

บทที่ 4

ผลการทดลอง



4.1 กลสมบัติของไม้

จากผลการทดสอบหาระยะโก่งของคาน เพื่อหาค่าโมเมนต์ของความยืดหยุ่นและโมเมนต์ของแรงเฉือนตามแนวเส้น ตามข้อมูลในรูปที่ 4 - 1 ถึงรูปที่ 4 - 6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคาน จากการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 4 ชิ้น สำหรับการทดสอบแต่ละแบบและกำหนดอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึก 2 ค่า คือในรูปที่ 4 - 1 ถึงรูปที่ 4 - 3 เป็นคานแบบ simple supports, center load มีอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกเท่ากับ 10.5 และรูปที่ 4 - 4 ถึงรูปที่ 4 - 6 เป็นคานแบบ simple supports, center load มีอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกเท่ากับ 29

ค่าโมเมนต์ของความยืดหยุ่นประสิทธิผลที่ได้จากการทดสอบแบบ simple supports center load ในที่นี้ คือ

$$E_{eff} = \frac{PL^3}{48Iw} \quad (4.1)$$

เมื่อทราบค่าโมเมนต์ของความยืดหยุ่นประสิทธิผลสำหรับแต่ละค่าของอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกก็สามารถหาค่าโมเมนต์ของความยืดหยุ่นจริงและโมเมนต์ของแรงเฉือนจริงได้จากสมการ 2 สมการ ซึ่งมีตัวไม่ทราบค่า 2 ตัว คือ

$$\frac{\left[\frac{L_1}{2h}\right]^2}{E_{eff1}} = \frac{3}{10G} + \frac{1}{E} \left[\frac{L_1}{2h}\right]^2 \quad (4.2)$$

$$\frac{\left[\frac{L_2}{2h}\right]^2}{E_{eff2}} = \frac{3}{10G} + \frac{1}{E} \left[\frac{L_2}{2h}\right]^2 \quad (4.3)$$

จากสมการทั้งสองสมการนี้จะเห็นว่าเมื่อเขียนเส้นความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{L}{2h})^2 / E_{eff}$ กับค่า $(\frac{L}{2h})^2$ จะได้ความลาดเอียงของเส้นตรงคือค่า $\frac{1}{E}$

ดังนั้น จากผลที่ได้จากการหาระยะโค้งของคานไม้ทั้งสามชนิดก็สามารถหาค่า E_{eff} ได้สำหรับแต่ละค่าของ $(\frac{L}{2h})^2$ ตามสมการ 4 - 1 เมื่อนำค่า E_{eff} ที่ได้ไปเขียนเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(\frac{L}{2h})^2 / E_{eff}$ กับค่า $(\frac{L}{2h})^2$ จะได้ค่า slope ของเส้นตรงทั้งหมด 16 ค่า สำหรับไม้แต่ละชนิด หรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น 16 ค่า

4.2 การตรวจสอบข้อมูลทางสถิติ

จากผลการทดลองหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจากการทดสอบการกักโดยกองวิจัยกรมป่าไม้(20) ปรากฏผลดังนี้

- ไม้ยาง มีค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่น เท่ากับ 89,900 กก/ซม²
- ไม้ตะเคียนทอง มีค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่น เท่ากับ 117,000 กก/ซม²
- ไม้ตะเคียนหิน มีค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่น เท่ากับ 123,000 กก/ซม²

จากรูปที่ 4 - 35 ถึง 4 - 37 สามารถหาความลาดเอียงของจุดแต่ละคู่ ของเส้นตรงแต่ละคู่ แล้วหาส่วนกลับของความลาดเอียงซึ่งจะเป็นค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของไม้แต่ละชนิดตามตารางที่ 4 - 1 การคำนวณเพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่นสำหรับไม้ทั้งสามชนิดจากการทดลองอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่นของไม้ทั้งสามชนิดจากผลการทดสอบตามมาตรฐานของการกักโดยกองวิจัยกรมป่าไม้ด้วยความมีนัยสำคัญ (Level of Significant) 95 เปอร์เซ็นต์

- ให้ u_0 เท่ากับ ค่าเฉลี่ยของค่า E จากการทดสอบตามมาตรฐานการกัก
- u เท่ากับ ค่าเฉลี่ยของค่า E จากการทดลองครั้งนี้,
- เท่ากับ \bar{x}
- H_0 เท่ากับ สมมุติฐานหลักที่ให้ค่าเฉลี่ยของ E ของไม้ทั้งสามชนิดจากการทดลองครั้งนี้ เท่ากับค่าที่ได้จากการทดลองตามมาตรฐานการกัก

H_1 เท่ากับ สมมุติฐานอื่น

การยอมรับ H_0 จะทำได้ก็ต่อเมื่อค่าสถิติที่คำนวณได้ อยู่ในบริเวณที่ยอมรับ (acceptance area) ของส่วนโค้งปกติ (normal distribution curve) แต่เนื่องจากข้อมูลมี 16 ตัว ค่าสถิติที่ใช้จะเป็นค่าสถิติแบบ t - distribution ด้วยความมีอิสระ 13 เนื่องจากขาดความเป็นอิสระจากการคำนวณหาค่า \bar{x} , S_x และค่าสถิติ

จากข้อมูล	เท่ากับ	16	ตัว
ขาดอิสระ	เท่ากับ	3	
ความมีอิสระ	เท่ากับ	16 - 3	เท่ากับ 13

ก. การคำนวณสำหรับไม้อย่าง

$$H_0 ; u = u_0$$

$$H_1 ; u \neq u_0$$

$$\text{ระดับนัยยะสำคัญของสถิติ} = \frac{100 - 95}{100} = 0.05$$

เนื่องจากทดสอบสมมุติฐาน 2 ข้าง

$$\text{ระดับนัยยะสำคัญ} = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

จากตารางค่า t - distribution ที่มีความอิสระ 13

$$\text{ไครบริเวณยอมรับ} = \pm 2.624$$

ค่าสถิติจากข้อมูลการทดลอง

$$\begin{aligned} t &= \frac{\bar{x} - u_0}{S_x \sqrt{n}} \\ &= \frac{93450 - 89900}{5512.17/\sqrt{16}} \\ &= 2.576 \end{aligned}$$

จะได้ค่าสถิติจากการทดลองอยู่ในบริเวณยอมรับ

เพราะฉะนั้น ยอมรับสมมุติฐาน H_0

นั่นคือ ไม่มีเหตุผลที่จะปฏิเสธว่าค่าเฉลี่ยของ E ของไม้ยางจากผลการทดลอง มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของ E ของไม้ยางจากการทดสอบตามมาตรฐานการกัก

ข. การคำนวณสำหรับไม้ตะเคียนทอง

โดยใช้สมมุติฐานเช่นเกี่ยวกับการทดสอบค่า E ของไม้ยาง แต่ค่าสถิติจากการทดลองของค่าเฉลี่ยของ E สำหรับไม้ตะเคียนทองผิดกันไป

ค่าสถิติจากการทดลอง

$$t = \frac{122125 - 117000}{13255.82/\sqrt{16}} = 1.5465$$

ดังนั้นยอมรับสมมุติฐาน H_0 เพราะค่าสถิติอยู่ในบริเวณยอมรับ

ค. การคำนวณสำหรับไม้ตะเคียนหิน

เช่นเดียวกับไม้ตะเคียนทอง ข้อสมมุติฐานเหมือนกัน แต่ค่าสถิติจากการทดลองต่างกัน

ค่าสถิติจากการทดลอง

$$t = \frac{124975 - 122000}{13918.26/\sqrt{16}} = 0.8549$$

ดังนั้นยอมรับสมมุติฐาน H_0 เพราะค่าสถิติอยู่ในบริเวณยอมรับ

จากผลการทดสอบสมมุติฐานทำให้เชื่อได้ว่าผลการทดลอง เป็นไปจริงตามผลที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐานของคานาในระบับความมีนัยยะสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกัน

4.3 ระยะเวลาของคานไม้

ผลการทดสอบระยะเวลาของคานไม้ในสภาพ both ends fixed, center load แสดงอยู่ในรูปที่ 4 - 7 ถึง 4 - 12 โดยกำหนดค่าอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกเท่ากับการทดสอบแบบ simple supports, center load

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ได้ออกจากการทดสอบกับทฤษฎีพื้นฐานของคานซึ่งหาระยะโค้งโดยโมเมนต์ของแรงเฉือนและกำหนดค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นตามแนวเส้นที่จะนำไป

ใช้ในทฤษฎีที่ 4 - 2 เพราะถือว่าไม่อยู่ในสภาพเดียวกัน เฟอร์เซนต์ความผิดพลาดซึ่งเกิดจากการหาระยะโค้งโดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานของคานแสดงอยู่ในตารางที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่า การนำทฤษฎีพื้นฐานของคานมาใช้กับคานในสภาพ both ends fixed, center load จะเกิดความผิดพลาดมากจนไม่อาจยอมรับได้ โดยเฉพาะคานที่มีค่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกน้อย ๆ

เมื่อเปรียบเทียบระยะโค้งที่ได้จากการทดสอบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีของ Timoshenko beam theory ซึ่งหาระยะโค้งโดยคิณผลของแรงเฉือนด้วย ตามตารางที่ 4 - 6 ซึ่งจะเห็นว่า การใช้ทฤษฎีนี้ในการคำนวณออกแบบคานไม้ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการหาระยะโค้งจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคาน

4.4 ระยะโค้งของคานไม้เสริมผิว

การทดสอบระยะโค้งของคานไม้เสริมผิว ซึ่งใช้ความยาวช่วงคานสองช่วง คือ 14.8 ซม. กับ 24.5 ซม. การทดสอบเป็นแบบ both ends fixed, center load ทั้งหมด จะปรากฏความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโค้งตามรูปที่ 4 - 13 ถึงรูปที่ 4 - 24

ความผิดพลาดของค่าระยะโค้งที่ได้จากการคำนวณ ตามทฤษฎีต่าง ๆ ได้เปรียบเทียบหาเฟอร์เซนต์ ความผิดพลาดตามตารางที่ 4 - 7 ถึงตารางที่ 4 - 10 ในตารางที่ 4 - 7 ระยะโค้งตามทฤษฎีหาได้โดยสมมุติว่าค่าโมเมนต์ของแรงเฉือนสำหรับไม้ = 0 ดังนั้นการโค้งงอของคานตามทฤษฎีนี้คือ การโค้งงอเนื่องจากโมเมนต์ค้ำครอบแกนสะเทินของแผ่นประกบ โดยที่ไม้รับแรงเฉือนไม่ได้ ในตารางที่ 4 - 8 ระยะโค้งตามทฤษฎีหาได้โดยการสมมุติให้ค่าโมเมนต์ของแรงเฉือนสำหรับไม้และแผ่นประกบเป็นอินฟินิตี้ การโค้งงอของคานตามทฤษฎีนี้ก็คือ การโค้งงอเนื่องจากโมเมนต์ครอบแกนสะเทินของคานไม้เสริมผิว และแผ่นประกบ ไม่เกิดการเสยรูปเนื่องจากแรงเฉือน ในตารางที่ 4 - 9 ระยะโค้งตามทฤษฎีหาได้โดยการคิดระยะโค้งเนื่องจากโมเมนต์ค้ำ และระยะโค้งซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจาก shear warping ด้วย ตามสมการ 2.67

ในตารางที่ 4 - 10 ระบุโค้งตามทฤษฎีที่ใช้จากการใช้ความลึกประสิทธิภาพ ความลึกจริงของคาน แล้วหาโค้งโดยคิดผลของแรงเฉือนด้วยตามสมการ 2.28

4.5 ความเค้นค้ำในคานไม้

ในตารางที่ 4 - 12 ค่าความเค้นค้ำตามทฤษฎีซึ่งไม่คิดผลอันเกิดจาก bimoment ของแผ่นประกบ เพราะสมมติว่าโมเมนต์ของแรงเฉือน เป็นอินทิกรัลทั้งไม้และแผ่นประกบ

ค่าความเค้นค้ำที่ผิวนอกของแผ่นประกบที่ได้จากทฤษฎีนี้คือ

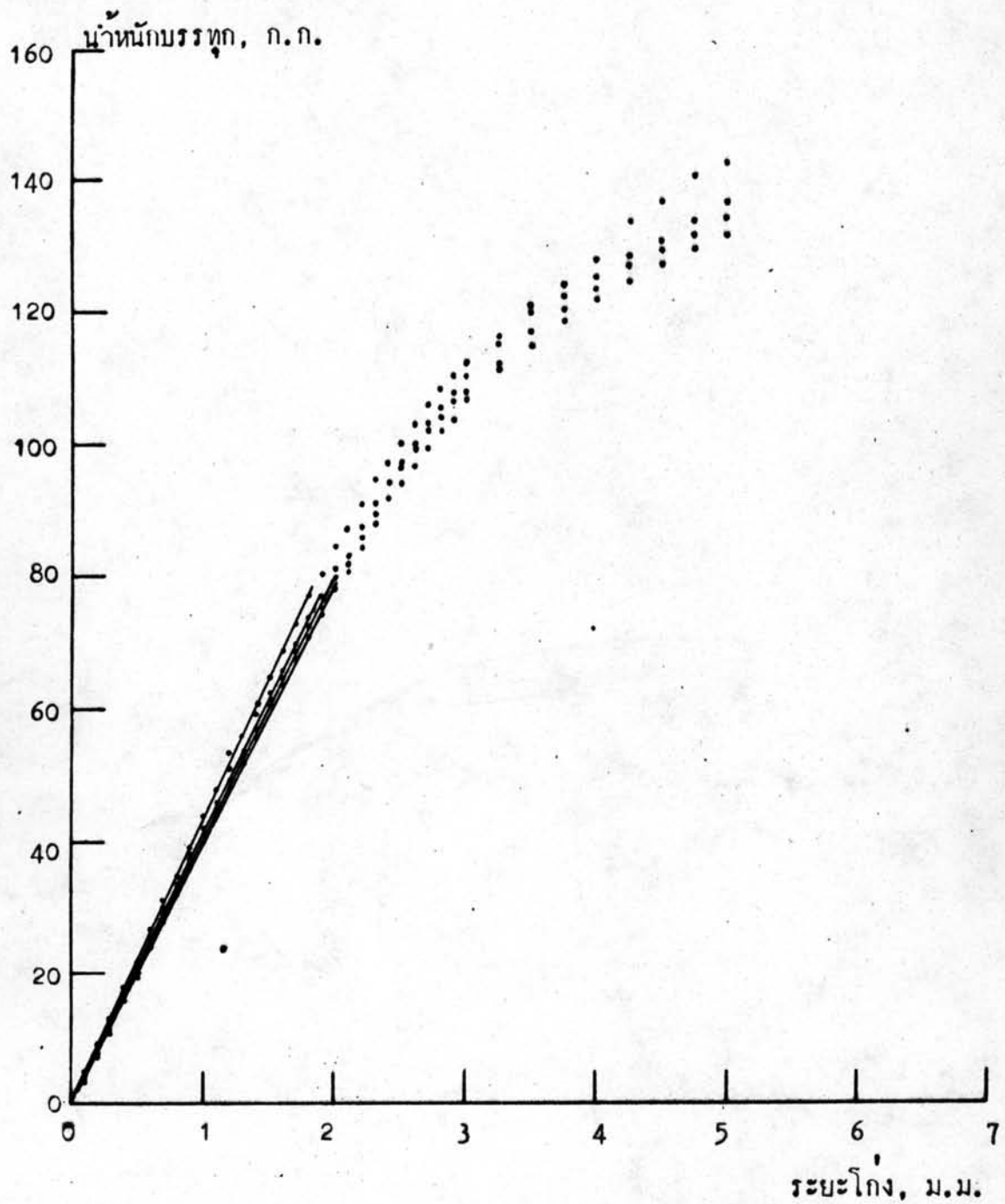
$$\sigma_{\max} = \frac{hME_f}{\sum E_1 I_1} \quad (4.4)$$

ในตารางที่ 4 - 13 ค่าความเค้นค้ำตามทฤษฎี ซึ่งคิดผลอันเกิดจาก bimoment ของแผ่นประกบด้วย bimoment นี้คือ โมเมนต์รอบแกนสะเหินของแผ่นประกบแต่ละคาน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจาก shear warping ของไม้

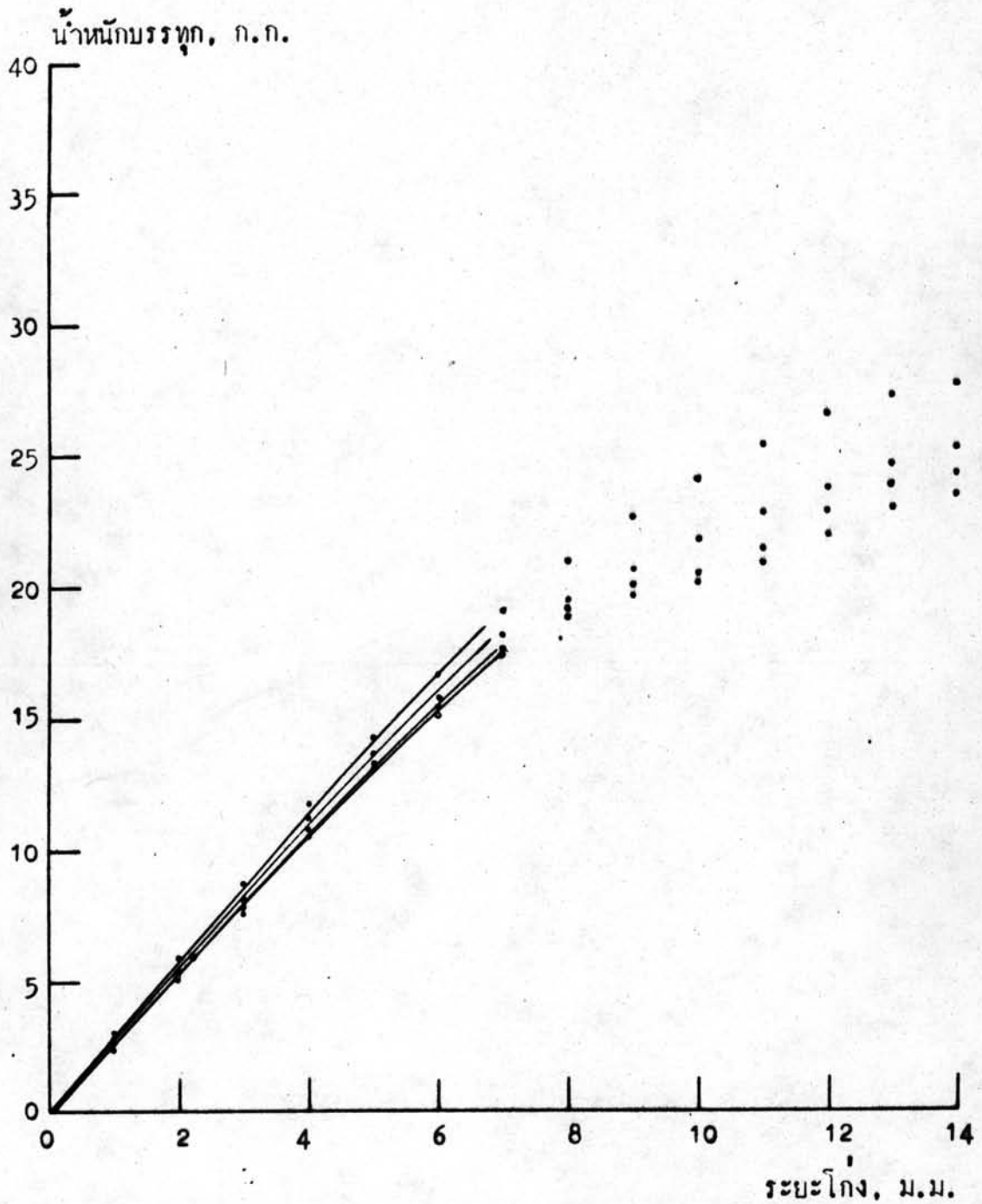
ค่าความเค้นค้ำที่ผิวนอกของแผ่นประกบที่ได้จากทฤษฎีนี้คือ

$$\sigma_{\max} = \frac{hME_f}{\sum E_1 I_1} + \frac{M_o \bar{z}}{I_o} \quad (4.5)$$

ค่า M_o , I_o , และ \bar{z} หาได้ตามสมการ 2.68

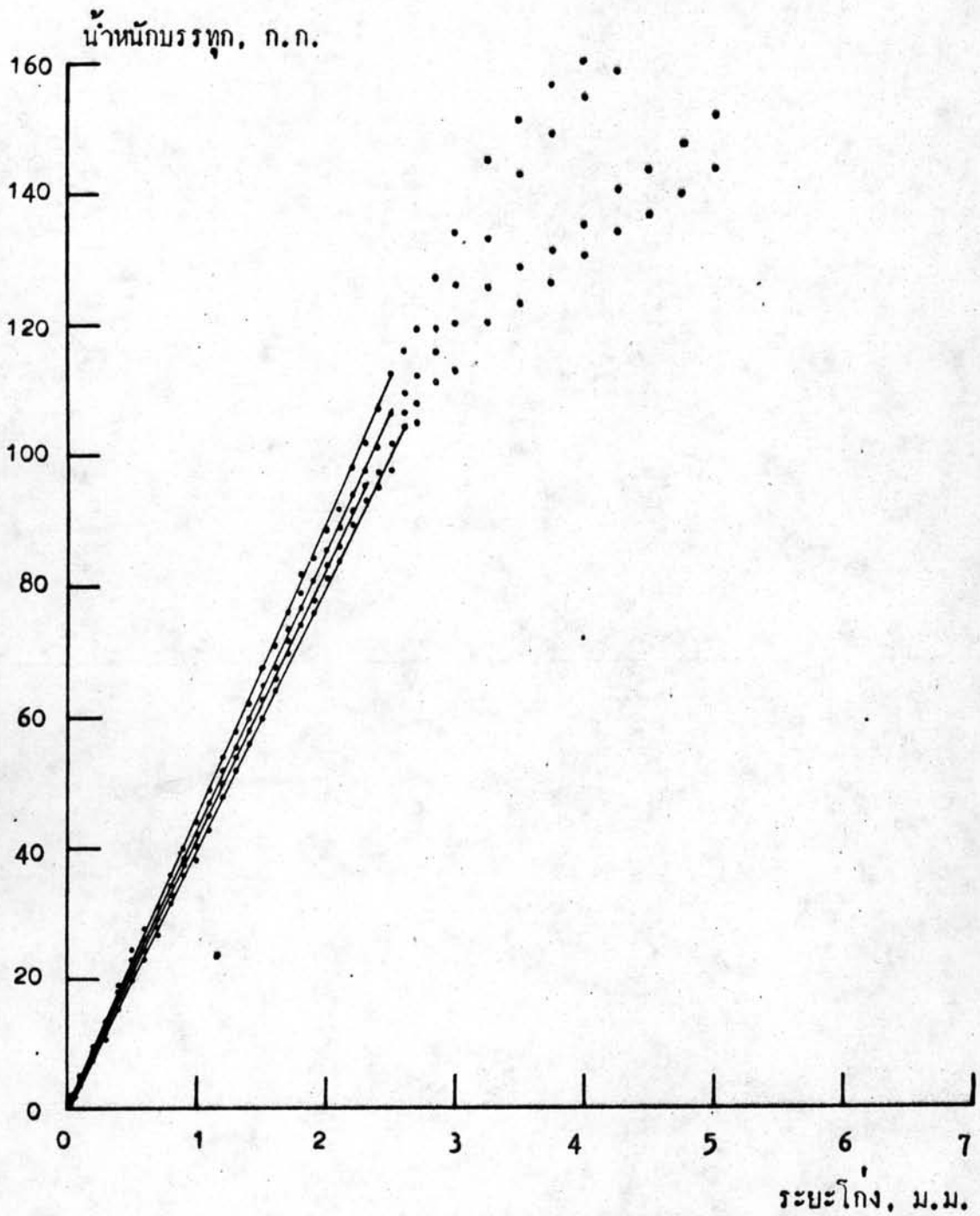


รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ยาง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.
 ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $b = 1.8$ ซม., $h = 1.4$ ซม.

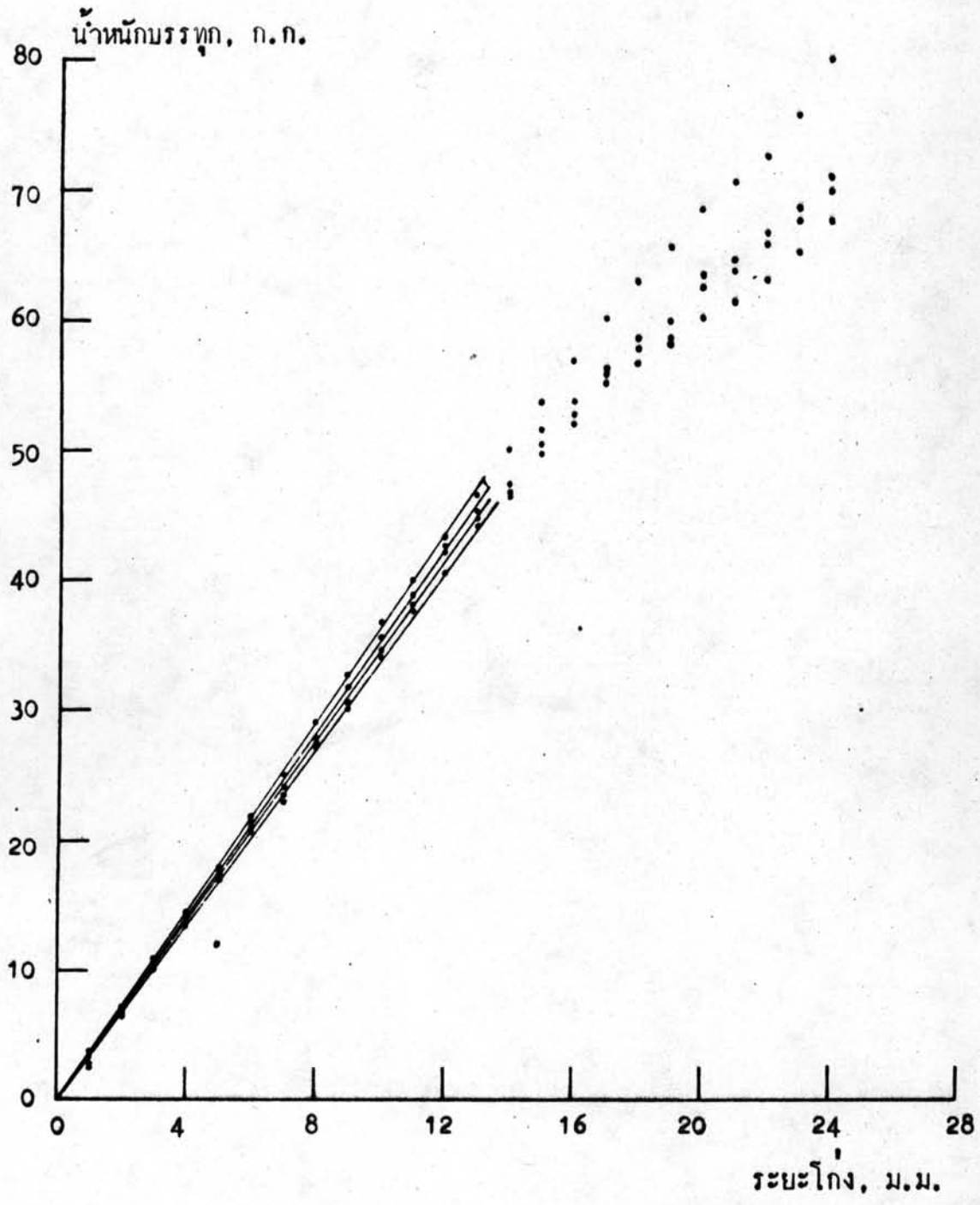


รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ยาง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.

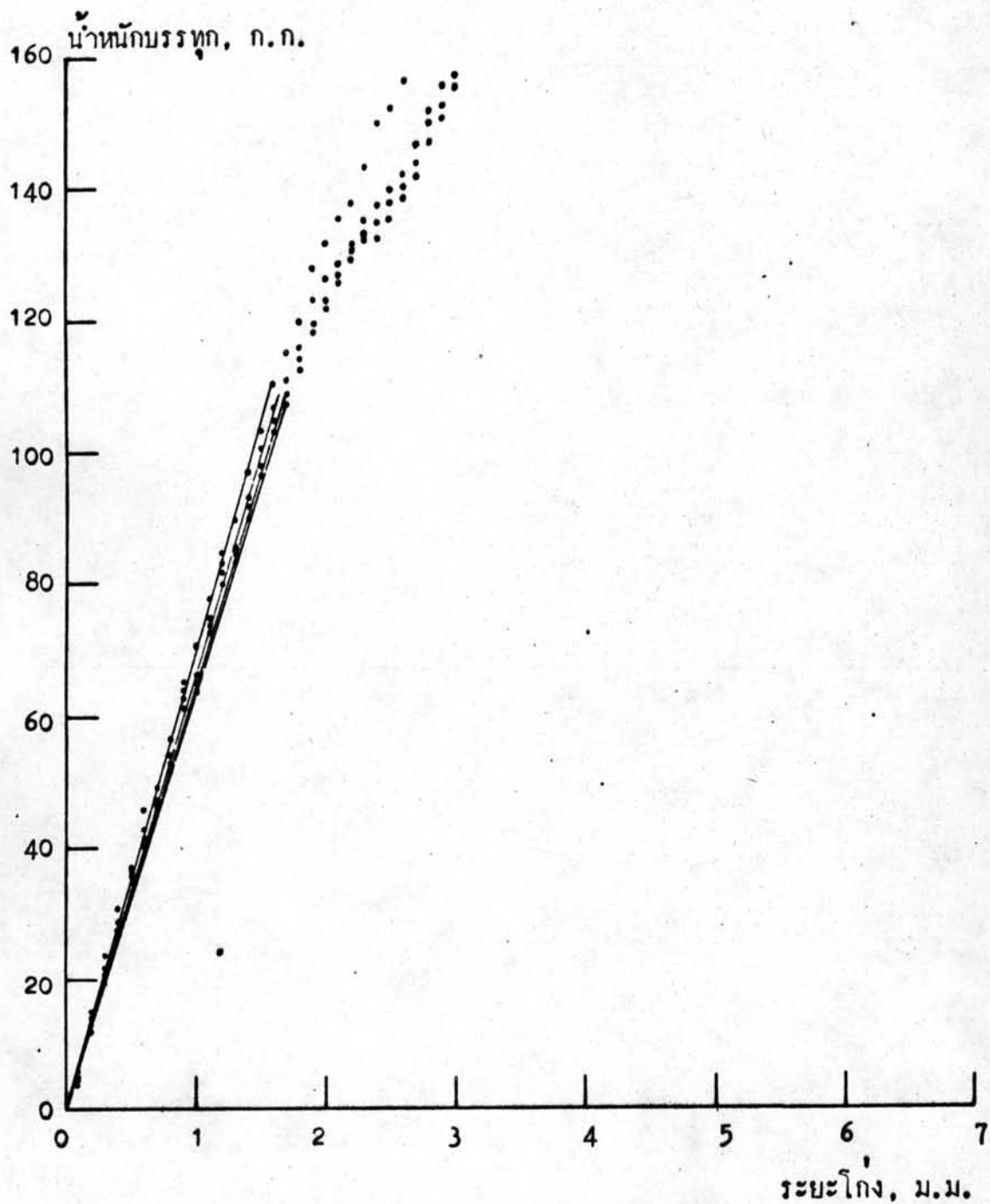
ความยาวช่วงคาน = 40.5 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



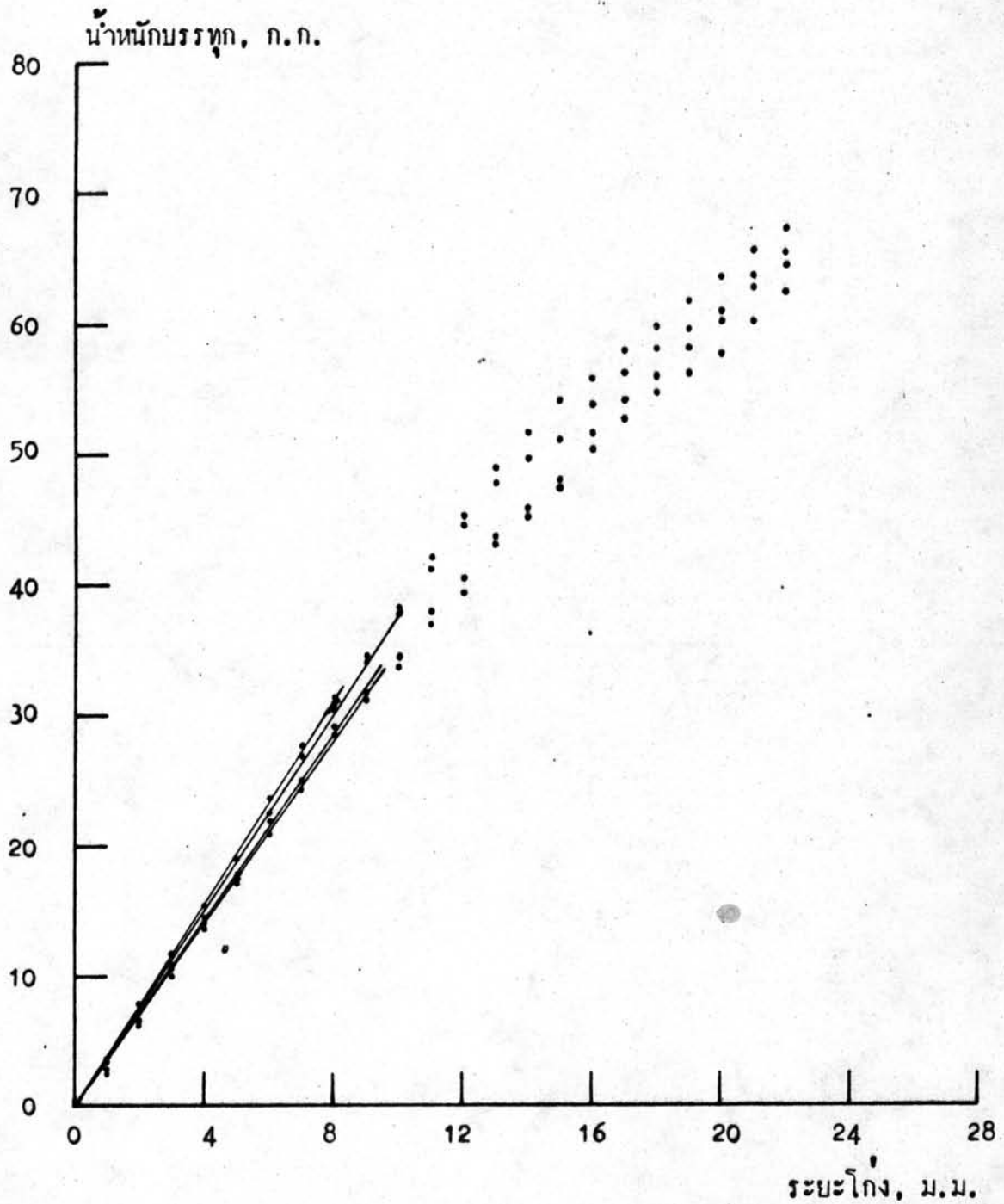
รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนทอง
จากการทดสอบแบบ **simple supports, center load.**
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.6$ ซม.



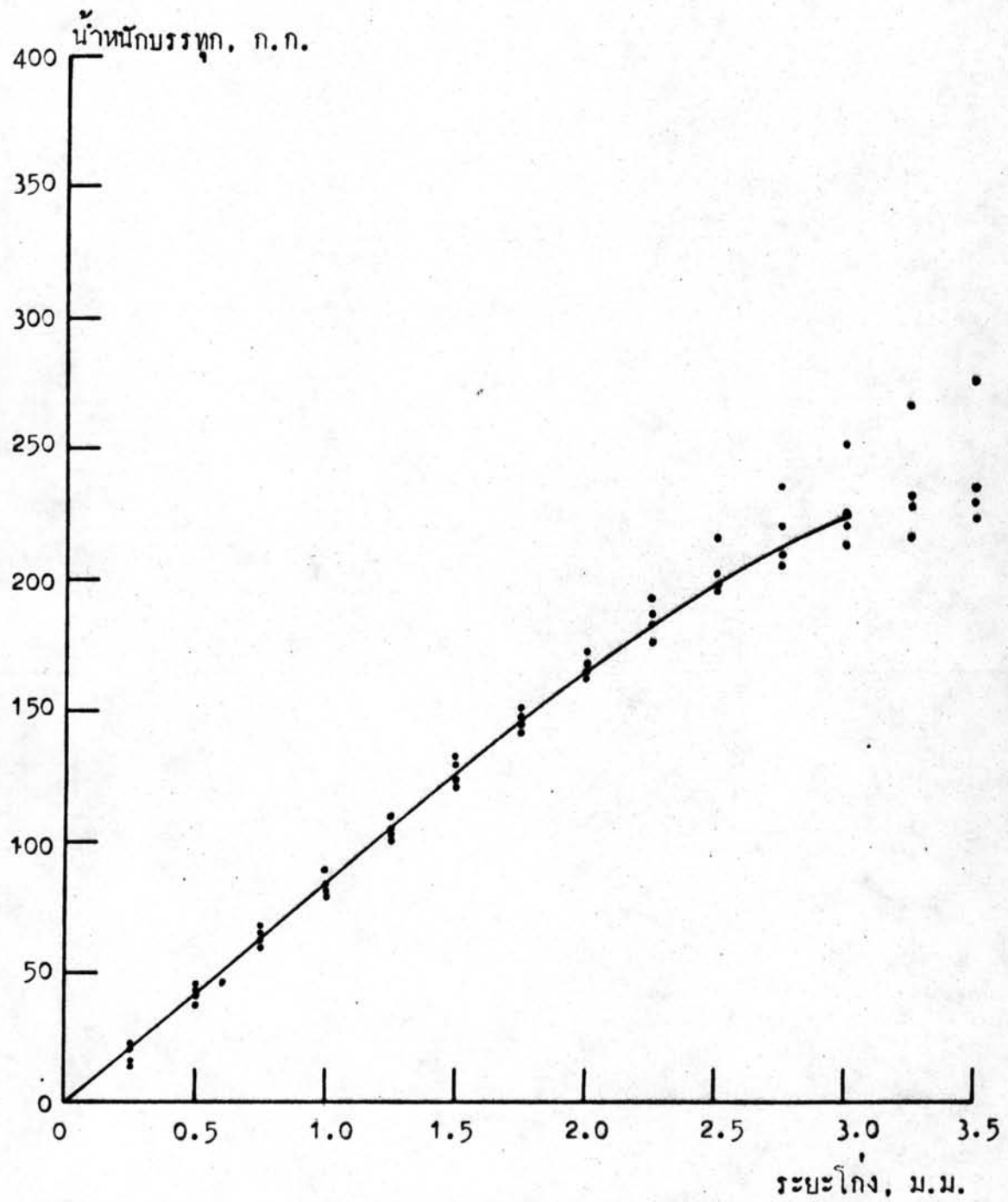
รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกกับระยะโคงของไม้ตะเคียนทอง
จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.
ความยาวช่วงคาน = 40.5 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน
จากการทดสอบแบบ **simple supports, center load.**
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



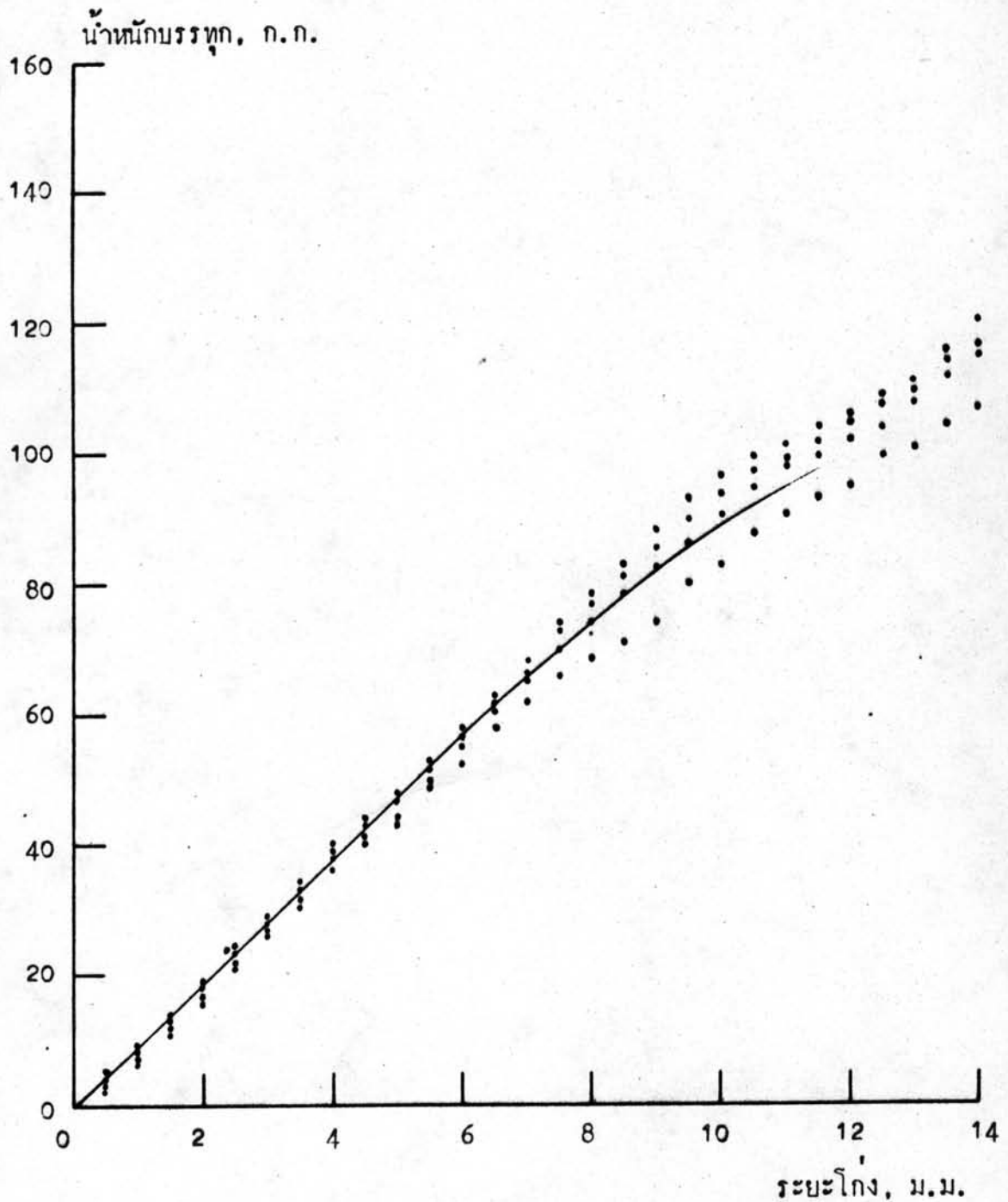
รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน
จากการทดสอบแบบ **simple supports, center load.**
ความยาวช่วงคาน = 40.5 ซม. $b = 10$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



รูปที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ยาง

จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.

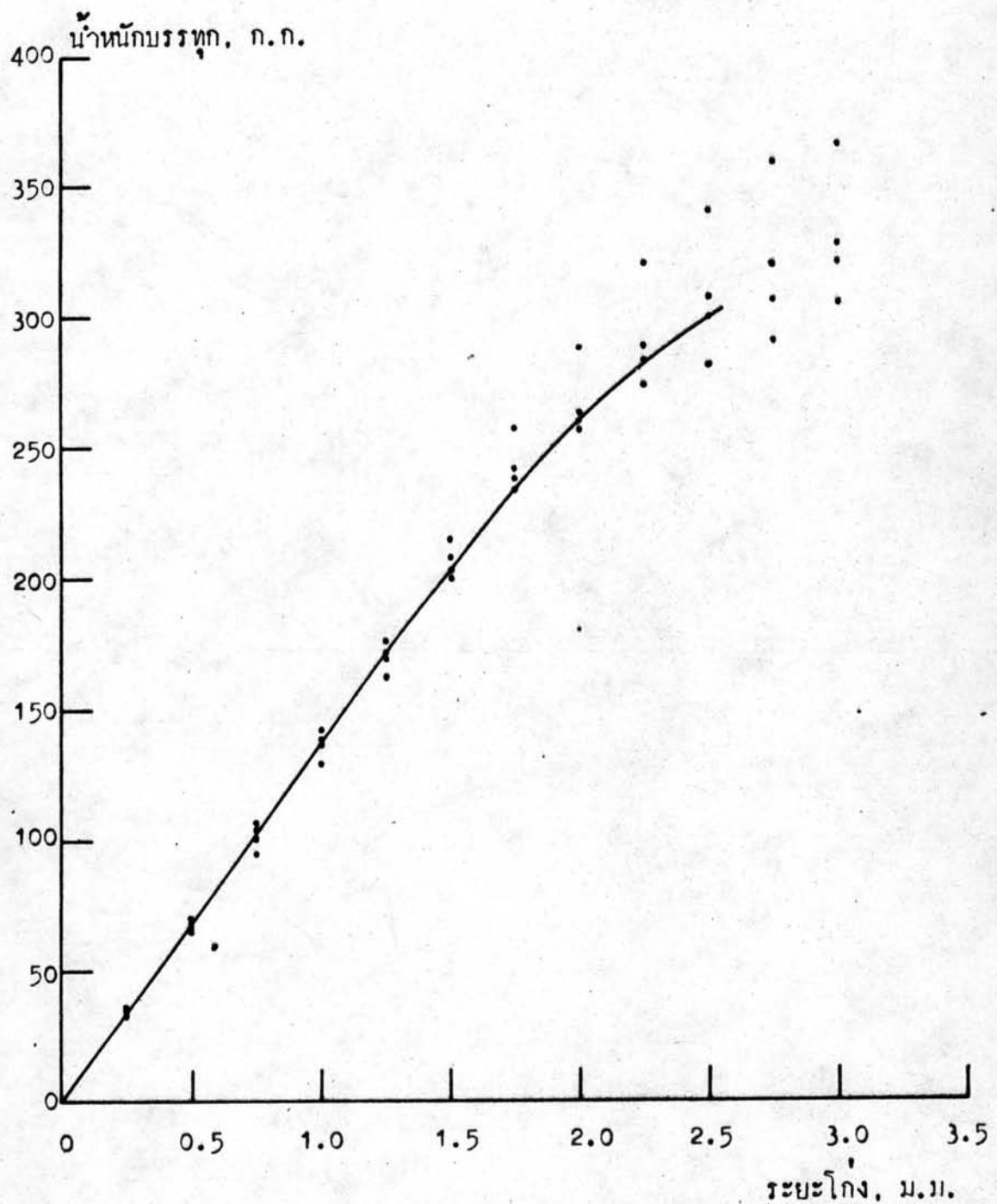
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. b = 1.8 ซม. h = 1.4 ซม.



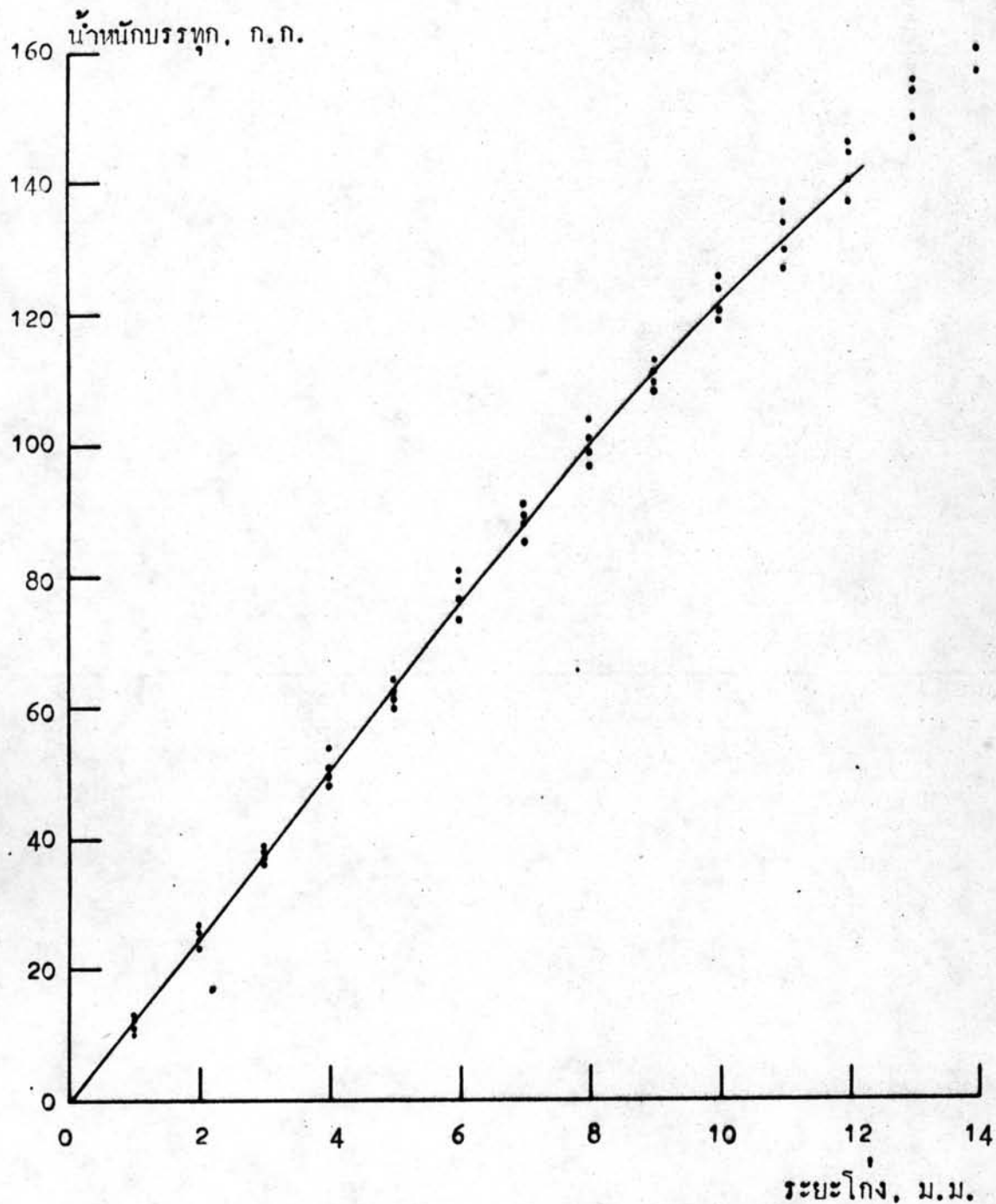
รูปที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ยาง

จากการทดสอบแบบ **both ends fixed, center load.**

ความยาวช่วงคาน = 40.5 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



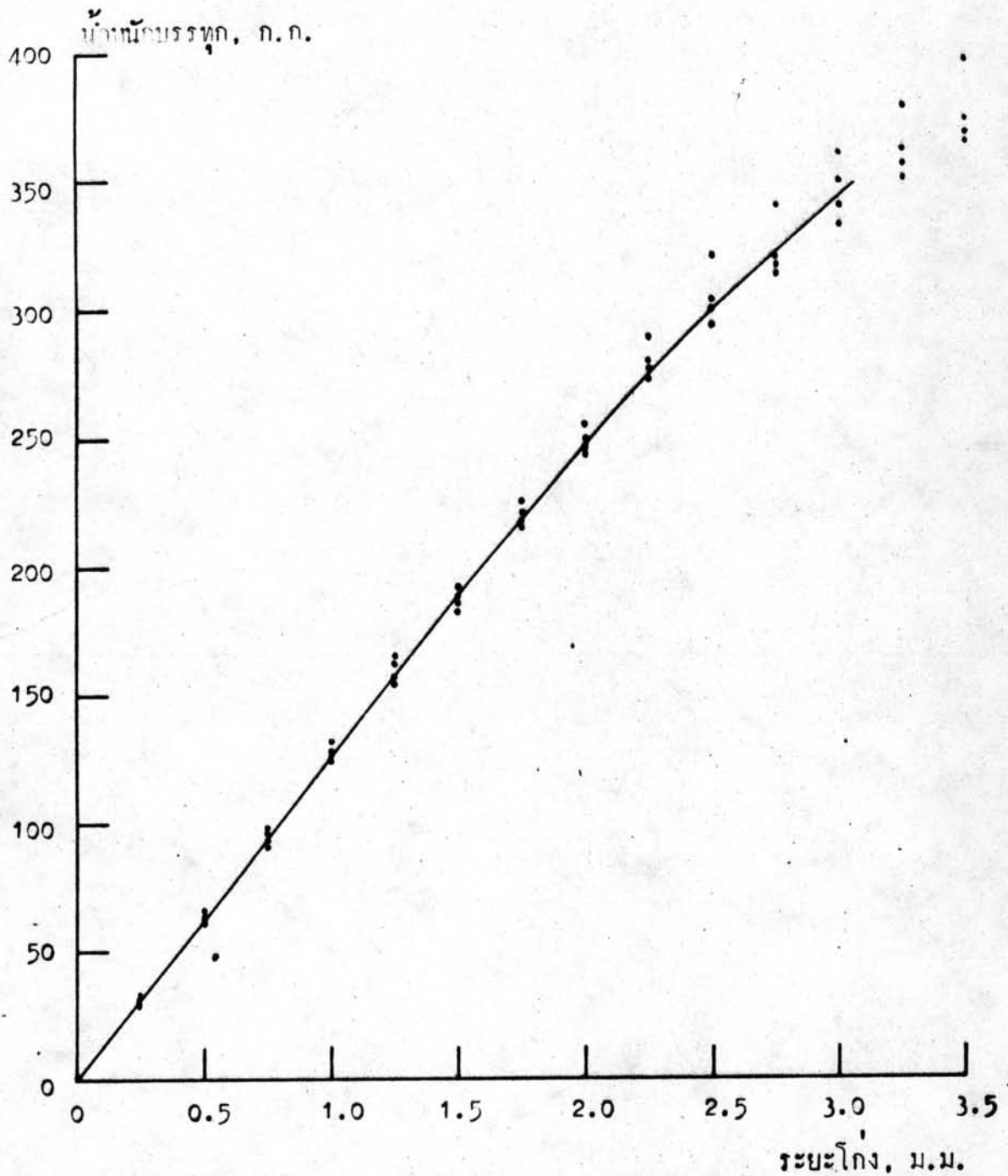
รูปที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนทอง
จากการทดสอบแบบ **both ends fixed, center load.**
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



รูปที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนทอง

จากการทดสอบแบบ **both ends fixed, center load.**

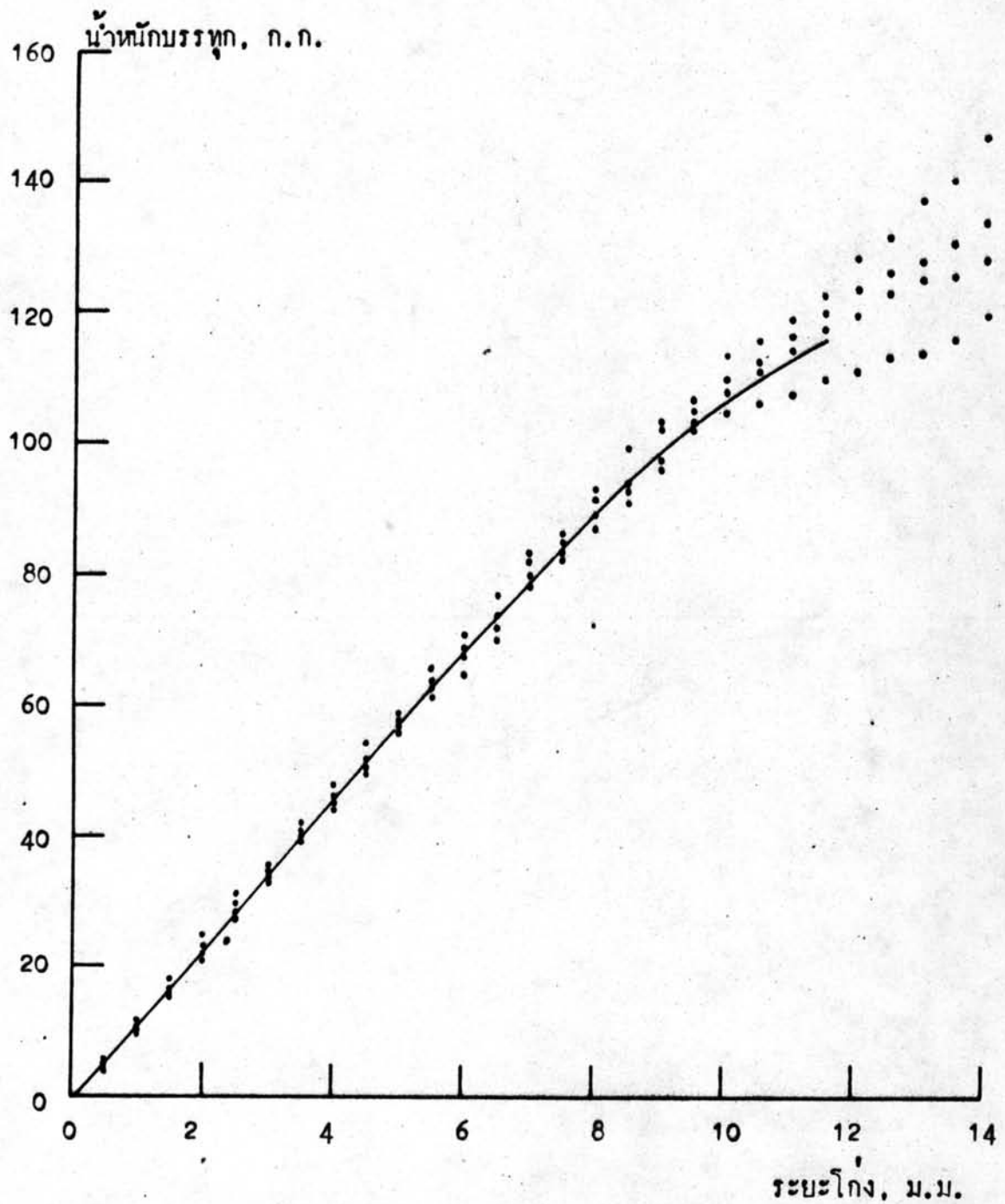
ความยาวของคาน = 40.5 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



รูปที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน

จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.

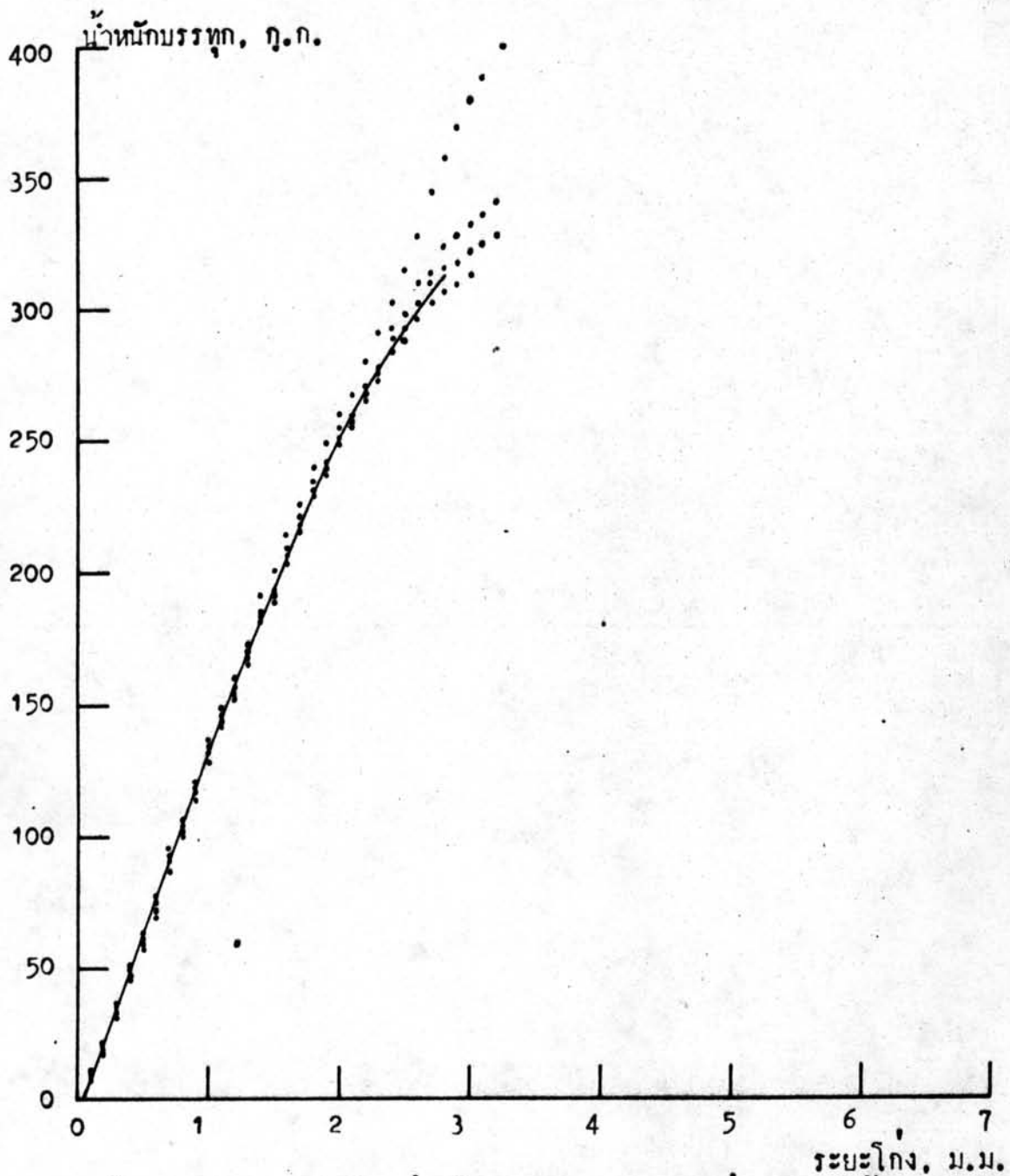
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



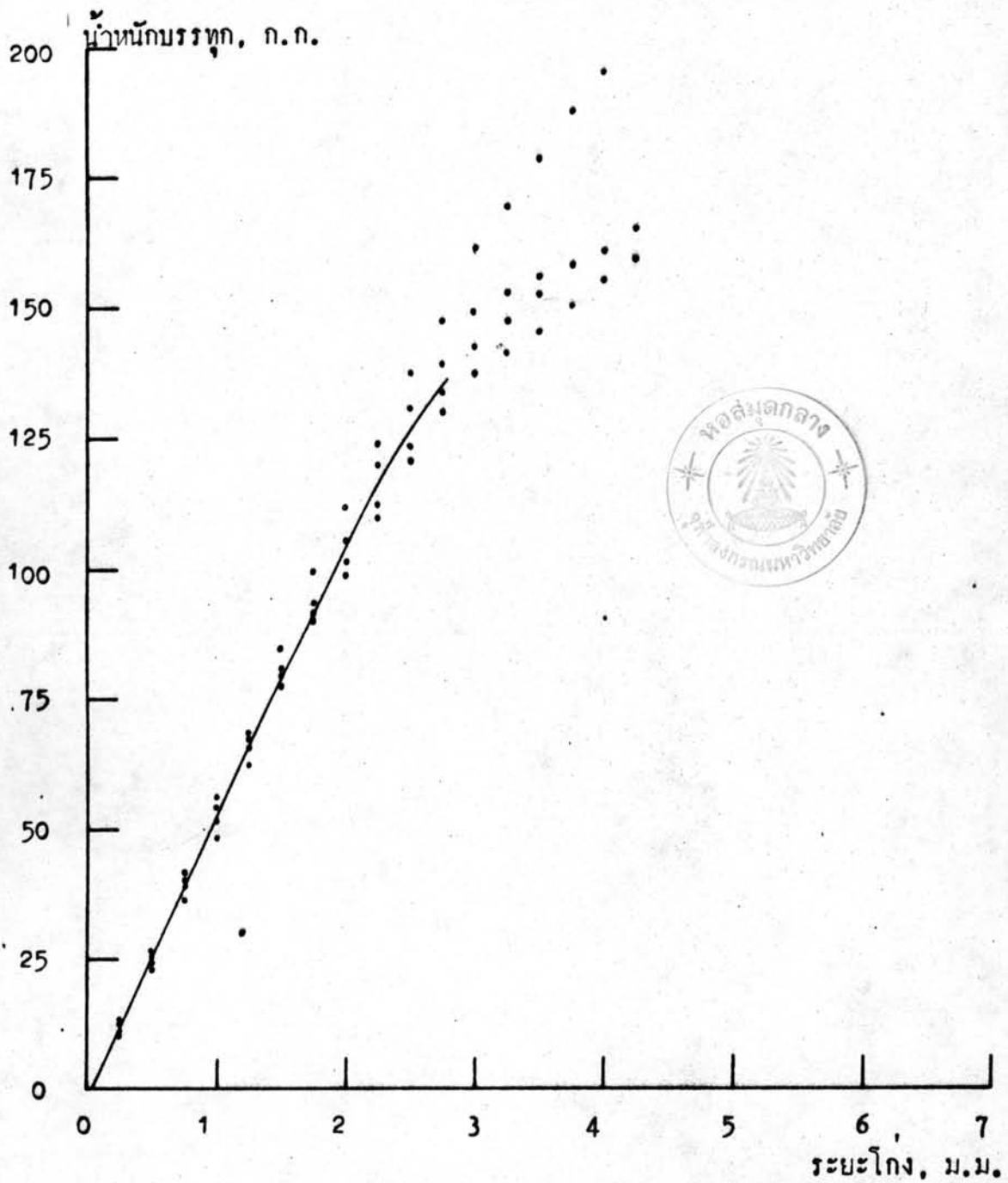
รูปที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน

จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.

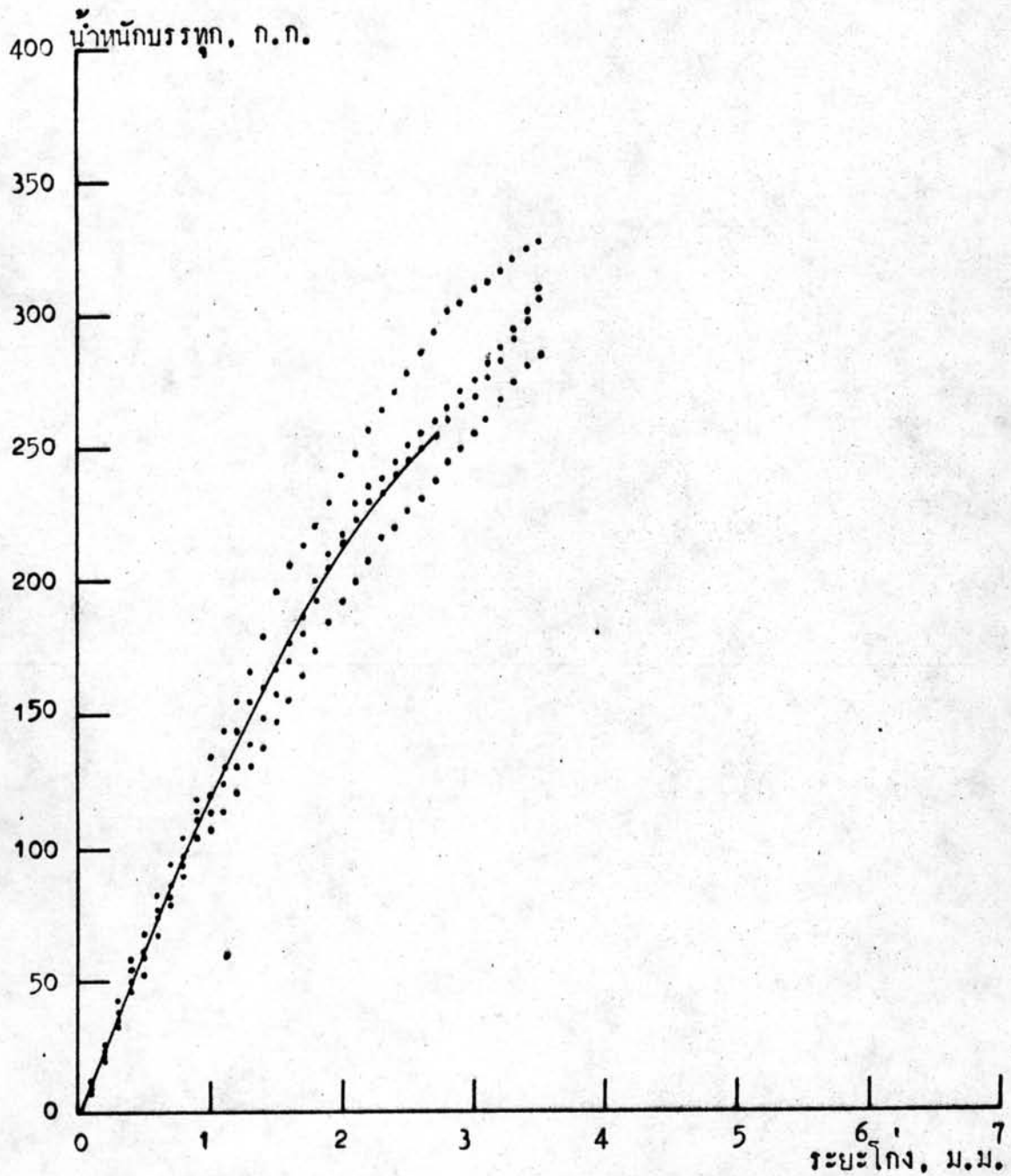
ความยาวช่วงคาน = 40.5 ซม. $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม.



รูปที่ 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโคงของคานไม้ยางเสริมผิว
จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $h_f/h_c = 0.4$



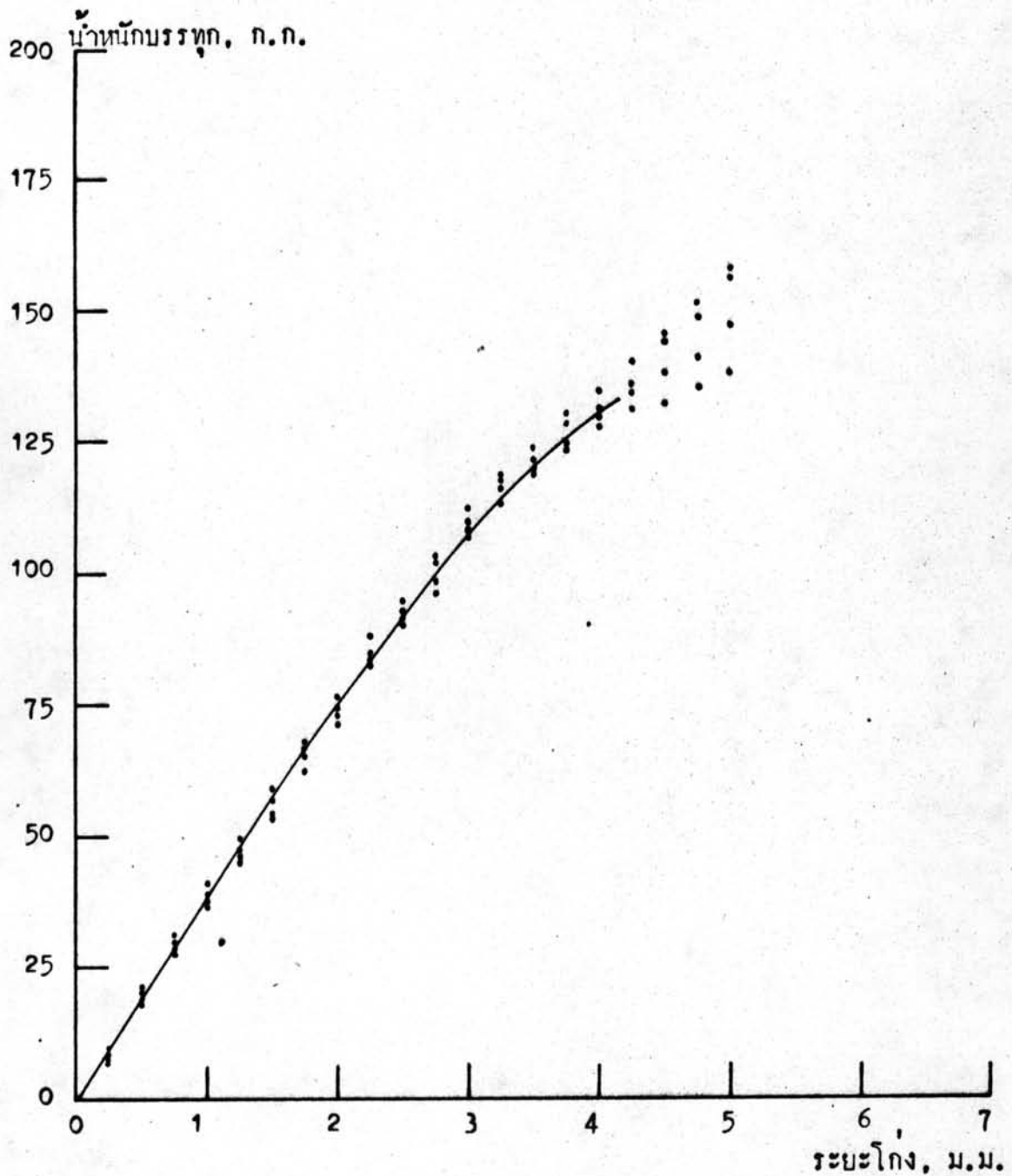
รูปที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโคงของคานไม้ยางเสริมผิว
จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $h_f/h_g = 0.4$



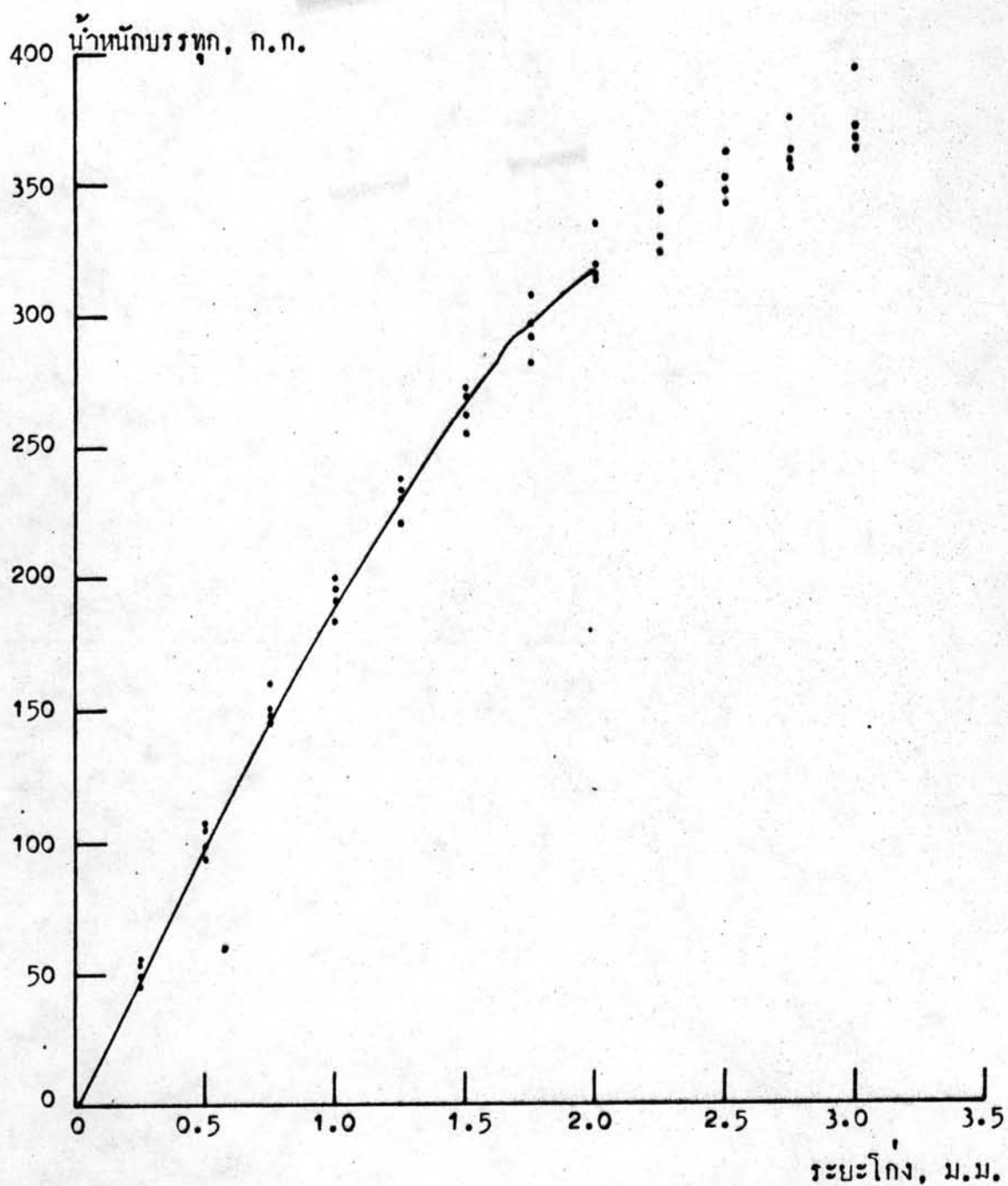
รูปที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโถงของคานไม้ยางเสริมผิว

จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.

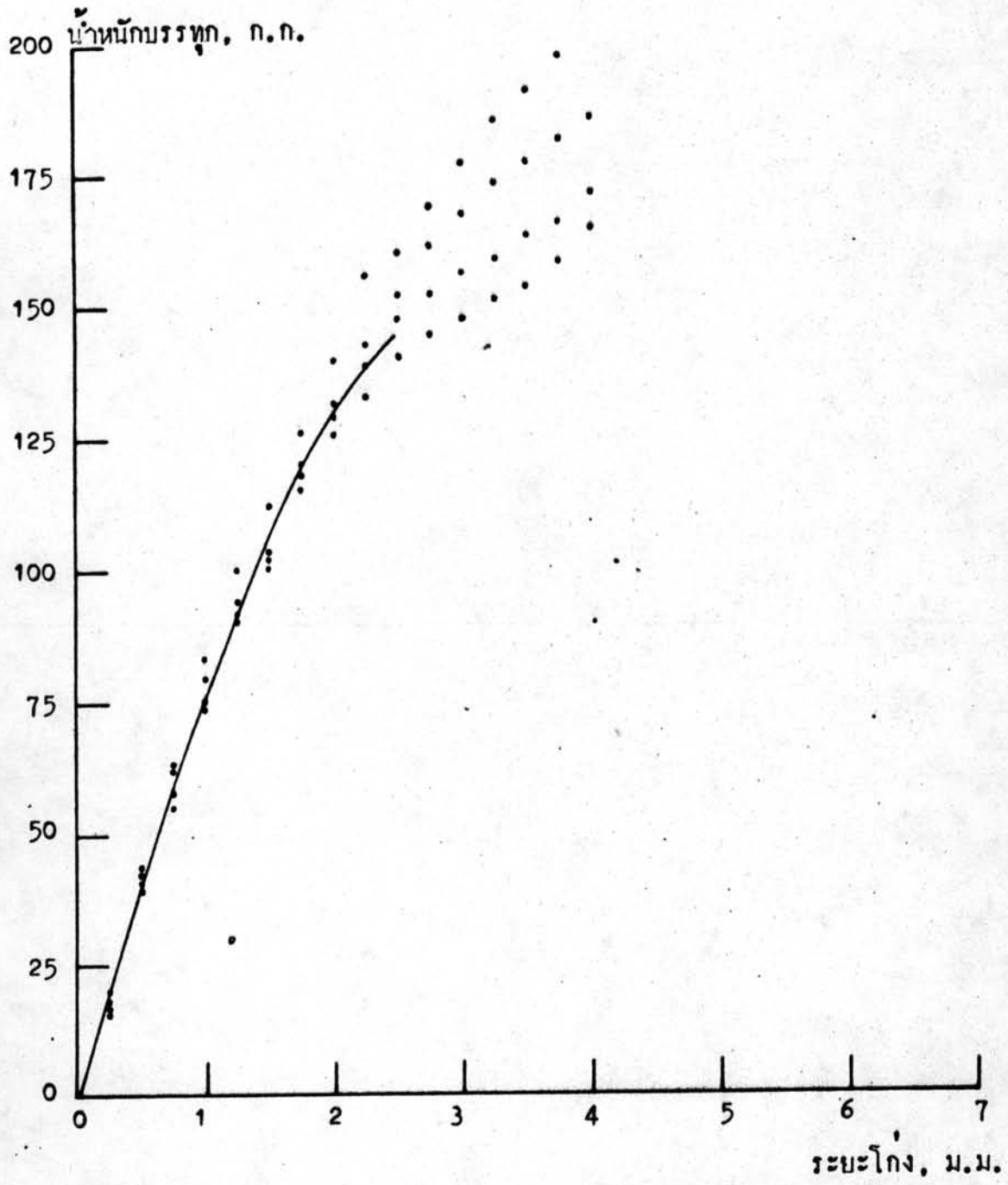
ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $h_f/h_o = 0.2$



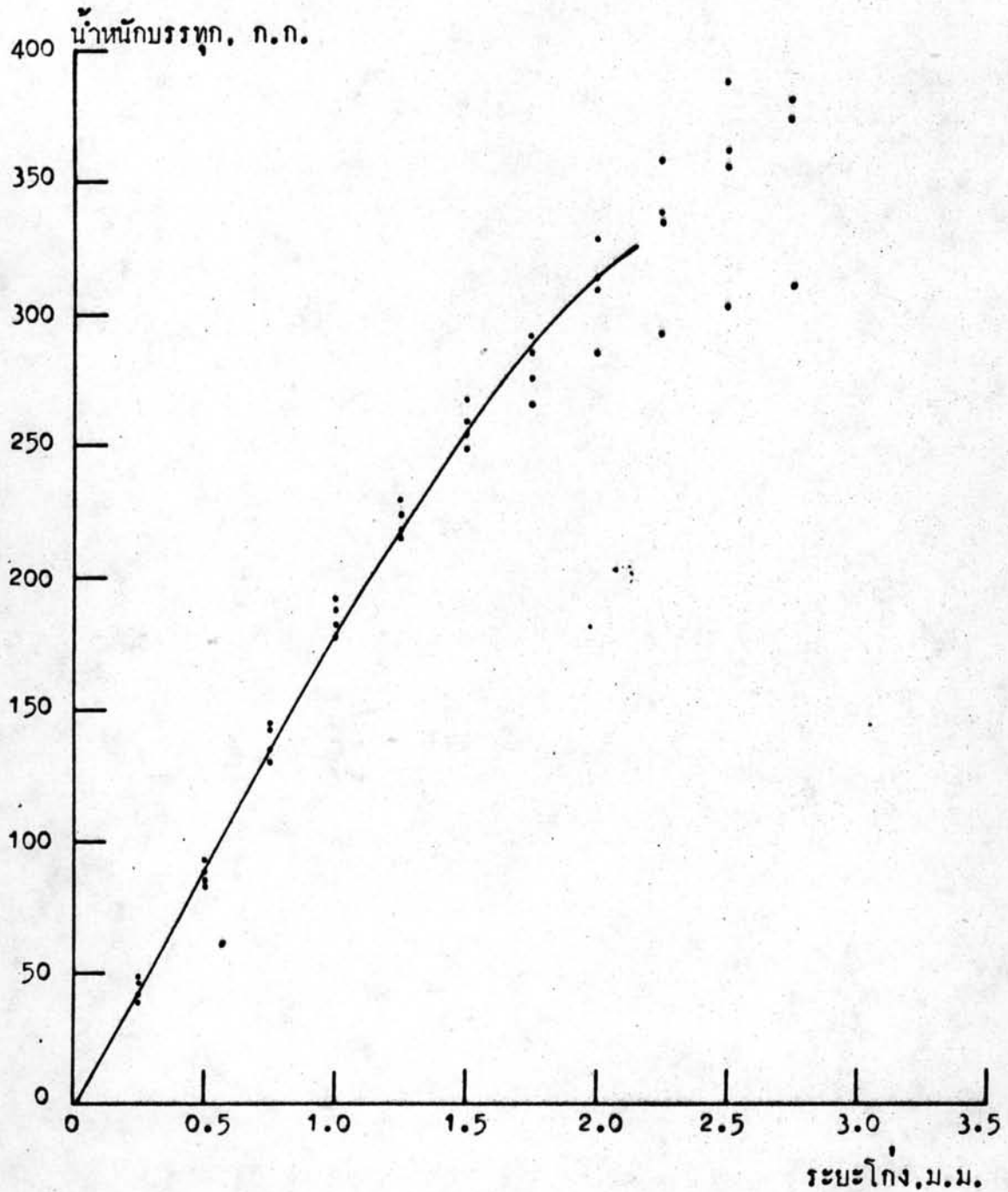
รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ยางเสริมผิว
จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $h_f/h_o = 0.2$



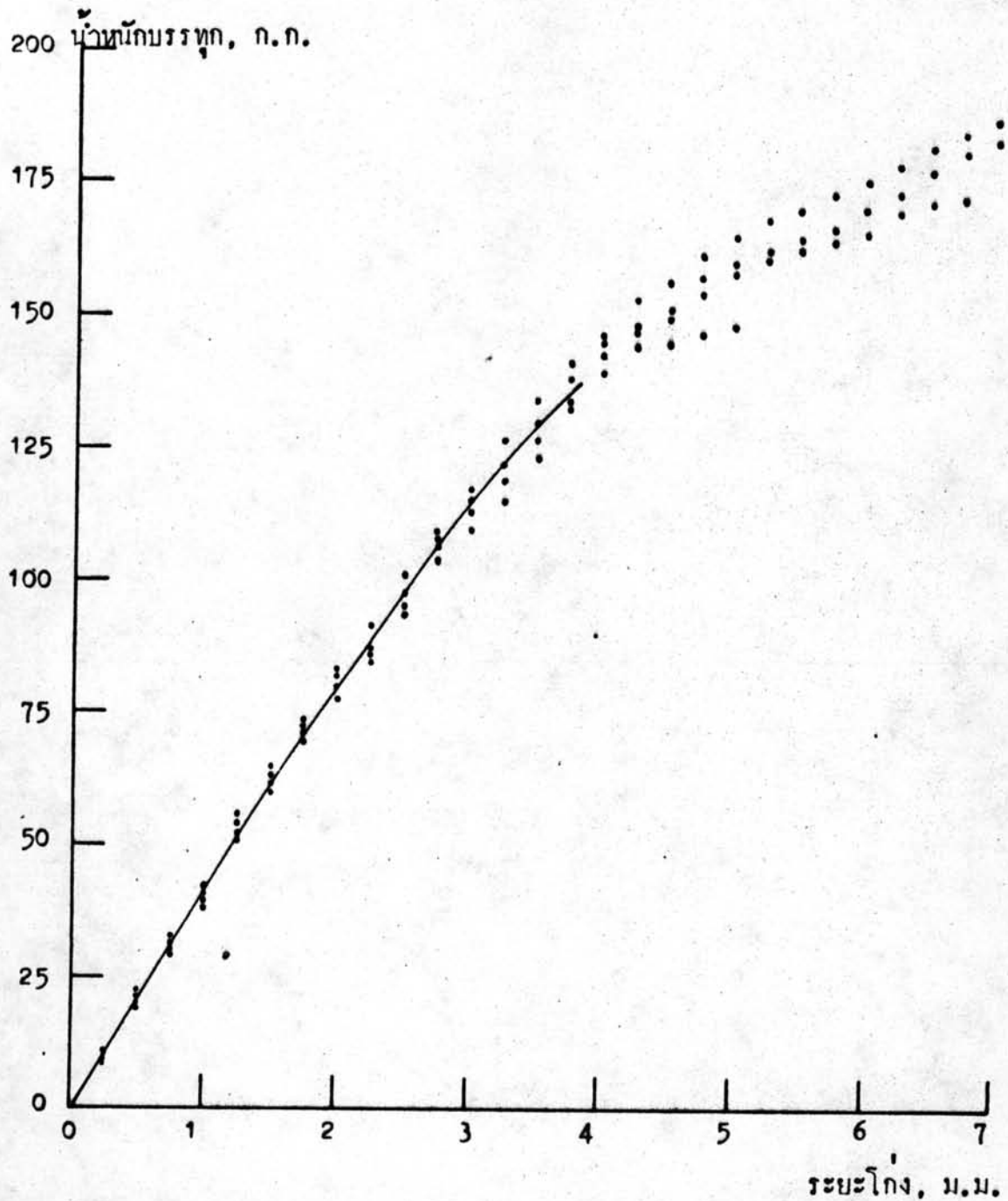
รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโคงของคานไม้ตะเคียนทอง
 เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
 ความยาวช่วงคาน = 14.8 ม.ม. $h_f/h_o = 0.4$



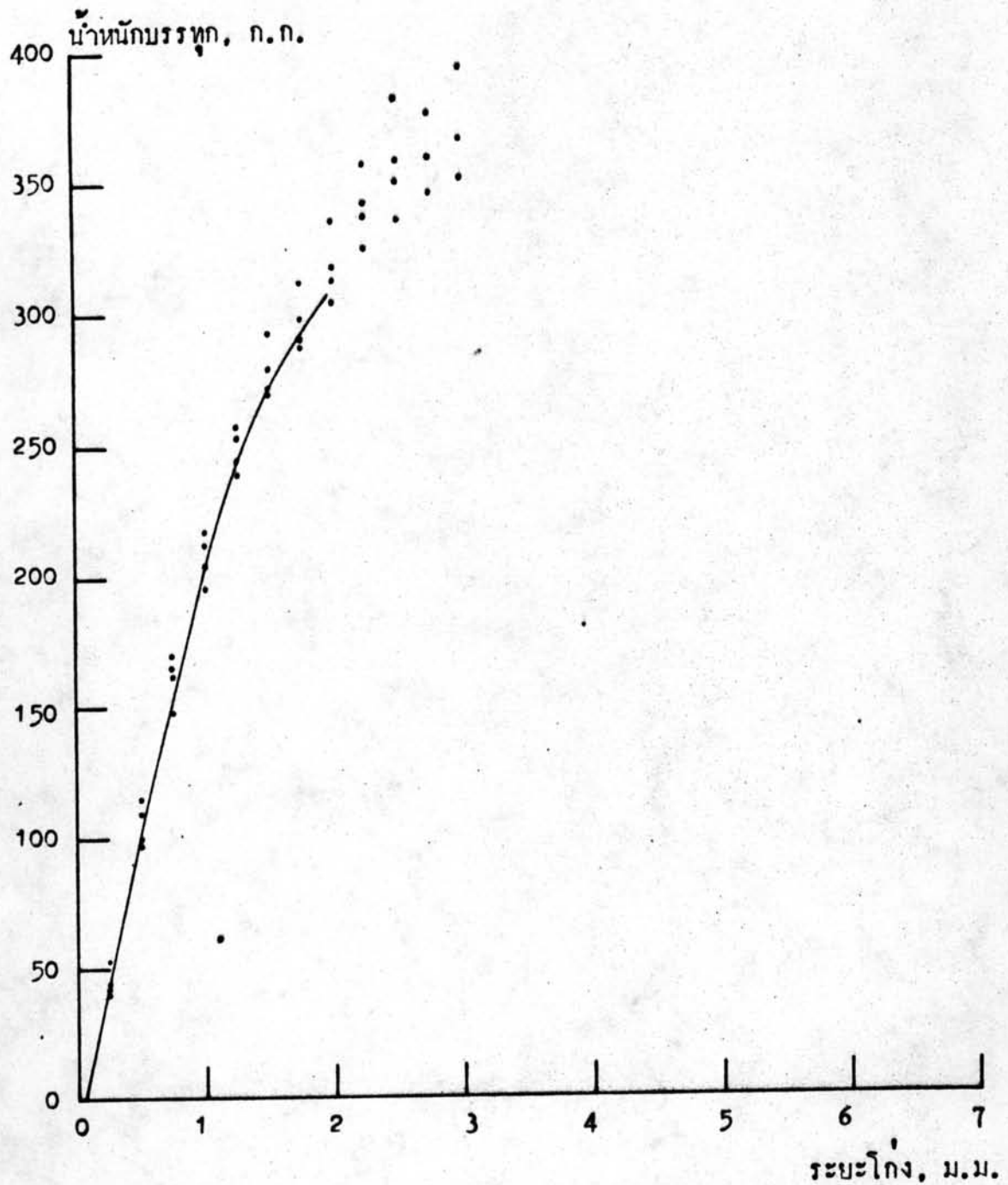
รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโถงของคานไม้ตะเคียนทอง เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
 ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.4$



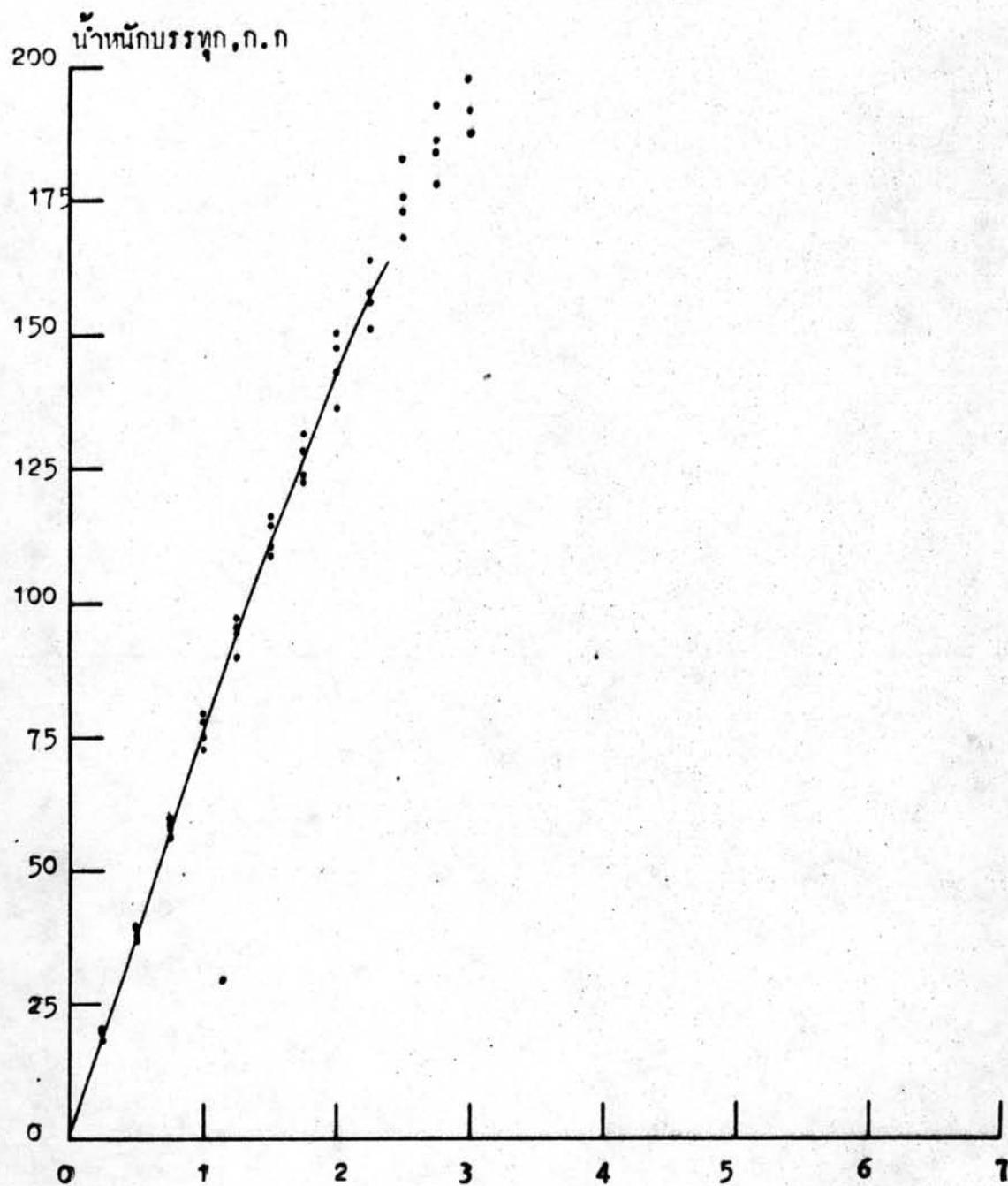
รูปที่ 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนทอง เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
 ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $h_r/h_o = 0.2$



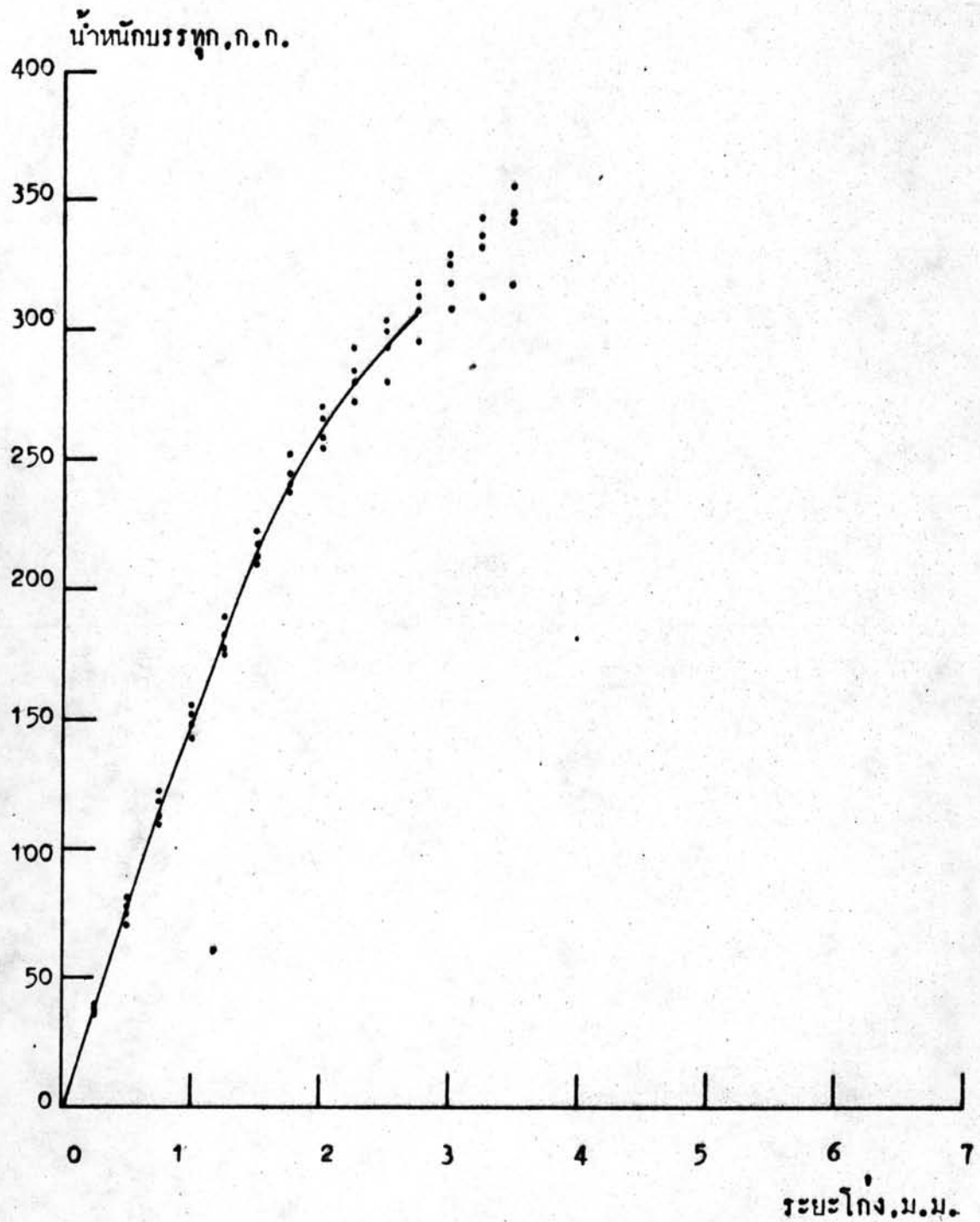
รูปที่ 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนทอง
เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.2$



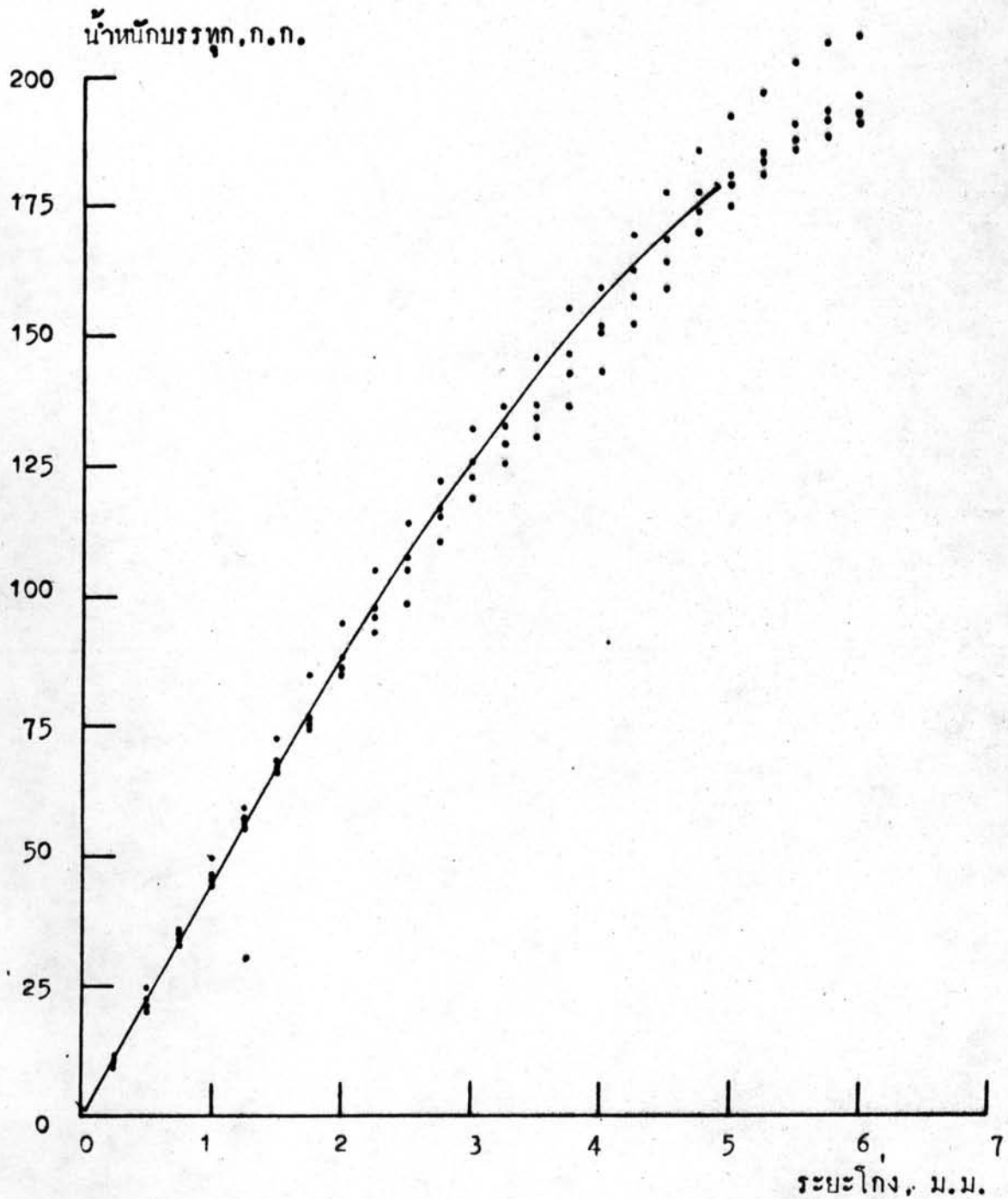
รูปที่ 4-21 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน
 เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.
 ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม. $h_f/h_o = 0.4$



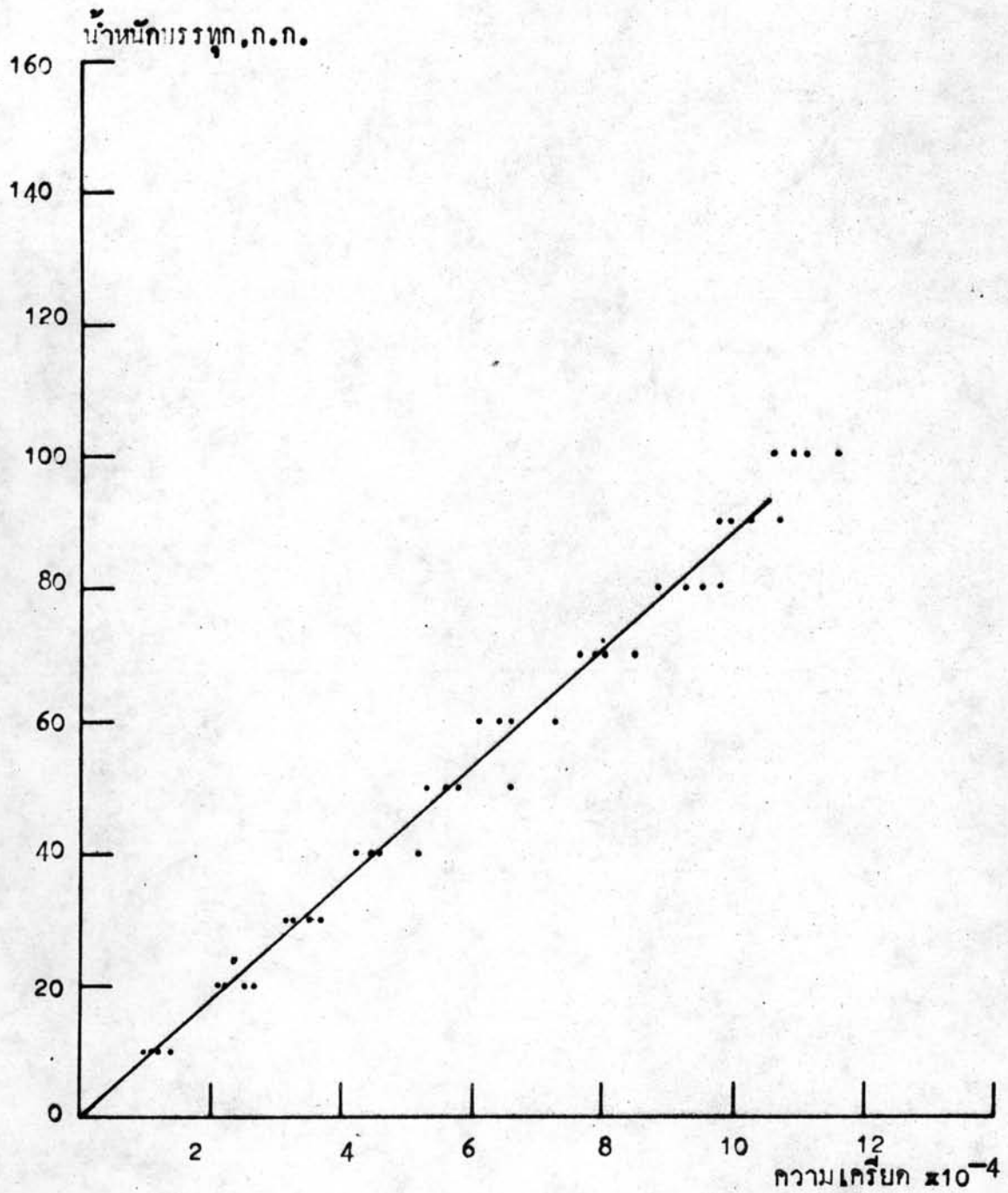
รูปที่ 4-22 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน
เสริมผิว จากการทดสอบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม. $h_f/h_o = 0.4$



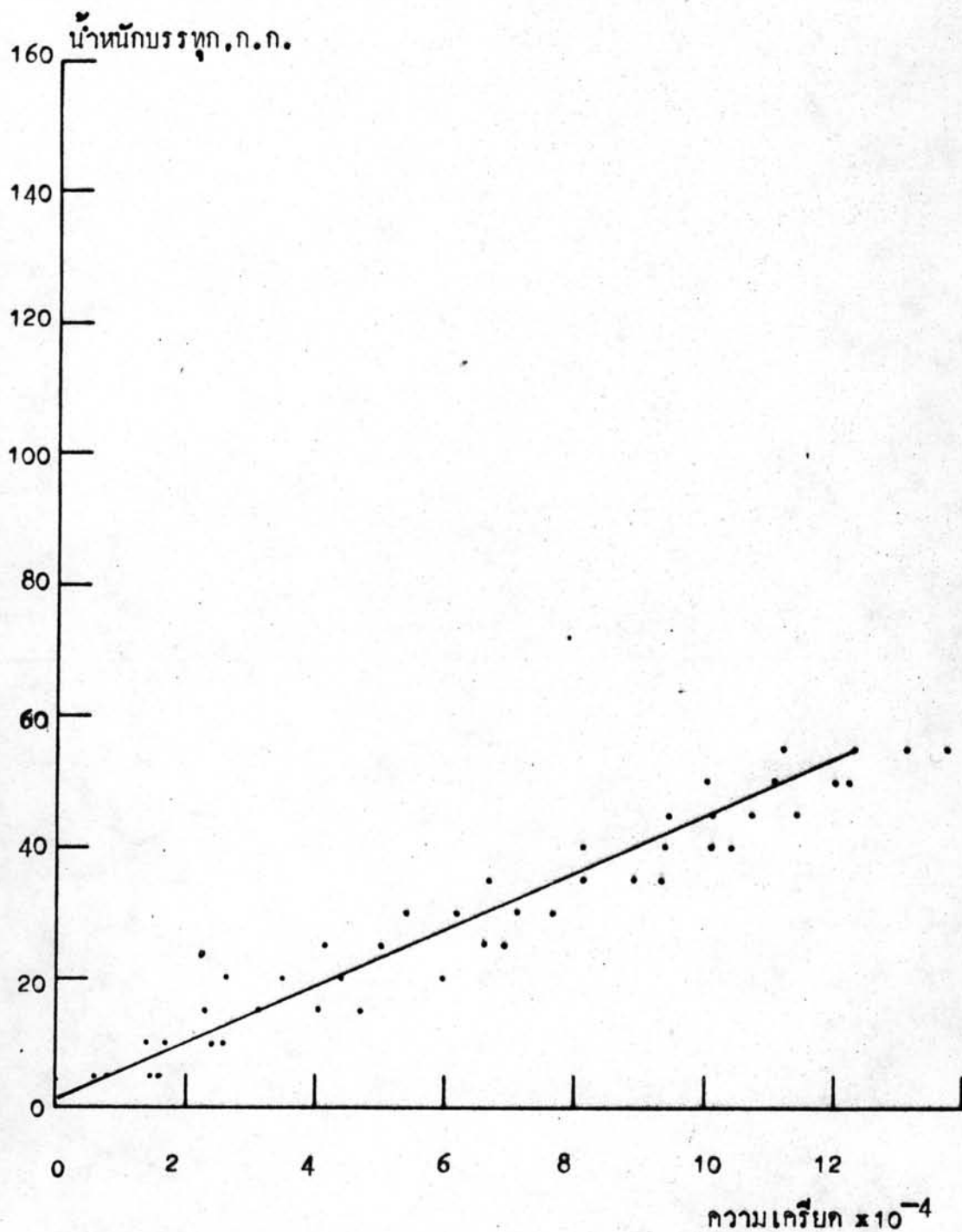
รูปที่ 4-23 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ตะเคียนหิน
เสริมผิว จากการทดสอบ both ends fixed, center load.
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_o = 0.2$



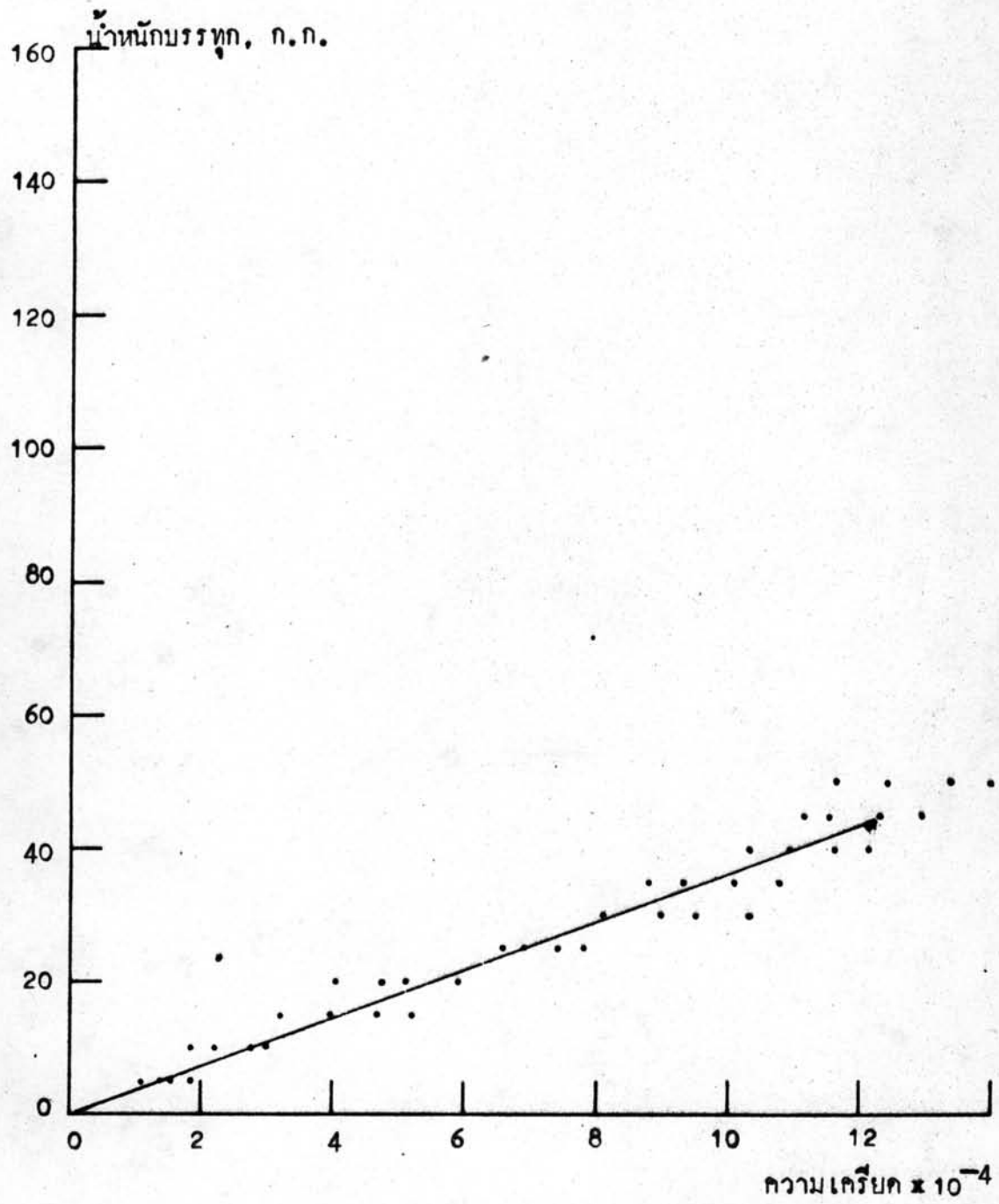
รูปที่ 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของไม้ตะเคียนหินเสริม
 ปิว จากการทดสอบแบบ **both ends fixed, center load** ความยาวช่วงคาน
 เท่ากับ 14.8 ม. $h_f/h_c = 0.2$



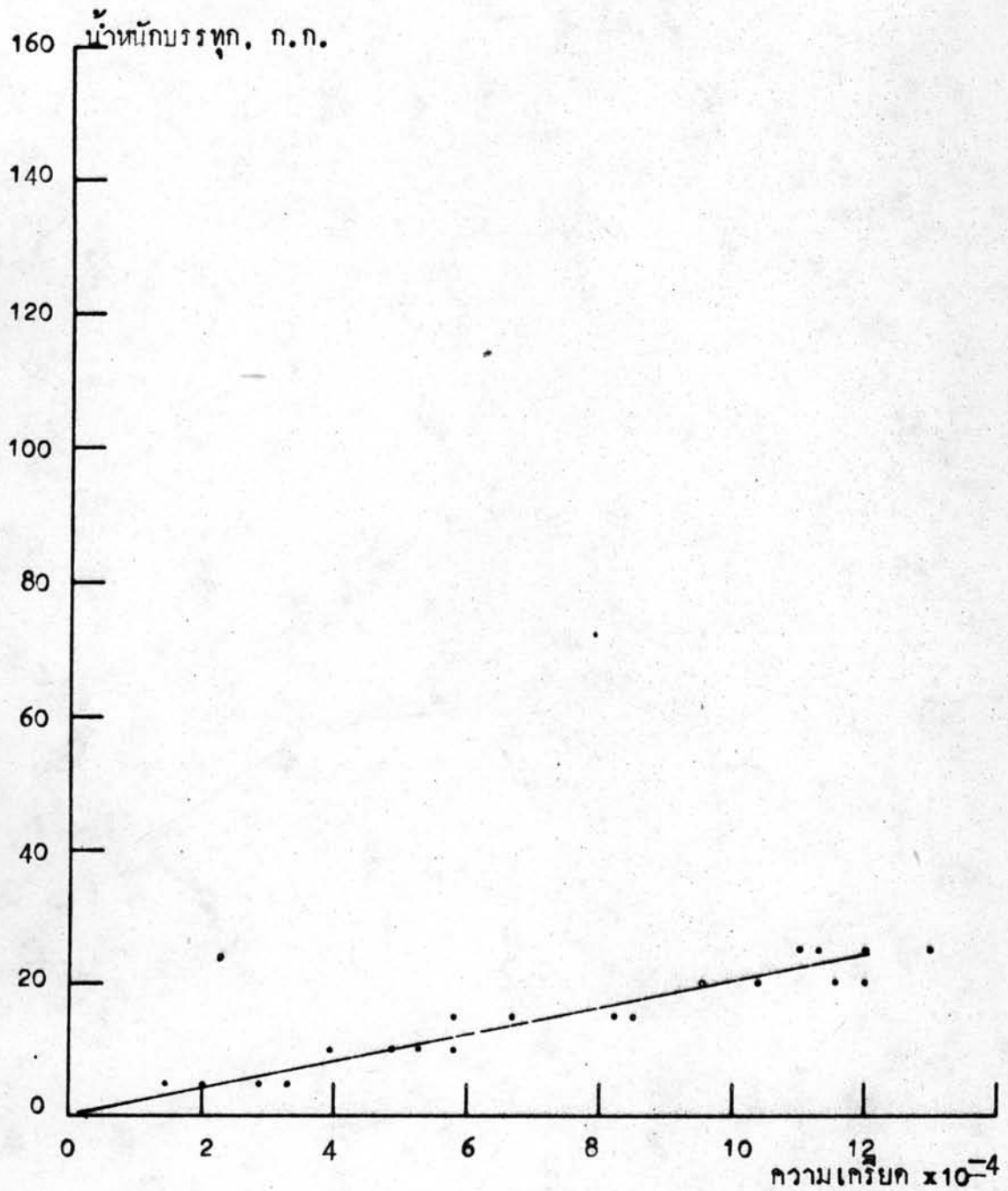
รูปที่ 4-25 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเคี้ยวของแผ่น
 ประกมที่จุดกึ่งกลางคาน สำหรับไม้ยางยึกปลายคานแบบ both ends fixed,
 center load ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_o = 0.4$



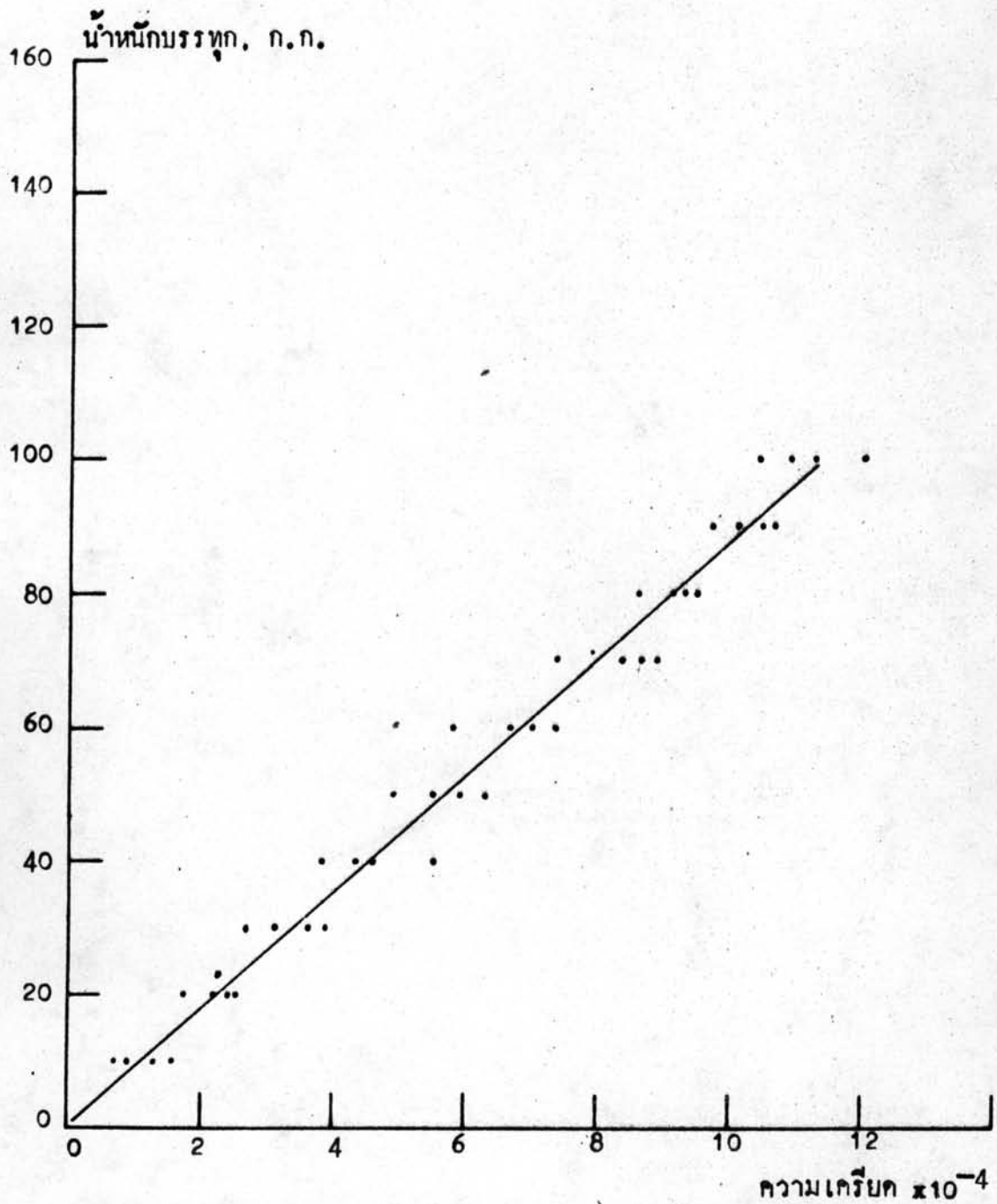
รูปที่ 4-26 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเคี้ยวบนผิวนอกสุดของแผ่น
 ประกบที่จุดกึ่งกลางคาน สำหรับใส่ไม้ยางยืดปลายคานแบบ both ends
 fixed, center load ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $h_f/h_o = 0.4$



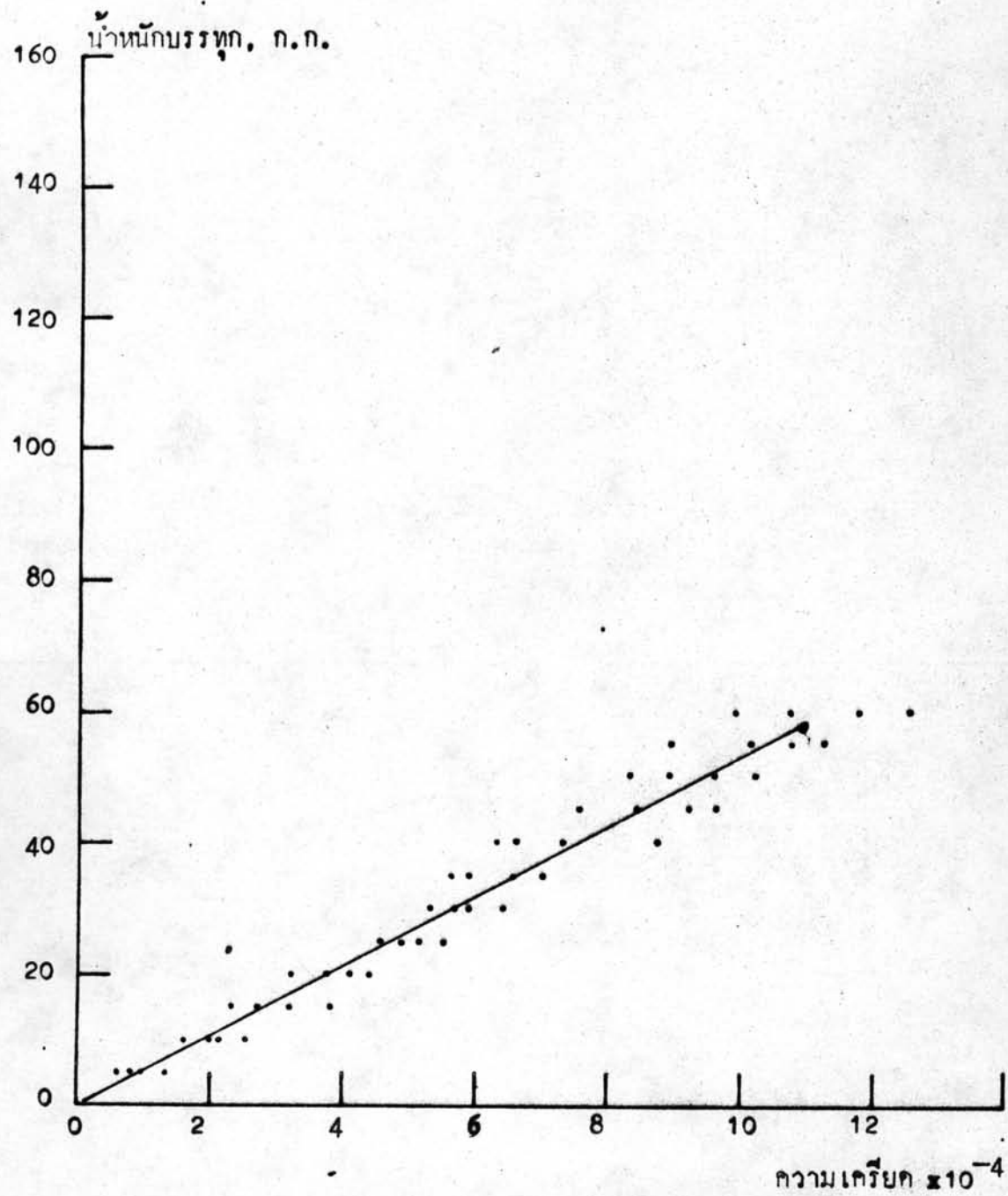
รูปที่ 4-27 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุก กับความเคียวคมนิวตันออกสุดของแผ่น
 ประเภทที่จุกกึ่งกลางคานสำหรับใส่ไม้ยาง ปิดปลายคานแบบ both ends
 fixed, center load ความยาวขวงคาน = 4.8 ม. $h_f/h_o = 0.2$



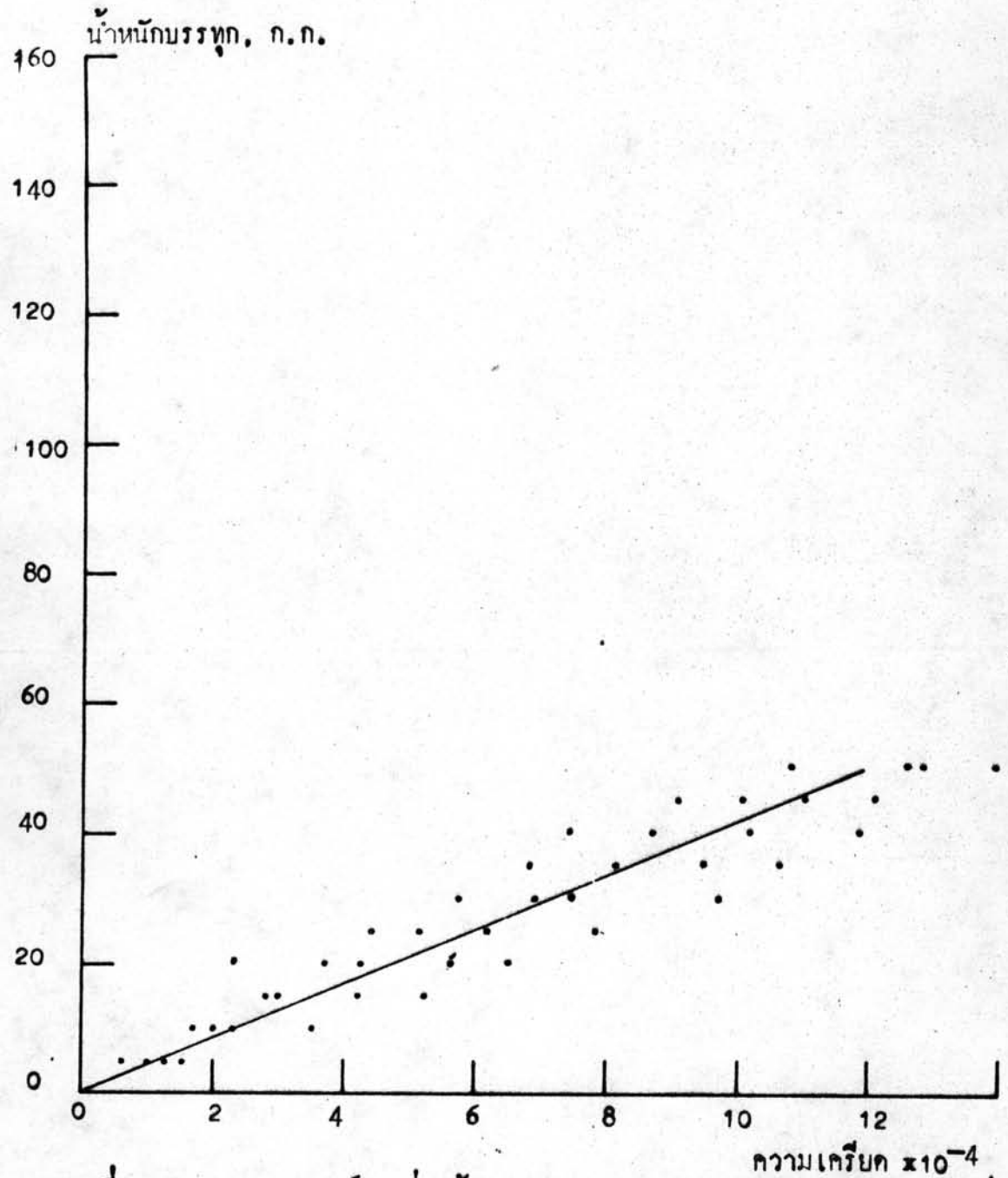
รูปที่ 4-28 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเคียวคณณิวนอกสุดของแฉน
 ประกบ ที่จุดกึ่งกลางสำหรับใ้ไม้ยงยึคปลายคานแบบ both ends
 fixed, center load ความยาวช่วงคาน = 24.5 ซม. $\frac{h_f}{h_c} = 0.2$



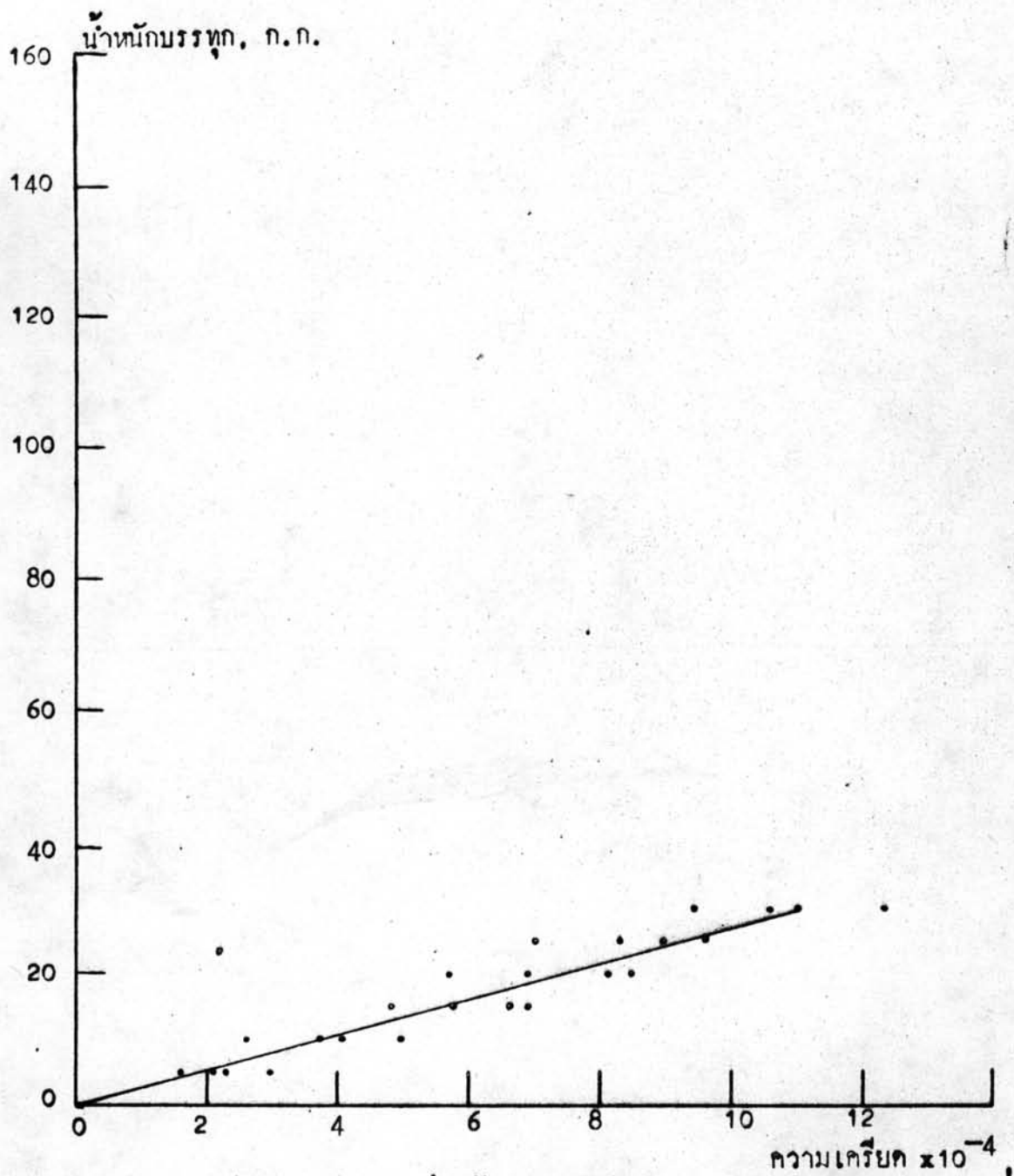
รูปที่ 4-29 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเคี้ยวบนผิวออกสุดของแผ่น
 ประเภทที่จุดกึ่งกลางคาน สำหรับไม้ตะเคียนทอง ปีกปลายคานแบบ
 both ends fixed, center load. $L = 14.8$, $h_f/h_c = 0.4$. .



รูปที่ 4-30 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเคียวบนผิวบนสุดของแผ่น
 ประเภทที่จุดกึ่งกลางคาน สำหรับใส่ไม้ตะเคียนทอง ยึดปลายคานแบบ
 both ends fixed, center load ความยาวขวงคาน = 24.5 ซม.
 $h_f/h_c = 0.4$

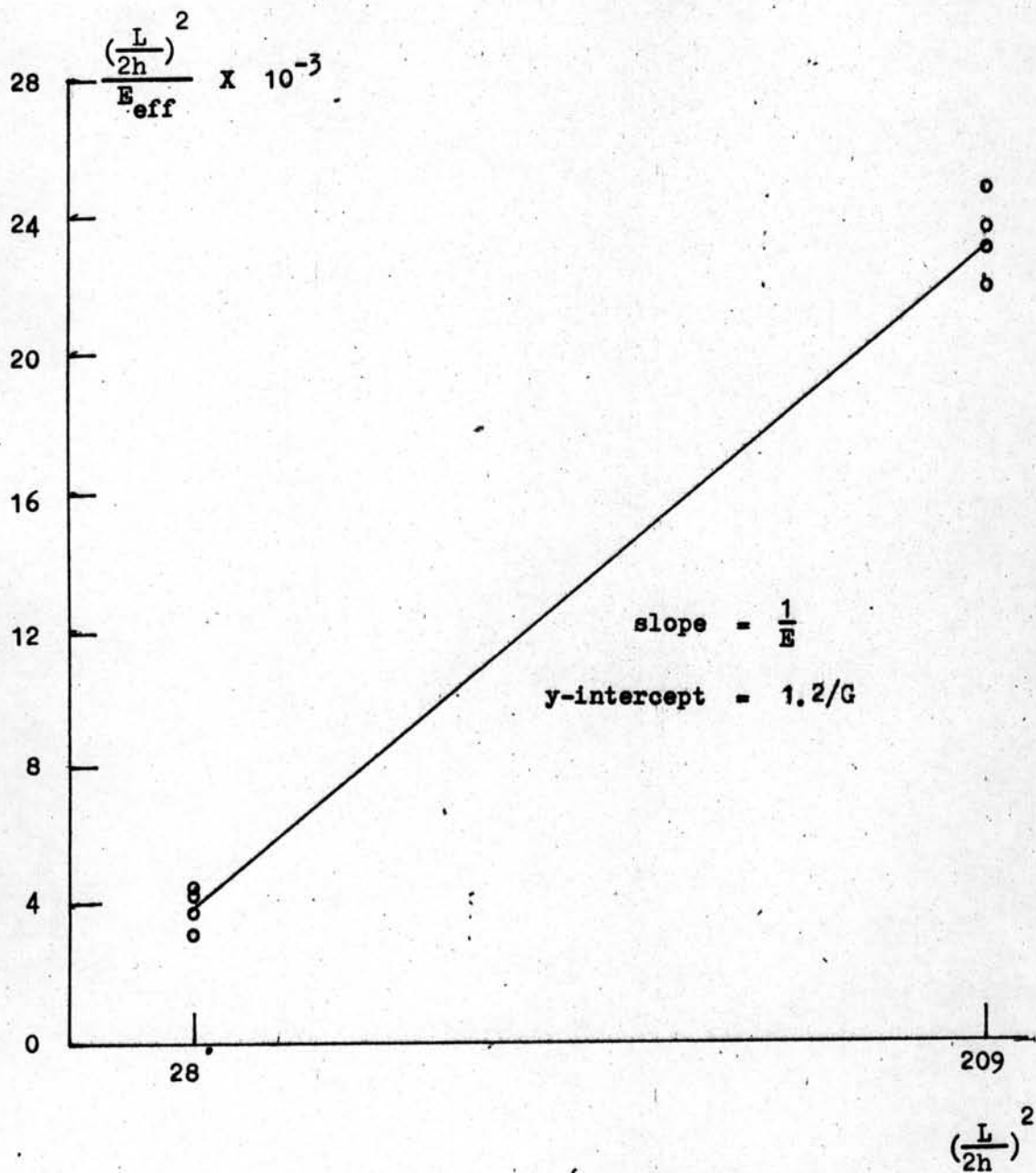


รูปที่ 4-31 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุก กับความเคียวบนผิวออกสุดของแผ่น
 ประกบ ที่จุดกึ่งกลางคานสำหรับไม้ตะเคียนทอง ยึดปลายคานแบบ
 both ends fixed, center load ความยาวช่วงคาน = 14.8 ซม.
 $h_f/h_o = 0.2$

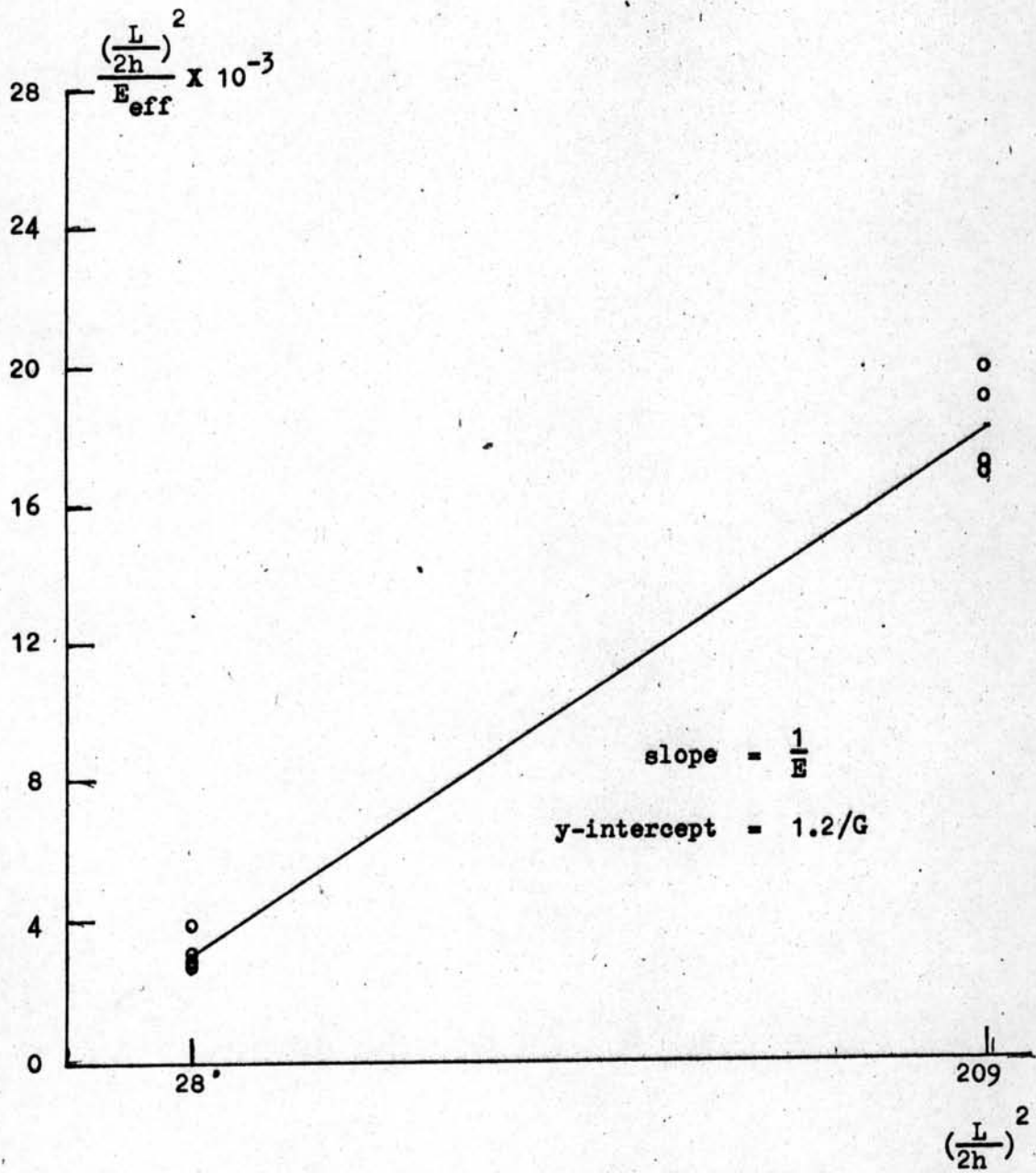


รูปที่ 4-32 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเคี้ยวบนผิวออกสุดของแผ่น
 ประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน สำหรับไม้ตะเคียนทอง บิดปลายคานแบบ
 both ends fixed, center load ความยาวช่วงคาน = 24.5

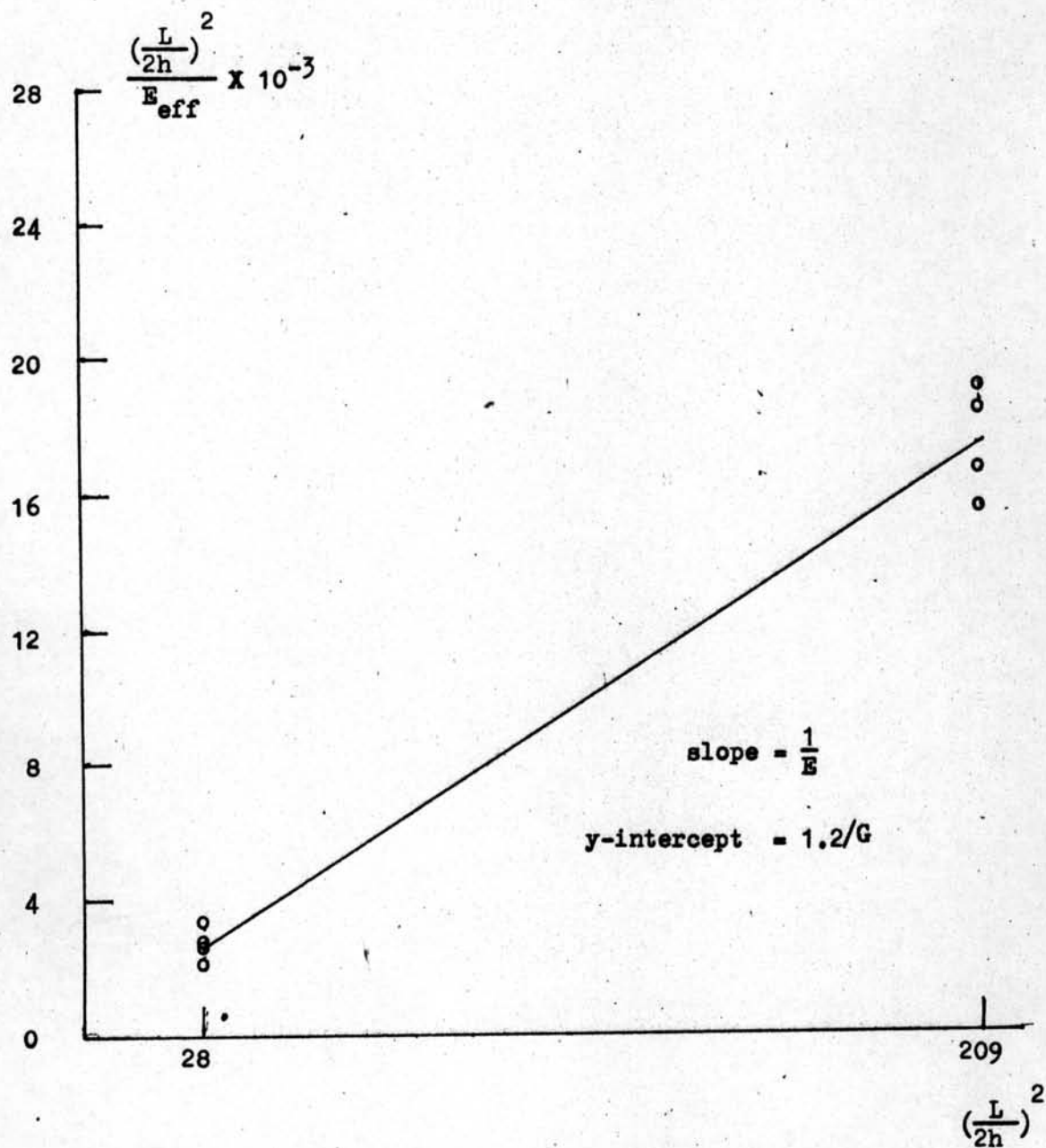
ข.ม. $h_f/h_o = 0.2$



รูปที่ 4-33 ความสัมพันธ์ ระหว่างโมดูลัสของความยืดหยุ่นประสิทธิผล กับอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ยาง



รูปที่ 4-34 ความสัมพันธ์ ระหว่างโมดูลัสของความยืดหยุ่นประสิทธิผล กับอัตราส่วน
 ความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ตะเคียนทอง



รูปที่ 4-35 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสของความยืดหยุ่นประสิทธิผล กับอัตราส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ตะเคียนหิน

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางสถิติของโมดูลัสของความยืดหยุ่น ที่ได้จากการทดสอบการคด

ไม้ยาง	ไม้ตะเคียนทอง	ไม้ตะเคียนหิน
96,500	112,000	117,500
101,000	107,000	115,300
102,000	105,000	112,000
103,000	104,000	111,000
90,200	120,000	140,000
94,300	114,000	137,000
95,700	111,000	133,000
96,300	110,000	131,000
88,000	138,000	146,000
91,900	130,000	142,000
93,300	126,000	138,000
93,800	126,000	136,000
83,900	149,000	113,800
87,400	136,000	111,000
88,700	140,000	109,000
89,200	135,000	107,000
$\Sigma x = 1,495,200$	$\Sigma x = 1,954,000$	$\Sigma x = 1,999,600$
$\bar{x} = 93,450$	$\bar{x} = 122,125$	$\bar{x} = 124,975$
$s_x = 5,512.17$	$s_x = 13,255.82$	$s_x = 13,918.26$

ตารางที่ 4.2 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและโมดูลัสของแรงเฉือน
ของไม้ที่ได้จากการทดสอบการกัก

ชนิดของไม้	E ก.ก. / ซม. ²	G ก.ก. / ซม. ²
ไม้ยาง	93,450	2,900
ไม้ตะเคียนทอง	122,125	4,380
ไม้ตะเคียนหิน	124,975	5,800

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบระยะโก่งที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎีพื้นฐาน
 ของคาน เมื่อไม่คิดผลของแรงเฉือน สำหรับคานไม้ในสภาพ both ends fixed,
 center load.

ชนิดของไม้	$\frac{E}{G}$	$\frac{L}{h}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก, ซม./ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
ไม้ยาง	31.8	10.5	1.23×10^{-3}	4.45×10^{-4}	63
	31.8	29.0	1.06×10^{-4}	9.11×10^{-3}	14
ไม้ตะเคียนทอง	27.4	10.5	7.55×10^{-4}	3.42×10^{-4}	55
	27.4	29.0	8.00×10^{-3}	7.00×10^{-3}	12
ไม้ตะเคียนหิน	21.7	10.5	7.16×10^{-4}	3.25×10^{-4}	54
	21.7	29.0	7.75×10^{-3}	6.67×10^{-3}	14

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบระยะโก่งที่ได้จากการทดลอง กับ Timoshenko beam theory สำหรับคานไม้ในสภาพ both ends fixed, center load.

ชนิดของไม้	$\frac{E}{G}$	$\frac{L}{h}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก, ซม./ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ไม้ยาง	31.8	10.5	1.23×10^{-3}	1.05×10^{-3}	15
	31.8	29.0	1.06×10^{-2}	1.07×10^{-2}	5
ไม้ตะเคียนทอง	27.4	10.5	7.75×10^{-4}	7.46×10^{-4}	1
	27.4	29.0	9.00×10^{-3}	8.16×10^{-3}	9
ไม้ตะเคียนหิน	21.7	10.5	7.16×10^{-4}	6.25×10^{-4}	12
	21.7	29.0	7.75×10^{-3}	7.50×10^{-3}	3

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบระยะโก่งของคานไม้เสริมผิวที่ได้จากการทดลอง
กับทฤษฎีพื้นฐานของคานสอดไส้ ซึ่งสมมุติให้โมเมนต์ของแรงเฉือนเป็นอินฟินิตี้ สำหรับคานใน
สภาพ both ends fixed, center load

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_c}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก, ซม./ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.074	0.4	7.86×10^{-4}	7.60×10^{-5}	90
	0.045	0.4	1.95×10^{-3}	3.45×10^{-4}	82
	0.090	0.2	8.33×10^{-4}	3.20×10^{-4}	62
	0.057	0.2	2.77×10^{-3}	1.45×10^{-3}	47
ไม้ตะเคียนทอง	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	7.60×10^{-5}	85
	0.045	0.4	1.37×10^{-3}	3.45×10^{-4}	75
	0.090	0.2	5.80×10^{-4}	3.20×10^{-4}	45
	0.057	0.2	2.46×10^{-3}	1.45×10^{-3}	41
ไม้ตะเคียนหิน	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	7.60×10^{-5}	85
	0.045	0.4	1.33×10^{-3}	3.45×10^{-4}	74
	0.090	0.2	6.66×10^{-4}	3.20×10^{-4}	52
	0.057	0.2	2.33×10^{-3}	1.45×10^{-3}	38

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบระยะโก่งของคานไม้เสริมผิว ที่ได้จากการทดลอง
กับทฤษฎีพื้นฐานของคาน ซึ่งสมมุติให้โมดูลัสของแรงเฉือนเป็นศูนย์ สำหรับคานในสภาพ
both ends fixed, center load.

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_o}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก, ซม./ ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.074	0.4	7.86×10^{-4}	0.010	1172
	0.045	0.4	1.95×10^{-3}	0.046	2285
	0.090	0.2	8.33×10^{-4}	0.120	14305
	0.057	0.2	2.77×10^{-3}	0.550	19755
ไม้ตะเคียนทอง	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	0.010	19
	0.045	0.4	1.37×10^{-3}	0.046	3294
	0.090	0.2	5.80×10^{-4}	0.120	20590
	0.057	0.2	2.46×10^{-3}	0.550	22257
ไม้ตะเคียนหิน	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	0.010	19
	0.045	0.4	1.33×10^{-3}	0.046	3388
	0.090	0.2	6.66×10^{-4}	0.120	17902
	0.057	0.2	2.33×10^{-3}	0.550	23475

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบระยะโก่งของคานไม้เสริมผิวจากการทดลอง
กับค่าที่ได้จากทฤษฎี ซึ่งใช้ความลึกประสิทธิภาพ แทนความลึกจริงของคาน สำหรับคาน
ในสภาพ both ends fixed, center load

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_c}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก ช.ม. / ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.74	0.4	7.86×10^{-4}	3.80×10^{-4}	38
	0.045	0.4	1.95×10^{-3}	9.37×10^{-4}	44
	0.090	0.2	8.33×10^{-4}	6.65×10^{-4}	20
	0.057	0.2	2.77×10^{-3}	1.91×10^{-3}	9
ไม้ตะเคียน ทอง	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	3.09×10^{-4}	38
	0.045	0.4	1.37×10^{-3}	7.97×10^{-4}	33
	0.090	0.2	5.80×10^{-4}	5.46×10^{-4}	26
	0.057	0.2	2.46×10^{-3}	1.68×10^{-3}	23
ไม้ตะเคียน หิน	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	2.64×10^{-4}	38
	0.045	0.4	1.33×10^{-3}	6.97×10^{-4}	39
	0.090	0.2	6.66×10^{-4}	4.74×10^{-4}	5
	0.057	0.2	2.33×10^{-3}	1.53×10^{-3}	18

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบระยะโก่งของคานไม้เสริมผิวแบบ both ends fixed, center load จากการทดลองกับทฤษฎีเมื่อคิดผลของแรงเฉือนด้วย (สมการ 2.67)

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_c}$	ระยะโก่งต่อหน่วยน้ำหนัก, ซม. / ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.074	0.4	7.86×10^{-4}	7.30×10^{-4}	7
	0.045	0.4	1.95×10^{-3}	1.70×10^{-3}	13
	0.090	0.2	8.33×10^{-4}	6.43×10^{-3}	23
	0.057	0.2	2.77×10^{-3}	2.48×10^{-3}	10
ไม้ตะเคียนทอง	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	4.69×10^{-4}	6
	0.045	0.4	1.37×10^{-3}	1.19×10^{-3}	13
	0.090	0.2	5.80×10^{-4}	5.40×10^{-4}	7
	0.057	0.2	2.46×10^{-3}	2.18×10^{-3}	11
ไม้ตะเคียนหิน	0.074	0.4	5.00×10^{-4}	3.88×10^{-4}	22
	0.045	0.4	1.33×10^{-3}	1.06×10^{-3}	20
	0.090	0.2	6.66×10^{-4}	5.27×10^{-4}	21
	0.057	0.2	2.33×10^{-3}	2.14×10^{-3}	8

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความเค้นค้ำของคานไม้เสริมผิวจากการทดลองแบบ both ends fixed, center load ที่กึ่งกลางคาน บนผิวนอกของแผ่นประกบส่วนรับแรง ค้ำ กับทฤษฎีซึ่งไม่คิดผลเนื่องจากแรงเฉือนในคาน

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_c}$	ความเค้นค้ำต่อหน่วยน้ำหนักบรรทุก, ก.ก. / ซม. ² / ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.074	0.4	8.36	7.89	6
	0.045	0.4	16.38	13.07	20
	0.090	0.2	19.46	21.24	9
	0.057	0.2	34.05	35.10	3
ไม้ตะเคียนทอง	0.074	0.4	7.82	7.65	2
	0.045	0.4	13.38	12.66	5
	0.090	0.2	18.43	19.57	6
	0.057	0.2	28.68	32.39	13

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความเค้นค้ำของคานไม้เสริมผิว จากการทดสอบ
แบบ both ends fixed, center load. ที่จุดกึ่งกลางคาน บนผิวนอกของแผ่นประกบ
ส่วนรับแรงค้ำ กับทฤษฎี (สมการที่ 2.68)

ชนิดของไม้	$\frac{2h}{L}$	$\frac{h_f}{h_c}$	ความเค้นค้ำต่อหน่วยน้ำหนักบรรทุก ก.ก. / ซม. ² /ก.ก.		
			ผลการทดลอง	ทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
ไม้ยาง	0.074	0.4	8.36	13.42	60
	0.045	0.4	16.38	18.60	14
	0.090	0.2	19.46	29.54	52
	0.057	0.2	34.05	43.40	27
ไม้ตะเคียนทอง	0.074	0.4	7.82	11.40	46
	0.045	0.4	13.38	16.40	23
	0.090	0.2	18.43	21.97	19
	0.057	0.2	28.68	37.79	32