หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การวัดค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างและผลที่ได้จากการวัด

ในการที่จะคำนวณค่าความส่องสว่างของพื้นผิวถนน เราจำเป็นต้องรู้ลักษณะการสะท้อนแสงสว่างของพื้นถนนนั้น แบบ reflection indicatrix เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า q_o, X ซึ่งใช้ในการจัดประเภทลักษณะการสะท้อนแสงของถนน การหาค่า reflection indicatrix ของผิวถนน จะต้องมีเครื่องมือสำหรับใช้วัดตัวอย่างผิวถนนในห้องทดลอง โดยโครงเครื่องวัดนี้สามารถจำลองลักษณะต่างๆ ของโคมไฟถนนในทิศต่างๆ ได้ เช่น สามารถจำลองลักษณะของโคมไฟตามแนวยาวของถนน และจำลองลักษณะการมองตามแนวขวางถนน ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างแบบ reflection indicatrixนี้สามารถหาจากสูตรง่ายๆ

$$q(\gamma_i, \delta_i) = \frac{L_i}{E_{pi}} \qquad \text{แบบ } \gamma\text{-}\delta \text{ โคออดิเนท}$$

หรือ

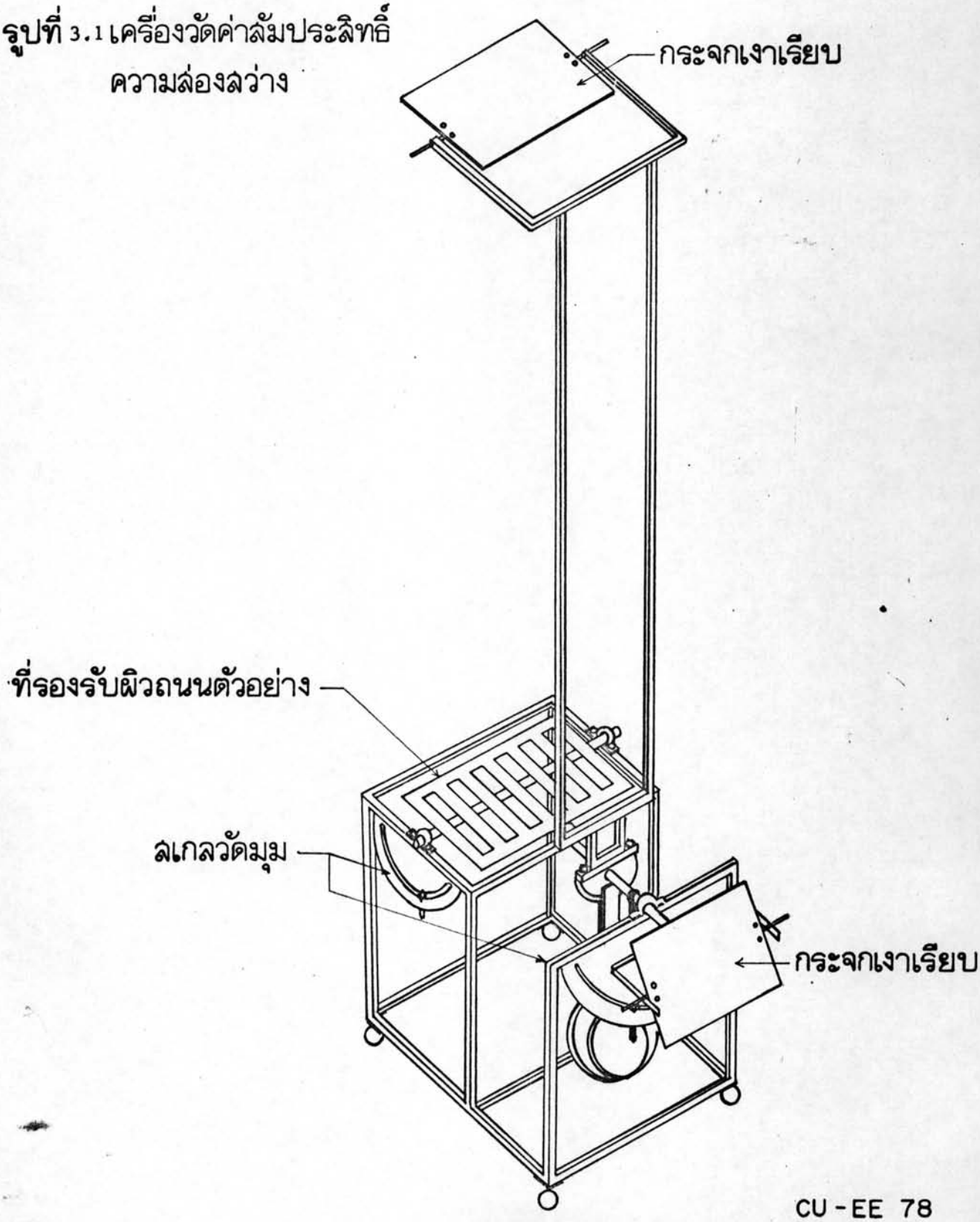
$$q(\alpha_i, \beta_i) = \frac{L_i}{E_{pi}} \qquad \text{แบบ } \alpha\text{-}\beta \text{ โคออดิเนท}$$

จะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง q ก็คืออัตราส่วนของค่าความส่องสว่าง (L_i) ที่มองเห็นกับค่าความสว่าง (E_{pi}) บนจุดนั้น ภายใต้มุม γ-δ หรือ α-β โดยค่าความส่องสว่าง L_i นั้นวัดภายใต้มุม 1^o ตามมาตรฐาน ซี ไอ อี ในการวิจัยนี้จะวัดค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างแบบระบบ α-β โคออดิเนท

๓.๑ เครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของผิวถนนในห้องทดลอง

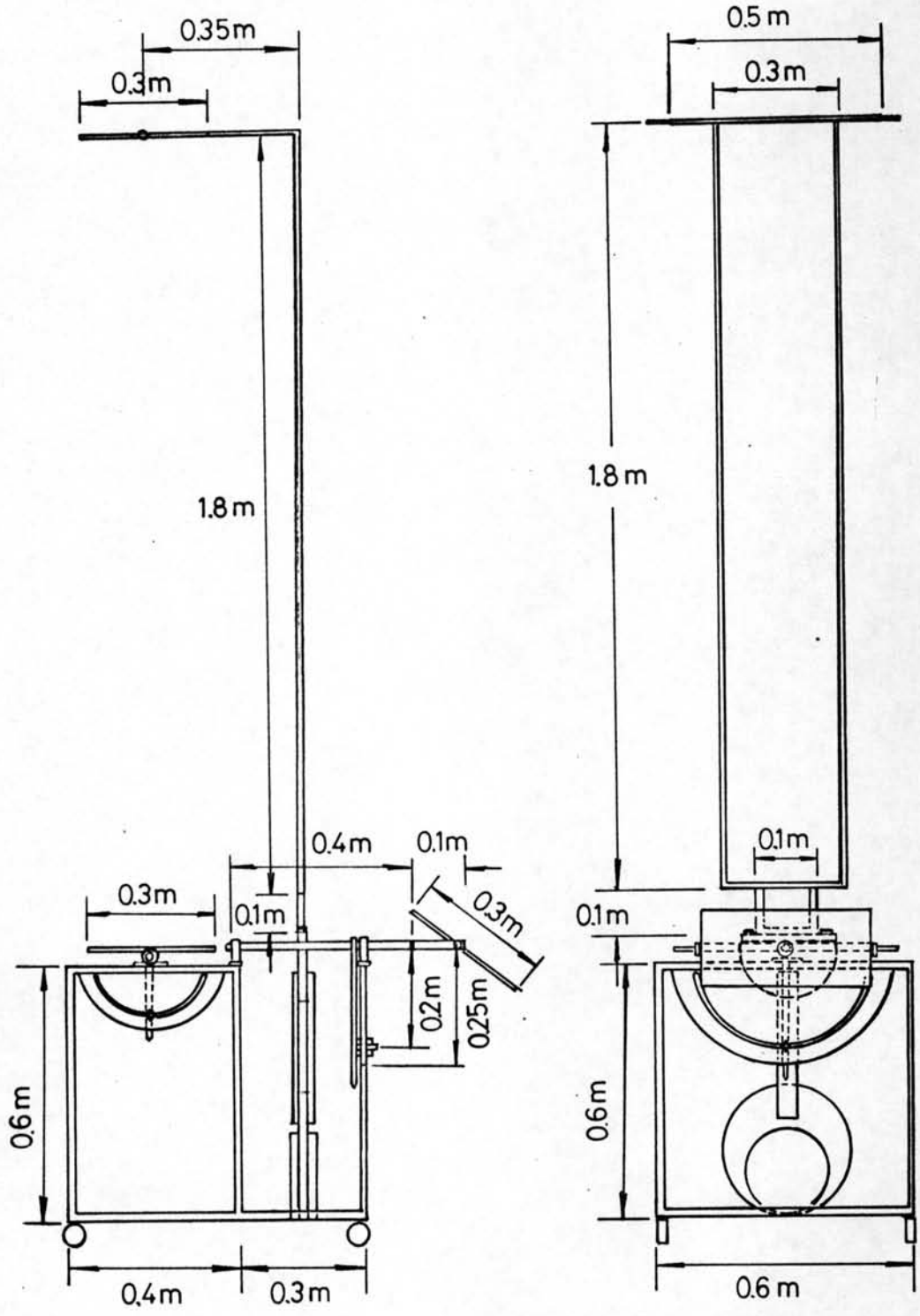
ในการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างแบบ reflection indicatrix ในรูปของระบบโคออดิเนท α-β ตามที่กล่าวมาแล้วในบทข้างต้น ได้ออกแบบเครื่องวัดแบบง่ายๆ ตามรูป ๓.๑ และรูป ๓.๒ โดยส่วนประกอบสำคัญของเครื่องวัดได้แบ่งเป็นดังนี้

รูปที่ 3.1 เครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง



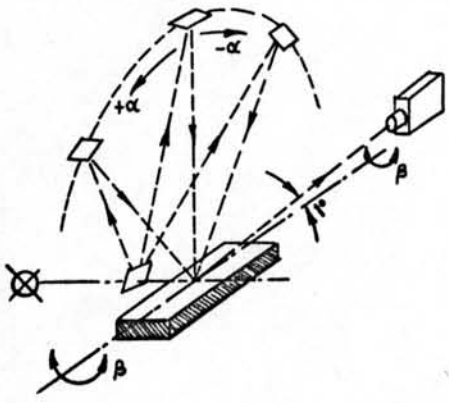
CU - EE 78

รูป 3.2 รูปรายละเอียดของเครื่องวัดที่ออกแบบเพื่อใช้ในการวัด

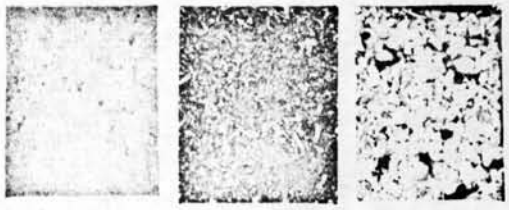


๓.๑.๑ ส่วนที่เกี่ยวกับทิศทางของแสงตก

แสงที่ตกบนผิวตัวอย่างในทิศทางต่างๆ จะต้องมีความเข้มแห่งการส่องสว่าง(I) เท่ากันทุกๆ มุม ในเครื่องวัดนี้ออกแบบให้มีแผ่นกระจกเงาราบ ๒ แผ่น แผ่นแรกติดอยู่ตรงข้างล่าง ซึ่งจะสะท้อนแสงจากหลอดไฟที่ส่อง ขึ้นไปยังกระจกเงาบานที่ ๒ ซึ่งติดอยู่เหนือผิวตัวอย่าง ในแนวดิ่งเพื่อให้แสงจากหลอดไฟที่สะท้อนจากกระจกเงาบานที่ ๒ ตกบนกลางผิวหน้าตัวอย่างไม่ว่าหมุนไปมุมใดก็ตาม แสงที่ตกบนกระจกเงาบานที่ ๑ ได้ผ่านฉากกั้นแสงเป็นช่วงๆ และผ่านเลนส์นูนอันหนึ่งเพื่อรวมแสงให้เข้มข้นขึ้น และเพื่อให้แสงที่ตกบนผิวหน้าตัวอย่างมีความสว่างสม่ำเสมอมากที่สุด แผ่นกระจกเงาทั้ง ๒ บานนี้ จะมีโครงยึดติดกับแกนหมุนซึ่งสามารถปรับกระจกให้หมุนได้รอบตัว เพื่อให้แสงตกบนผิวหน้าตัวอย่างที่มุมต่างๆ ตามที่ต้องการ และกระจกเงาทั้ง ๒ บานนี้ จะยึดติดกับโครงซึ่งมีแกนหมุนร่วมกัน สามารถหมุนไปด้วยกันตามทิศทางที่ต้องการ การหมุนของโครงนี้จะเป็นการจำลองลักษณะของแสงไฟจากโคมไฟตามแนวยาวถนนที่ตกบนจุดหนึ่งของพื้นถนน โดยมีมุมบอกทิศทางของแสงตกที่หน้าปัทม์ มุมนี้เป็นมุมบอกค่าα สกลาα ข้างซ้ายเป็นบวก ข้างขวาเป็นลบ นั่นหมายความว่าแสงที่ตกสวนทางกับแนวที่มอง มีค่าα เป็นบวก ถ้าแสงตกในทิศทางเดียวกับแนวการมองค่า α เป็นลบ ดูรูป ๓.๓



รูป ๓.๓



ก ข ค

รูป ๓.๔ ตัวอย่างทั้งสามแบบที่ทดลอง

ก ตัวอย่างแบบ PC

ข ตัวอย่างแบบ AC

ค ตัวอย่างแบบ SF

๓.๑.๒ ส่วนที่วางผิวตัวอย่างและเครื่องวัด

ที่วางผิวตัวอย่างจะติดอยู่บนแกนหมุนอีกอันต่างหาก ซึ่งอยู่ใต้กระจกเงาบานที่ ๒ พอดี ที่วางตัวอย่างนี้ได้ออกแบบให้ใช้กับผิวตัวอย่างขนาด ๑ ตารางฟุต ซึ่งหมุนได้ตามแนวแกน โดยมีเข็มชี้บอกมุมที่หมุนแผ่นตัวอย่างบนหน้าปัทม์ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือของโครงวัด มีขนาดเล็กกว่าหน้าปัทม์ที่บอกมุมแสงตกหน้าปัทม์เล็กนี้เป็นตัวบอกค่ามุม β สเกลของ β ข้างซ้ายเป็นบวก ข้างขวาเป็นลบ

เครื่องวัดที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ใช้เครื่อง TEK photometer* เครื่องวัดจะวางอยู่บนที่วางเดียวกับแผ่นตัวอย่าง และสามารถหมุนไปตามแผ่นตัวอย่างในทิศทางต่างๆ ที่ต้องการ สำหรับเครื่องวัดความส่องสว่างจะทำมุม 1° กับผิวหน้าตัวอย่างที่วัดตามมาตรฐาน ซี ไอ อี ในแต่ละจุดเครื่องวัดจะวัดค่าความส่องสว่างเป็น แอพโปสติลบ์ และวัดค่าความสว่างเป็น ลักซ์ ดังนั้นจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง $q(\alpha,\beta)$ เป็น แอพโปสติลบ์ต่อลักซ์

๓.๒ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (ดูรูป ๓.๔)

ในการทดลองนี้ได้ทำการวัดตัวอย่างพื้นถนนประเภทใหญ่ๆ ๓ ประเภทของเมืองไทย คือ

๓.๒.๑ Portland Cement Concrete (PC) เป็นพื้นถนนคอนกรีตแบบทั่วๆ ไป ได้เตรียมขึ้นที่ห้องปฏิบัติการโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตามส่วนผสมซึ่งได้รับการแนะนำจากกองสำรวจและวิเคราะห์ กรมทางหลวง ในอัตราส่วนดังนี้

ซีเมนต์ : ทราย : หิน = 300 กก.:430 ลิตร : 860ลิตร

และ น้ำ : ซีเมนต์ = 0.45 - 0.5

๓.๒.๒ Aggregate surface treatment(SF) เป็นพื้นถนนแบบยางมะตอยโรยด้วยกรวดขาวเล็ก ตัวอย่างนี้ได้รับความเอื้อเฟื้อและเตรียมในห้องทดลองของกองสำรวจและวิเคราะห์ กรมทางหลวง

๓.๒.๓ Asphaltic Concrete(AC) เป็นพื้นถนนยางมะตอยดำแบบทั่วๆ ไป

---

* TEKTRONIX DIGITAL PHOTOMETER

ตัวอย่างนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากกองสำรวจและวิเคราะห์ โดยตัดจากพื้นถนนจริง

ตัวอย่างแต่ละชนิดที่ใช้ทดลองนี้มีขนาด ๑ ตารางฟุต หนาประมาณ ๑ นิ้วครึ่ง ถึง ๒ นิ้ว

๓.๓ สภาพของตัวอย่างที่วัด

ในการทดลองนี้ได้ทำการวัดตัวอย่างภายใต้ ๒ สภาวะด้วยกัน คือ

๓.๓.๑ สภาพแห้ง (D) ตัวอย่างอยู่ในลักษณะแห้งแบบทั่วๆ ไป

๓.๓.๒ สภาพเปียก (W) ได้ทำการวัดโดยนำแผ่นตัวอย่างไปแช่น้ำไว้ประมาณ ๒ วัน เพื่อให้ตัวอย่างที่จะวัดเปียกชื้นทั่วกันดี แล้วนำขึ้นวัดแบบเดียวกับที่ทำการวัดในสภาพแห้ง

๓.๔ หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้หลอดไฟถนนแบบทั่วๆ ไป ๒ ชนิด คือ

๓.๔.๑ หลอดไอโซเดียมความดันสูงขนาด 250 วัตต์ (NaV 250 W)

๓.๔.๒ หลอดไอปรอทความดันสูงขนาด 250 วัตต์ (HQL 250 W)

หลอดไฟนี้จะถูกใส่ไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมดำ ซึ่งเจาะรูกลมไว้เพียงด้านเดียว เพื่อให้แสงออก และแสงที่ออกจะผ่านฉากกั้นแสงหลายๆ อัน และผ่านเลนส์นูนอันหนึ่งเพื่อใช้รวมแสง หลอดไฟจะถูกควบคุมด้วยตัวปรับแรงดันคงที่อัตโนมัติ (automatic voltage stabiliser) เพื่อให้แรงดันที่จ่ายให้กับหลอดขณะทำการทดลองคงที่ ซึ่งจะทำให้แสงของหลอดไฟที่ส่องออกคงที่ตลอดเวลาการทดลอง

๓.๕ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้ใช้อุปกรณ์และเครื่องวัดดังต่อไปนี้

๓.๕.๑ TEKTRONIX DIGITAL PHOTOMETER

๓.๕.๒ หลอดไอโซเดียมความดันสูง 250 W พร้อมคอนโทรลเกียร์ ๑ ชุด

หลอดไอปรอทความดันสูง 250 W พร้อมคอนโทรลเกียร์ ๑ ชุด

๓.๕.๓ ตัวปรับแรงดันคงที่อัตโนมัติ(AUTOMATIC VOITAGE STABILISER) ๑ เครื่อง

๓.๖ วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยได้ทำภายในห้องทดลองแสงสว่าง ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

๓.๖.๑ เปิดแหล่งจ่ายไฟผ่านเข้า Variac แล้วผ่านเข้าตัวปรับแรงดันคงที่อัตโนมัติ ปรับแรงดันให้ได้ 220 V ไปยังหลอดที่ใช้ในการทดลองทิ้งไว้ประมาณ ๑๕ นาที เพื่อให้หลอดทำงานในช่วงคงที่ปกติ

๓.๖.๒ ปรับฉากกั้นแสง เลนส์ และกระจกทั้ง ๒ บาน ให้แสงตกลงบนพื้นผิวตัวอย่างสม่ำเสมอมากที่สุด ความสว่างสูงสุดต่อค่าความสว่างต่ำสุดเท่ากับ 1.15 แล้วจับกระจกเงาให้แน่น

๓.๖.๓ นำแผ่นตัวอย่างวางบนแท่นวางตัวอย่าง ใช้ปากกาจับแผ่นตัวอย่างให้แน่นเพื่อให้ตัวอย่างหมุนเอียงได้โดยไม่ขยับเขยื้อน

๓.๖.๔ นำ TEK photometerวางใกล้กับตัวอย่างโดยให้ตัววัดค่าความส่องสว่างเอียงทำมุม 1° กับผิวตัวอย่าง โดยหมุนมิเตอร์ขึ้น ตามรูป ๓.๓ ยึดจับมิเตอร์ให้แน่นโดยไม่ขยับเขยื้อน

๓.๖.๕ ในการทดลองนี้ได้กำหนดมุม β ตามค่า $\tan\beta$ (หรือค่า $\frac{b}{h}$) = 0, 0.2, 0.4,0.6,0.8,1.0,1.2,1.6 และ 2 นั่นคือค่า β มีมุมเท่ากับ 0°,11.3°,21.8°, 31.0°,38.7°,45.0°,50.2°,58.0° และ 63.4° ซึ่งแต่ละค่าของ β จะวัดค่า α จากมุม $-80^{\circ} \rightarrow +80^{\circ}$ ในช่วงละ 10° ฉะนั้นในตัวอย่างหนึ่งจะต้องวัดทั้งหมด 153 จุด ซึ่งแต่ละจุดจะวัดค่าความส่องสว่างที่มองเห็น และค่าความสว่างของแสงที่ตกบนผิวตัวอย่าง อัตราส่วนของค่าความสอ่งสว่างที่มองเห็นต่อค่าความสว่างของแสงที่ตกบนผิวตัวอย่าง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ ๓.๑ ถึง ๓.๑๒ โดยมีกราฟแสดงประกอบเฉพาะที่ β= 0.0° และ β= 45.0° ในรูปกราฟ ๓.๑ ถึง ๓.๑๒ ตามลำดับ

๓.๗ ความหมายของคำย่อในตารางและกราฟ

ตัวอย่างผิวถนน

PC (D) = Portland cement concret (Dry)

PC (W) = Portland cement concret (Wet)

AC (D) = Asphaltic concret (Dry)

AC (W) = Asphaltic concret (Wet)

SF (D) = Aggregate surface treatment (Dry)

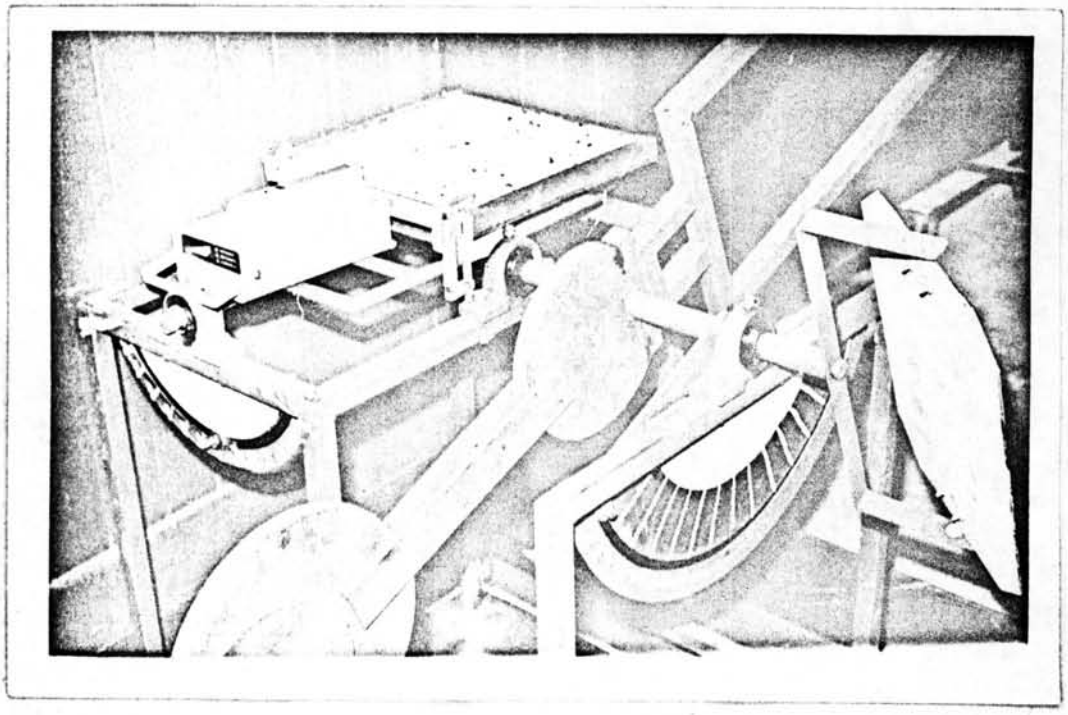
SF (W) = Aggregate surface treatment (Wet)

หลอดไฟ

NaV 250 W = High pressure sodium lamp 250 watt

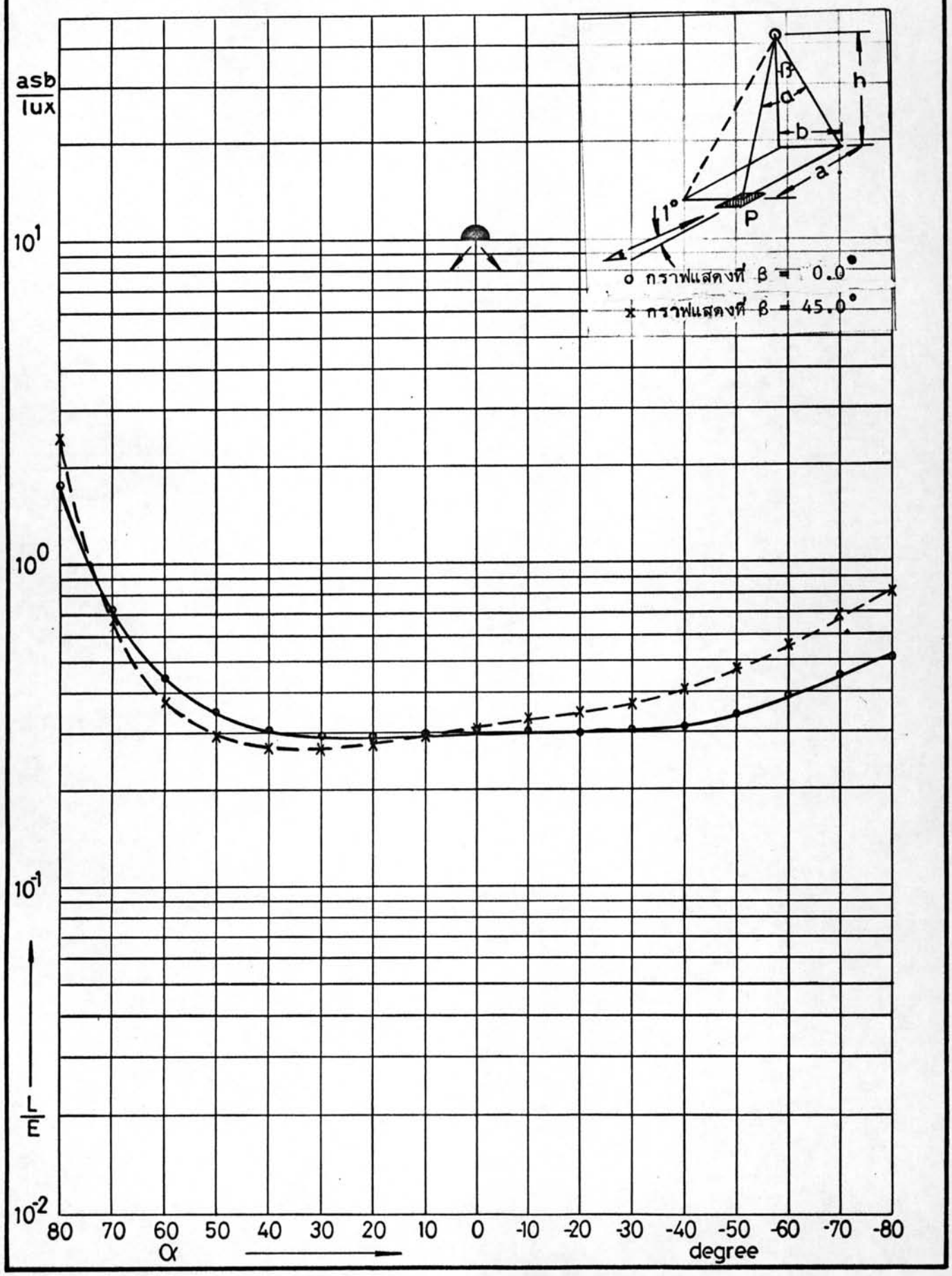
HQL 250 W = High pressure mercury lamp 250 watt

ต่อไปเป็นกราฟจากผลการทดลอง กราฟรูป ๓.๑ ถึง ๓.๑๒

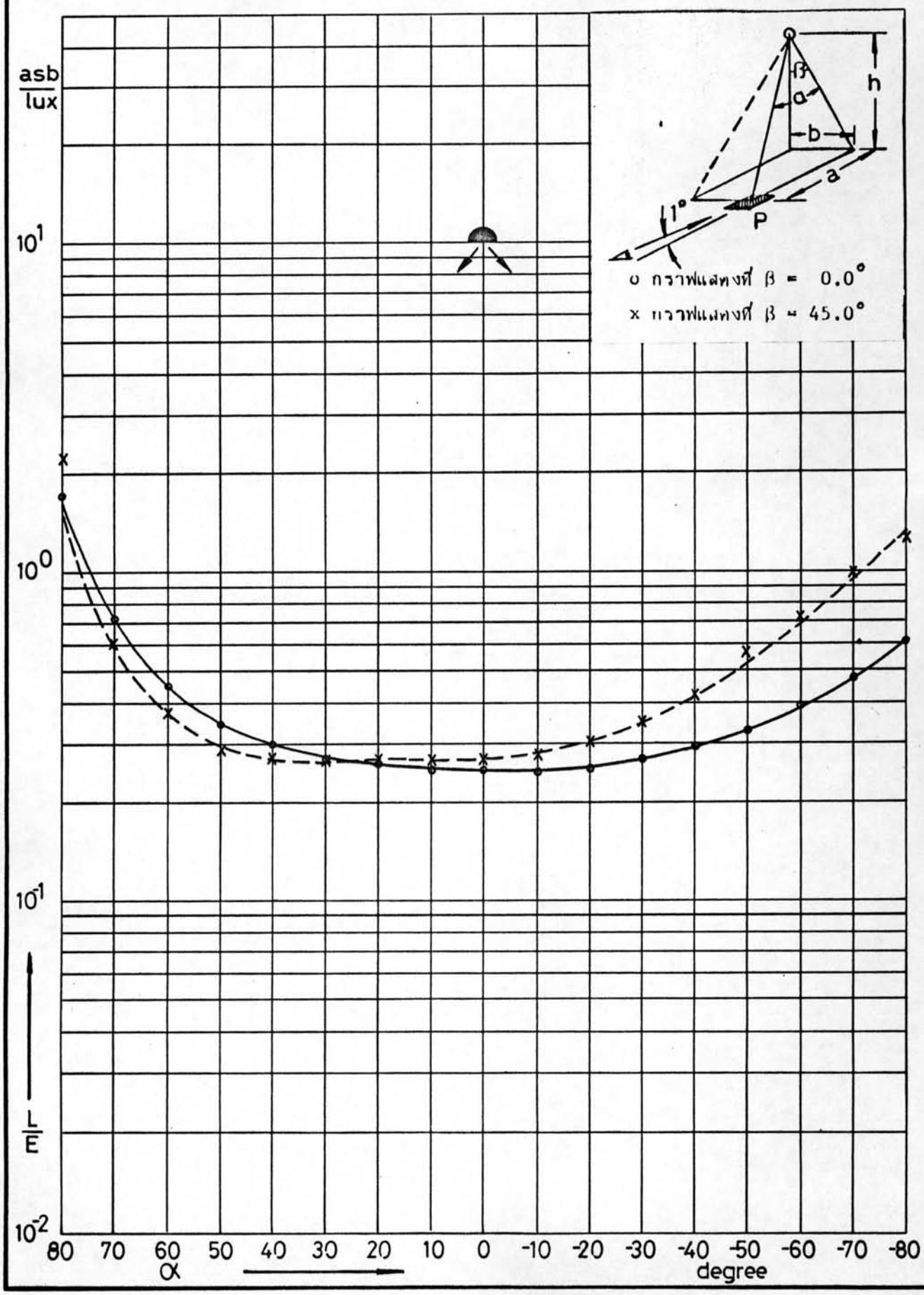


รูป ๓.๕ ภาพอุปกรณ์การดำเนินการวิจัย

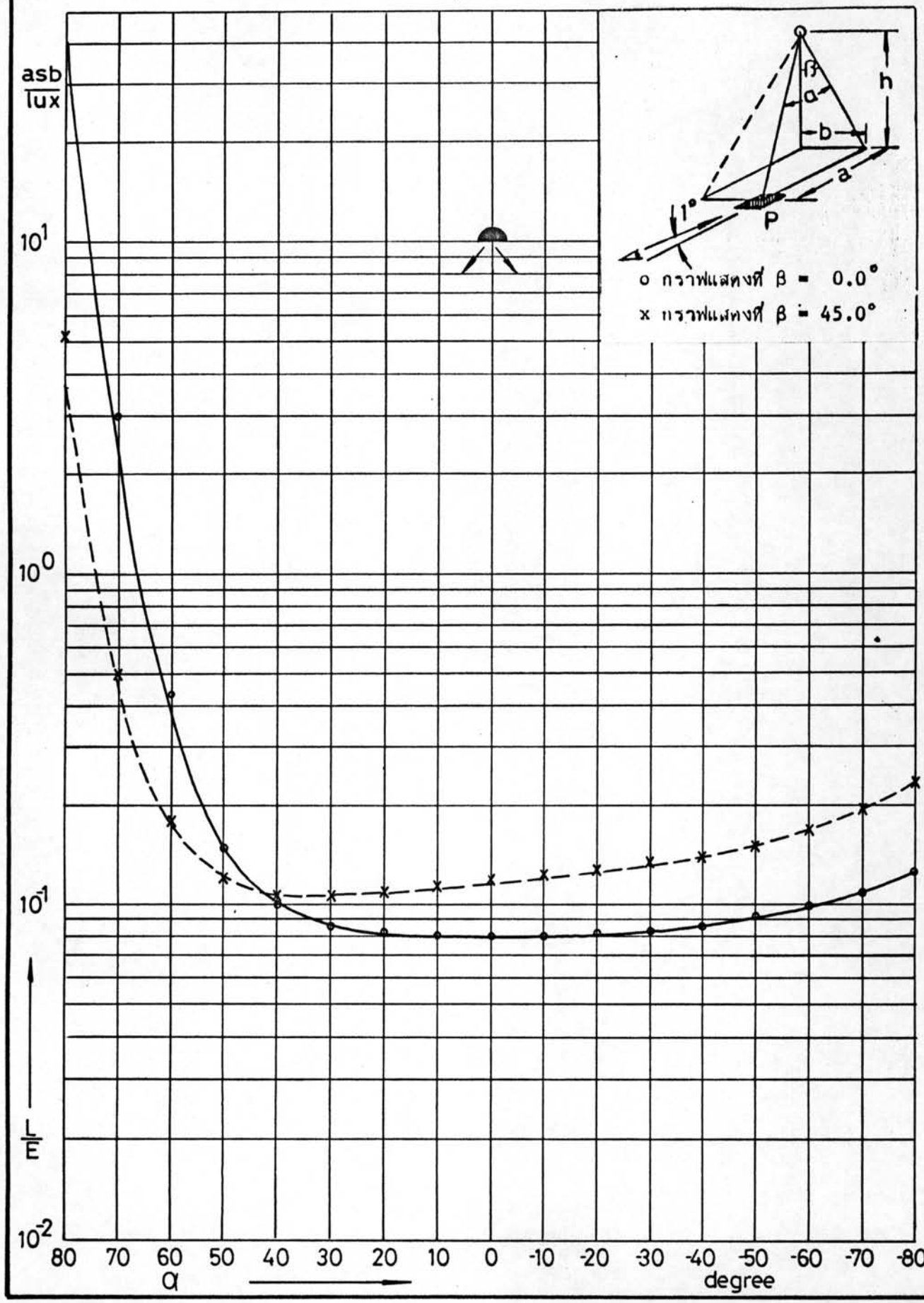
กร๊าฟรูป 3.1 แสดงค่า $q(\alpha, \beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง PC (D) โดยหลอด NaV 250 W



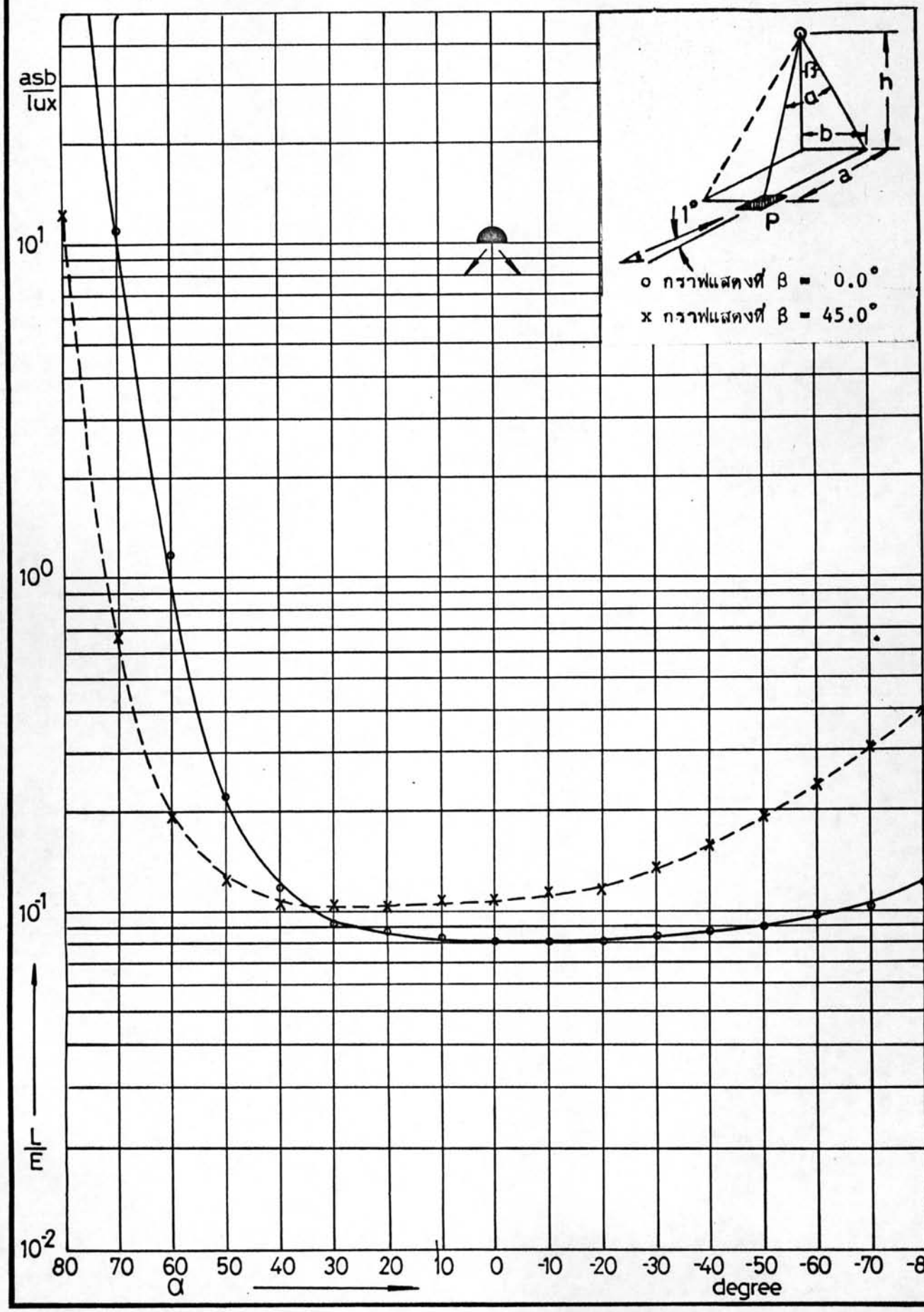
กร๊าฟรูป 3.2แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง PC (D) โดยหลอด HQL 250 W



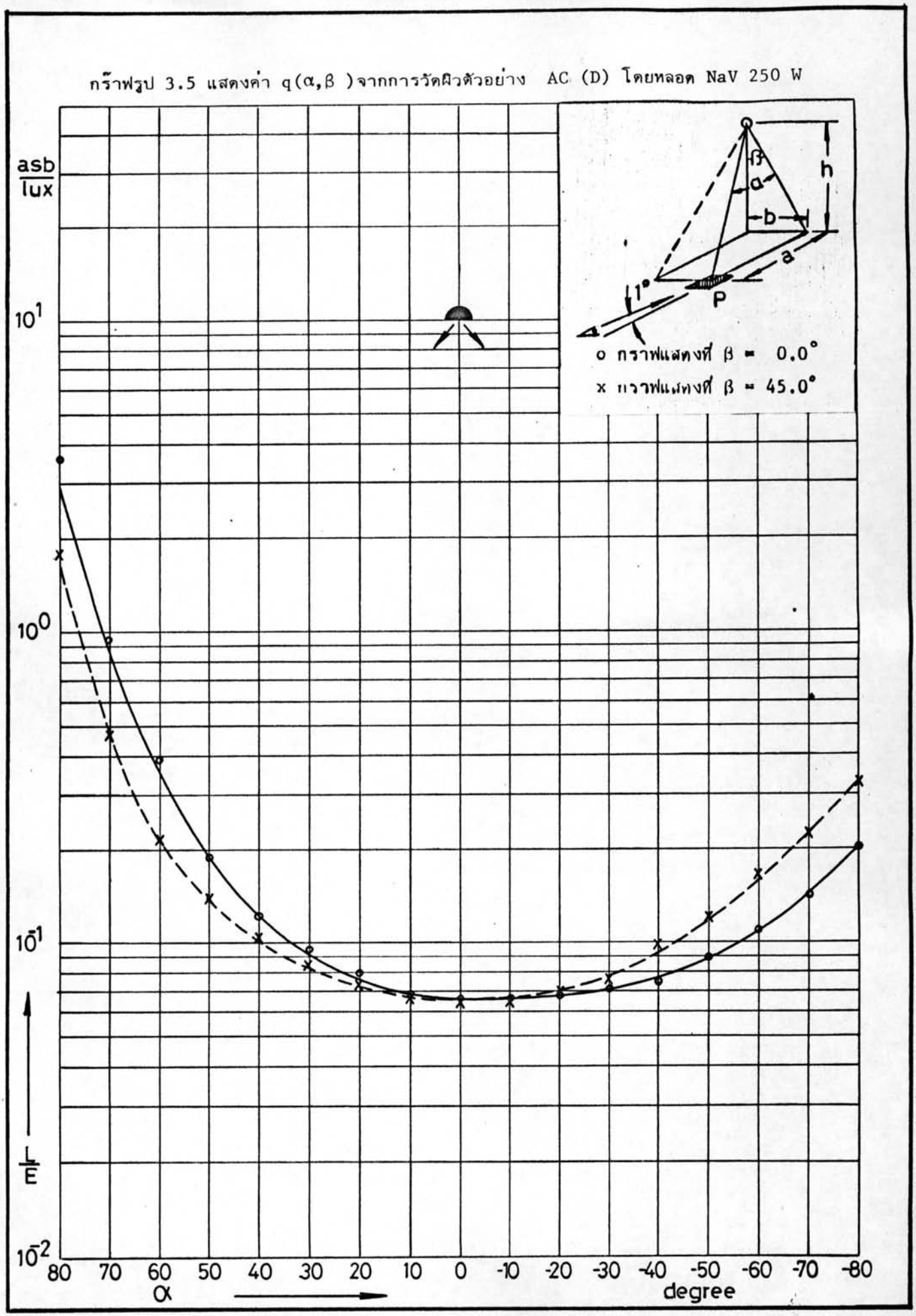
กราฟรูป 3.3 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง PC (W) โดยหลอด NaV 250 W



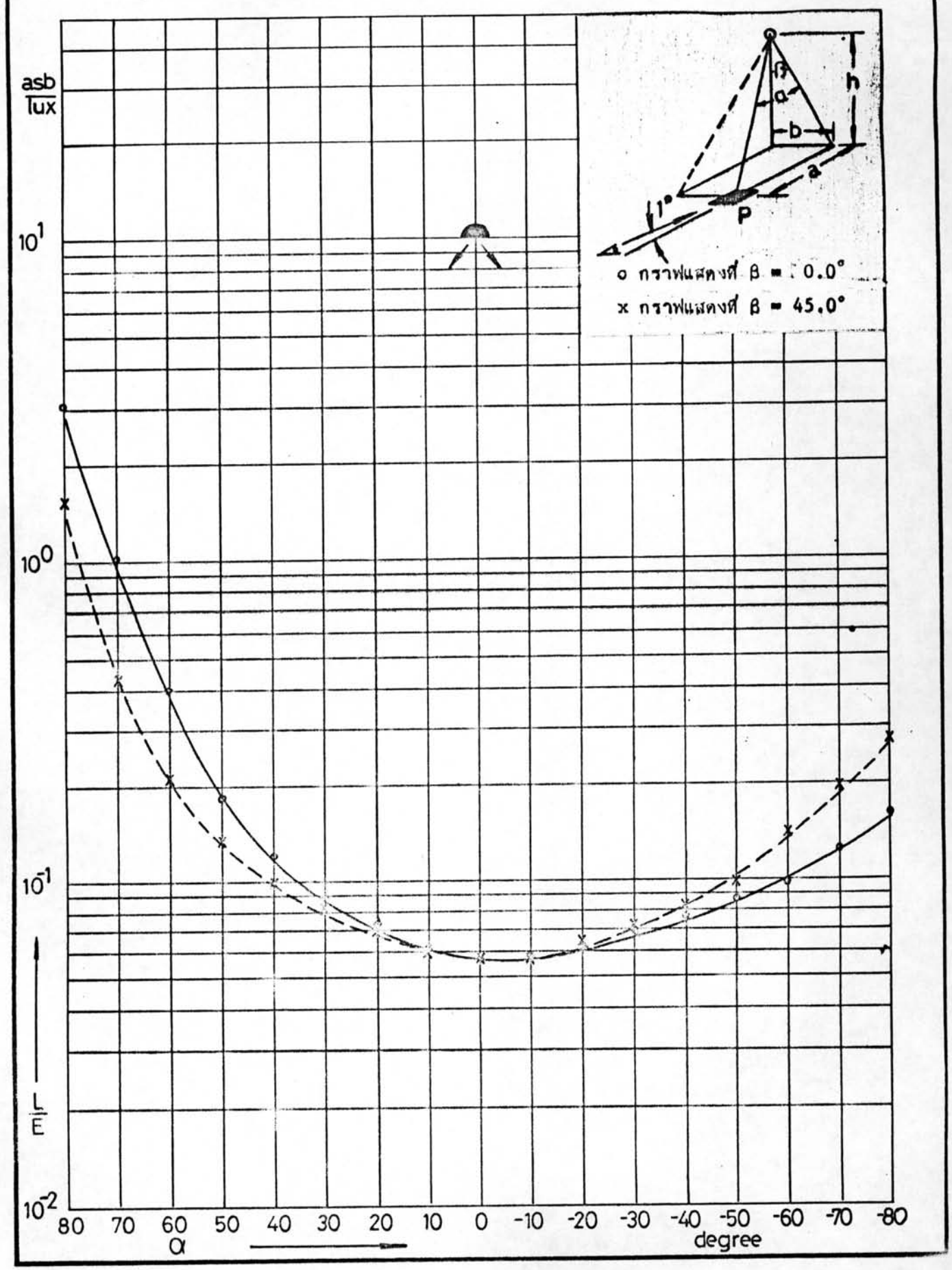
กร๊าฟรูป 3.4 แสดงค่า $q(\alpha, \beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง PC (W) โดยหลอด HQL 250 W



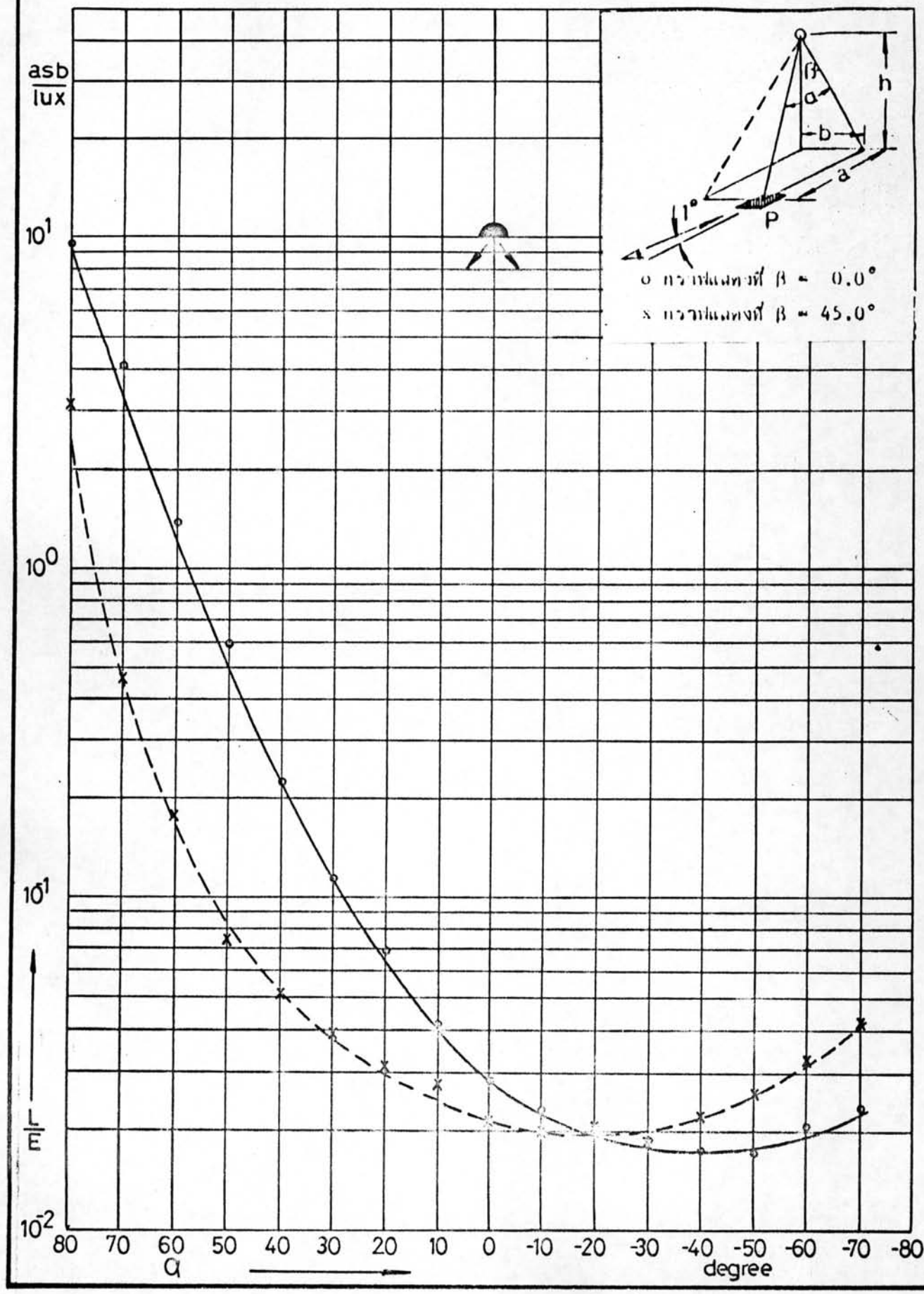
กร๊าฟรูป 3.5 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง AC (D) โดยหลอด NaV 250 W



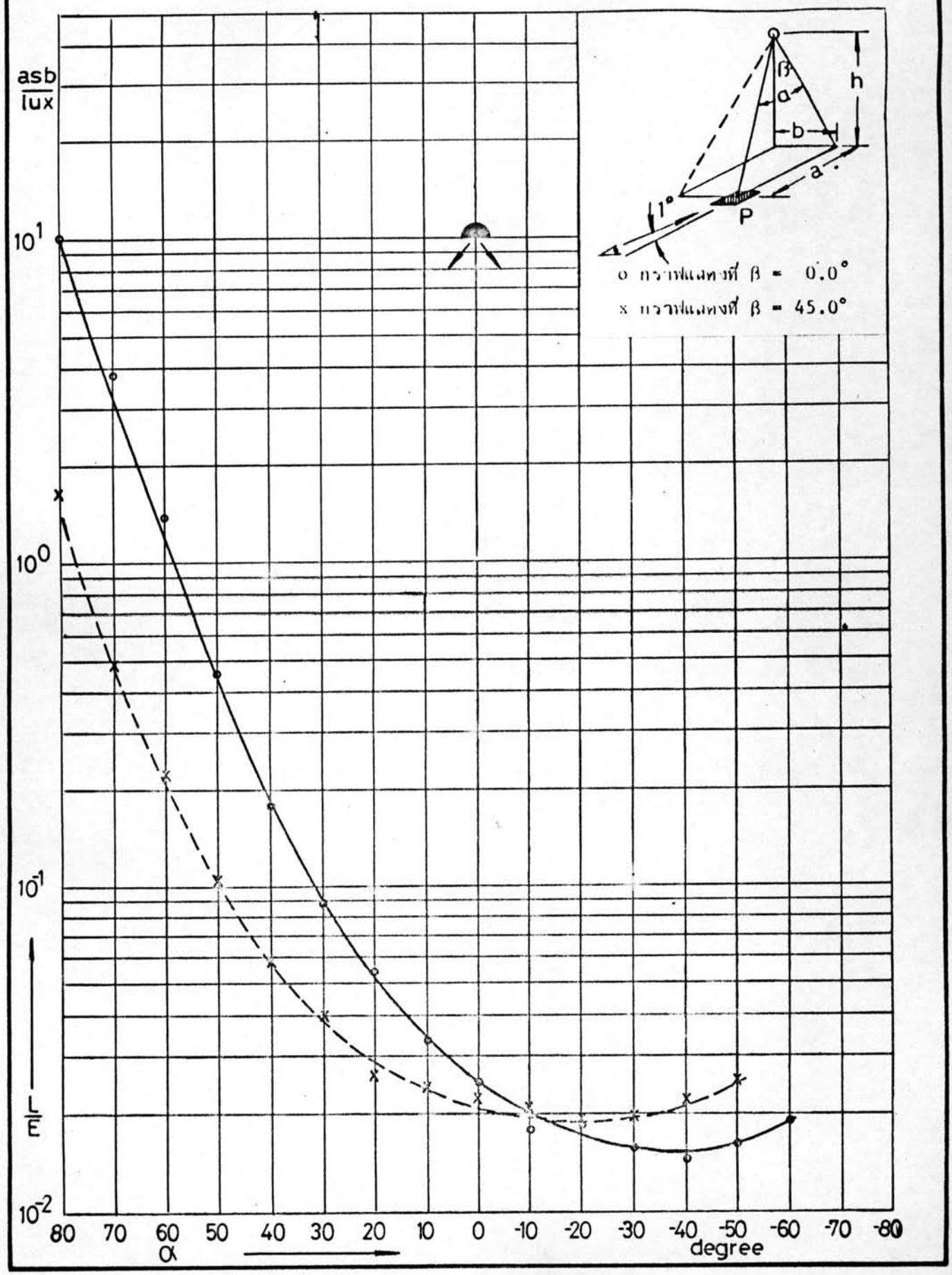
กร๊าฟรูป 3.6 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง AC (D) โดยหลอด HQL 250 W



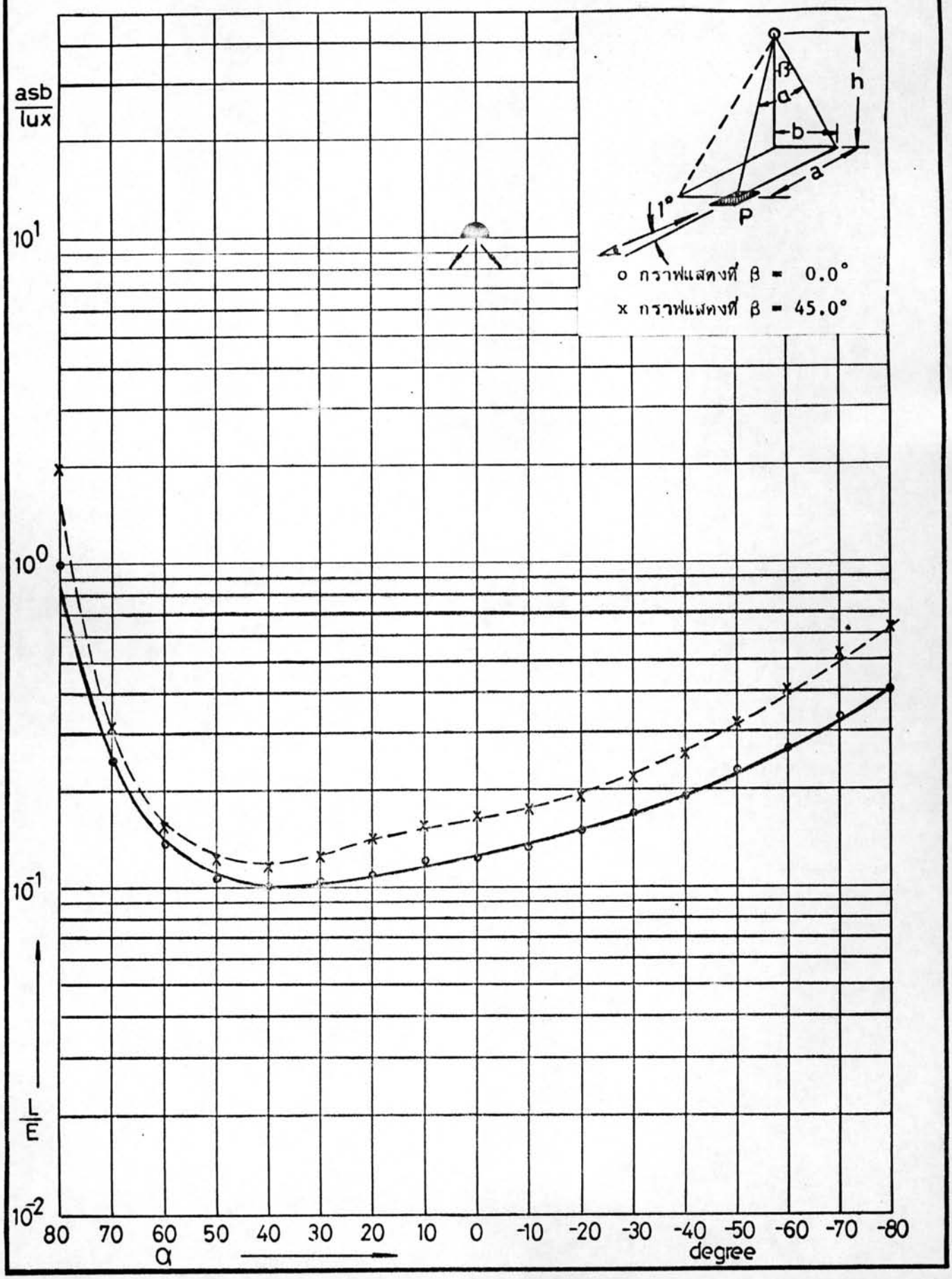
กร๊าฟรูป 3.7 แสดงค่า q(α,β)จากการวัดผิวตัวอย่าง AC (W) โดยหลอด NaV 250 W



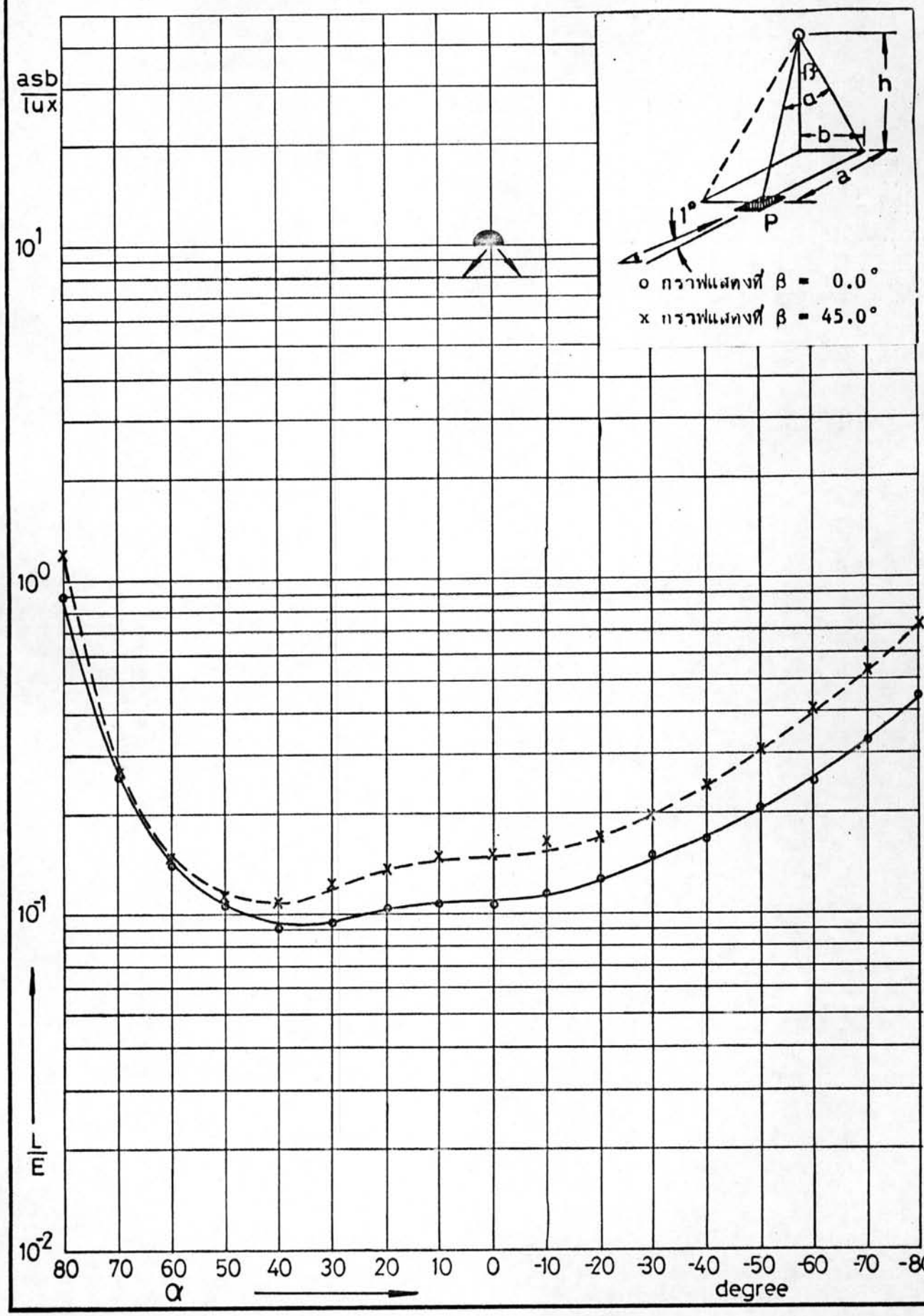
กร๊าฟรูป 3.8 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง AC (W) โดยหลอด HQL 250 W



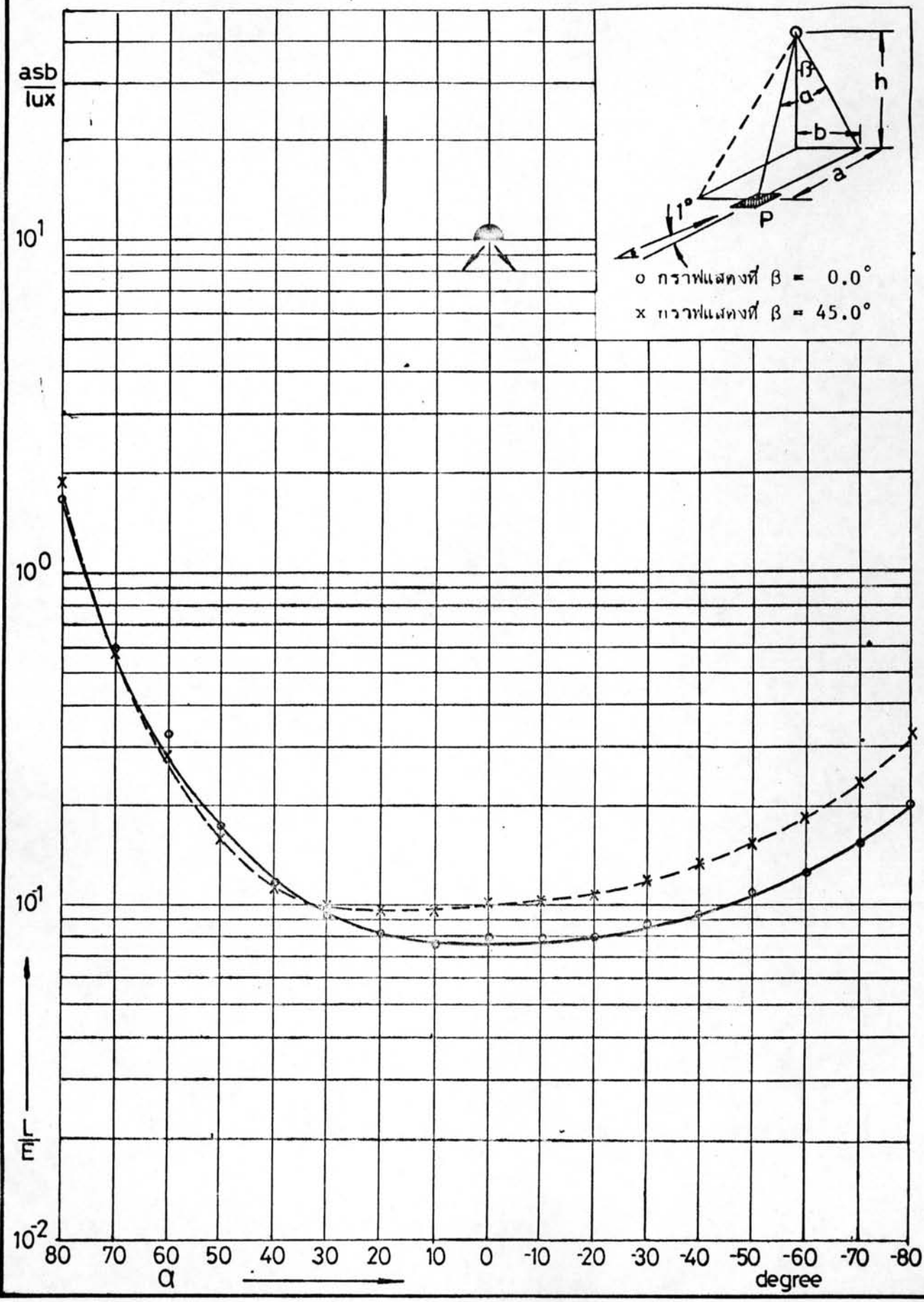
กร๊าฟรูป 3.9 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง SF(D) โดยหลอด NaV 250 W



กร๊าฟรูป 3.10 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง SF(D) โดยหลอด HQL 250 W



กร๊าฟรูป 3.11 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง SF(W) โดยหลอด NaV 250 W



กร๊าฟรูป 3.12 แสดงค่า $q(\alpha,\beta)$ จากการวัดผิวตัวอย่าง SF(W) โดยหลอด HQL 250 W