เอกสารอ้างอิง

1. ASHRAE. ASHRAE Guide And Data Book 1963 Fundamentals and Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1963.

2. British Standard. Definitions of Heat Insulating Terms and and Methods of Determining Thermal Conductivity B.S.874, 1956.

3. American Society for Testing and Materials. "Standard Method of Test for Thermal Conductivity of Materials by means of the Guarded Hot Plate, ASTMC 177-63, 1964 Book of ASTM Standards Part 14. : 15-26.

4. Japanese Industrial Standard. Standard Method of Test for Thermal Conductivity of Heat Insulating Materials by means of The Guarded Hot Plate, JISA 1413-1968. Tokyo : Japanese Standard Association, 1969.

5. Woodside, W. "Analysis of Errors due to Edge Heat Loss in Guarded Hot Plates." Symposium on Thermal Conductivity Measurements and Applications of Thermal Insulation, ASTM Special Technical Publication No. 217, Philadelphia Meeting, 1957 : 49-63.

6. Woodside, W. and Wilson, A.G. "Unbalance Errors In Guarded Hot Plate Measurement." Symposium on Thermal Conductivity Measurements and Applications of Thermal Insulation, ASTM Special Technical Publication No. 217, Philadelphia Meeting, 1957 : 32-48.

7. Japanese Industrial Standard. Glass Wool Heat Insulating Material JISA 9505-1969. Tokyo : Japanese Standard Association, 1969.

8. Kern, D.Q. Process Heat Transfer. New York : McGraw-Hill Inc., 1950.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก-1 รายชื่อและรายละเอียดวัสดุที่ใช้ทดลองเรียงตามอันดับการทดลอง

อันดับที่	ชื่อ	ที่มา	รายละเอียด
1.	กลาสวูล	บ.สยามกลาสวูล จำกัด	.27 ปอนด์ต่อ ตร.ฟุต
2.	สตรามิตบอร์ด	บ.สตรามิต จำกัด	*k=.101 วัตต์/ตร.เมตร°C น.น. 18.5 kg/m^2
3.	แอสเบสโทสักซ์	บ.กระเบื้องกระดาษไทย	ขนาด 6 ม.ม.
4.	กระเบื้องแผ่นเรียบตราช้าง	บ.กระเบื้องกระดาษไทย	ขนาด 6 ม.ม.
5.	กลาสวูล	บ.สยามกลาสวูล จำกัด	.0825 ปอนด์ต่อตร.ฟุต
6.	Expanded Styropor Rigid Foam	บ.สยามอินซูเลชั่น จำกัด	ความหนาแน่น1ปอนด์/ลบ.ฟุต
7.	Expanded Styropor Rigid Foam	บ.สยามอินซูเลชั่น จำกัด	ความหนาแน่น1.25ปอนด์/ลบ.ฟุต
8.	Expanded Styropor Rigid Foam	บ.สยามอินซูเลชั่น จำกัด	ความหนาแน่น1.5ปอนด์/ลบ.ฟุต
9.	ชิปบอร์ดยาง	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	YYINS 12 ม.ม.
10.	ชิปบอร์ดยาง	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	YYINS 15 ม.ม.
11.	ชิปบอร์ดยาง	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	YYINS 18 ม.ม.
12.	ชิปบอร์ดยาง	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	YYINS 21 ม.ม.
13.	อาร์มสตรอง "ไมน่าบอร์ด"	บ.เฟทฟูลเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	FISSURED DESIGN *C=.55 @ 75°F
14.	ชิปบอร์ดสัก	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	TTINP 37 ม.ม.
15.	ชิปบอร์ดยาง	บ.ไทยชิปบอร์ด จำกัด	YYINP 37 ม.ม.

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

อันดับที่	ชื่อ	ที่มา	รายละเอียด
16.	ฮาร์ดบอร์ด (ไฟเบอร์บอร์ด)	บ.ไม้อัดไทย จำกัด	ขนาด 6 ม.ม.
17.	ไม้อัดสัก	บ.ไม้อัดไทย จำกัด	ขนาด 15 ม.ม.
18.	ไม้อัดยาง	บ.ไม้อัดไทย จำกัด	ขนาด 15 ม.ม.
19.	ไม้อัดมะปิน	บ.ไม้อัดไทย จำกัด	ขนาด 3 ม.ม.
20.	ยิบซั่มบอร์ด	บ.ยิบซั่มอินเตอร์เนชั่นแนล	ขนาด $\frac{3}{8}$ นิ้ว *k=1.1 บีทียูนิ้วต่อชั่วโมง ตารางฟุต °F
21.	กระจกสีชา	บ.กระจกไทย-อาซาฮี จำกัด	ขนาด 6 ม.ม.
22.	กระจกใส	บ.กระจกไทย-อาซาฮี จำกัด	ขนาด 6 ม.ม.

* ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้จากแค็ตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิต สำหรับวัสดุที่ไม่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนไว้แสดงว่าทางบริษัทผู้ผลิตไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิการนำความร้อนที่ $\Delta\theta$ ต่างกัน เพื่อหาค่า q_o และ c

อันดับที่	วันที่ทดลอง	ความหนาในการทดลอง	ความหนาแน่น (ปอนด์/ล.บ.ฟุต)	ปริมาณไฟฟ้า (วัตต์)	อุณหภูมิแผ่นให้ความร้อน (องศาฟาเรนไฮต์)	อุณหภูมิแผ่นระบายความร้อน (องศาฟาเรนไฮต์)	อุณหภูมิแตกต่างของแผ่นให้ความร้อน (องศาฟาเรนไฮต์
1	8 ก.พ. 21	1.5 นิ้ว	2.16	25	271.07	86.91	.194
	8 ก.พ. 21			34.5	268.5	88.26	3.78
	9 ก.พ. 21			15	260.74	87.78	-3.102
2	1 มี.ค. 21	2 นิ้ว	26.5	15	131.29	83.68	1.142
	1 มี.ค. 21			12.5	139.08	85.48	- .0435
	2 มี.ค. 21			10	155.42	87.22	-1.967
3	3 มี.ค. 21	.25 นิ้ว	57.2	80	128.71	89.91	- .458
	6 มี.ค. 21			90	129.71	90.65	1.198
	7 มี.ค. 21			85	128.54	89.48	.25
4	8 มี.ค. 21	.25 นิ้ว	98.1	110	118.52	89.74	1.188
	8 มี.ค. 21			95.33	118.35	91.17	.104
	9 มี.ค. 21			75	114.25	90.61	-1.23
5	10 มี.ค. 21	.75 นิ้ว	1.32	13.25	146.88	89.78	.479
	11 มี.ค. 21			15	147.68	89.04	.8
	13 มี.ค. 21			12.75	158.68	89.35	- .56

ตารางที่ ก-3 ผลการคำนวณ k_{exp} และ $\frac{\Delta\theta}{\theta}$ จากตารางที่ ก-2

อันดับที่	อุณหภูมิแตกต่างของวัสดุ (องศาฟาเรนไฮต์)	อุณหภูมิแตกต่างแผนโหความุรอนต่ออุณหภูมิแตกต่างของวัสดุ (เปอร์เซนต์)	สัมประสิทธิการนำความร้อนที่ทดลองได้ $\left(\frac{\text{บีทียู นิ้ว}}{\text{ช.ม.ตร.ฟุต }^{\circ}\text{F}}\right)$
1	184.16	.105	.313
	180.16	2.09	.441
	172.96	-1.79	.1999
2	47.61	2.398	.968
	53.6	- .081	.717
	68.2	-2.88	.451
3	38.8	-1.18	.792
	39.06	3.067	.885
	39.06	.658	.836
4	28.78	4.13	1.469
	27.18	.383	1.350
	23.64	-5.20	1.219
5	57.1	.839	.267
	58.64	1.36	.295
	69.33	- .81	.212

ตารางที่ ก-4 ผลการคำนวณ q ที่ค่า k ของวัสดุจากกราฟรูปที่ A 1-5

อันดับที่	q(Btu/hr)	k(Btu in/hr.ft^2.F
1	4.64	0.31
2	5.48	0.73
3	9.25	0.821
4	11.44	1.352
5	5.34	0.241

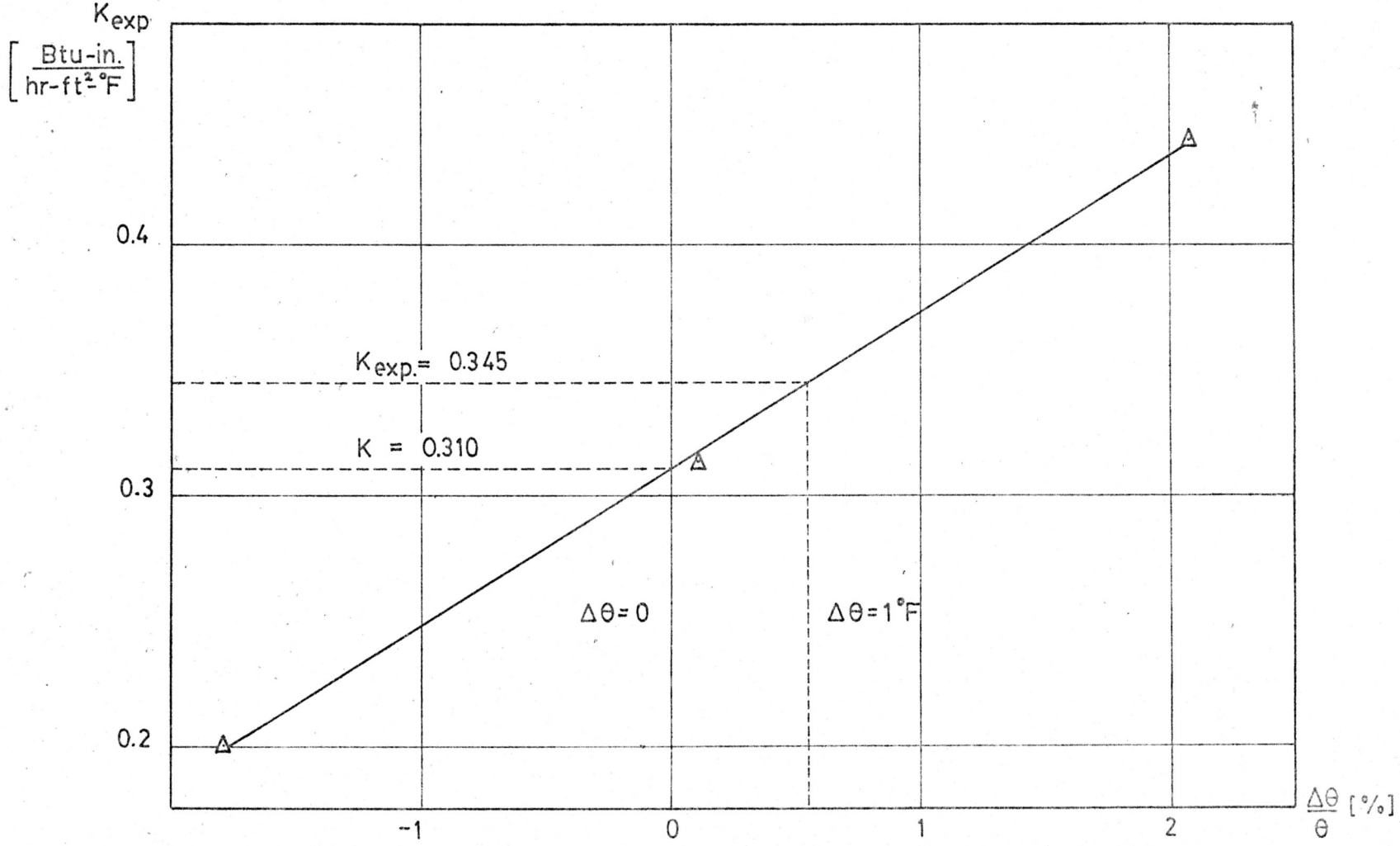

FIG. A-1. Specimen No. 1 Glasswool $K_{exp.}$ v.s. $\Delta\theta/\theta$ at $\theta_{av.}$ = 179.12 °F

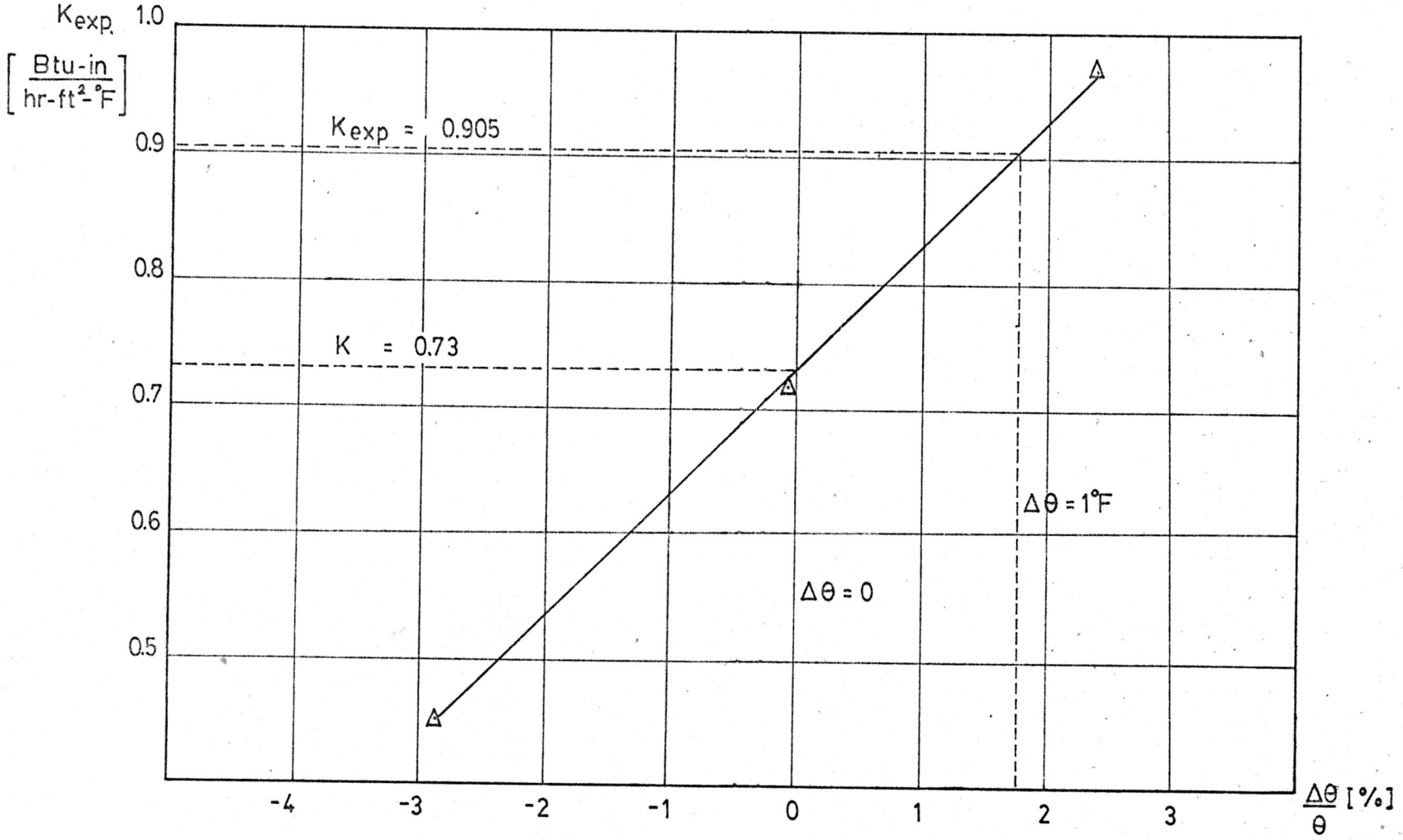

FIG. A-2 Specimen No. 2 STRAMIT BOARD K_{exp} v.s. $\Delta\theta/\theta$ at $\theta_{av.}$ = 56.57 °F

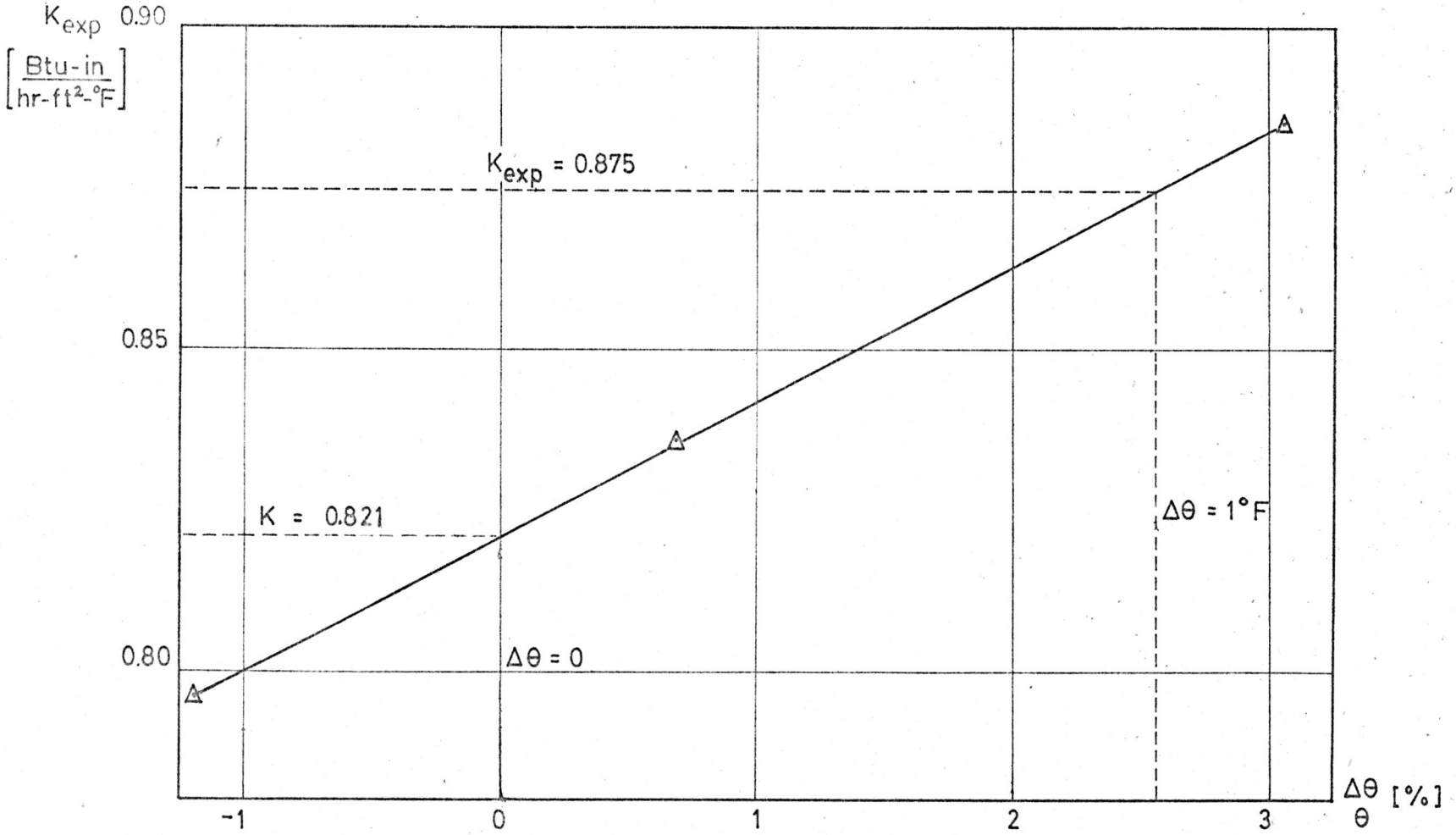

FIG. A-3 Specimen No. 3 ASBESTOLUX $K_{exp.}$ vs. $\Delta\Theta/\Theta$ at $\Theta_{av.}$ = 38.97°F

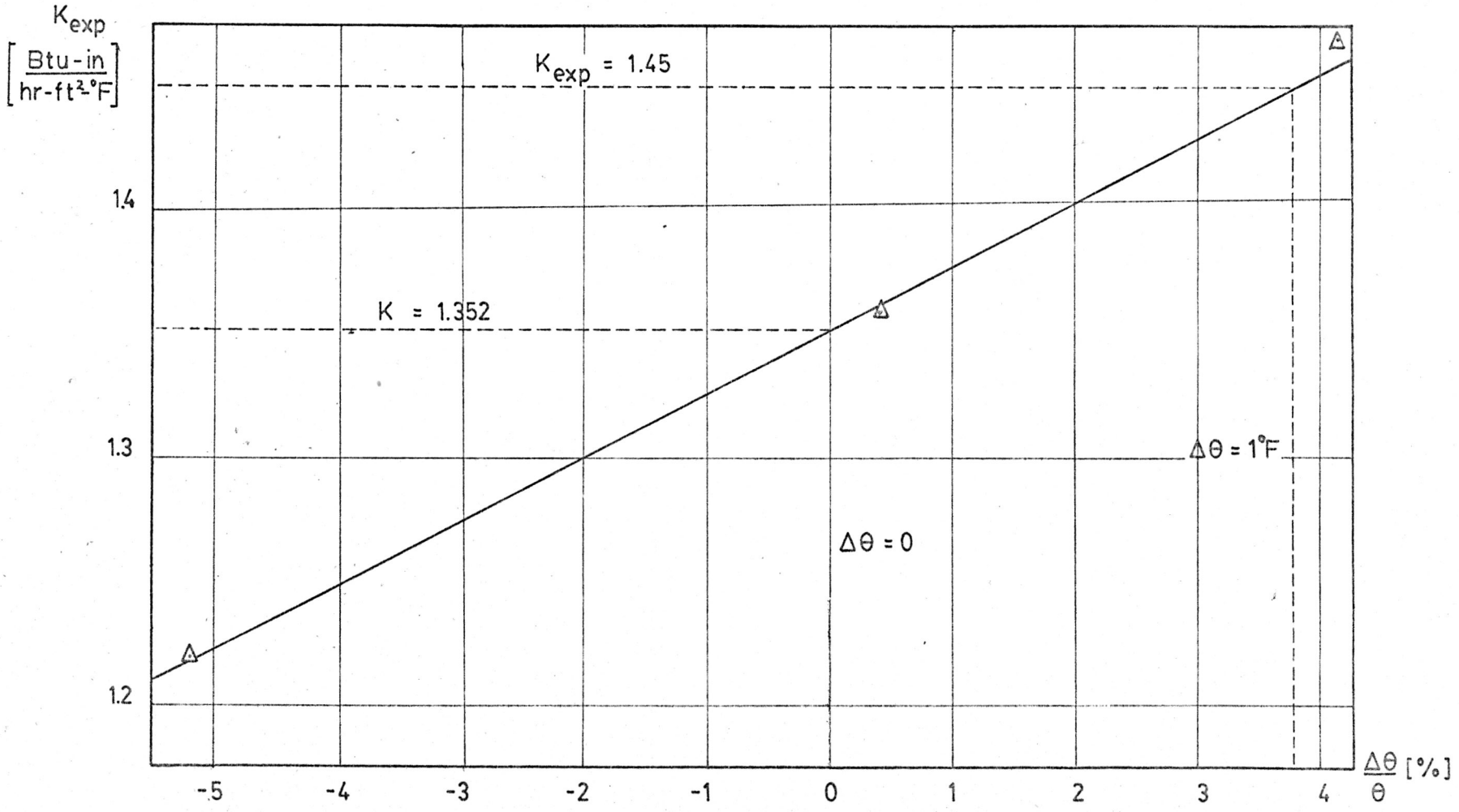

FIG. A-4 Specimen No. 4 FIBRE-CEMENT $K_{exp.}$ v.s. $\Delta\Theta/\Theta$ at $\Theta_{av.}$ = 26.53 °F

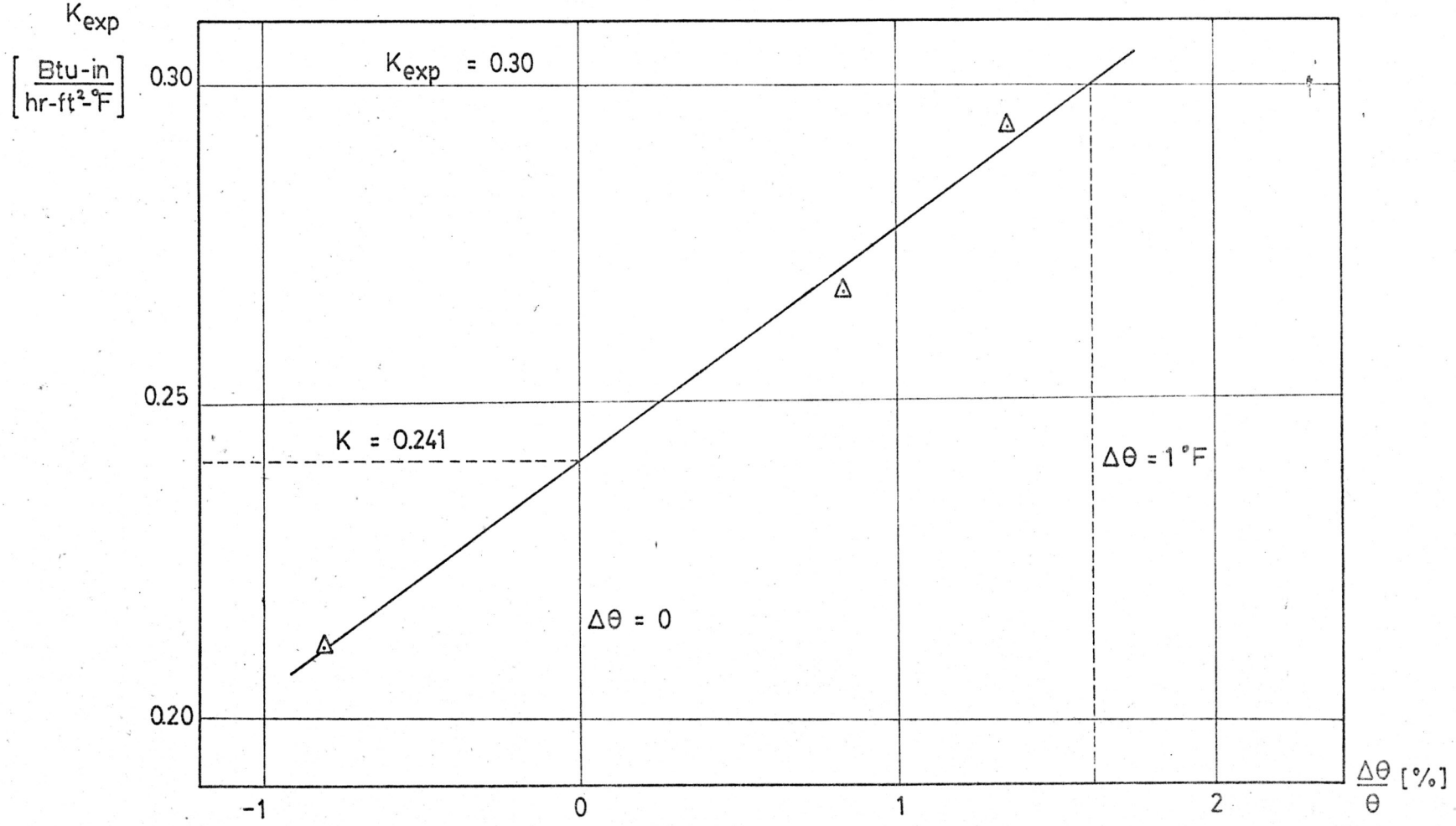

FIG. A–5 Specimen No. 5 Glasswool $K_{exp.}$ v.s. $\Delta\Theta/\Theta$ at $\Theta_{av.}$ = 61.69 °F

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิการนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

อันดับที่	วันที่ทดลอง	ความหนา	ความหนาแน่นก่อนทดลอง (ปอนด์/ลบ.ฟุต)	ความหนาแน่นหลังทดลอง (ปอนด์/ลบ.ฟุต)	ปริมาณไฟฟ้า (วัตต์)	อุณหภูมิแผ่นให้ความร้อน (องศาฟาเรนไฮต์)	อุณหภูมิแผ่นระบายความร้อน (องศาฟาเรนไฮต์)	อุณหภูมิแตกต่างระหว่างแผนให้ความร้อน 2 ชุด (องศาฟาเรนไฮต์)
6	16 มี.ค. 21	2 นิ้ว	.95	.95	7.5	171.32	88.52	-
7	20 มี.ค. 21	2 นิ้ว	1.36	1.36	7.5	187.19	89.3	-.019
8	21 มี.ค. 21	2 นิ้ว	1.45	1.45	5	166.52	88.48	.01
9	24 มี.ค. 21	11 ม.ม.	44.12	43.64	105	159.6	91.39	.05
10	25 มี.ค. 21	14.5 ม.ม.	41.19	40.78	100	172.32	91.96	.02
11	27 มี.ค. 21	17 ม.ม.	46.0	45.95	90	175.08	92.87	-.04
12	28 มี.ค. 21	20 ม.ม.	41	40.74	75	178.58	92.22	-.058
13	30 มี.ค. 21	15 ม.ม.	13.69	13.58	32.5	172.72	90.04	-.05
14	31 มี.ค. 21	36 ม.ม.	3.4ปอนด์/ตร.ฟุต	3.39ปอนด์/ตร.ฟุต	47.5	185.52	91.83	.04
15	3 เม.ย. 21	36 ม.ม.	3.24ปอนด์/ตร.ฟุต	3.24ปอนด์/ตร.ฟุต	45	168.76	90.83	.08
16	10เม.ย. 21	6 ม.ม.	64.47	67.47	120	148.13	93.87	.063
17	11เม.ย. 21	15 ม.ม.	43.22	42.94	75	170.72	92.74	.03
18	12เม.ย. 21	15 ม.ม.	38.01	37.95	70	167.08	90.96	-.06
19	14เม.ย. 21	3 ม.ม.	26.54	26.54	100	127.5	91.52	.063
20	15เม.ย. 21	.375 นิ้ว	41.32	41.32	110	147.32	90.13	.06
21	4 พ.ค. 21	6 ม.ม.	152.27	152.27	110	113.875	93.04	.052
22	8 พ.ค. 21	6 ม.ม.	155.35	155.35	110	110.17	90.83	.022

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณ ตารางที่ ก-3 จากข้อมูลตารางที่ ก-2

จากข้อมูลอันดับที่ 1. ตารางที่ ก-2 วันที่ 9 ก.พ. 21

อุณหภูมิแตกต่างของวัสดุ, θ = อุณหภูมิแผ่นให้ความร้อน - อุณหภูมิแผ่นระบายความร้อน

= 260.74 - 87.78

= 172.96 องศาฟาเรนไฮต์

อัตราส่วนอุณหภูมิแตกต่างของแผ่นให้ความร้อน 2 ชุด ต่ออุณหภูมิแตกต่างวัสดุ, $\frac{\Delta\theta}{\theta}$ %

$$= \frac{-3.102 \times 100}{172.96}$$

= -1.79 %

จากสมการที่ (2-6)

ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน, $k_{exp.}$

$$= \frac{(Q+q)L}{A\theta}$$

ปริมาณความร้อน, $Q + q$ $= \frac{15}{2}$ วัตต์

$= \frac{15}{2} \times 3.412$ บีทียูต่อชั่วโมง

พื้นที่แผ่นให้ความร้อน, A = 1.11 ตารางฟุต

ความหนา, L = 1.5 นิ้ว

อุณหภูมิแตกต่างวัสดุ, θ = 172.96 องศาฟาเรนไฮต์

$\therefore$ $k = \frac{15 \times 3.412 \times 1.5}{2 \times 172.96 \times 1.11}$

$= .1999 \frac{\text{บีทียู นิ้ว}}{\text{ช.ม.-ตร.ฟุต องศาฟาเรนไฮต์}}$

$$c = \frac{(q-\bar{q})(k-\bar{k})}{(k-\bar{k})^2}$$

$$= \frac{4.815752}{.8030026}$$

$$= 5.997$$

$$q. = \bar{q} - c\bar{k}$$

$$= 7.232 - 5.997 \times .6908$$

$$= 3.089$$

<u>การคำนวณผลการทดลองจากข้อมูลตารางที่ ก-5</u>

ตัวอย่างจากข้อมูลตารางที่ ก-5 อันดับที่ 6 วันที่ 16 มี.ค. 21

จากสมการที่ (2-6)

$$k_{exp} = \frac{(Q+q)L}{A\Theta}$$

$Q+q = \frac{7.5}{2}$ วัตต์

$= \frac{7.5}{2} \times 3.412$ บีทียูต่อช.ม.

$L = 2$ นิ้ว

$A = 1.11$ ตร.ฟุต

$\Theta = 171.32 - 88.52$

$= 82.8$ องศาฟาเรนไฮต์

$$k_{exp} = \frac{7.5 \times 3.412 \times 2}{2 \times 1.11 \times 82.8}$$

$= .278$ บีทียู-นิ้ว/ช.ม.-ตร.ฟุต-องศาฟาเรนไฮต์

เนื่องจากการทดลองนี้พยายามปรับให้อุณหภูมิของแผ่นให้ความร้อนใกล้เคียงกันที่สุด

$k \approx k_{exp}$

$k = .278$ บีทียูนิ้ว/ช.ม.-ตร.ฟุต-องศาฟาเรนไฮต์

ความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิการนำความร้อนเนื่องจากอุณหภูมิแบ่งให้ความร้อน 2 ชุด ไม่เท่ากันทำได้จากสมการที่ (2 - 12)

การคำนวณตารางที่ ก-4 จากข้อมูลกราฟ A-1 ถึง A-5

ตัวอย่างการคำนวณตารางที่ ก-4 อันดับที่ 1 จากกราฟที่ A-1

ข้อมูลจากกราฟ A-1

ค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน, k = ค่า k_{exp} ที่ $\Delta\theta$ เท่ากับ 0°F

= 0.31

ค่า k_{exp} ที่ $\Delta\theta$ เท่ากับ 1°F = ค่า k_{exp} ที่ $\frac{\Delta\theta}{\theta}$ เท่ากับ $\frac{100}{179.12}$ %

จากสมการที่ (2 - 9) = 0.345

อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านข้าง, $q = \frac{\Delta k A \theta}{L}$

จากกราฟ A-1 Δk = .345 - .31

= .035

A = 1.11 ตร.ฟุต

θ = 179.12 องศาฟาเรนไฮต์

L = 1.5 นิ้ว

∴ q = $\frac{1.11 \times 179.12 \times .035}{}$

q	k	$q-\bar{q}$	$k-\bar{k}$	$(k-\bar{k})^2$	$(q-\bar{q})(k-\bar{k})$
4.64	.31	-2.592	-.3808	.1450086	.9870336
5.48	.73	-1.752	.0392	.0015366	-.0686784
9.26	.821	2.208	.1302	.016952	.2640456
11.44	1.352	4.208	.6612	.4371854	2.7823296
5.34	.241	-1.892	-.4498	.20232	.8510216
$\bar{q}$ = 7.232	$\bar{k}$ = .6908	Σ = 0	Σ = 0	Σ = .8030026	Σ = 4.815752

$\frac{\Delta k}{k}$ = $\frac{L\Delta\theta}{A\theta}\left(\frac{q.}{k}+c\right)$

L = 2 นิ้ว

A = 1.11 ตร.ฟุต

$\Delta\theta$ = 0

θ = 82.8 องศาฟาเรนไฮต์

q. = 3.089

c = 5.997

k = .278

$\therefore$ $\frac{\Delta k}{k}$ (%) = 0

อุณหภูมิเฉลี่ยของวัสดุ = $88.52+\frac{82.8}{2}$

= 129.92 องศาฟาเรนไฮต์

ประวัติผู้เขียน

นายปรเมธ ประเสริฐยิ่ง เกิดวันที่ 25 สิงหาคม 2497 ที่โรงพยาบาลจุฬา สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต เกียรตินิยม สาขาเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2518