0	78.1	79.5	79.9	1.59
9:31	76.8	76.6	77.4	78.1	76.6	81.3	79.0	57.6	76.5	77.4	78.4	76.6	62.0	85.6	78.6	78.4	78.6	78.1	78.3	78.8	78.8	78.6	82.0	78.3	79.7	79.9	1.59
9:46	76.8	76.6	77.4	78.1	76.5	81.5	79.0	52.3	74.7	77.4	78.6	76.5	59.2	85.6	78.6	78.4	78.6	78.1	78.3	79.0	79.0	78.8	82.2	78.4	79.9	79.9	1.59
10:01	76.8	76.6	77.5	78.1	76.6	81.5	79.3	68.0	73.9	77.7	79.0	76.6	56.2	78.4	78.6	78.3	78.6	78.1	78.3	79.2	79.2	79.0	82.4	78.8	80.1	80.1	3.17
10:16	76.8	76.8	77.5	78.1	76.6	81.5	79.3	68.7	74.8	77.7	79.0	76.6	59.8	78.3	78.8	78.3	78.4	78.1	78.3	79.2	79.2	79.0	82.2	79.0	80.1	80.1	1.59
10:31	76.8	76.8	77.4	78.1	76.8	81.3	79.3	73.0	75.7	78.1	79.2	76.6	62.4	87.9	78.6	78.4	78.4	78.1	78.3	79.3	79.3	79.2	82.6	79.3	80.2	80.1	1.59
10:46	76.8	77.0	77.5	78.1	76.8	81.3	79.5	52.7	74.7	78.3	79.3	76.6	59.1	84.5	78.8	78.4	78.4	78.1	78.3	79.5	79.5	79.2	82.8	79.7	80.4	80.2	3.17
10:59	76.8	76.8	77.5	78.1	76.6	81.7	79.5	51.1	73.9	78.4	79.5	76.6	57.9	86.4	78.8	78.4	78.6	78.1	78.3	79.9	79.9	79.5	82.9	80.1	80.8	80.4	1.59
11:01	76.8	76.6	77.5	78.1	76.6	81.7	79.5	68.2	73.2	78.3	79.5	76.5	57.5	79.0	78.4	78.3	78.4	77.7	78.1	79.5	79.9	79.3	82.9	79.9	80.8	80.4	3.17
11:16	76.8	76.8	77.5	78.1	76.8	81.5	79.5	69.1	75.0	78.8	79.9	76.6	60.5	78.3	78.8	78.4	78.4	78.1	78.3	79.9	79.9	79.5	82.9	80.2	80.8	80.4	4.76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

139

ตารางที่ ค.2 ผลการตรวจวัดด้วยมือของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542

	Window				Others floor temp		Corridor		Indoor		Outdoor			Solar Radiation		T sky					
Time	In	Out	Ceiling	Floor	Upper	Lower	DB	RH	DB	RH	DB	RH	WSP	Global	Diff	Para	45 degrees				Cload Amount
	Degree Fahrenheit						°F	%	°F	%	°F	%	m/s	Btu/hr-ft^2		Degree Fahrenheit					Decimal
9:10	79.2	79.3																			
9:40	79.9	80.1	77	78.8	32	32			77.4	63.7	81.3	59.7	0.39			77.0	46.4	30.2	26.6	35.6	0.00
10:00	79.7	79.9	76.3	79.5	32	32			76.4	61.7	82.4	59.7	0.3			74.8	47.1	30.9	28.8	37.0	0.0
10:20	79.6	79.8	75.6	80.2	32	32			75.5	59.8	83.5	59.6	0.2	147.6	40.6	72.7	47.8	31.6	30.9	38.5	0.0
10:30	79.5	79.7	75.2	80.6	32	32			75.0	58.8	84.0	59.6	0.21	153.9	44.8	71.6	48.2	32.0	32.0	39.2	0.00
11:00	79.8	80.0	75.2	80.6	32.0	32.0			75.7	60.0	84.6	58.9	0.3	156.3	46.4	74.3	44.6	33.8	34.7	41.0	0.0
11:30	80.1	80.2	75.2	80.6	32	32			76.3	61.1	85.1	58.1	0.29	158.6	48.0	77.0	41.0	35.6	37.4	42.8	0.00
12:00	80.2	80.4	75.2	80.6	32	32			74.3	58.1	86.9	57.6	0.10	195.5	55.3	78.8	42.8	35.6	39.2	46.4	0.00
12:30	80.4	80.6	77	80.6	32	32			76.5	62.3	90.0	55.5	0.30	195.5	70.1	87.8	48.2	68.0	37.4	48.2	0.13
13:00	80.1	80.2	75.2	78.8	82	82	83.5	53.3	75.0	57.8	91.0	49.2	0.49	162.3	66.4	78.8	60.8	66.2	68.0	42.8	0.13
13:30	79.9	80.2	75.2	78.8	32	32	83.7	53.3	75.7	55.6	91.0	49.7	0.23	166.0	62.7	78.8	66.2	69.8	39.2	48.2	0.25
14:00	79.9	80.1	75.2	78.8	32	32	84.2	52.1	75.2	54.9	93.0	48.1	0.15	166.0	55.3	82.4	62.6	37.4	35.6	41.0	0.25
14:30	80.8	81.0	77	78.8	32	32	84.2	51.6	76.3	57.4	92.8	45.3	0.19	48.0	48.0	82.4	73.4	71.6	69.8	71.6	0.38
15:00	80.2	80.4	77	78.8	82	82	84.4	50.7	75.4	57.3	93.4	49.6	0.35	132.8	40.6	80.6	69.8	71.6	69.8	44.6	0.25
15:30	80.4	80.8	75.2	78.8	83	83	84.6	48.5	75.9	57.3	95.0	43.8	0.08	99.6	25.8	84.2	71.6	35.6	32.0	39.2	0.13
16:00	80.6	80.8	77	78.8	83	83	84.4	48.8	76.1	59.5	95.9	45.8	0.18	84.8	25.8	82.4	68.0	33.8	32.0	39.2	0.13
16:30	80.4	80.6	75.2	78.8	84	84	84.0	48.9	75.2	53.7	91.6	49.9	0.35	33.2	18.4	78.8	55.4	39.2	39.2	42.8	0.13
17:00	80.2	80.4	78.8	78.8	84	84	84.0	49.0	76.8	60.7	90.5	52.5	0.08	11.1	7.4	80.6	48.2	32.0	33.8	39.2	0.13

140

ภาคผนวก ค.2 ผลการตรวจวัดด้วยมือของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

Time	Window		Ceiling	Floor	Others floor temp		Corridor		Indoor		Outdoor			Solar Radiation		T sky					Cload Amount
	In	Out			Upper	Lower	DB	RH	DB	RH	DB	RH	WSP	Global	Diff	Para	45 degrees				
	Degree Fahrenheit						°F	%	°F	%	°F	%	m/s	Btu/hr-ft²		Degree Fahrenheit					Decimal
17:30	80.2	80.4	75.2	78.8	84	84	84.0	49.2	75.6	56.6	88.9	48.4	0.18	3.7	3.7	80.6	51.8	39.2	42.8	46.4	0.13
18:00	80.1	80.2	77	78.8	84	84	83.5	50.7	76.5	59.3	87.4	52.8	0.29	0.0	0.0	80.6	51.8	35.6	35.6	41.0	0.00
18:30	79.9	80.1	77	78.8	84	84	83.1	51.6	75.2	54.4	86.4	55.5	0.16	0.0	0.0	80.6	51.8	33.8	35.6	42.8	0.00
19:00	80.1	80.1	75.2	78.8	84	84	83.5	53.3	76.8	59.0	84.7	57.1	0.16	0.0	0.0	82.4	48.2	35.6	37.4	39.2	0.00
19:30	79.7	80.1	77	78.8	84	84	83.1	54.1	75.9	53.7	85.3	60.2	0.05	0.0	0.0	78.8	46.4	35.6	39.2	44.6	0.00
20:00	79.9	80.1	75.2	78.8	84	84	83.3	55.4	76.6	58.4	84.9	61.5	0.11	0.0	0.0	80.6	48.2	46.4	53.6	64.4	0.00
20:30	79.9	80.1	77	78.8	84	84	83.3	55.5	76.5	60.8	84.6	61.1	0.06	0.0	0.0	78.8	48.2	37.4	37.4	51.8	0.00
21:00	79.8	80.0	76.1	78.8	84	84	83.2	55.7	76.3	60.8	83.8	59.3	0.1	0.0	0.0	73.4	48.2	36.5	38.3	57.2	0.0
21:30	79.7	79.9	75.2	78.8	84	84	83.1	54.8	76.1	60.7	82.9	57.5	0.06	0.0	0.0	68.0	48.2	35.6	39.2	62.6	0.00
22:00	79.5	79.9	77	78.8	83	83	82.9	52.5	75.6	54.4	83.7	58.6	0.05	0.0	0.0	80.6	48.2	59.0	37.4	42.8	0.00
22:30	79.7	79.9	77	78.8	83	83	82.8	58.3	76.5	60.3	83.1	58.8	0.05	0.0	0.0	78.8	42.8	30.2	33.8	39.2	0.00
23:00	79.5	79.7	77	78.8	83	83	82.9	52.8	75.9	59.9	82.9	58.2	0.31	0.0	0.0	78.8	44.6	30.2	57.2	57.2	0.13
23:30	79.7	79.7	77	78.8	83	83	82.8	53.1	76.6	60.6	82.9	55.8	0.04	0.0	0.0	80.6	44.6	30.2	35.6	59.0	0.00
0:00	79.5	79.7	77	78.8	82	82	82.6	53.2	76.3	60.2	81.9	57.7	0.07	0.0	0.0	77.0	44.6	28.4	28.4	37.4	0.00
0:30	79.3	79.5	75.2	78.8	82	82	82.6	51.8	75.2	55.2	81.9	57.7	0.16	0.0	0.0	78.8	39.2	26.6	28.4	37.4	0.00
1:00	79.3	79.5	75.2	78.8	82	82	82.4	49.9	75.2	58.2	81.5	55.0	0.18	0.0	0.0	73.4	37.4	26.6	28.4	39.2	0.00
1:30	79.5	79.5	77	78.8	82	82	82.2	49.9	76.3	59.6	81.0	55.3	0.14	0.0	0.0	78.8	39.2	28.4	33.8	32.0	0.00
2:00	79.2	79.3	75.2	78.8	82	82	81.7	49.7	75.0	57.0	80.8	54.6	0.19	0.0	0.0	78.8	42.8	30.2	30.2	33.8	0.00
2:30	79.3	79.3	75.2	78.8	82	82	81.3	50.2	76.3	57.0	80.1	54.2	0.12	0.0	0.0	75.2	39.2	26.6	30.2	35.6	0.00

141

ภาคผนวก ค.2 ผลการตรวจวัดด้วยมือของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

Time	Window		Ceiling	Floor	Others floor temp		Corridor		Indoor		Outdoor			Solar Radiation		T sky					Cload Amount
	In	Out			Upper	Lower	DB	RH	DB	RH	DB	RH	WSP	Global	Diff	Para	45 degrees				
	Degree Fahrenheit						°F	%	°F	%	°F	%	m/s	Btu/hr-ft²		Degree Fahrenheit					Decimal
3:00	79.2	79.2	77	78.8	82	82	81.4	50.1	75.6	59.0	79.5	54.1	0.30	0.0	0.0	73.4	37.4	28.4	33.8	35.6	0.00
3:45	79.0	79.0	75.2	78.8	82	82	81.5	50.0	76.2	58.7	78.6	54.9	0.28	0.0	0.0	73.4	34.7	23.0	27.1	32.9	0.0
4:00	79.0	79.2	75.2	78.8	82	82	81.0	50.5	76.5	58.6	78.3	55.2	0.27	0.0	0.0	73.4	33.8	21.2	24.8	32.0	0.00
4:30	78.8	79.0	75.2	78.5	82	82	80.2	52.4	75.0	54.2	77.9	55.5	0.09	0.0	0.0	75.2	35.6	21.2	24.8	26.6	0.00
5:00	79.0	79.0	77	78.8	82	82	80.4	51.5	76.5	60.2	77.5	54.3	0.37	0.0	0.0	75.2	30.2	24.8	24.8	35.6	0.00
6:00	78.9	78.9	77.0	78.8	82.1	82.1	80.4	51.7	75.7	59.8	77.4	54.2	0.3	0.0	0.0	74.0	29.0	24.8	22.4	32.0	0.0
6:12	78.8	78.8	77.0	78.8	82	82	80.4	51.7	75.9	57.3	77.0	57.4	0.32	0.0	0.0	73.8	28.8	24.8	21.9	31.3	0.0
6:30	78.8	78.8	77	78.8	82	82	80.4	51.8	75.4	59.6	77.4	54.2	0.31	0.0	0.0	73.4	28.4	24.8	21.2	30.2	0.00
7:00	78.6	78.8	75.2	78.8	82	82	80.2	52.2	75.0	56.4	76.8	54.8	0.26	3.7	3.7	71.6	39.2	26.6	28.4	30.2	0.00
7:25	78.8	78.8	76.7	78.8	82	82	80.2	50.9	75.9	60.4	77.1	54.0	0.40	11.1	11.1	73.1	40.7	28.1	25.4	31.7	0.0
7:30	78.8	78.8	77	78.8	82	82	80.2	50.6	76.1	61.2	77.2	53.8	0.43	17.4	14.2	73.4	41.0	28.4	24.8	32.0	0.00
8:00	78.6	78.8	77	78.8	82	82	80.2	49.5	75.2	59.3	77.7	50.9	0.55	55.3	33.2	78.8	42.8	28.4	24.8	32.0	0.00
8:30	78.8	79.0	77	78.8	82	82	80.4	49.0	76.5	60.9	77.9	51.8	0.41	92.2	36.9	71.6	32.0	21.2	23.0	30.2	0.00
9:00	78.6	78.8	75.2	78.8	82	82	80.4	48.8	75.0	58.2	79.3	49.8	0.28	132.8	36.9	71.6	26.6	17.6	21.2	30.2	0.00
9:45	78.8	78.9	75.2	78.8	82	82	80.6	48.7	76.3	61.0	80.0	49.7	0.30	138.3	39.7	73.0	30.7	19.0	22.6	27.5	0.0
10:00	78.8	79.0	75.2	78.8	82	82	80.6	48.6	75.0	55.7	80.2	49.6	0.30	140.2	40.6	73.4	32.0	19.4	23.0	26.6	0.00
10:30	79.0	79.2	77	78.8	82	82	81.1	48.1	76.1	61.3	81.0	49.7	0.20	166.0	40.6	87.8	37.4	28.4	24.8	41.0	0.00
11:00	79.0	79.2	75.2	78.8	82	82	81.5	48.2	75.2	55.3	82.6	48.3	0.17	173.4	40.6	73.4	39.2	26.6	26.6	30.2	0.00
11:40	79.2	79.2	77	78.8	82	82	81.9	47.1	75.4	60.6	83.7	48.8	0.17	183.9	42.7	78.8	32.0	21.2	24.8	32.0	0.00

ภาคผนวก ค.2 ผลการตรวจวัดด้วยมือของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

	Window				Others floor temp		Corridor		Indoor		Outdoor			Solar Radiation		T sky					
Time	In	Out	Ceiling	Floor	Upper	Lower	DB	RH	DB	RH	DB	RH	WSP	Global	Diff	Para	45 degrees				Cload Amount
	Degree Fahrenheit						°F	%	°F	%	°F	%	m/s	Btu/hr-ft²		Degree Fahrenheit					Decimal
12:00	79.6	79.6	77.0	78.8	82	82	82.1	46.5	76.0	60.8	84.6	48.3	0.24	189.2	43.7	81.2	35.6	26.0	24.8	34.4	0.0
12:10	79.9	79.9	77	78.8	82	82	82.2	46.2	76.3	60.9	85.1	48.0	0.28	191.8	44.3	82.4	37.4	28.4	24.8	35.6	0.00
16:30														59.0	29.5						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลการตรวจวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ความเร็วลม (m/s) จากหัวจ่ายลมเย็น										ทิศทางการตรวจวัด
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.42	2.21	3.47	3.74	3.11	2.95	3.89	3.81	2.80	2.74	ซ้าย - ขวา
2.37	2.45	3.55	3.87	3.16	2.82	4.05	4.36	2.81	2.56	
		2.98			2.75		4.21		2.49	
2.46	2.51	3.71	3.99	3.25	3.01	3.76	4.03	2.81	2.77	บน - ล่าง
2.59	2.77	3.68	4.03	3.21	3.08	3.88	4.38	2.78	2.74	
	1.98									
2.46	2.38	3.48	3.91	3.18	2.92	3.90	4.16	2.80	2.66	ค่าเฉลี่ย (m/s)
0.027	0.026	0.038	0.043	0.035	0.032	0.043	0.046	0.031	0.029	อัตราการไหล (m3/s)
57.3	55.6	81.1	91.1	74.2	68.1	90.8	96.9	65.3	62.0	อัตราการไหล (cfm)
ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร 742.3 cfm										

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

โปรแกรมหลัก Property_3.m

```
% Define the properties of Multi-layers slab.
% Type of Layers must be defined from outside to inside layer.

% Assign end point of iteration of s variable in minus value for finding pole program,
% Pole.m, when initial point is zero.
% Should select the range that there arn't less than 20 poles within it.
EndS = -600;

% Assign maximum number of components of X & Y & Z transfer function series.
MAX_M = 70;

% Wall of Laboratory.
layer = 3;

% Property of the second layer material
%  Finishing
D1 = 0.082; % ft.
K1 =  0.308;   % Btu/hr-ft-F.
density1 = 97.9; % lb/ft3.
Cp1 = 0.26; % Btu/lb-F.
R1 = 0.26;        % F-ft2-hr/Btu.
if K1 ~= 0
  R1 = D1/K1;     % Recalculate resistance
end % if K1 ~= 0
Alpha1 = Alpha(K1,density1,Cp1,R1);  % ft2/hr.

% Property of the third layer material
% 4in. Brick
D2 = 0.333; % ft.
K2 = 0.466; % Btu/hr-ft-F.
density2 = 109.9;% lb/ft3.
Cp2 = 0.22; % Btu/lb-F.
R2 = 0.714;       % F-ft2-hr/Btu.
if K2 ~= 0
  R2 = D2/K2;     % Recalculate resistance
end % if K2 ~= 0
Alpha2 = Alpha(K2,density2,Cp2,R2);  % ft2/hr.

% Property of the fourth layer material.
% Finishing
D3 = 0.082; % ft.
K3 = 0.308; % Btu/hr-ft-F.
density3 = 97.9; % lb/ft3.
Cp3 = 0.26; % Btu/lb-F.
R3 = 0.26;        % F-ft2-hr/Btu.
if K3 ~= 0
  R3 = D3/K3;     % Recalculate resistance.
end % if K3 ~= 0
Alpha3 = Alpha(K3,density3,Cp3,R3);  % ft2/hr.
```

โปรแกรมหลัก Pole.m

```
% Find the poles of B(s).

% Clear all.
clear all;

% Up-load the properties of material from library "property.m".
property; % Number of layers is assigned in property.m

% Load the ending point of iteration ranges,s, from EndS to zero from "property.m".
EndS = EndS;

% The element matrix B(s) is defined in "BS.m" function.

% Define the first pole at s = 0.But, the other poles are along the minus axis of s.
Poles(1) = 0;

% Calculate the value of BS with step-side -0.5 from zero to EndS(minus value).
Iterate = 0;
```

```
Step = 0;
while Step > EndS
  Value_BS(Iterate+1) = BS(Step);
  Value_X(Iterate+1) = Step;
  Iterate = Iterate + 1;
  if Step >= -10
    Step = Step - 0.01;
  elseif Step < -10 & Step >= -30
    Step = Step - 0.015;
  else
    Step = Step - 5;
  end % if Step > 10
end % while Iterate > EndS

% Find the points that graph is changing the direction from positive and negative value
% by using the data, Value_BS, from above subroutine.
Max_count = 1;
Min_count = 1;
for Iterate1 = 2:Iterate-1
  Before_P  = Value_BS(Iterate1-1);
  Present_P = Value_BS(Iterate1);
  After_P   = Value_BS(Iterate1+1);
  if (Before_P < Present_P) & (After_P < Present_P)
    MAX_BS(Max_count) = Present_P;
    MAX_BS_X(Max_count) = Value_X(Iterate1);
    Max_count = Max_count + 1;
  elseif (Before_P > Present_P) & (After_P > Present_P)
    MIN_BS(Min_count) = Present_P;
    MIN_BS_X(Min_count) = Value_X(Iterate1);
    Min_count = Min_count + 1;
  end % if >
end % for Iterate1
Max_count = Max_count - 1;   % Reset Max_count to the numbers of maximum points.
Min_count = Min_count - 1;   % Reset Min_count to the numbers of minimum points.
Iter_Range = [0 MAX_BS_X MIN_BS_X EndS];
Iter_Range = -sort(abs(Iter_Range));
[Dummy,Max_Poles] = size(Iter_Range);
Max_Poles = Max_Poles - 1;

% Find the other poles greater than zeros by using the "fzero" function
% and the element matrix "BS.M".
for Iterate3 = 1:Max_Poles
%  if Iter_Range(Iterate3) > -5
   if sign(BS(Iter_Range(Iterate3+1))) ~= sign(BS(Iter_Range(Iterate3)))
        Range = [Iter_Range(Iterate3+1) Iter_Range(Iterate3)]
        Poles(Iterate3+1) = fzero('BS',Range);
   end % if sign(Iter_Range(Iterate3+1)) ~= sign(Iter_Range(Iterate3))
%  else
%    Range = [Iter_Range(Iterate3+1) Iter_Range(Iterate3)]
%     Poles(Iterate3+1) = fzero('BS',Range);
%  end % if Iter_Range(Iterate3) > -5
end % for Iterate3

% Write all poles into file.
fid = fopen('d:\kcm2\poles_lab_3.dat','w');
fprintf(fid,'%14.9f \n',Poles);
fclose(fid);
```

โปรแกรมหลัก XYZResp.m

```
% Find X, Y and Z response factor series for Multi-layer slab.
clear all;

% Up-load properties of material from library file "property.m".
property;  % This commmand cann't be changed because there are many others programs using
           % this subprogram for calculating the Pole value.
EPSLON = 0.00000001;   % Accepted error
STATUS = 0;
Delta = 1;  % Define time interval equaled to 1 hr.

% Up-load Poles from "Poles.dat".
fid = fopen('D:\KCM2\POLES_lab_3.DAT','r');
Poles = fscanf(fid,'%f'); % Data format is in one column or Nx1 matrix.
fclose(fid);
[Num_Poles,temp] = size(Poles);

% Define initial values.
delta = 1;  % Time interval is 1 hour.
Layers = layer;  % Load number of layer from "property.m".
X1_temp = 0;
X2_temp = 0;
XM_temp = 0;
Y1_temp = 0;
Y2_temp = 0;
YM_temp = 0;
```

```
Z1_temp = 0;
Z2_temp = 0;
ZM_temp = 0;
MAX_M = MAX_M; % Load maximum number of component of X & Y transfer function series.
Num_Poles = Num_Poles;
%MAX_M = 2;
%Num_Poles = 1; % May be, written for recheck the answer for X1 & Y1.

MMM = 1; % for while loop
while (MMM <= MAX_M) & (STATUS ~= 999)  % for while loop
%for MMM = 1:MAX_M
  MMM % Write the proceeding of calculation.
  XM_temp = 0;
  YM_temp = 0;
  ZM_temp = 0;
  OLD_XM = 0; % for while loop
  OLD_YM = 0; % for while loop
  OLD_ZM = 0; % for while loop

   for Iterate = 1:Num_Poles

      % Calculate Transfer Function Matrix for Multi-layer slab.
   M_Matrix = MTM(Poles(Iterate));
    A_M =  M_Matrix(1,1);
     B_M = M_Matrix(1,2);
   C_M = M_Matrix(2,1);
    D_M = M_Matrix(2,2);

     % Calculate Differentiate of Transfer Function Matrix for Multi-layer slab.
   DM_Matrix = DIFFTM(Poles(Iterate));
   A_DM = DM_Matrix(1,1);
    B_DM = DM_Matrix(1,2);
     C_DM = DM_Matrix(2,1);
   D_DM = DM_Matrix(2,2);


   % Calculate X-response factor series.
    if MMM == 1
      if Poles(Iterate) == 0
       X1_temp = 1/delta*(delta*D_M/B_M + D_DM/B_M - D_M*B_DM/B_M^2);
        else
        X1_temp = X1_temp + exp(Poles(Iterate)*delta)*D_M/(delta*Poles(Iterate)^2*B_DM);
      end % if Poles(Iterate) == 0
    elseif MMM == 2
      if Poles(Iterate) == 0
         X2_temp = -1/delta*(D_DM/B_M - D_M*B_DM/B_M^2);
        else
        X2_temp = X2_temp + 1/delta*D_M/(Poles(Iterate)^2*B_DM)*(exp(2*delta*Poles(Iterate)) ...
                  -2*exp(delta*Poles(Iterate)));
      end % if Poles(Iterate) == 0
    elseif MMM >= 3 & Poles(Iterate) ~= 0
      XM_temp = XM_temp + 1/delta*D_M/(Poles(Iterate)^2*B_DM)*(exp(MMM*delta*Poles(Iterate)) ...
                    - 2*exp((MMM-1)*delta*Poles(Iterate)) + exp((MMM-2)*delta*Poles(Iterate)));
    end % if MMM == 1 | MMM == 2

   % Calculate Y-response factor series.
    if MMM == 1
      if Poles(Iterate) == 0
        Y1_temp = 1/delta*(delta/B_M - B_DM/B_M^2); % Old Y1
      else
        Y1_temp = Y1_temp + exp(Poles(Iterate)*delta)/(delta*Poles(Iterate)^2*B_DM);
      end % if Poles(Iterate) == 0
    elseif MMM == 2
      if Poles(Iterate) == 0
        Y2_temp = 1/delta*B_DM/B_M^2;   % Old Y2
%        Y2_temp = -1/delta*(1/B_M - B_DM/B_M^2);        % New Y2 <- Wrong
      else
        Y2_temp = Y2_temp + 1/delta*(exp(2*delta*Poles(Iterate)) ...
                  - 2*exp(delta*Poles(Iterate)))/(Poles(Iterate)^2*B_DM);
      end % if Poles(Iterate) == 0
    elseif MMM >= 3 & Poles(Iterate) ~= 0
          YM_temp = YM_temp + 1/delta*(exp(MMM*delta*Poles(Iterate)) - 2*exp((MMM-...
1)*delta*Poles(Iterate)) ...
                    + exp((MMM-2)*delta*Poles(Iterate)))/(Poles(Iterate)^2*B_DM);
      end % if MMM == 1 | MMM == 2

   % Calculate Z-response factor series.
    if MMM == 1
      if Poles(Iterate) == 0
        Z1_temp = 1/delta*(delta*A_M/B_M + A_DM/B_M - A_M*B_DM/B_M^2);
        else
        Z1_temp = Z1_temp + exp(Poles(Iterate)*delta)*A_M/(delta*Poles(Iterate)^2*B_DM);
      end % if Poles(Iterate) == 0
    elseif MMM == 2
      if Poles(Iterate) == 0
         Z2_temp = -1/delta*(A_DM/B_M - A_M*B_DM/B_M^2);
        else
        Z2_temp = Z2_temp + 1/delta*A_M/(Poles(Iterate)^2*B_DM)*(exp(2*delta*Poles(Iterate)) ...
```

```
                    -2*exp(delta*Poles(Iterate)));
      end % if Poles(Iterate) ~= 0
    elseif MMM >= 3 & Poles(Iterate) ~= 0
      ZM_temp = ZM_temp + 1/delta*A_M/(Poles(Iterate)^2*B_DM)*(exp(MMM*delta*Poles(Iterate)) ...
                        - 2*exp((MMM-1)*delta*Poles(Iterate)) + exp((MMM-2)*delta*Poles(Iterate)));
    end % if MMM == 1 | MMM == 2

  end % for Iterate

  ERROR = abs(OLD_XM - XM_temp) + abs(OLD_YM - YM_temp) + abs(OLD_ZM - ZM_temp); % for while loop
  if (ERROR < EPSLON) & MMM > 2
    STATUS = 999;
  end % if

  ERROR

  if MMM ==1
    XM(MMM) = X1_temp;
    YM(MMM) = Y1_temp;
    ZM(MMM) = Z1_temp;
  elseif MMM == 2
    XM(MMM) = X2_temp;
    YM(MMM) = Y2_temp;
    ZM(MMM) = Z2_temp;
  elseif MMM >=3
    XM(MMM) = XM_temp;
    YM(MMM) = YM_temp;
    ZM(MMM) = ZM_temp;
  end % if MMM == 1
  OLD_XM = XM(MMM); % Using with while loop only.
  OLD_YM = YM(MMM); % Using with while loop only.
  OLD_ZM = ZM(MMM); % Using with while loop only.
  MMM = MMM + 1;    % Using with while loop only.
end % while (MMM <= MAX_M) & (STATUS ~= 999)  % for while loop
MMM = MMM - 1; % Define maximum number of terms is in X & Y response factor series.

% End of Response factor finding subprogram.

% The preceded response factor series need many terms of temperature histories,
% inside and outside temperature, then the reduced procedure must be established
% to deminish the temperature histories, less than five values, by adding the heat
% transfer histories.
sprintf('Reducing X & Y response factor series.')

ON = 0;
STOP = 1;
EPSLON = 0.00000001;   %Accepted error.
Status = ON;
U_Coeff = U_Value(layer); % Calculate the overall heat transmission coefficient

% initialize the new reduced coefficients.
for L = 1:4
   Lamda(L) = exp(Delta*Poles(L+1));
end % for L : L is number of root

% Define the all new transfer factor series.

Col = 1;  Row = 1;
   XX(Row,Col) = XM(Col);  YY(Row,Col) = YM(Col);     ZZ(Row,Col) = ZM(Col);
for Row = 2:4
   XX(Row,Col) = XX(Row-1,Col);
  YY(Row,Col) = YY(Row-1,Col);
   ZZ(Row,Col) = ZZ(Row-1,Col);
end % Row

for Col = 2:MMM   % Old value is Col = 2:25 ,Maximum numbers of X & Y response factor terms
   Row = 1;
      XX(Row,Col) = XM(Col) - Lamda(Row)*XM(Col-1);
    YY(Row,Col) = YM(Col) - Lamda(Row)*YM(Col-1);
    ZZ(Row,Col) = ZM(Col) - Lamda(Row)*ZM(Col-1);
   for Row = 2:4
      XX(Row,Col) = XX(Row-1,Col) - Lamda(Row)*XX(Row-1,Col-1);
    YY(Row,Col) = YY(Row-1,Col) - Lamda(Row)*YY(Row-1,Col-1);
    ZZ(Row,Col) = ZZ(Row-1,Col) - Lamda(Row)*ZZ(Row-1,Col-1);
   end % for Row
end % for Col

% Iterate until find the minimum row and column that the new transfer series
% give the same result as the old series.
for Col = 1:MMM  % Old value is Col = 2:25 ,Maximum numbers of X & Y response factor terms
   for Row = 1:4
      SumXX = 0; SumYY = 0; SumZZ = 0; Error1 = 0; Error2 = 0; Error3 = 0;
      for m = 1:Col
         SumXX = SumXX + XX(Row,m);
      SumYY = SumYY + YY(Row,m);
         SumZZ = SumZZ + ZZ(Row,m);
      end % for m
      Temp = 1:Row; Ref = U_Coeff*prod(ones(1,Row)-Lamda(1,Temp));
```

```
      Error1 = Error1 + abs(SumXX - SumYY);
    Error2 = Error2 + abs(SumXX - Ref);
    Error3 = Error3 + abs(SumXX - SumZZ);
      if Error1 < EPSLON & Error2 < EPSLON & Error3 < EPSLON & Status == STOP
         NewRow = Row;
         NewCol = Col;
         Status = STOP;
      end % if Error1 & Error2
      if Status == STOP break; end % Stop the loop calculation when the pregram get the result.
   end % for Row
   if Status == STOP break; end % Stop the loop calculation when the pregram get the result.
end % for Col

% Calculate flux history coefficients depended on NewCol value.
F(1) =   Lamda(1) + Lamda(2) + Lamda(3) + Lamda(4);
F(2) = -(Lamda(1)*Lamda(2) + Lamda(1)*Lamda(3) + Lamda(1)*Lamda(4) + Lamda(2)*Lamda(3) ...
       + Lamda(2)*Lamda(4) + Lamda(3)*Lamda(4));
F(3) =   Lamda(1)*Lamda(2)*Lamda(3) + Lamda(1)*Lamda(2)*Lamda(4) + Lamda(1)*Lamda(3)*Lamda(4) ...
     + Lamda(2)*Lamda(3)*Lamda(4);
F(4) =  -Lamda(1)*Lamda(2)*Lamda(3)*Lamda(4);


% Redefine the initial values.
Status = ON;

% The output of this reducing subprogram is XX(NewRow,from(0 -> NewCol))
% & YY(NewRow,from(0 -> NewCol)).
% Write all poles into file.
sprintf('Saving the X & Y response factor series into Xresp.dat and Yresp.dat')
fid1 = fopen('d:\kcm2\Xresp.dat','w');
fprintf(fid1,'%18.14f \n',XX(NewRow,1:NewCol));
fclose(fid1);
fid2 = fopen('d:\kcm2\Yresp.dat','w');
fprintf(fid2,'%18.14f \n',YY(NewRow,1:NewCol));
fclose(fid2);
fid3 = fopen('d:\kcm2\Zresp.dat','w');
fprintf(fid3,'%18.14f \n',ZZ(NewRow,1:NewCol));
fclose(fid3);
fid4 = fopen('d:\kcm2\Flux_History.dat','w');
fprintf(fid4,'%18.14f \n',F(1:NewRow));
fclose(fid4);
sprintf('Saving complete')
```

โปรแกรมหลัก Sol_Air.m

```
% The program is used to calculate and prepare the solar-air temperature
% from observed weather data file such as dry bulb temperature, wind velocity,
% wind direction, global and diffuse solar radiation.
% Also, The Direct Normal Radiation ia a by-product of the program.
% The evaluated solar-air temperature will be saved into "sol_air.dat" and
% be uploaded by "conduct.m" & "cond_ashrae.m".
clear all;

% Recommendation before Using the program.
% 1) The starting and ending time of the program must be 1:00 AM and 24:00 PM consequently.
% 2) The numbers of hours must be the orders of 24 hours (times of 24 hours) only.
% 3) The generated solar-air temperatures is represented of west wall only.

% ****** Coefficient for calculate the value of declination.
A0=0.386470; A1=-0.792624;A2=0.377853;A3=0.030124;
B1=23.259526;B2=0.131544;B3=-0.167013;

% Define the location of the building in degrees
Lstd = -105.0; % Standard longitude in degrees
Lloc = -100.5; % Local longitude in degrees
Llat = 13.7*pi/180; % Local Latitude in degrees

% Define the atmospherical conditions and  at the building location.
ACN = 1;    % ****** Atmospheric Clearness Number in fraction
ground_reflect = 0.2;  % ****** Ground reflection in fraction

% Define the properties of Horizontal wall.
EMIS = 1.0;    % *** Hemispherical emittance  of the surface in fraction
PHE = 90*pi/180; % *** Surface azimuth in radians from ASHRAE's handbook
      % ***    90 degrees means wall faced the west and its means nothing for horizontal plate.
TILT = 0*pi/180; % *** Tilted wall in radians
                 %       0 degrees means the wall lays on Horizontal plane
                 %       and the others degrees means the wall are tilted wall.
ALPHA = 0.9;       % *** Surface solar absorptivity in fraction % Don't be used.

% Define the properties of Observed vertical wall.
W_Hi = 1.46;   % *** Inside surface film coefficient for natural convection
W_EMIS = 1.0; % *** Hemispherical emittance of the surface in fraction
W_PHE = 90*pi/180;  % *** Surface azimuth in radians from ASHRAE's Handbook
                    %     90 degrees means the normal vector of wall faced the west.
W_TILT = 90*pi/180; % Titled wall in radians
                  %       90 degrees means the wall lays in Vertical plane.
```

```
W_ALPHA = 0.29;        % *** Surface solar absorptivity in fraction

n=0;     % ****** Initialization of Iteration index
nnn = 0;
% Upload the surface type, SURF_TYPE, from property file.
property_lab_5;

% Definitions of Logical Variable
YES = 1;
NO = 0;

% Set outside air dry bulb temperature to actual data.
% Load observed air temperature. ************************
% ***********************************************************
OBSERVED = YES;
N_Column = 8;        % Define data column.
StartDay = 1;     % Starting day of observed data on January 1, '99
% ***********************************************************

   % Find number of hours must be loaded from observed file.
   fid = fopen('D:\KCM2\observed.dat','r');
   [Temp,count] = fscanf(fid,'%f');  % Data format in one column or Nx1 matrix.
   fclose(fid);
  N_Hours = count/N_Column;
% ****** Open data file in the second time to upload the real data.
fid = fopen('D:\KCM2\observed.DAT','r');
temp = fscanf(fid,'%f',[N_Column,N_Hours]);   % Data format in N column matrix.
fclose(fid);
% ****** Time indicator defined in number of hours from 1 to 24
Time = temp(1,:)';
% ****** Outside air temperature in Fahrenheit
OADB = temp(4,:)';
%OADB = OADB*9/5 + 32*ones(size(OADB)); % Change unit from celcius to fahrenheit.
% ****** Wind speed in m/s
WSP = temp(6,:)';
WSP = WSP/0.515; % Unit conversion from m/s to knots.
% ****** Global solar irradiance in Btu/hr-ft2
Global = temp(7,:)';
%Global = Global/6.0;  % Change unit from mV to Langley.
%Global = Global*221.335; % Change unit from Langley to Btu/hr-ft2.
% ****** Diffuse solar irradiance in Btu/hr-ft2
Diff = temp(8,:)';
%Diff = Diff/6.0;% Change unit from mV to Langley.
%Diff = Diff*221.335;  % Change unit from Langley to Btu/hr-ft2.
% ****** Define starting and ending time of observed calculation.
% +++++++++++++++++++++++++
% ****** Load the convection-radiation heat transfer coefficient of DOE 2.1E.
DELTAR = zeros(size(OADB)); % From ASHARE assumption
fid = fopen('D:\KCM2\DeltaR.DAT','r');
temp = fscanf(fid,'%f',[1,N_Hours]); % Data format is in N column matrix.
fclose(fid);
DELTAR = temp(1,:)';   % From laboratory calculation
% +++++++++++++++++++++++++

DayAmount = N_Hours/24;

COSTETA = zeros(size(OADB));
W_COSTETA = zeros(size(OADB));

% ****** Open Clear Sky Solar Flux Parameters File. ******
solar_f = fopen('d:\kcm2\solar_f.dat','r');
solar_para = fscanf(solar_f,'%f',[3,12]);
solar_para = solar_para';
fclose(solar_f);
CN = ones(12,24);

% Define the coefficients of combined radiative and convective outside surface conductance
% depending on types of material.
if SURF_TYPE == 1
  H_Coeff = [2.04 0.535 0.0];           % Stucco
elseif SURF_TYPE == 2
  H_Coeff = [2.20 0.369  0.001329];  % Brick and rough plaster
elseif SURF_TYPE == 3
  H_Coeff = [1.90 0.380 0.0];           % Concrete
elseif SURF_TYPE == 4
  H_Coeff = [1.45 0.363 -0.002658];  % Clear pine
elseif SURF_TYPE == 5
  H_Coeff = [1.80 0.281 0.0];           % Smooth plaster
elseif SURF_TYPE == 6
  H_Coeff = [1.45 0.302 -0.001661];  % Glass, white paint on pine
end % if SURF_TYPE == 1

% Prepare the initial data for calculation.
QGAIN = zeros(size(1:24));
TETAN = zeros(size(OADB));

count = 0;
TETAcount = 0;
```

```
SOLcount = 0;

% ****** define Extraterrestrial Solar Radiation Intensity and Related Data at 21st January.
   nnn = 0; % Used in hour's count.
   for days = StartDay:1:(StartDay + N_Hours/24 - 1)     % use end of month loop.
      nnn = nnn + 1;

      if (days >= 1) & (days <= 31)
         month = 1;
      elseif (days > 31) & (days <= 60 )
        month = 2;
      elseif (days >60) & (days <= 91)
        month = 3;
      elseif (days > 91) & (days <= 121)
        month = 4;
      elseif (days > 121) & (days <= 152)
        month = 5;
      elseif (days > 152) & (days <= 182)
        month = 6;
      elseif (days >182) & (days <= 213)
        month = 7;
      elseif (days > 213) & (days <= 244)
        month = 8;
      elseif (days > 244) & (days <= 274)
        month = 9;
      elseif (days > 274) & (days <= 305)
        month = 10;
      elseif (days > 305) & (days <= 335)
        month = 11;
      else
        month = 12;
      end   % if (days >= 1) & (days <=31)

      % Calculate the equation of time, in minute of time.
      B = 360*(days-81)/364*pi/180;
    E = 9.87*sin(2*B) - 7.53*cos(B) - 1.5*sin(B);   % Result in minutes

% ******  Calculation of declination by using Exell's Formula.
%   declination=(A0+A1*cos(B)+A2*cos(2*B)+A3*cos(3*B)+B1*sin(B)+B2*sin(2*B)+B3*sin(3*B))*pi/180;

      % ****** Calculation of declination by using formula in E-20
    G0 = 2*pi*(days + 284)/365.24; % radians
    G = G0 + 0.007133*sin(G0) + 0.03268*cos(G0) - 0.000318*sin(2*G0) +0.000145*cos(2*G0);   % rads
    declination = asin(0.3979*sin(G)); % radians

      % ****** Calculate solar altitude, BETA, and solar azimuth, PHI, and keep the results
      % ****** for further procedure.
    for LT = 1:24

      % Calculate solar angle.
      AST = (LT-1)*60 + E + 4*(Lstd - Lloc);     % Appearent solar time in minutes
      H = 0.25*(720 - AST)*pi/180;    % Hour angle from E-20 changed unit to radians
      % Solar altitude and solar azimuth on radians consequently
      BETA(LT) = asin(cos(Llat)*cos(declination)*cos(H) + sin(Llat)*sin(declination));
      PHI(LT) = acos((sin(BETA(LT))*sin(Llat) - sin(declination))/(cos(BETA(LT))*cos(Llat)));
      if  AST <= 720
         PHI(LT) = -PHI(LT); % value of solar asimuth must be negative value for morning hours.
      end % if AST <= 720

      % Evaluate surface-solar azimuth, GRAMMA, and incident angle, TETA consequently.
       GRAMMA = PHI(LT) - PHE;  % radians
     TETA = acos(cos(BETA(LT))*cos(GRAMMA)*sin(TILT) + sin(BETA(LT))*cos(TILT));
      % Prepare the Incident angle for writting into "Teta.dat".
       TETAcount = TETAcount + 1;  % ****** count hours iterations.
      TETAD(TETAcount) = TETA;

    end % LT of solar altitude.
      % ************************

      % The following routine is used in the calculation of solar irradiance when
      % the observed weather data isn't available.
      if OBSERVED == NO;  % Calculation when the observed data isn't available.

         % !!!!!! Determine incident angle of solar irradiance to the wall.
         % ****** and use these value to calculate the direct normal irradiance later.
       for LT = 1:24
           count = LT+(nnn-1)*24; % ****** count hours iterations.

       % Calculate direct normal solar irradiance.
        if sin(BETA(LT)) > 0    % ****** begin the calculation during the sunrise times.
           IBN = ACN*solar_para(month,1)/(exp(solar_para(month,2)/sin(BETA(LT))));
        else
         IBN = 0;
        end

           % Calculation of diffuse solar irradiance.
           % Evaluate surface-solar azimuth, GRAMMA, and incident angle, TETA consequently.
         GRAMMA = PHI(LT) - PHE;   % radians
```

```
      TETA = acos(cos(BETA(LT))*cos(GRAMMA)*sin(TILT) + sin(BETA(LT))*cos(TILT));
    if cos(TETA) > -0.2
      Y = 0.55 + 0.437*cos(TETA) + 0.313*(cos(TETA))^2;
      else
        Y = 0.45;
    end  % if cos(TETA) > -0.2

     if TILT == 90*pi/180
        ID = solar_para(month,3)*Y*IBN;
      else
     ID = solar_para(month,3)*IBN*(1 + cos(TILT))/2;
     end % TILT == 90*pi/180

      % ****** Calculation of Reflected solar irradiance
        % Modify Clear Sky Solar Flux to Actual Conditions by using CN factor.
    IBN = IBN*CN(month,LT);
     if TILT == 0
        IR = 0;
      elseif (TILT > 0) & (TILT < 90*pi/180)
      IR = ground_reflect*IBN*(solar_para(month,3) + sin(BETA(LT)))*(1 - cos(TILT))/2;
     else
        IR = ground_reflect*IBN*(solar_para(month,3) + sin(BETA(LT)))/2;
      end  % if TILT == 0

        % Calculation of clear sky direct solar irradiance incidented on the surface.
     if cos(TETA) > 0
        IB = IBN*cos(TETA);
      else
      IB = 0;
     end % if cos(TETA) > 0

      % Calculation of Total solar irradiance
      ITOTAL = (IB + ID)*CN(month,LT) + IR;
    IRN(count) = IR;       % Reflect irradiance
     IBBN(count) = IB;     % Direct irradiance
      IBNN(count) = IBN;   % Direct normal irradiance
      ITOTALN(count) = ITOTAL;  % Global irradiance

      end % for LT = 1:24

  elseif OBSERVED == YES     % Calculation when the observed data is available.

    for LT = 1:24
      count = count + 1;   % ****** count hours iterations.
      if LT < 24
        MLT = LT + 1;      % ****** Modify by plusing LT with one to speed the dawn's time
                             % ****** for Solar angle value from Ashrae's Handbook.
      else
        MLT = 24;
      end % if LT < 24

      % *** Calculate the Direct normal irradiance from observed global & diffuse
      %     solar data on horizontal plane.
      if Global(count) ~= 0 & Diff(count) == 0
       % Evaluate surface-solar azimuth, GRAMMA, and incident angle, TETA consequently.
       % ****** On the Horizontal plane
         GRAMMA = PHI(MLT) - PHE;  % radians
       TETA = acos(cos(BETA(MLT))*cos(GRAMMA)*sin(TILT) + sin(BETA(MLT))*cos(TILT));
       COSTETA(count) = cos(TETA);
       % Calculate direct normal solar irradiance in Btu/hr-ft2
       % by using the observed global and diffuse solar radiation.
       IBNN(count) = (Global(count) - Diff(count))/cos(TETA);
      else
        IBNN(count) = 0;   % Direct normal solar irradiance equaled to 0 throughout the night.
      end % if Global(count) ~= 0 & Diff(count) ~= 0

      % *** Calculate the Global irradiance incident on any directional vertical plane
      %       by using the Direct normal & Diffuse irradiance from the previous calculation.
      % Evaluate surface-solar azimuth, GRAMMA, and incident angle, TETA consequently.
      % ****** On the Vertical plane
      W_GRAMMA = PHI(MLT) - W_PHE;  % radians
      W_TETA = acos(cos(BETA(MLT))*cos(W_GRAMMA)*sin(W_TILT) + sin(BETA(MLT))*cos(W_TILT));
      if IBNN(count) ~= 0 | Diff(count) ~= 0
        if cos(W_TETA) > 0
          ITOTAL(count) = IBNN(count)*cos(W_TETA) + Diff(count);
        else
          ITOTAL(count) = Diff(count);
        end % if cos(W_TETA) > 0
      else
        ITOTAL(count) = 0;
      end % if IBNN(count) ~= 0 | Diff(count) ~= 0

      % ****** Calculate the estimated Solar-air temperature by using a formula
      %         defined in Ashrae's Handbook of fundamental.
      % The combined radiative and convective outside film from DOE Engineering's Handbook.
% ****************************
      Ho(count)  = H_Coeff(1) + (H_Coeff(2)*WSP(count)) + (H_Coeff(3)*WSP(count)^2);
%       Ho(count) = 3.0;% From ASHRAE assumption only.
```

```
% ++++++++++++++++++++++++++++
        % ****** Solar-air temperature in fahrenheit
        Sol_Air(count) = OADB(count) + W_ALPHA*ITOTAL(count)/Ho(count) +
W_ALPHA*DELTAR(count)/Ho(count) ;

      end % if LT = 1:24

    end % if OBSERVED == NO

   end % end of days

% Write direct solar irradiance into "Direct.dat".
fid = fopen('d:\kcm2\Direct.dat','w');
fprintf(fid,'%11.3f \n',IBNN');
fclose(fid);
% Save the solar-air temperature in Celsius.
%Sol_Air = (Sol_Air - 32*ones(size(Sol_Air)))*5/9;
Sol_Air = [Time Sol_Air'];
fid = fopen('d:\kcm2\SOL_AIR.dat','w');
fprintf(fid,'%5.0f %10.3f\n',Sol_Air');
fclose(fid);
% Save the Heat convection coefficient.
Ho_hr = [Time WSP Ho'];
fid = fopen('d:\kcm2\Ho.dat','w');
fprintf(fid,'%5.0f %6.3f %10.3f\n',Ho_hr');
fclose(fid);
```

โปรแกรมหลัก Conduct_3.m

```
% Calculate the one dimensional conduction heat transfer through
% three layers opaque wall by using transfer function method.

clear all;

% ****** Define logical variables
YES = 1;
NO = 0;

% Up-load the X, Y & Z transfer function coefficient from data file.
fid = fopen('D:\KCM2\Xresp_lab_3.DAT','r');
Xresp = fscanf(fid,'%f'); % Data format in one column or Nx1 matrix
fclose(fid);
fid = fopen('D:\KCM2\Yresp_lab_3.DAT','r');
Yresp = fscanf(fid,'%f'); % Data format in one column or Nx1 matrix
fclose(fid);
fid = fopen('D:\KCM2\Zresp_lab_3.DAT','r');
Zresp = fscanf(fid,'%f'); % Data format in one column or Nx1 matrix
fclose(fid);
[M_Series,temp] = size(Xresp);

% Up-load the flux history coefficients from data file.
fid = fopen('D:\KCM2\Flux_History_lab_3.DAT','r');
F_History = fscanf(fid,'%f');   % Data format in one column or Nx1 matrix
fclose(fid);
[K_order,temp] = size(F_History);

   % Up-load the inside & outside surface temperature of specific wall.
   % Surface temperature's Unit of "SurfaceT.dat" is in Fahrenheit.
      % Find numbers of hours must be loaded from observed file.
      N_Column = 3; % Numbers of column in the file
      fid = fopen('D:\KCM2\SurfaceT.DAT','r');
      [Temp,count] = fscanf(fid,'%f');  % Data format in one column or Nx1 matrix
      fclose(fid);
     N_Hours = count/N_Column;
   % Upload Time, Inside surface and Outside surface.
   fid = fopen('D:\KCM2\SurfaceT.DAT','r');
   temp = fscanf(fid,'%f',[N_Column,N_Hours]);   % Data format in one column or Nx1 matrix.
   fclose(fid);
   Time = temp(1,:)';     Temp_IW = temp(2,:)';     Temp_OW = temp(3,:)';
  % Solar-air temperatures arn't necessary when use surface temperature as input data.

% Overwrite the inside surface temperature by using Average surface temperature.
%Avg_Surf_Temp = 81.0;
%Temp_IW = Avg_Surf_Temp*ones(size(Temp_IW)); % Overwrite the Temp_IW value from data file.


% Repeat the series of inside & outside observed temperature for the long time-lag walls.
   Temp_IW = [ Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ; Temp_IW ];
  Temp_OW = [ Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ; Temp_OW ];
% Number of hours in calculation is increased for four times of the original.
  N_Hours = N_Hours*8;


% In case of Input unit is Celsius ********************************************
%  Temp_IW = Temp_IW*9/5 + 32*ones(size(Temp_IW));
```

```
%  Temp_OW = Temp_OW*9/5 + 32*ones(size(Temp_OW));


% The initial size of conduction heat gain must equal to number of observed hours.
% In order to avoid the confusion, may be occured, for the beginner
% Let's define that the conduction heat flux from TFM at the outter surface, Q_Cond_O,
% and heat gain from TFM at the inner surface, Q_Cond_I.
Q_Cond_I = zeros(N_Hours,1);
Q_Cond_O = zeros(N_Hours,1);


% Evaluate the conduction heat flux at outter surface by using kth-order
% conduction transfer functions.
for Hours = 1:N_Hours
  Q_temp_OX = 0;    Q_temp_OY = 0;   Q_temp_OF = 0;
  for MMM = 1:M_Series % Calculate from temperature histories.
    if (Hours-MMM+1) <=0
      Q_temp_OX = Q_temp_OX;
      Q_temp_OY = Q_temp_OY;
    else
       Q_temp_OX = Q_temp_OX + Xresp(MMM)*Temp_OW(Hours-MMM+1,1);
     Q_temp_OY = Q_temp_OY + Yresp(MMM)*Temp_IW(Hours-MMM+1,1);
    end % if
  end % for MMM = 1:M_Series
  for KKK = 1:K_order     % Calculate from heat flux histories.
    if (Hours-KKK) <= 0
      Q_temp_OF = Q_temp_OF;
    else
      Q_temp_OF = Q_temp_OF + F_History(KKK)*Q_Cond_O(Hours-KKK,1);
    end % if (Hours-KKK) == 0
  end % for KKK = 1:K_order
   Q_Cond_O(Hours,1) = Q_temp_OX - Q_temp_OY + Q_temp_OF;
end % for Hours = 1:N_Hours

% Evaluate the conduction heat gain at inner surface by using kth-order
% conduction transfer functions.
for Hours = 1:N_Hours
  Q_temp_IY = 0;    Q_temp_IZ = 0;   Q_temp_IF = 0;
  for MMM = 1:M_Series % Calculate from temperature histories.
    if (Hours-MMM+1) <= 0
      Q_temp_IY = Q_temp_IY;
      Q_temp_IZ = Q_temp_IZ;
    else
       Q_temp_IY = Q_temp_IY + Yresp(MMM)*Temp_OW(Hours-MMM+1,1);
      Q_temp_IZ = Q_temp_IZ + Zresp(MMM)*Temp_IW(Hours-MMM+1,1);
    end % if
    Q_temp_IY_var(Hours) = Q_temp_IY;% Variables check
    Q_temp_IZ_var(Hours) = Q_temp_IZ;% Variables check
  end % for MMM = 1:M_Series
  for KKK = 1:K_order     % Calculate from heat flux histories.
    if (Hours-KKK) <= 0
      Q_temp_IF = Q_temp_IF;
    else
      Q_temp_IF = Q_temp_IF + F_History(KKK)*Q_Cond_I(Hours-KKK,1);
    end % if (Hours-KKK) == 0
    Q_temp_IF_var(Hours) = Q_temp_IF;   % Variable check.
  end % for KKK = 1:K_order
  Q_Cond_I(Hours,1) = Q_temp_IY - Q_temp_IZ + Q_temp_IF;
 end % for Hours = 1:N_Hours

% Write heat flux and heat gain into file.
fid = fopen('d:\kcm2\Q_Cond_3.dat','w');
fprintf(fid,'   Outside       Inside \n');
fprintf(fid,'%14.9f %14.9f \n',[Q_Cond_O((N_Hours-95):N_Hours),Q_Cond_I((N_Hours-95):N_Hours)]');
fclose(fid);
% Write all temporary variables into file.
fid = fopen('d:\kcm2\Q_cond_3_var.dat','w');
OutPut = [Q_temp_IY_var((N_Hours-95):N_Hours); Q_temp_IZ_var((N_Hours-95):N_Hours);
Q_temp_IF_var((N_Hours-95):N_Hours)]';
fprintf(fid,' Y Variable       Z Variable     F Variable \n');
fprintf(fid,'%14.9f %14.9f %14.9f\n',OutPut');
fclose(fid);
```

โปรแกรมย่อย BS.m

```
% Define the element transfer matric B(s) in the function of x.
% To find the Poles of B(s).
function Result=BS(x)

% Up-load the properties of each slab.
property;  % Number of layer is assigned in property.m


if layer == 1
  Result = TB(x,D1,K1,Alpha1);
elseif layer == 2
  Result = TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
```

```
            + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2);
elseif layer == 3
   % Three layers slab. B(x).
   Result = TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
         + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3);
elseif layer == 4
  Result = TB(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
          + TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) + _
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) ...
            + (TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
            + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))*TD(x,D4,K4,Alpha4);
elseif layer == 5
  Result = TB(x,D5,K5,Alpha5)*(TA(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
    + TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) ...
    + TC(x,D4,K4,Alpha4)*(TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
    + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3)) ...
    + (TB(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
    + TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) ...
    + (TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
    + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))*TD(x,D4,K4,Alpha4))*TD(x,D5,K5,Alpha5);
elseif layer == 6
  Result =
TB(x,D6,K6,Alpha6)*(TA(x,D5,K5,Alpha5)*(TA(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)
*TA(x,D2,K2,Alpha2) ...
    + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
     + TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) ...
   + TC(x,D4,K4,Alpha4)*(TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) ...
     + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
   + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))) ...
     +
TC(x,D5,K5,Alpha5)*(TB(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2)
...
   + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) +
TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
     + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) +
(TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) ...
   + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
     + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))*TD(x,D4,K4,Alpha4))) ...
   +
(TB(x,D5,K5,Alpha5)*(TA(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2)
...
     + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) +
TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
    + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) +
TC(x,D4,K4,Alpha4)*(TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) ...
    + TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
     + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))) ...
   + (TB(x,D4,K4,Alpha4)*(TA(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
     + TC(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))) ...
   + (TB(x,D3,K3,Alpha3)*(TA(x,D1,K1,Alpha1)*TA(x,D2,K2,Alpha2) +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TC(x,D2,K2,Alpha2)) ...
    + (TA(x,D1,K1,Alpha1)*TB(x,D2,K2,Alpha2) ...
    +
TB(x,D1,K1,Alpha1)*TD(x,D2,K2,Alpha2))*TD(x,D3,K3,Alpha3))*TD(x,D4,K4,Alpha4))*TD(x,D5,K5,Alpha5))
*TD(x,D6,K6,Alpha6);
end % if layer
```

โปรแกรมย่อย TA.m

```
function AA=TA(s,D,K,Alpha)

if D == 0 & K == 0
  AA = 1;   % For air film or Cp = 0
else
   AA = cosh(D*sqrt(s/Alpha));
end % if Alpha == 9999
```

โปรแกรมย่อย TB.m

```
function BB=TB(s,D,K,Alpha)

% To avoid devide by zero when the value of s is zero;
% then, the equation B(s) must be reformulated.

if s == 0 & D ~= 0 & K ~= 0
   BB = D/K;      % Using Hospital's Law.
elseif D ~= 0 | K ~= 0
   BB = sinh(D*sqrt(s/Alpha))/(K*sqrt(s/Alpha));
end

if D == 0 & K == 0
  BB = Alpha; % Alpha is redefined as air film resistance when Cp == 0.
else
  BB = BB;
end % if Alpha == 9999
```

โปรแกรมย่อย TC.m

```
function CC=TC(s,D,K,Alpha)

if D == 0 & K == 0
  CC = 0;   % For air film or Cp = 0.
else
  CC = K*sqrt(s/Alpha)*sinh(D*sqrt(s/Alpha));

end % if Alpha == 9999
```

โปรแกรมย่อย TD.m

```
function DD=TD(s,D,K,Alpha)

if D == 0 & K == 0
  DD = 1; % For air film or Cp = 0.
else
  DD = cosh(D*sqrt(s/Alpha));

end % if Alpha == 9999
```

โปรแกรมย่อย TM.m

```
% Define the overall transfer matrix of single layer slab.
function Matrix=TM(s,D,K,Alpha)

Matrix = [TA(s,D,K,Alpha) TB(s,D,K,Alpha); TC(s,D,K,Alpha) TD(s,D,K,Alpha)];
```

โปรแกรมย่อย MTM.m

```
% Define the overall transfer matrix of single layer slab.
function Matrix=MTM(Poles)

% Load numbers of layer from "property.m".
property;

if layer == 1
  Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1);
elseif layer == 2
  Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1)*TM(Poles,D2,K2,Alpha2);
elseif layer == 3
  Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1)*TM(Poles,D2,K2,Alpha2)  ...
    *TM(Poles,D3,K3,Alpha3);
elseif layer == 4
  Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1)*TM(Poles,D2,K2,Alpha2)  ...
           *TM(Poles,D3,K3,Alpha3)*TM(Poles,D4,K4,Alpha4);
elseif layer == 5
    Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1)*TM(Poles,D2,K2,Alpha2)  ...
             *TM(Poles,D3,K3,Alpha3)*TM(Poles,D4,K4,Alpha4) ...
             *TM(Poles,D5,K5,Alpha5);
elseif layer == 6
    Matrix = TM(Poles,D1,K1,Alpha1)*TM(Poles,D2,K2,Alpha2)  ...
             *TM(Poles,D3,K3,Alpha3)*TM(Poles,D4,K4,Alpha4) ...
             *TM(Poles,D5,K5,Alpha5)*TM(Poles,D6,K6,Alpha6);

end % if layer == 1
```

โปรแกรมย่อย DTA.m

```
% Derivative of element A.
function DAA=DTMA(s,D,K,Alpha)

if s == 0
   DAA =  D^2/(2*Alpha);  % Using Hopital's Law when the value of s is zero.
else
   DAA = D*sinh(D*sqrt(s/Alpha))/(2*sqrt(s/Alpha)*Alpha);

end
```

โปรแกรมย่อย DTB.m

```
% Derivative of element B.
function DBB=DTMB(s,D,K,Alpha)

% To avoid devide by zero when s is zero ,
% then the equation B(s) must be reformulated.
if s == 0 & D ~= 0 & K ~= 0
   DBB = D^3/(6*Alpha*K);
elseif s ~= 0 & D == 0 & K ~= 0
   DBB = D/(2*s*K)*cosh(D*sqrt(s/Alpha)) - Alpha/(2*s*K*Alpha)*sinh(D*sqrt(s/Alpha))/sqrt(s/Alpha);
end

if D == 0 & K == 0
    DBB = 0;  % Using hospital's law with the variable Cp.

end % if Alpha == 9999
```

โปรแกรมย่อย DTC.m

```
% Derivative of element C.
function DCC=DTMC(s,D,K,Alpha)

if s == 0
   DCC = D*K/Alpha; % Using Hopital's Law when the value of s is zero.
else
   DCC = K/(2*Alpha*sqrt(s/Alpha))*sinh(D*sqrt(s/Alpha)) + K*D/(2*Alpha)*cosh(D*sqrt(s/Alpha));

end
```

โปรแกรมย่อย DTD.m

```
% Derivative of element D.
function DDD=DTMD(s,D,K,Alpha)

% To avoid devide by zero when s is zero ,
% then the equation B(s) must be reformulated.
if s == 0
   DDD = D^2/(2*Alpha);
else
   DDD = D*sinh(D*sqrt(s/Alpha))/(2*sqrt(s/Alpha)*Alpha);
end
```

โปรแกรมย่อย DTM.m

```
% Derivative of Transfer function matrix of one layer slab.
function DMatrix=DTM(s,D,K,Alpha)

DMatrix = [DTA(s,D,K,Alpha) DTB(s,D,K,Alpha); DTC(s,D,K,Alpha) DTD(s,D,K,Alpha)];
```

โปรแกรมย่อย DIFFTM.m

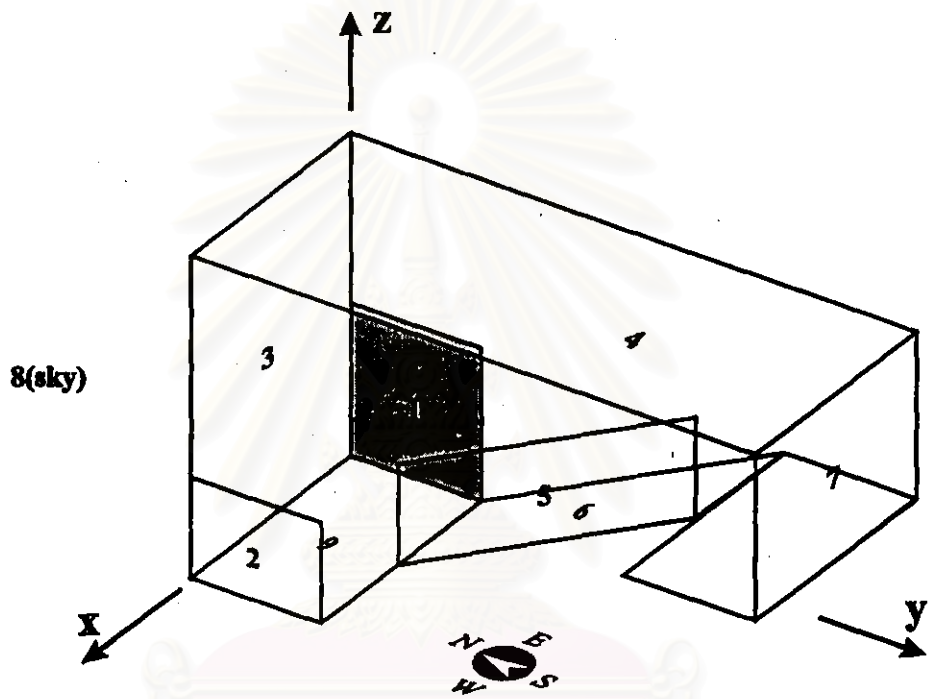
```
% Derivative of Transfer function matrix.
% Input "s" is Poles come from "Xresp.m".
function DMatrix=DIFFTM(s)

% Up-load the properties of material from library "property.m"
property;   % Number of layer is assigned in property.m

if layer == 1
  DMatrix = DTM(s,D1,K1,Alpha1);
elseif layer == 2
  DMatrix = DTM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2) ...
          + TM(s,D1,K1,Alpha1)*DTM(s,D2,K2,Alpha2);
```

```
elseif layer == 3
   % Differentiation of 3 layer slab. (The result is seem to be suitable.)
   DMatrix = DTM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3) ...
             + TM(s,D1,K1,Alpha1)*DTM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)  ...
          + TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*DTM(s,D3,K3,Alpha3);
elseif layer == 4
  DMatrix = DTM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4) ...
            + TM(s,D1,K1,Alpha1)*DTM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4) ...
               + TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*DTM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4) ...
          + TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*DTM(s,D4,K4,Alpha4);
elseif layer == 5
  DMatrix =
DTM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)
...
            +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*DTM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)
...
          +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*DTM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)
...
          +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*DTM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)
...
          +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*DTM(s,D5,K5,Alpha5);
elseif layer == 6
   DMatrix =
DTM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)*TM
(s,D6,K6,Alpha6) ...
                +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*DTM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)*TM
(s,D6,K6,Alpha6) ...
                +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*DTM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)*TM
(s,D6,K6,Alpha6) ...
                +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*DTM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)*TM
(s,D6,K6,Alpha6) ...
                +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*DTM(s,D5,K5,Alpha5)*TM
(s,D6,K6,Alpha6) ...
                +
TM(s,D1,K1,Alpha1)*TM(s,D2,K2,Alpha2)*TM(s,D3,K3,Alpha3)*TM(s,D4,K4,Alpha4)*TM(s,D5,K5,Alpha5)*DTM
(s,D6,K6,Alpha6);
end % if Layer == 1
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

การคำนวนค่าผลต่างของการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นยาวระหว่างผนังที่ตรวจวัดกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ จ.1 ลักษณะการวางตัวของสิ่งแวดล้อมภายนอกของผนังที่ทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ (ผนังที่แรเงา)

ผนังด้านทิศตะวันตกที่ทำการตรวจวัดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบจะเป็นผนังส่วนที่อยู่บนชานพักของบันไดหนีไฟระหว่างชั้น 3 และ 4 เพราะผนังส่วนนี้เป็นบริเวณที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบนานที่สุดในช่วงบ่าย ซึ่งแสดงด้วยพื้นที่แรเงา (ตำแหน่งการติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิแสดงดังในภาคผนวก ค.) โดยค่าระบุลักษณะทางกายภายของแต่ละผนังมีดังตารางที่ จ.1 ส่วนสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นยาวกับพื้นผิวที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ พื้นชานพัก, ขั้นบันได, ราวบันได และ ท้องฟ้า โดยได้เลือกติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิไว้ที่ผนังหมายเลข 2, 3 และ 9 ผนังละ 1 ตำแหน่ง แล้วใช้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากจุดเหล่านี้มาเป็นค่าอ้างอิงสำหรับอุณหภูมิของผนังด้านอื่นๆ ส่วนอุณหภูมิท้องฟ้าได้ทำการตรวจวัดด้วย Noncontact portable thermometer โดยวัดค่าอุณหภูมิท้องฟ้าในแนวระดับจำนวน 1 ตำแหน่ง และวัดค่าอุณหภูมิท้องฟ้าสูงขึ้นไปในแนว 45 องศา อีกจำนวน 4 ตำแหน่ง แล้วจึงคำนวณค่าการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นยาวโดยใช้สมการที่

3.42 และ 3.43 ซึ่งค่า View factor โดยประมาณของผนังด้านต่างๆ ถูกแสดงดังตารางที่ จ.2 ส่วนค่าการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นยาวระหว่างผนังด้านที่ทำการวิเคราะห์กับสิ่งแวดล้อมถูกแสดงดังตารางที่ จ.3

ตารางที่ จ.1 ลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมภายนอกของผนังที่ทำการตรวจวัด

รายละเอียดของผนัง	หมายเลขผนัง	พื้นที่ (ft^2)	ความยาว (ft)		
			แกน X	แกน Y	แกน Z
ผนังที่วิเคราะห์ระหว่างชั้น 3 และ 4	1	30.30	-	5.77	5.25
ราวบันได	2	16.47	-	5.77	2.85
ผนัง	3	87.80	6.69	-	13.12
เพดานสมมติ	4	161.51	6.69	24.14	-
รายบันได	5	34.86	-	12.20	2.85
ชั้นบันได	6	36.37	2.98	9.84	6.56
ผนังชั้น 4	7	43.90	6.69	-	6.56
ท้องฟ้า	8	-	-	-	-
พื้นชานพักระหว่างชั้น 3 และ 4	9	38.63	6.69	6.77	-

ตารางที่ จ.2 ค่า view factor โดยประมาณของผนังด้านต่างๆ

	View factor
F21	0.1532
F31	0.088359
F41	0.009601
F51	0.057328
F61	0.04253
F71	0.002516
F91	0.177668

ตารางที่ จ.3 ค่าการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างผนังที่วิเคราะห์กับสิ่งแวดล้อม

เวลา	อุณหภูมิผิวผนัง (°R)				อุณหภูมิห้องฟ้า (°R)	q21	q31	q41	q51	q61	q71	q81	q91	Total	ΔR
	Average 1	3 & 7	2 & 4 & 5	6 & 9	Average 8	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr-ft^2
1:00	541.8	545.0	543.0	544.1	500.7	0.96	7.92	0.59	0.76	1.13	0.11	-334.92	5.02	-318.43	-10.51
2:00	541.1	544.4	542.1	543.5	502.8	0.74	7.95	0.45	0.58	1.14	0.11	-313.54	5.06	-297.50	-9.82
3:00	540.5	543.8	541.2	542.8	501.4	0.56	8.11	0.34	0.44	1.12	0.12	-317.88	4.99	-302.21	-9.97
4:00	539.7	543.1	540.2	541.9	496.7	0.34	8.14	0.21	0.27	1.03	0.12	-344.74	4.59	-330.06	-10.89
5:00	539.0	542.5	539.1	541.1	497.8	0.02	8.35	0.01	0.02	0.98	0.12	-330.80	4.35	-316.95	-10.46
6:00	538.5	542.0	538.3	540.5	496.1	-0.22	8.33	-0.13	-0.17	0.93	0.12	-338.16	4.13	-325.17	-10.73
7:00	538.1	541.6	537.6	539.9	498.9	-0.45	8.31	-0.28	-0.36	0.83	0.12	-315.04	3.69	-303.18	-10.01
8:00	538.3	541.6	537.6	540.2	501.0	-0.57	7.95	-0.35	-0.45	0.91	0.11	-301.06	4.03	-289.41	-9.55
9:00	539.0	542.0	538.3	541.1	493.1	-0.52	7.40	-0.32	-0.41	1.06	0.11	-362.74	4.69	-350.74	-11.58
10:00	540.6	542.8	540.1	542.3	503.4	-0.46	5.21	-0.28	-0.36	0.79	0.07	-304.90	3.52	-296.40	-9.78
11:00	541.7	543.9	541.8	543.4	505.4	0.08	5.43	0.05	0.06	0.83	0.08	-299.78	3.70	-289.55	-9.56
12:00	542.7	545.1	544.1	544.6	508.2	1.07	5.77	0.66	0.84	0.90	0.08	-288.09	4.00	-274.77	-9.07
13:00	544.3	546.6	547.1	544.9	523.0	2.26	5.69	1.39	1.79	0.29	0.08	-186.11	1.27	-173.34	-5.72
14:00	545.9	548.5	551.2	548.7	511.5	4.39	6.57	2.70	3.48	1.41	0.09	-292.37	6.26	-267.48	-8.83
15:00	547.3	551.4	554.2	552.1	527.0	5.74	10.36	3.53	4.55	2.43	0.15	-181.45	10.77	-143.94	-4.75
16:00	550.6	554.9	556.6	554.6	510.8	5.06	11.07	3.11	4.01	2.05	0.16	-342.87	9.10	-308.31	-10.18

161

ตารางที่ จ.3 ค่าการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างผนังที่วิเคราะห์กับสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิผิวผนัง (°R)				อุณหภูมิท้องฟ้า (°R)	q21	q31	q41	q51	q61	q71	q81	q91	Total	ΔR
	Average 1	3 & 7	2 & 4 & 5	6 & 9	Average 8	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr-ft^2
17:00	549.8	552.5	556.9	552.0	506.4	6.03	6.97	3.71	4.78	1.13	0.10	-367.40	5.02	-339.65	-11.21
18:00	547.3	549.3	554.3	549.6	508.6	5.81	4.89	3.57	4.60	1.13	0.07	-328.17	5.01	-303.10	-10.00
19:00	546.0	548.0	551.7	548.3	508.2	4.69	4.92	2.88	3.71	1.13	0.07	-318.45	5.03	-296.02	-9.77
20:00	545.0	547.2	549.4	547.4	518.3	3.56	5.34	2.18	2.82	1.17	0.08	-231.03	5.17	-210.72	-6.95
21:00	544.2	546.7	547.6	546.6	510.4	2.73	6.13	1.68	2.17	1.17	0.09	-285.30	5.20	-266.12	-8.78
22:00	543.5	546.3	546.0	546.0	513.3	1.97	6.80	1.21	1.56	1.21	0.10	-256.87	5.35	-238.68	-7.88
23:00	543.0	546.0	545.1	545.4	513.3	1.64	7.28	1.01	1.30	1.15	0.10	-252.26	5.11	-234.67	-7.74
24:00	542.3	545.4	544.0	544.8	502.8	1.31	7.51	0.80	1.03	1.20	0.11	-324.51	5.31	-307.24	-10.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function อันดับที่ k ของผนังที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทย

ตารางที่ ฉ.1 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ใช้ประกอบผนังที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทย

วัสดุ	รหัส	L	ρ	k	C_p	R
ฟิลม์อากาศภายนอก	ฟ1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33
อิฐ ½ แผ่น	ว1	0.197	109.9	0.466	0.22	0.71
อิฐ 1 แผ่น	ว2	0.459	109.9	0.466	0.22	0.71
คอนกรีต หนา 10 cm.	ว3	0.333	149.8	0.833	0.2	0.39
ปูนผสมทราย	ว4	0.082	97.9	0.308	0.26	0.26
หินอ่อน หนา 2 cm.	ว5	0.066	167.3	1.617	0.198	0.04
กระเบื้อง หนา 5 mm.	ว6	0.016	117.9	0.483	0.186	0.03
ฟิลม์อากาศภายใน	ฟ2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.69

L = thickness, ft ρ = density, lb/ft3 k = thermal conductivity, Btu/(hr-ft-°F)

Cp = specific heat, Btu/(lb-°F) R = thermal resistance, °F-ft-hr/Btu

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function

ลำดับที่	ชนิดของผนัง (ชั้นนอกสุดถึงชั้นในสุด)		m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6
			พิจารณาฟิล์มอากาศ					
1	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{3,m}$	1.7721549	-2.2292025	0.5573565	-0.0195796	-0.0000066	
	(ฟ1 ว4 ว3 ว4 ฟ2)	$Y_{3,m}$	- 0.2173296	0.4814370	- 0.2164116	0.0331421	- 0.0001152	
		$Z_{3,m}$	1.0424831	-1.1576749	0.1919643	0.0040170	- 0.0000669	
		F_m	0.9723321	- 0.1304839	0.0006075			
2	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{3,m}$	2.0454468	-2.9892513	1.0736075	-0.0718878	0.0001745	0.0000003
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{3,m}$	0.0006258	0.0198733	0.0315953	0.0058784	0.0001165	0.0000003
	(ฟ1 ว5 ว4 ว3 ว4 ฟ2)	$Z_{3,m}$	1.0516959	-1.3838375	0.4181154	-0.0281394	0.0002551	0.0000005
		F_m	1.1523312	-0.2799315	0.0121921			
3	อิฐ ½ แผ่น ฉาบปูน	$X_{3,m}$	2.0374037	-2.6921217	0.7771574	-0.0256980	0.0000359	
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{3,m}$	0.0028275	0.0463336	0.0436432	0.0039530	0.0000197	
	(ฟ1 ว5 ว4 ว1 ว4 ฟ2)	$Z_{3,m}$	1.0385451	-1.2334493	0.3031931	-0.0115489	0.0000373	
		F_m	0.9850858	-0.1835865	0.0034865			
4	อิฐ 1 แผ่น ฉาบปูน	$X_{4,m}$	2.0374070	-3.7704358	2.1092607	-0.3651668	0.0130653	-0.0000334
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{4,m}$	0.0000158	0.0027159	0.0125968	0.0079287	0.0008264	0.0000129
	(ฟ1 ว5 ว4 ว2 ว4 ฟ2)	$Z_{4,m}$	1.0385558	-1.7829361	0.9072959	-0.1444369	0.0056489	-0.0000306
		F_m	1.5144152	-0.6571484	0.0825655	-0.0019701		
5	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{3,m}$	1.6881630	-2.2062862	0.6173248	-0.0302318	0.0001186	0.0000000
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{3,m}$	0.0013630	0.0299184	0.0339326	0.0038413	0.0000330	0.0000000
	(ฟ1 ว6 ว4 ว3 ว4 ฟ2)	$Z_{3,m}$	1.0516959	-1.2640672	0.2912038	-0.0097767	0.0000327	0.0000000
		F_m	1.0365003	-0.1761461	0.0025420			
6	อิฐ ½ แผ่น ฉาบปูน	$X_{3,m}$	1.6626553	-1.9676143	0.4330339	-0.0108718	0.0000139	
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{3,m}$	0.0057866	0.0662649	0.0430417	0.0021203	0.0000033	
	(ฟ1 ว6 ว4 ว1 ว4 ฟ2)	$Z_{3,m}$	1.0385398	-1.1086972	0.1905354	-0.0031644	0.0000035	
		F_m	0.8645271	-0.1005019	0.0004990			
7	อิฐ 1 แผ่น ฉาบปูน	$X_{3,m}$	1.6626751	-2.8258613	1.3700482	-0.1809728	0.0036204	0.0000250
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{3,m}$	0.0000399	0.0046170	0.0164746	0.0077833	0.0006078	0.0000119
	(ฟ1 ว6 ว4 ว2 ว4 ฟ2)	$Z_{3,m}$	1.0385511	-1.6452011	0.7112687	-0.0760221	0.0009317	0.0000065
		F_m	1.3949775	-0.5134568	0.0440102			

ตารางที่ ฉ.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดของผนัง (ชั้นนอกสุดถึงชั้นในสุด)		m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6
			ไม่พิจารณาฟิลม์อากาศ					
8	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{2,m}$	3.5023178	-3.8512737	0.8002285	-0.0215650	-0.0000015	
	(ว4 ว3 ว4)	$Y_{2,m}$	0.0328493	0.2770211	0.1172895	0.0025444	0.0000015	
		$Z_{2,m}$	3.5023178	-3.8512737	0.8002285	-0.0215650	-0.0000015	
		F_m	0.6285123	-0.0289684				
9	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{2,m}$	2.0374037	-2.6921217	0.7771574	-0.0256980	0.0000359	
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{2,m}$	0.0220021	0.2375995	0.1248164	0.0038997	0.0000045	
	(ว5 ว4 ว3 ว4)	$Z_{2,m}$	3.5023173	-3.9511956	0.8633163	-0.0261125	-0.0000029	
		F_m	0.6571726	-0.0347281				
10	อิฐ ½ แผ่น ฉาบปูน	$X_{2,m}$	4.9644235	-5.4448205	1.1025665	-0.0109670	-0.0000001	
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{2,m}$	0.0817908	0.4270994	0.1015506	0.0007614	0.0000000	
	(ว5 ว4 ว1 ว4)	$Z_{2,m}$	3.2673430	-3.0919546	0.4392405	-0.0034265	-0.0000000	
		F_m	0.3966080	-0.0050681				
11	อิฐ 1 แผ่น ฉาบปูน	$X_{3,m}$	3.3306186	-3.1731396	0.4670065	-0.0034771	-0.0000000	
	แต่งหน้าด้วยหินอ่อน	$Y_{3,m}$	0.0008153	0.0455010	0.0870763	0.0182156	0.0003899	0.0000009
	(ว5 ว4 ว2 ว4)	$Z_{3,m}$	3.2677458	-4.8299641	1.9035191	-0.1922166	0.0029141	0.0000007
		F_m	0.9303630	-0.1709651	0.0040053			
12	คอนกรีต 10 cm. ฉาบปูน	$X_{2,m}$	3.5071482	-4.0040595	0.9211320	-0.0291881	-0.0000031	
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{2,m}$	0.0264083	0.2485228	0.1170223	0.0030730	0.0000027	
	(ว6 ว4 ว3 ว4)	$Z_{2,m}$	3.5023173	-3.9332299	0.8510467	-0.0251022	-0.0000024	
		F_m	0.6519537	-0.0334518				
13	อิฐ ½ แผ่น ฉาบปูน	$X_{2,m}$	3.3306186	-3.1731396	0.4670065	-0.0034771	-0.0000000	
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{2,m}$	0.0949662	0.4350272	0.0904925	0.0005223	0.0000000	
	(ว6 ว4 ว1 ว4)	$Z_{2,m}$	3.2673425	-3.0715698	0.4283037	-0.0030678	-0.0000000	
		F_m	0.3904583	-0.0045842				
14	อิฐ 1 แผ่น ฉาบปูน	$X_{3,m}$	3.3308478	-4.9478269	1.9718051	-0.2034940	0.0030856	0.0000006
	แต่งหน้าด้วยกระเบื้อง	$Y_{3,m}$	0.0010635	0.0497602	0.0868429	0.0164455	0.0003054	0.0000006
	(ว6 ว4 ว2 ว4)	$Z_{3,m}$	3.2677458	-4.8104325	1.8815841	-0.1872226	0.0027429	0.0000006
		F_m	0.9242508	-0.1673990	0.0037727			

ภาคผนวก ช.

ตารางแสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบด้านทิศตะวันตก

ตาราง ช.1 ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านทิศตะวันตกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

เวลา	วัสดุ 3 ชั้น		วัสดุ 4 ชั้น		วัสดุ 5 ชั้น			DOE 2.1E
	อุณหภูมิที่เป็นเงื่อนไขขอบเขต (T)							
	T ผิวนอก		T ผิวนอก		Solar - air temperature			
	T ผิวใน รายชั่วโมง	T ผิวในเฉลี่ย 81 °F	T ห้อง รายชั่วโมง	T ห้องเฉลี่ย 75.8 °F	T ห้อง รายชั่วโมง	T ห้องเฉลี่ย 75 °F เมื่อใช้ h_o & ΔR จาก		
						การทดลอง	ASHRAE	
1:00	3.88	2.35	5.56	4.75	4.74	3.91	4.02	3.61
2:00	3.45	1.80	5.23	4.43	4.40	3.49	3.69	3.27
3:00	3.43	1.27	4.16	4.10	3.31	3.17	3.42	2.94
4:00	3.25	0.75	2.95	3.78	2.00	2.80	3.08	2.61
5:00	2.72	0.21	2.81	3.44	1.68	2.36	2.70	2.27
6:00	2.69	-0.34	3.38	3.11	2.17	1.92	2.28	1.93
7:00	2.20	-0.85	3.66	2.77	2.47	1.54	1.95	1.59
8:00	1.29	-1.30	2.95	2.45	1.28	0.70	1.22	1.27
9:00	0.27	-1.59	2.85	2.19	1.46	0.75	1.18	1.01
10:00	-0.70	-1.61	1.16	2.04	-0.26	0.59	1.00	0.87
11:00	-0.92	-1.33	2.12	2.02	0.90	0.86	1.20	0.89
12:00	-0.73	-0.76	3.66	2.15	2.63	1.12	1.47	1.10
13:00	-0.23	0.05	2.91	2.43	1.84	1.28	1.50	1.46
14:00	-0.50	1.05	3.14	2.85	2.32	2.03	2.32	1.99
15:00	-0.40	2.18	3.48	3.37	3.62	3.54	3.47	2.70
16:00	-0.56	3.42	3.41	3.99	4.09	4.73	4.45	3.61
17:00	-1.85	5.05	3.63	4.77	7.23	8.48	7.42	4.65
18:00	0.57	6.27	4.95	5.56	7.15	7.89	7.14	5.42
19:00	3.13	6.37	5.14	6.00	6.54	7.50	6.91	5.66
20:00	5.04	5.79	5.53	6.07	5.99	6.62	6.24	5.49
21:00	5.54	5.01	5.72	5.93	5.91	6.16	5.86	5.14
22:00	5.39	4.24	6.17	5.68	5.88	5.39	5.26	4.73
23:00	4.34	3.55	5.40	5.38	4.96	4.89	4.86	4.34
24:00	4.82	2.93	4.67	5.07	4.11	4.48	4.47	3.97

ภาคผนวก ซ.

การคำนวณร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์

สมการคำนวณร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error, MAPE) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเมื่อเทียบกับข้อมูลมาตรฐาน ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$MAPE = \frac{\sum_{n=1}^{N} \frac{\left|F_n - F_{ref,n}\right|}{F_{ref,n}} \cdot 100}{N} \qquad \text{(ซ.1)}$$

เมื่อ n คือ Summation index

N คือ จำนวนข้อมูล

F_n คือ ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ

$F_{ref,n}$ คือ ข้อมูลมาตรฐานที่เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นาย เขมชาติ มังกรศักดิ์สิทธิ์ เกิดวันที่ 10 มีนาคม 2515 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย