บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ และ การเปรียบเทียบ

4.1 ลักษณะของข้อมูล

จากคำชี้แจงของเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา เกี่ยวกับลักษณะ และ วิธีการเก็บข้อมูลความเร็งลมได้ความว่า การบันทึกค่าข้อมูลความเร็วลมจากมาตรวัดจะกระทำทุกๆ 1 ชั่วโมง และ ทุกครั้งที่มีลมกรรโชกมา พร้อมทั้งบันทึกค่าความเร็วลมสูงสุดในแต่ละวัน จากนั้นก็ทำสรุปค่าความเร็วลมสูงสุดในแต่ละเดือน การวิเคราะห์ในครั้งนี้ จะใช้ข้อมูลความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปีของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง แทนที่จะใช้ข้อมูลของสถานีตรวจอากาศกรุงเทพฯ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของระดับเครื่องมือวัดในอดีต อีกทั้งสภาพภูมิประเทศในช่วงระหว่างเวลาที่ผ่านมาก็มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาย ในขณะที่ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจอากาศดอนเมืองเป็นค่าที่วัดที่ระดับ 18.00 เมตรตลอดมา และ สภาพภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกับสถานีวัดก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากจนทำให้เปลี่ยนสภาพจากประเภทหนึ่งไปยังอีกประเภทหนึ่ง ข้อมูลที่นำมาใช้ บันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 จนถึง ปี พ.ศ. 2530 รวม 37 ปี และได้รวบรวมไว้ในตารางที่ (4-1)

4.2 สมมติฐาน

จากลักษณะการเก็บข้อมูลที่กล่าวในหัวข้อที่แล้ว เราจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานที่เหมาะสม เพื่อจะสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

1. ข้อมูลความเร็วลมที่มีอยู่ เป็นค่าเฉลี่ยในช่วง 5 วินาที
2. สภาพภูมิประเทศในช่วงระหว่างการเก็บข้อมูลเป็นแบบที่ 2 (ภูมิประเทศแบบเปิดโล่ง) และ ไม่มีการแปรเปลี่ยนในระหว่างช่วงที่พิจารณา

การสมมติให้ช่วงเวลาเฉลี่ยเป็น 5 วินาที แทนที่จะเป็นค่าที่อ่านทันทีทันใด (Instantaneous) เนื่องจากลักษณะการบันทึกข้อมูลนั้นไม่ได้บันทึกค่าความเร็วลมสูงสุดที่เกิดขึ้นจริง และ การสมมติให้ช่วงเวลาเฉลี่ยมากกว่าช่วงเวลาที่อ่านทันทีทันใด ก็จะให้ค่าที่อยู่ในด้านที่ปลอดภัยกว่า สำหรับการสมมติให้สภาพภูมิประเทศของสถานีตรวจอากาศคอนเมืองเป็นแบบที่ 2 นั้น ได้จากเปรียบเทียบคำจำกัดความของลักษณะสภาพภูมิประเทศในข้อกำหนดของแคนาดา และ ANSI ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพภูมิประเทศของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ซึ่งให้ค่า α เท่ากับ 7 แล้วจึงเปรียบเทียบกับชนิดของสภาพภูมิประเทศที่กำหนดไว้ใน ASCE โดยดูจากค่า α

4.3 ค่าความเร็วลมออกแบบ

เราสามารถหาค่า $1/\alpha_n$ และ u_n ได้จากสมการที่ (3-59) และ (3-60) โดยระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) จะได้

$$1/\alpha_n = 10.372 \text{ น็อต}$$

$$u_n = 35.381 \text{ น็อต}$$

จากรูปที่ (4-1) พบว่าข้อมูลความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปีของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง มีรูปแบบการกระจายที่สอดคล้องกับการกระจายแบบ Fisher และ Tippett ชนิดที่ 1 (Gumbel) มาก โดยให้ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลเท่ากับ 0.97

ค่าคาดหวังของความเร็วลมออกแบบที่คาบการกลับใดๆ หาได้จากสมการที่ (3-59) และ (3-61) ได้ผลตามตารางที่ (4-2)

จากสมมติฐานข้อ 2 ใช้ค่าอัตราส่วนจากรูปที่ (4-2) ปรับค่าคาดหวังของความเร็วลมออกแบบจากช่วงเวลาเฉลี่ย 5 วินาที เป็นช่วงเวลาเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง และ ใช้สมการที่ (2-2) ปรับค่าความเร็วลมจากระดับความสูงของเครื่องมือวัดในสภาพภูมิประเทศ

แบบที่ 2 ไปยังระดับความสูง 10.00 เมตรในสภาพภูมิประเทศแบบต่างๆ ได้ผลตามตารางที่ (4-2) ค่าที่ได้ คือ ค่าความเร็วลมออกแบบที่ระดับความสูง 10.00 เมตร

สำหรับค่าความเร็วลมออกแบบ ที่ระดับความสูง และ สภาพภูมิประเทศต่างๆ ของคาบการกลับ 50 ปี หาได้จากสมการที่ (2-2) ได้ผลตามตารางที่ (4-3)

4.4 หน่วยแรงลมสถิตสำหรับอาคารเตี้ย (Low Rise Building)

เพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยแรงลมออกแบบที่กำหนดโดยข้อบัญญัติฯ กับค่าที่ได้จากข้อกำหนดของประเทศอื่น เราจะพิจารณาอาคารเตี้ยหลังหนึ่ง ซึ่งมีความสูง 60 เมตร ในสภาพภูมิประเทศที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นปานกลาง (แบบที่ 4) ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพภูมิประเทศของกรุงเทพฯ โดยการนำค่าความเร็วลมออกแบบที่ได้ นำไปวิเคราะห์หาค่าหน่วยแรงลมออกแบบด้วยวิธีสถิตยศาสตร์โดยใช้ข้อกำหนดของอังกฤษ แคนาดา และ ANSI ได้ผลดังตารางที่ (4-4)

จากผลการวิเคราะห์โดยวิธีสถิตยศาสตร์พบว่า ข้อกำหนดของแคนาดาจะให้ค่าหน่วยแรงลมออกแบบต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของประเทศอื่นๆ เนื่องจากข้อกำหนดของประเทศแคนาดานั้นใช้คาบการกลับ 30 ปี สำหรับการหาค่าความเร็วลมออกแบบ ซึ่งจะให้ค่าหน่วยแรงลมออกแบบต่ำกว่าของ ANSI ประมาณ 15 เปอร์เซนต์ และ ข้อกำหนดในข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ปีพ.ศ. 2522 จะให้ค่ามากกว่าข้อกำหนดอื่นๆ ประมาณ 5 - 60 เปอร์เซนต์ ยกเว้นแต่ที่ระดับความสูงไม่เกิน 20 เมตร ที่ข้อกำหนดของอังกฤษจะให้ค่ามากกว่าประมาณ 10 - 20 เปอร์เซนต์

4.5 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของโครงสร้างต่อแรงลม

โครงสร้างที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบไปด้วยโครงสร้างที่มีความสูง 100 เมตร 200 เมตร และ 300 เมตร สัดส่วนของโครงสร้าง คือ b:H เท่ากับ 1:3 1:5 และ 1:7 ค่า

b:d เท่ากับ 1:1 ส่วนค่าความถี่ธรรมชาติ จะพิจารณาใช้ตามความสูงของโครงสร้าง และเลือกใช้ค่าที่โครงสร้างมีลักษณะค่อนข้างสติฟ และ ค่อนข้างอ่อน กล่าวคือ โครงสร้างที่สูง 100 เมตร จะพิจารณาค่าความถี่ธรรมชาติ 0.50 รอบต่อวินาที และ 0.25 รอบต่อวินาที โครงสร้างที่สูง 200 เมตร จะพิจารณาค่าความถี่ธรรมชาติ 0.25 รอบต่อวินาที และ 0.125 รอบต่อวินาที และ โครงสร้างที่สูง 300 เมตร จะพิจารณาค่าความถี่ธรรมชาติ 0.125 รอบต่อวินาที และ 0.10 รอบต่อวินาที คาบการกลับเท่ากับ 50 ปี และ 100 ปี และ สมมติให้อัตราส่วนภารหน่วงเท่ากับ 0.02 สัมประสิทธิ์ของลมทางด้านปะทะลม และ ด้านหลบลม เท่ากับ 0.8 และ 0.5 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์หาค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 และ แบบที่ 5 ได้ผลตามตารางที่ (4-5) และ (4-6)

สำหรับค่าหน่วยแรงลมเฉลี่ย และ ค่าหน่วยแรงลมออกแบบ หรือ ค่าหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าตามชนิด และ สัดส่วนของโครงสร้างต่างๆ ที่คาบการกลับ 50 ปี และ 100 ปี ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 และ 5 ได้ผลตามตารางที่ (4-7) ถึง (4-18) และ รูปที่ (4-3) ถึง (4-14)

เมื่อนำค่าความเร็วลมเฉลี่ย และ หน่วยแรงลมเฉลี่ยที่ใช้ในการออกแบบ ที่ระดับความสูงของโครงสร้างของคาบการกลับ 50 ปี และ 100 ปี มาเปรียบเทียบกัน ดังตารางที่ (4-19) พบว่า เมื่อคาบการกลับเปลี่ยนจาก 50 ปี เป็น 100 ปี จะให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 9.6 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าหน่วยแรงลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และ เมื่อพิจารณาค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้าง เมื่อคาบการกลับเปลี่ยนจาก 50 ปี เป็น 100 ปี พบว่า ค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้างมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก ประมาณ 1 เปอร์เซนต์ ดังนั้น ในทางปฏิบัติเราสามารถนำค่าหน่วยแรงลมออกแบบ ที่คาบการกลับ 50 ปี มาใช้ออกแบบโครงสร้างที่มีคาบการกลับ 100 ปีได้ โดยการเพิ่มค่าขึ้นอีก 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ (4-5) และ (4-6) พบว่า ค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมจะให้ค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 - 10 เปอร์เซนต์ เมื่อมีการเปลี่ยนค่าความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างจากโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็งไปเป็นโครงสร้างที่ค่อนข้างอ่อน และ จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซนต์ เมื่อมีการเปลี่ยนค่าอัตราส่วนความกว้างของด้านปะทะลมต่อความสูงของโครงสร้างจาก 1:3 ไปเป็น 1:7

สำหรับโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความกว้างของด้านปะทะลมต่อระยะในแนวทิศทางลม (b:d) มากกว่า 1 นั้น จะให้ค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลม และ ค่าหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ใกล้เคียงกันมากกับโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วน b:d เป็น 1 คือให้ค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เปอร์เซนต์

เมื่อนำข้อกำหนดของประเทศอังกฤษ [2] แคนาดา [3] และ ANSI [4] มาใช้เพื่อหาค่าหน่วยแรงลมออกแบบ โดยเปรียบเทียบลักษณะภูมิประเทศตามข้อกำหนดของแต่ละประเทศตามตารางที่ (4-20) และ ใช้ข้อมูลเหมือนกัน ได้ผลตามตารางที่ (4-21) (4-22) ถึง (4-27) และ (4-28) ถึง (4-33) และ รูปที่ (4-15) (4-16) ถึง (4-21) และ (4-22) ถึง (4-27) ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยแรงลมออกแบบ ที่ระดับความสูงของโครงสร้างของข้อกำหนดแต่ละประเทศตามตารางที่ (4-34) ถึง (4-39) พบว่าข้อกำหนดของประเทศอังกฤษนั้น จะให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีที่เสนอเกือบทั้งหมด และ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของประเทศแคนาดาแล้ว จะพบว่า ค่าหน่วยแรงลมออกแบบโดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาจะให้ค่าต่ำกว่าวิธีที่เสนอ ยกเว้นแต่ในโครงสร้างที่สูงมาก หรือ โครงสร้างที่มีความอ่อนตัวค่อนข้างมาก ซึ่งข้อกำหนดของแคนาดาจะให้ค่าหน่วยแรงลมสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรก ข้อกำหนดของประเทศแคนาดานั้นใช้คาบการกลับสำหรับความเร็วลมออกแบบเท่ากับ 30 ปี ซึ่งจะให้ค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับคาบการกลับ 50 ปี ประการที่สอง ข้อกำหนดของประเทศแคนาดานั้นใช้กฎยกกำลังสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมตามความสูง ซึ่งจะให้ค่าความเร็วลมที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กฎลอการิทึมสำหรับความสูงที่น้อยกว่า 150

เมตร สำหรับการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของ ANSI นั้นพบว่า ค่าหน่วยแรงลมออกแบบโดยข้อกำหนดของ ANSI จะให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีที่เสนอเกือบทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากข้อกำหนดของ ANSI นั้นใช้กฎยกกำลังสำหรับความเร็วลมที่ความสูงต่างๆ และ ใช้ค่าตัวประกอบสูงสุดเท่ากับ 3 ซึ่งน้อยกว่าวิธีที่เสนอซึ่งจะได้ค่าตัวประกอบสูงสุดอยู่ระหว่าง 3.3 - 3.7

เมื่อนำค่าในขอบเขตบนของตัวประกอบการตอบสนองของโครงสร้างที่ระดับความสูงและ สัดส่วนต่างๆ ของโครงสร้าง ที่คาบการกลับ 50 ปี ตามสภาพภูมิประเทศ 4 และ 5 มาเขียนลงในกราฟตามรูปที่ (4-28) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบการตอบสนองของโครงสร้าง และ ความสูงของโครงสร้าง ได้ผลดังตารางที่ (4-40) และ (4-41)

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำค่าแรงลมไปใช้ในการออกแบบ เราอาจจะใช้สมการที่ (3-31) และ (3-32) ช่วยได้ คือ

$$P(z) = G\,\bar{p}(z)\,I \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่ G หาได้จากตารางที่ (4-40) และ (4-41)

$$\bar{p}(z) = \tfrac{1}{2}\rho C_d \bar{u}^2(z)$$

$$= 0.0625\, C_d \bar{u}^2(z) \qquad (4\text{-}2)$$

$$\bar{u}(z) = K(z)\bar{u}(10) \qquad (4\text{-}3)$$

$$K(z) = 0.202\, p\, \ln\left[\frac{z + z_o}{z_o}\right] \qquad (4\text{-}4)$$

p และ z_o หาได้จากตารางที่ (2-1)

$\bar{u}(10)$ = ความเร็วลมออกแบบเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ที่ระดับความสูง 10 เมตร มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

I = ตัวประกอบเนื่องจากความสำคัญ (Importance Factor) ของโครงสร้าง

= 1.0 สำหรับโครงสร้างทั่วๆ ไป

= 1.2 สำหรับโครงสร้างที่มีความสำคัญมาก

4.6 ตัวอย่างการประยุกต์

เพื่อเปรียบเทียบแรงเฉือนรวมที่ฐาน และ โมเมนต์พลิกคว่ำ (Overturning Moment) ที่เกิดขึ้นในอาคารสูงเมื่อรับแรงลม โดยใช้สมการที่เสนอในงานวิจัยนี้ กับ ค่าขั้นต่ำที่กำหนดในข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2522 จะพิจารณาอาคารที่สูง 210 เมตร ความกว้างของด้านปะทะลม และ ระยะในแนวทิศทางลมเท่ากับ 30 เมตร ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพภูมิประเทศของกรุงเทพฯ ผลการวิเคราะห์ได้ให้ไว้ในภาคผนวก ก. ซึ่งจะแสดงค่าหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า ค่าแรงกระทำในแต่ละชั้น รวมทั้งค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อใช้สมการที่เสนอในงานวิจัยนี้หาค่าหน่วยแรงลมออกแบบ จะให้ค่าแรงเฉือนรวมที่ฐานเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เปอร์เซนต์ และ ค่าโมเมนต์พลิกคว่ำเพิ่มขึ้นประมาณ 20 เปอร์เซนต์

ตารางที่ (4-1) ค่าความเร็วลมสูงสุด(น็อต)ในแต่ละปีของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง

ปี พ.ศ.	ความเร็ว	ปี พ.ศ.	ความเร็ว	ปี พ.ศ.	ความเร็ว	ปี พ.ศ.	ความเร็ว
2494	39	2504	35	2514	50	2524	30
2495	53	2505	45	2515	35	2525	42
2496	40	2506	40	2516	40	2526	43
2497	31	2507	30	2517	30	2527	45
2498	55	2508	40	2518	32	2528	40
2499	50	2509	35	2519	40	2529	44
2500	85	2510	30	2520	32	2530	35
2501	60	2511	32	2521	30		
2502	60	2512	32	2522	32		
2503	65	2513	38	2523	22		

ตารางที่ (4-2) ค่าคาดหวังของความเร็วลม

คาบการกลับ	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ** (m/s)				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
(ปี)	น็อต	m/s	1	2	3	4	5
30	70.48	36.33	27.51	21.63	17.58	13.35	8.82
50	75.85	39.10	29.60	23.28	18.92	14.37	9.50
100	83.10	42.84	32.43	25.50	20.73	15.74	10.40
200	90.31	46.56	35.24	27.72	22.53	17.11	11.31

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 เมตร ช่วงเวลาเฉลี่ย 5 วินาที

** ความสูงที่ระดับ 10.00 เมตร ช่วงเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ (4-3) ความเร็วลมออกแบบ (เมตร/วินาที) สำหรับคาบการกลับ 50 ปี

ความสูง (เมตร)	สภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	29.60	23.28	18.92	14.37	9.50
20	32.30	26.53	22.66	18.69	14.25
30	33.88	28.44	24.85	21.22	17.02
40	35.00	29.79	26.40	23.02	18.99
60	36.58	31.69	28.59	25.55	21.77
80	37.70	33.04	30.14	27.35	23.74
100	38.57	34.08	31.34	28.74	25.27
150	40.15	35.99	33.53	31.27	28.05
200	41.27	37.34	35.08	33.06	30.02
250	42.14	38.38	36.29	34.46	31.55
300	42.85	39.24	37.27	35.59	32.80

ตารางที่ (4-4) เปรียบเทียบค่าหน่วยแรงลมสถิตของข้อกำหนดของแต่ละประเทศ สำหรับโครงสร้างสูง 60 เมตร ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4

ความสูง (เมตร)	หน่วยแรงลมสถิต (กก./ตร.ม.)			
	ข้อกำหนด			
	BSI	NBC	ANSI	ข้อบัญญัติฯ
10	60	42	48	50
20	90	54	66	80
30	106	66	79	120
40	115	76	89	120
50	125	82	98	160
60	130	92	104	160

ตารางที่ (4-5) ค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้างสำหรับคาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4						
b:H	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
1:3	2.292	2.415	2.073	2.205	2.007	2.054
1:5	2.345	2.505	2.121	2.293	2.066	2.126
1:7	2.378	2.565	2.152	2.351	2.104	2.173
สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5						
b:H	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
1:3	2.494	2.619	2.196	2.338	2.105	2.156
1:5	2.554	2.719	2.250	2.435	2.170	2.235
1:7	2.590	2.785	2.284	2.499	2.212	2.288

ตารางที่ (4-6) ค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้างสำหรับคาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4						
b:H	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
1:3	2.310	2.455	2.090	2.247	2.032	2.087
1:5	2.366	2.555	2.142	2.344	2.096	2.166
1:7	2.400	2.621	2.175	2.407	2.138	2.218
สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5						
b:H	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
1:3	2.513	2.662	2.215	2.383	2.132	2.192
1:5	2.576	2.772	2.272	2.491	2.203	2.280
1:7	2.615	2.845	2.309	2.561	2.249	2.338

ตารางที่ (4-7) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:3 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	39	41	35	38	34	35
20	29	66	70	60	64	58	59
30	37	86	90	77	82	75	77
40	44	101	106	91	97	88	90
60	54	124	131	112	119	109	111
80	62	142	150	128	137	124	127
100	69	157	165	142	151	137	140
150	81			168	179	163	166
200	91			188	200	182	186
250	98					197	202
300	105					211	215
G		2.292	2.415	2.073	2.205	2.008	2.054

ตารางที่ (4-8) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:5 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	40	43	36	39	35	36
20	29	68	73	61	66	60	62
30	37	88	93	79	86	77	79
40	44	103	110	93	101	91	93
60	54	127	135	115	124	112	115
80	62	145	155	131	142	128	132
100	69	160	171	145	157	141	145
150	81			172	186	167	172
200	91			192	208	187	192
250	98					203	209
300	105					217	223
G		2.345	2.505	2.121	2.293	2.066	2.126

ตารางที่ (4-9) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:7 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	41	44	37	40	36	37
20	29	69	74	62	68	61	63
30	37	89	96	80	88	79	81
40	44	104	113	94	103	92	95
60	54	129	139	116	127	114	117
80	62	147	159	133	146	130	135
100	69	163	175	147	161	144	149
150	81			174	190	170	176
200	91			195	213	191	197
250	98					207	214
300	105					221	228
G		2.378	2.565	2.152	2.351	2.104	2.173

ตารางที่ (4-10) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:3 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	7	19	20	16	17	16	16
20	17	42	44	37	39	35	36
30	24	60	63	53	56	51	52
40	30	75	78	66	70	63	64
60	39	98	103	86	92	83	85
80	47	116	122	103	109	98	101
100	53	132	139	116	124	111	114
150	65			143	152	137	140
200	75			164	174	157	161
250	82					174	178
300	89					188	192
G		2.494	2.619	2.196	2.338	2.105	2.156

ตารางที่ (4-11) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:5 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	7	19	20	17	18	16	17
20	17	43	46	38	41	36	38
30	24	61	65	54	58	52	54
40	30	76	81	67	73	65	67
60	39	100	107	88	96	85	88
80	47	119	127	105	114	101	104
100	53	135	144	119	129	115	118
150	65			147	159	141	146
200	75			168	182	162	167
250	82					179	184
300	89					193	199
G		2.554	2.719	2.250	2.435	2.170	2.235

ตารางที่ (4-12) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:7 คาบการกลับ 50 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	7	19	21	17	19	17	17
20	17	44	47	38	42	37	38
30	24	62	67	55	60	53	55
40	30	77	83	68	75	66	68
60	39	102	109	90	98	87	90
80	47	121	130	107	117	103	107
100	53	137	147	121	132	117	121
150	65			149	163	144	149
200	75			170	187	165	171
250	82					182	189
300	89					197	204
G		2.590	2.785	2.284	2.499	2.212	2.288

ตารางที่ (4-13) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:3 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	47	50	43	46	42	43
20	35	80	85	73	78	71	72
30	45	103	110	94	101	91	93
40	53	122	129	110	118	107	110
60	65	150	159	136	146	132	135
80	74	172	182	155	167	151	155
100	82	190	202	172	184	167	171
150	97			203	218	197	203
200	109			227	244	221	227
250	118					240	246
300	126					256	263
G		2.310	2.455	2.090	2.247	2.032	2.087

ตารางที่ (4-14) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:5 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	49	52	44	48	43	44
20	35	82	89	74	81	73	75
30	45	106	114	96	105	94	97
40	53	125	135	113	123	110	114
60	65	154	166	139	152	136	141
80	74	176	190	159	174	156	161
100	82	194	210	176	192	172	178
150	97			208	228	204	210
200	109			233	255	228	235
250	118					247	256
300	126					264	273
G		2.366	2.555	2.142	2.344	2.096	2.167

ตารางที่ (4-15) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:7 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	49	54	45	49	44	46
20	35	83	91	76	84	74	77
30	45	107	117	97	108	96	99
40	53	126	138	115	127	113	117
60	65	156	170	141	156	139	144
80	74	178	195	162	179	159	165
100	82	197	215	179	198	176	182
150	97			211	234	208	216
200	109			236	262	232	241
250	118					252	262
300	126					269	279
G		2.400	2.621	2.175	2.407	2.138	2.218

ตารางที่ (4-16) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:3 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
เมตร	กก./ตร.ม.	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	9	23	24	20	21	19	20
20	20	51	54	45	48	43	44
30	29	72	77	64	69	61	63
40	36	90	95	79	85	76	79
60	47	118	125	104	112	100	103
80	56	141	149	124	134	119	123
100	63	160	169	141	151	135	139
150	78			173	186	167	171
200	90			198	213	191	196
250	99					211	217
300	107					228	234
G		2.513	2.662	2.215	2.383	2.132	2.192

ตารางที่ (4-17) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:5 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	9	23	25	20	22	20	20
20	20	52	56	46	50	44	46
30	29	74	80	65	72	63	66
40	36	92	99	81	89	79	82
60	47	121	131	107	117	104	107
80	56	144	155	127	140	123	128
100	63	163	176	144	158	140	145
150	78			178	195	172	178
200	90			204	223	197	204
250	99					218	225
300	107					235	244
G		2.576	2.772	2.272	2.491	2.203	2.280

ตารางที่ (4-18) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:7 คาบการกลับ 100 ปี

สภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 100 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	9	23	26	21	23	20	21
20	20	53	57	47	52	45	47
30	29	75	82	66	74	65	67
40	36	94	102	83	92	81	84
60	47	123	134	109	121	106	110
80	56	146	159	129	144	126	131
100	63	166	181	147	163	143	148
150	78			181	200	176	183
200	90			207	229	201	209
250	99					223	231
300	107					240	250
G		2.615	2.845	2.309	2.561	2.249	2.338

ตารางที่ (4-19) เปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ย และ หน่วยแรงลมเฉลี่ย ที่ระดับความสูงของโครงสร้าง

คาบการกลับ (ปี)	ความสูงของโครงสร้าง (เมตร)					
	100		200		300	
	$\bar{u}$	$\bar{p}$	$\bar{u}$	$\bar{p}$	$\bar{u}$	$\bar{p}$
50	28.74	53	33.06	70	35.59	81
100	31.48	63	36.62	84	38.99	97
เปอร์เซนต์แตกต่าง	9.5	20.0	9.6	20.0	9.6	20.0

$\bar{u}$ = ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)

$\bar{p}$ = หน่วยแรงลมเฉลี่ย (กก./ตร.ม.)

ตารางที่ (4-20) เปรียบเทียบลักษณะภูมิประเทศของข้อกำหนดของแต่ละประเทศ

ข้อกำหนด	สภาพภูมิประเทศเปรียบเทียบ				
BSI(2)	1	2	3		4
NBC(3)	-	A	B		C
ANSI(4)	D	C	B		A
ASCE(21)	1	2	3	4	5

ตารางที่ (4-21) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศอังกฤษ*

ความสูง เมตร	สภาพภูมิประเทศแบบ 3		สภาพภูมิประเทศแบบ 4	
	ความสูงของโครงสร้าง		ความสูงของโครงสร้าง	
	น้อยกว่า 50 เมตร	มากกว่า 50 เมตร	น้อยกว่า 50 เมตร	มากกว่า 50 เมตร
10	69	60	48	42
20	101	90	70	61
30	118	106	90	78
40	128	115	108	99
60	141	130	130	120
80	152	141	143	133
100	157	149	152	143
150	173	163	169	160
200	183	174	183	174
250	193	184	195	186
300	200	192	203	195

* ตัวประกอบสภาพภูมิประเทศ (Topography Factor) = 1

ตัวประกอบด้านสถิติ (Statistical Factor) = 1

ตารางที่ (4-22) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:3

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	42	47	38	46	40	44
20	27	53	59	48	58	50	55
30	33	64	72	59	71	61	67
40	38	74	83	68	82	71	78
60	46	91	101	83	101	87	95
80	54	105	117	96	117	100	110
100	60	118	131	107	130	112	123
150	73			131	160	137	151
200	85			151	184	158	174
250	95					177	194
300	104					194	213
G		1.959	2.182	1.782	2.174	1.868	2.048

ตารางที่ (4-23) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:5

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	44	50	40	50	43	47
20	27	55	62	50	62	54	59
30	33	67	76	62	76	66	72
40	38	78	88	71	88	76	83
60	46	95	108	87	108	93	102
80	54	110	125	101	125	108	117
100	60	123	139	112	139	121	131
150	73			138	171	148	161
200	85			159	197	171	186
250	95					191	208
300	104					209	227
G		2.044	2.321	1.873	2.321	2.010	2.188

ตารางที่ (4-24) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:7

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	21	45	55	42	52	45	49
20	27	57	69	53	66	57	62
30	33	70	84	65	81	69	76
40	38	80	97	75	93	80	87
60	46	98	119	91	114	98	107
80	54	114	138	105	131	113	123
100	60	127	154	118	147	127	138
150	73			144	180	155	169
200	85			167	208	179	195
250	95					200	218
300	104					219	239
G		2.116	2.566	1.965	2.449	2.108	2.300

ตารางที่ (4-25) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:3

สภาพภูมิประเทศแบบ C b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	40	45	34	42	36	38
20	17	40	45	34	42	36	38
30	17	40	45	34	42	36	38
40	21	49	55	42	51	44	47
60	28	65	74	56	69	59	63
80	35	80	91	69	84	72	78
100	41	94	107	81	99	85	91
150	55			109	133	114	122
200	67			134	163	140	150
250	79					164	176
300	90					187	201
G		2.314	2.620	1.995	2.432	2.084	2.238

ตารางที่ (4-26) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:5

สภาพภูมิประเทศแบบ C b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	42	48	36	45	38	42
20	17	42	48	36	45	38	42
30	17	42	48	36	45	38	42
40	21	51	59	44	55	47	51
60	28	68	79	59	74	63	69
80	35	84	97	72	91	77	85
100	41	99	114	85	107	91	99
150	55			114	144	122	133
200	67			140	177	150	164
250	79					176	192
300	90					201	219
G		2.427	2.794	2.087	2.633	2.234	2.440

ตารางที่ (4-27) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:7

สภาพภูมิประเทศแบบ C b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 30 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	17	42	49	37	46	39	43
20	17	42	49	37	46	39	43
30	17	42	49	37	46	39	43
40	21	52	60	45	57	48	53
60	28	70	81	61	76	65	71
80	35	86	99	75	94	80	87
100	41	101	117	85	110	94	102
150	55			117	147	125	137
200	67			144	181	154	168
250	79					181	197
300	90					207	225
G		2.484	2.869	2.149	2.703	2.302	2.508

ตารางที่ (4-28) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:3

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	38	43	45	40	46	41	44
20	52	59	62	54	62	56	60
30	62	70	74	65	75	67	72
40	70	80	84	73	85	77	82
60	84	95	100	88	102	92	98
80	96	108	114	100	116	104	112
100	106	120	126	110	128	115	123
150	126			132	153	138	148
200	144			150	174	157	168
250	159					173	186
300	172					188	201
G		1.133	1.194	1.045	1.208	1.091	1.169

ตารางที่ (4-29) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:5

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	38	44	49	41	48	43	47
20	52	60	66	56	66	59	63
30	62	72	79	67	79	71	76
40	70	82	90	76	89	80	86
60	84	98	108	91	107	96	103
80	96	112	123	103	121	110	117
100	106	123	135	114	134	121	130
150	126			136	161	145	155
200	144			155	182	165	176
250	159					182	195
300	172					197	211
G		1.168	1.282	1.079	1.269	1.145	1.227

ตารางที่ (4-30) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:7

สภาพภูมิประเทศแบบ B b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	38	45	51	42	49	45	48
20	52	62	69	57	67	61	65
30	62	74	82	68	81	73	78
40	70	84	94	77	92	83	89
60	84	100	112	93	110	99	106
80	96	114	127	105	125	113	120
100	106	126	141	116	137	125	133
150	126			139	165	149	159
200	144			158	187	170	181
250	159					187	200
300	172					203	217
G		1.192	1.331	1.101	1.302	1.179	1.259

ตารางที่ (4-31) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:3

สภาพภูมิประเทศแบบ A b:H = 1:3 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	15	18	19	16	19	16	17
20	23	28	31	25	29	26	27
30	31	37	41	33	39	34	36
40	37	44	49	40	47	41	43
60	49	58	64	53	61	54	57
80	59	70	78	64	74	65	69
100	68	82	90	74	86	76	80
150	89			97	113	99	105
200	108			118	136	120	127
250	126					140	147
300	142					158	166
G		1.198	1.325	1.089	1.260	1.110	1.171

ตารางที่ (4-32) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:5

สภาพภูมิประเทศแบบ A b:H = 1:5 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	15	18	20	16	19	17	18
20	23	28	32	26	31	27	29
30	31	37	42	34	40	35	38
40	37	45	51	41	49	42	45
60	49	59	67	54	64	56	60
80	59	71	81	66	77	67	72
100	68	83	95	76	90	78	84
150	89			100	118	102	110
200	108			121	143	124	133
250	126					144	154
300	142					163	174
G		1.214	1.386	1.117	1.318	1.146	1.228

ตารางที่ (4-33) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:7

สภาพภูมิประเทศแบบ A b:H = 1:7 b:d = 1:1 คาบการกลับ 50 ปี							
ความสูง เมตร	หน่วยแรงลมเฉลี่ย กก./ตร.ม.	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
		100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
		0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
10	15	18	21	17	20	17	19
20	23	29	33	27	32	27	29
30	31	38	43	35	41	36	39
40	37	46	52	42	50	44	47
60	49	60	68	55	66	57	61
80	59	72	83	67	80	69	74
100	68	84	96	78	92	80	86
150	89			102	121	105	113
200	108			123	147	127	137
250	126					148	159
300	142					167	179
G		1.229	1.408	1.139	1.355	1.175	1.262

ตารางที่ (4-34) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:3 b:d = 1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	149	149	174	174	192	192
NBC(3)	118	131	151	184	194	213
ANSI(4)	120	126	150	174	188	201
ASCE(21)	157	165	188	200	211	215
เปอร์เซนต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	-5.1	-9.7	-7.5	-13.0	-9.0	-10.7
NBC(3)	-24.8	-20.6	-19.7	-8.0	-8.1	-0.9
ANSI(4)	-23.6	-23.6	-20.2	-13.0	-13.0	-6.5

ตารางที่ (4-35) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:5 b:d = 1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	149	149	174	174	192	192
NBC(3)	123	139	159	197	209	227
ANSI(4)	123	135	155	182	197	211
ASCE(21)	160	171	192	208	217	223
เปอร์เซนต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	-6.9	-12.9	-9.4	-16.4	-11.5	-13.9
NBC(3)	-23.1	-18.7	-17.2	-5.3	-3.7	1.8
ANSI(4)	-23.1	-21.1	-19.3	-12.5	-9.2	-5.4

ตารางที่ (4-36) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:7 b:d = 1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	149	149	174	174	192	192
NBC(3)	127	154	167	208	219	239
ANSI(4)	126	141	158	187	203	217
ASCE(21)	163	175	195	213	221	228
เปอร์เซ็นต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	-8.6	-14.9	-10.8	-18.3	-13.1	-15.8
NBC(3)	-22.1	-12.0	-14.4	-2.4	-0.9	4.8
ANSI(4)	-22.7	-19.4	-19.0	-12.2	-8.1	-4.8

ตารางที่ (4-37) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:3 b:d =1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	143	143	174	174	195	195
NBC(3)	94	107	134	163	187	201
ANSI(4)	82	90	118	136	158	166
ASCE(21)	132	139	164	174	188	192
เปอร์เซนต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	8.3	2.9	6.1	0.0	3.7	1.6
NBC(3)	-28.8	-23.0	-18.3	-6.3	-0.5	4.7
ANSI(4)	-37.9	-35.3	-28.1	-21.8	-16.0	-13.4

ตารางที่ (4-38) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:5 b:d = 1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	143	143	174	174	195	195
NBC(3)	99	114	140	177	201	219
ANSI(4)	83	95	121	143	163	174
ASCE(21)	135	144	168	182	193	199
เปอร์เซ็นต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	5.9	-0.7	3.6	-4.4	1.0	-2.0
NBC(3)	-26.7	-20.8	-16.7	-2.8	4.2	10.1
ANSI(4)	-38.5	-34.0	-28.0	-21.4	-15.5	-12.6

ตารางที่ (4-39) เปรียบเทียบหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:7 b:d = 1:1

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ระดับความสูงของโครงสร้าง						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	143	143	174	174	195	195
NBC(3)	101	117	144	181	207	225
ANSI(4)	84	96	123	147	167	179
ASCE(21)	137	147	170	187	197	204
เปอร์เซ็นต์แตกต่าง (ฐาน = ASCE)						
ข้อกำหนด	ความสูง และ ความถี่ธรรมชาติ (Hz) ของโครงสร้าง					
	100 เมตร		200 เมตร		300 เมตร	
	0.50	0.25	0.25	0.125	0.125	0.10
BSI(2)	4.4	-2.7	2.4	-7.0	-1.0	-4.4
NBC(3)	-26.3	-20.4	-15.3	-3.2	5.1	10.3
ANSI(4)	-38.7	-34.7	-27.7	-21.4	-15.2	-12.3

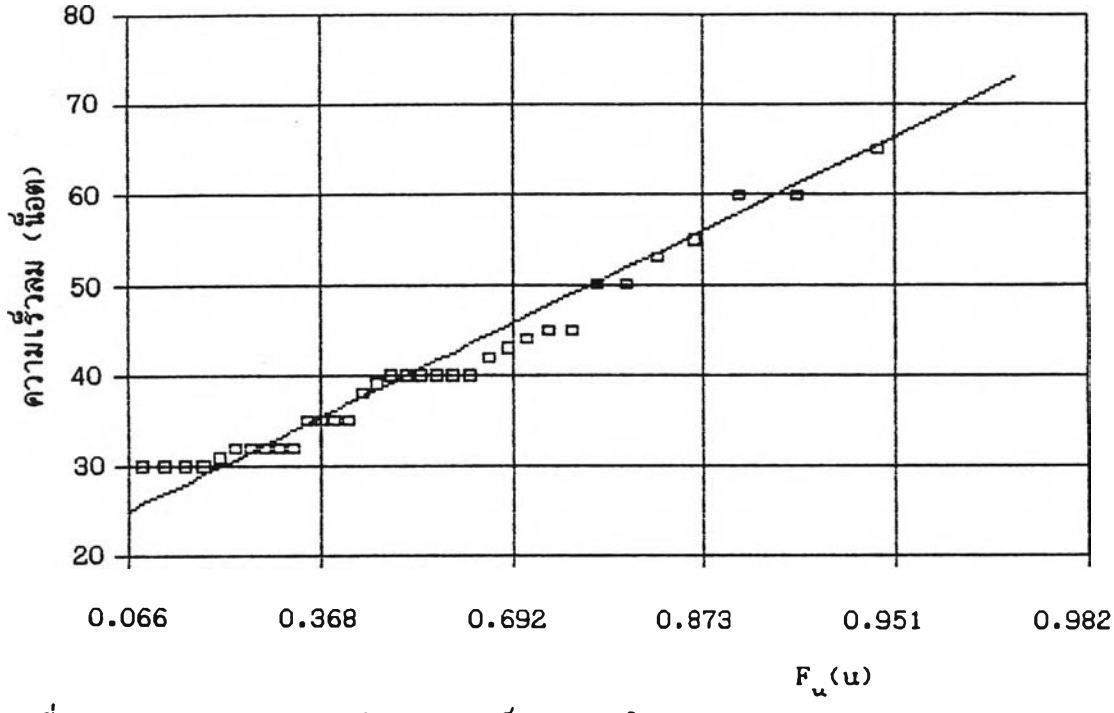
ตารางที่ (4-40) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้าง และ ความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4

สัดส่วนของโครงสร้าง b:H	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ H
1:3	4.0045 - 0.3014 ln(H+1)
1:5	4.0682 - 0.3381 ln(H+1)
1:7	4.1474 - 0.3343 ln(H+1)

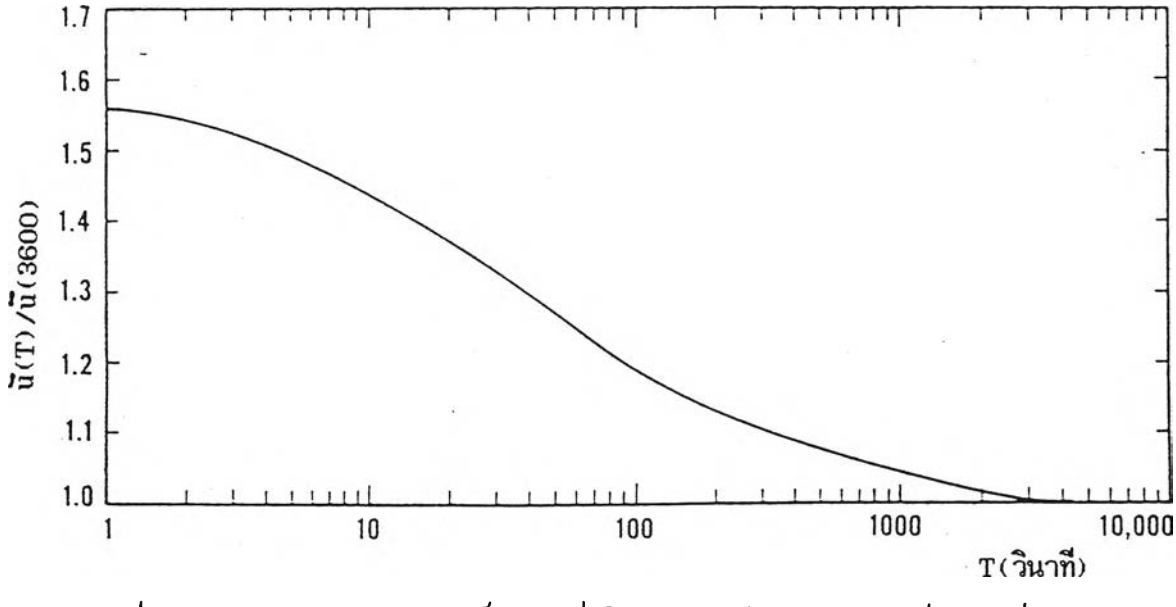
ตารางที่ (4-41) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบการตอบสนองการกรรโชกของลมของโครงสร้าง และ ความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5

สัดส่วนของโครงสร้าง b:H	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ H
1:3	5.0205 - 0.5066 ln(H+1)
1:5	5.1051 - 0.5056 ln(H+1)
1:7	5.1470 - 0.5022 ln(H+1)

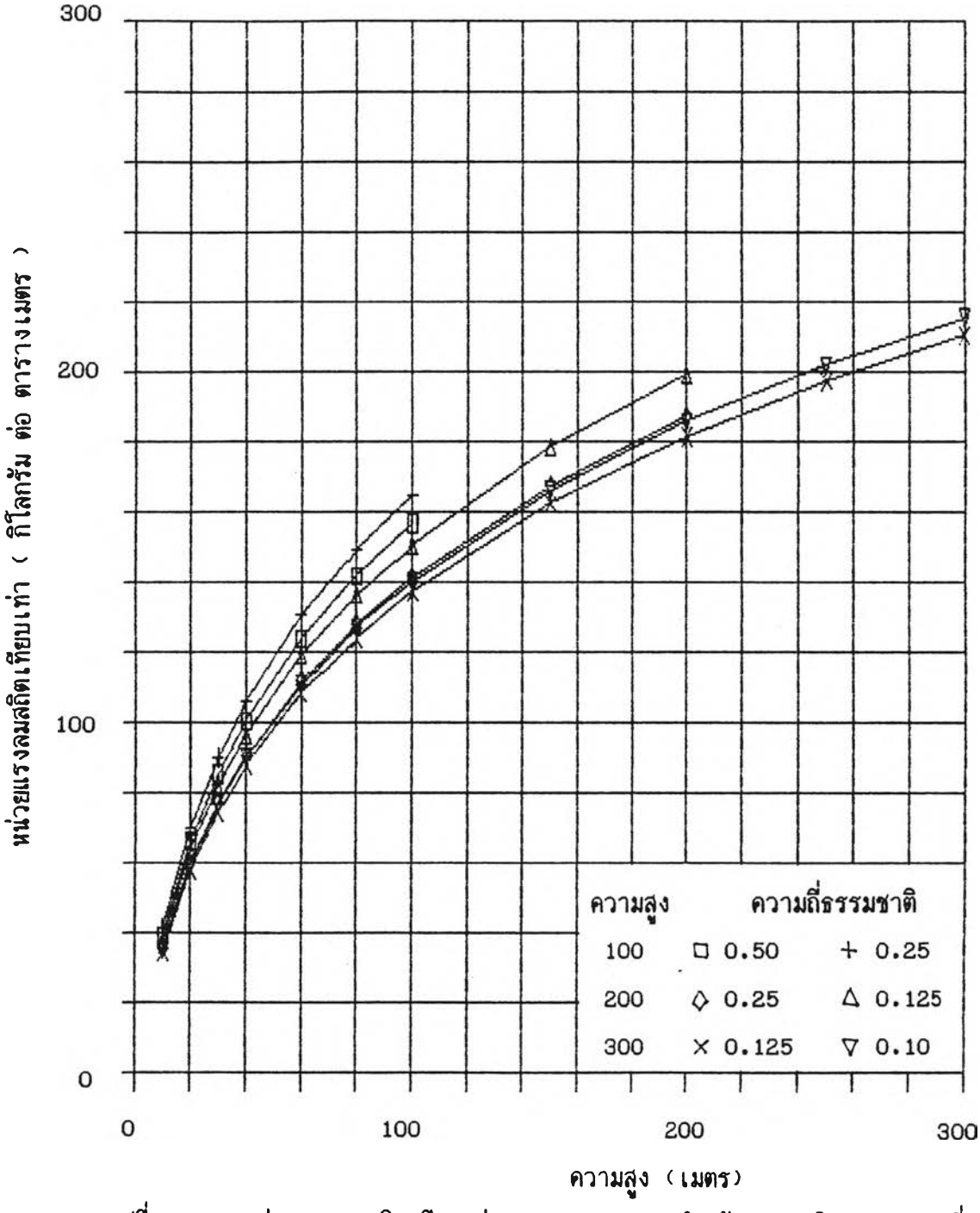
การกระจายของข้อมูลความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปี
สถานีตรวจอากาศดอนเมือง



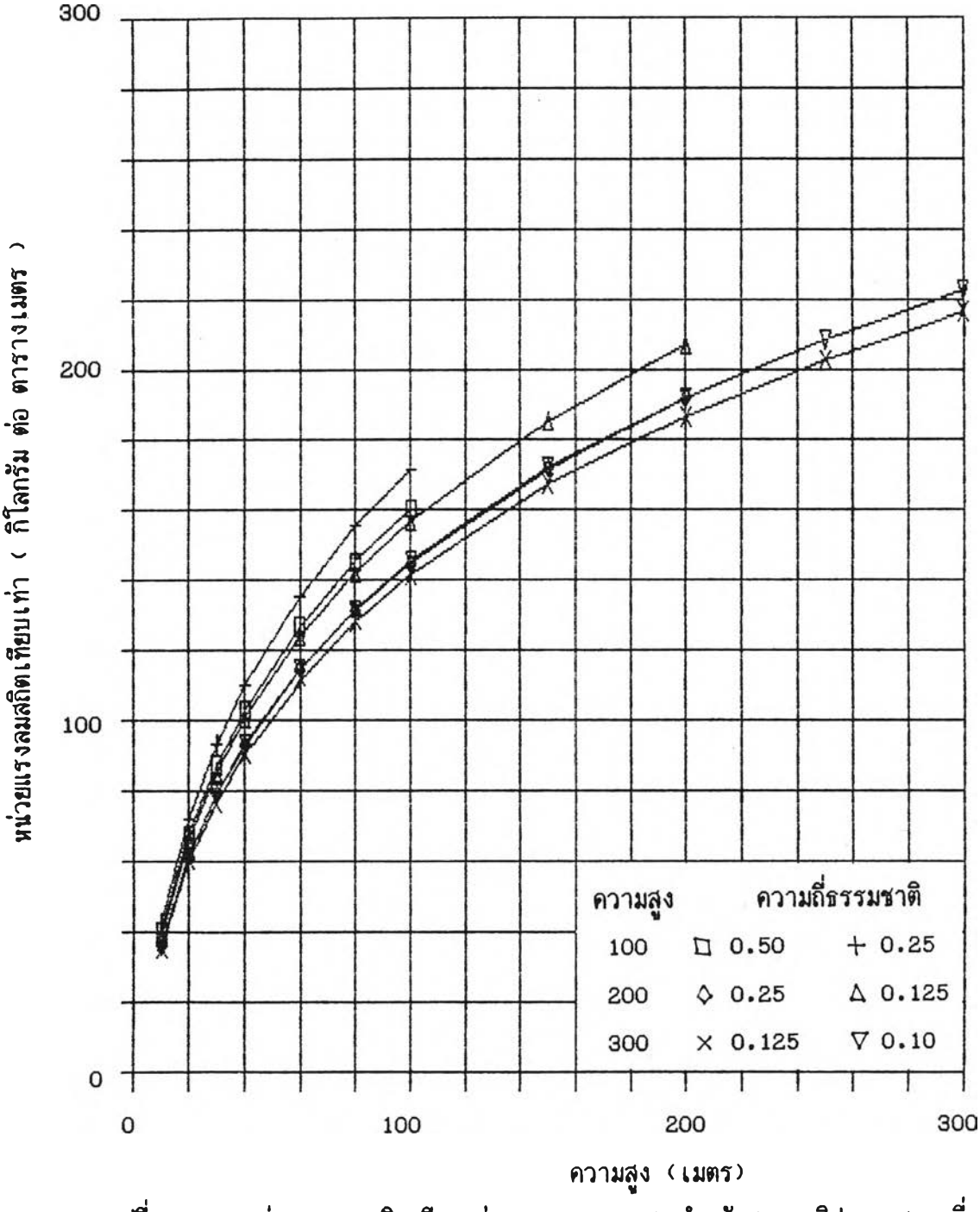
รูปที่ (4-1) การกระจายของข้อมูลความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปีของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง
ข้อมูล □ Gumbel ——



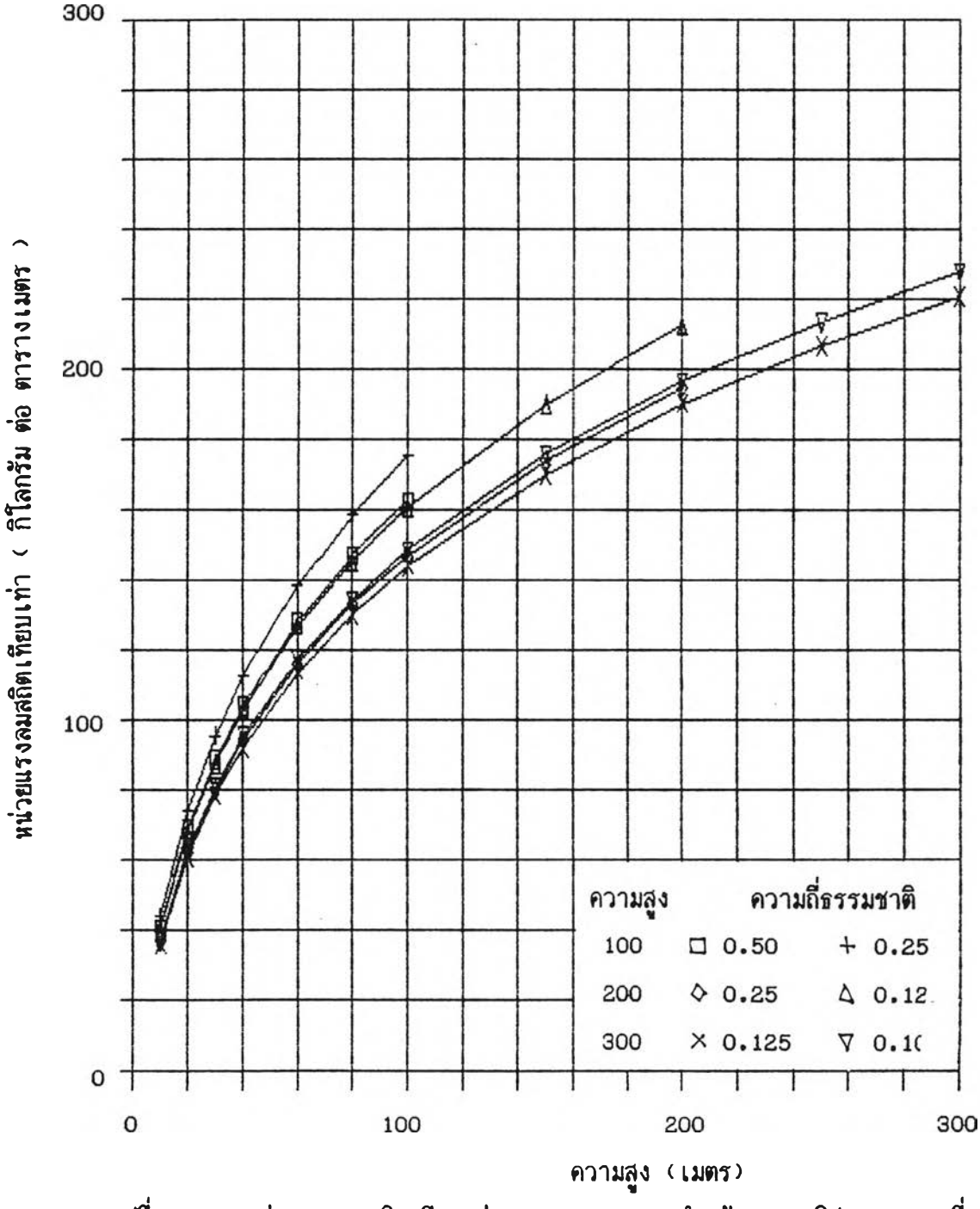
รูปที่ (4-2) ค่าอัตราส่วนความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาใดๆ ต่อความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง [4]



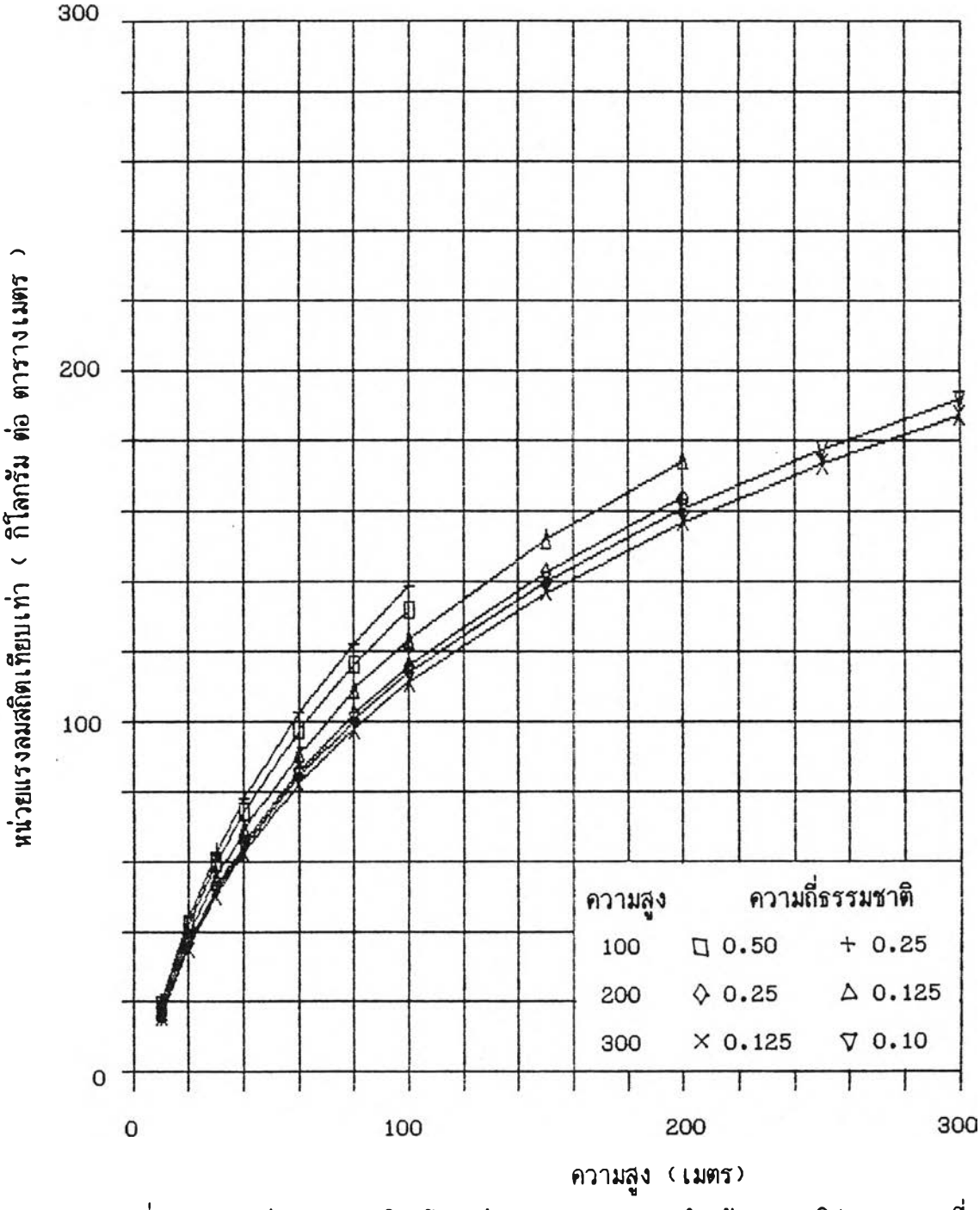
รูปที่ (4-3) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:3 คาบการกลับ 50 ปี



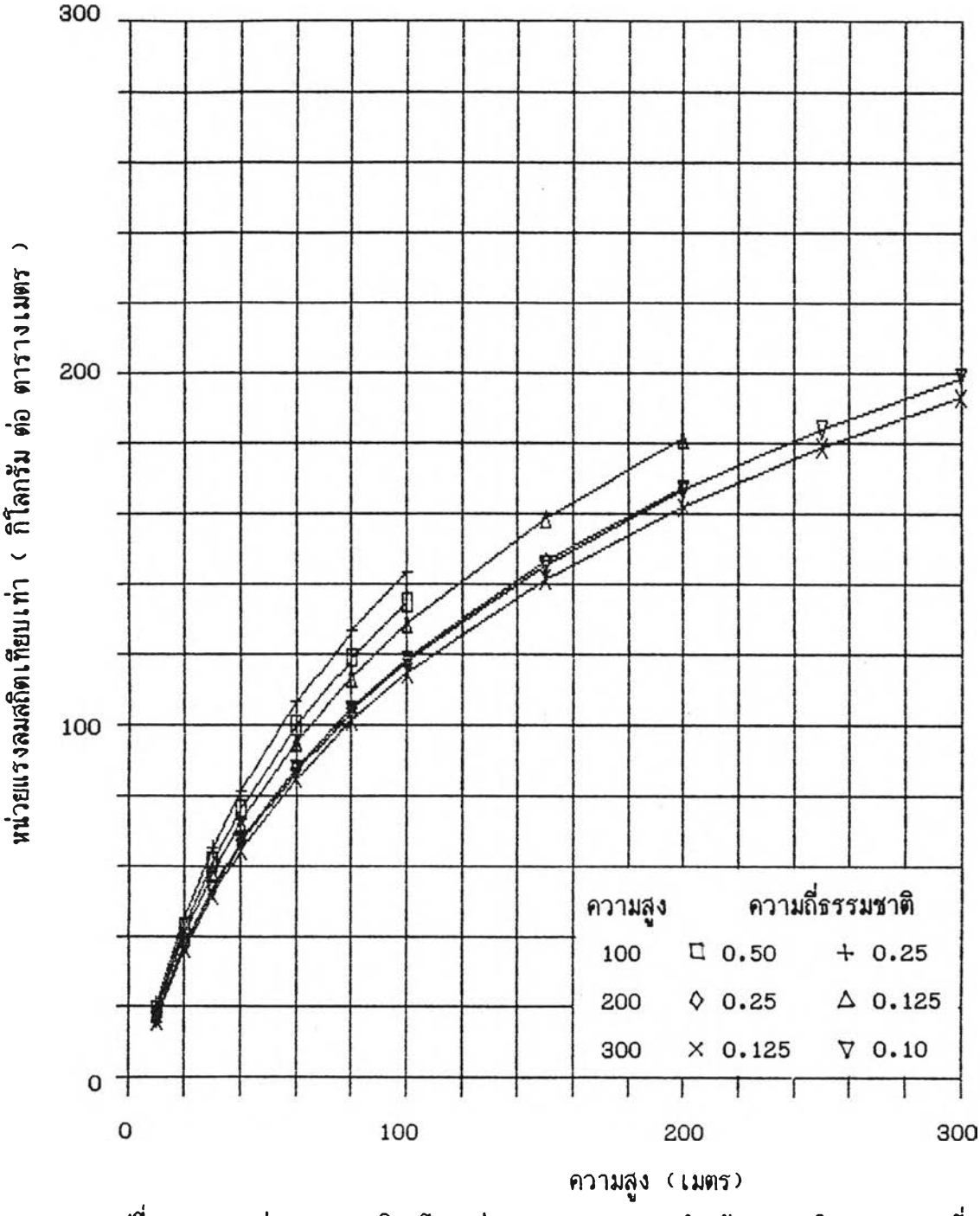
รูปที่ (4-4) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:5 คาบการกลับ 50 ปี



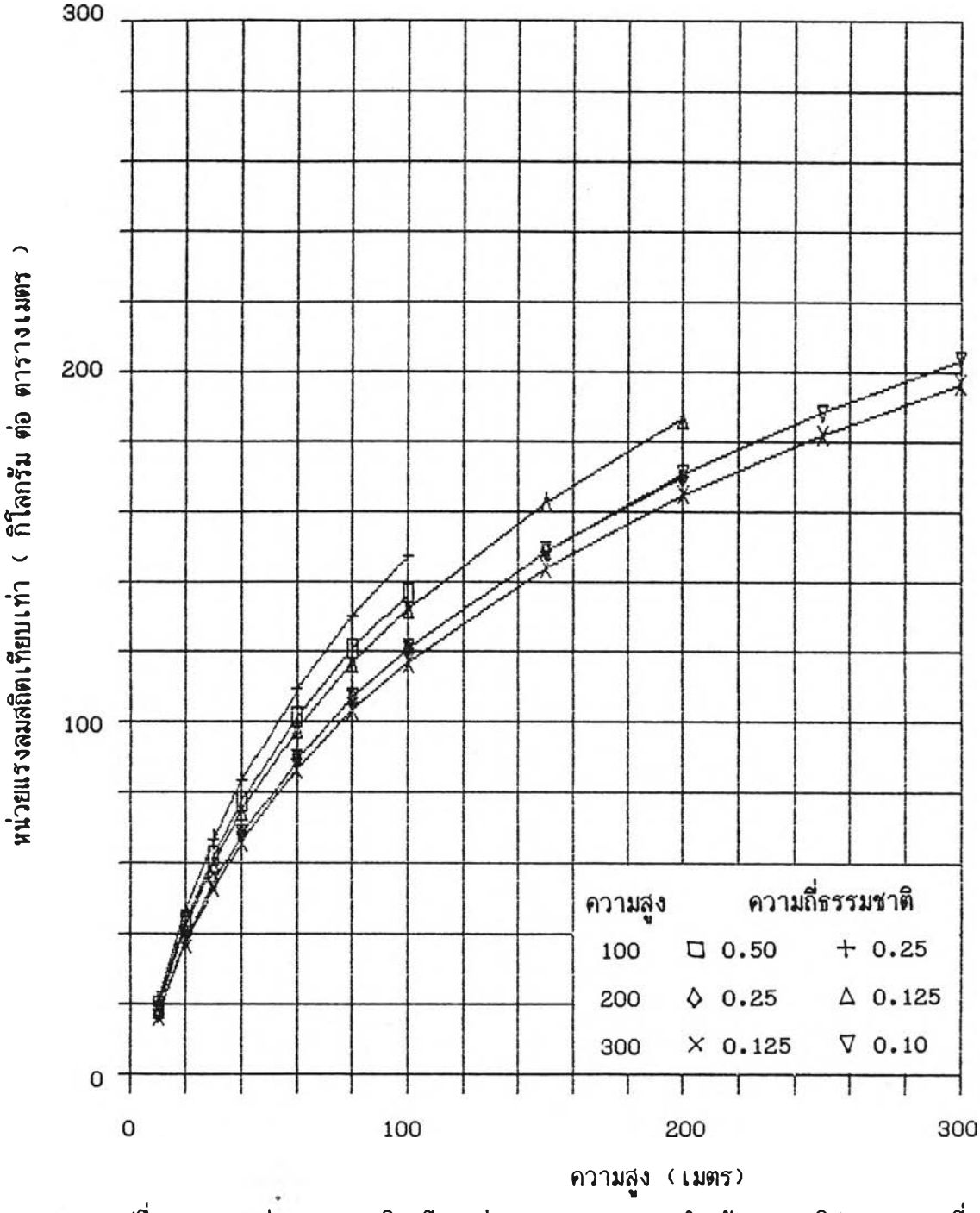
รูปที่ (4-5) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:7 คาบการกลับ 50 ปี



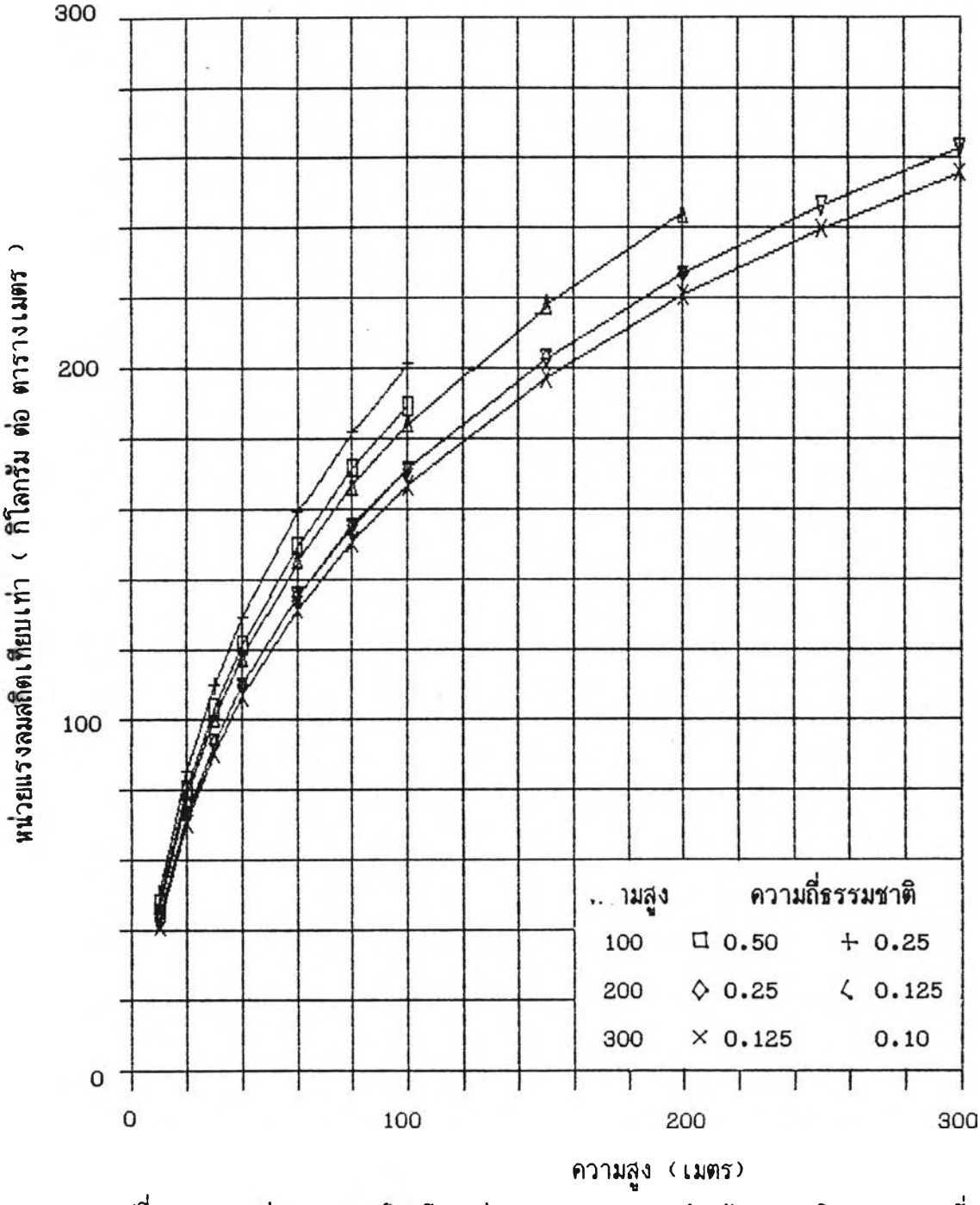
รูปที่ (4-6) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:3 คาบการกลับ 50 ปี



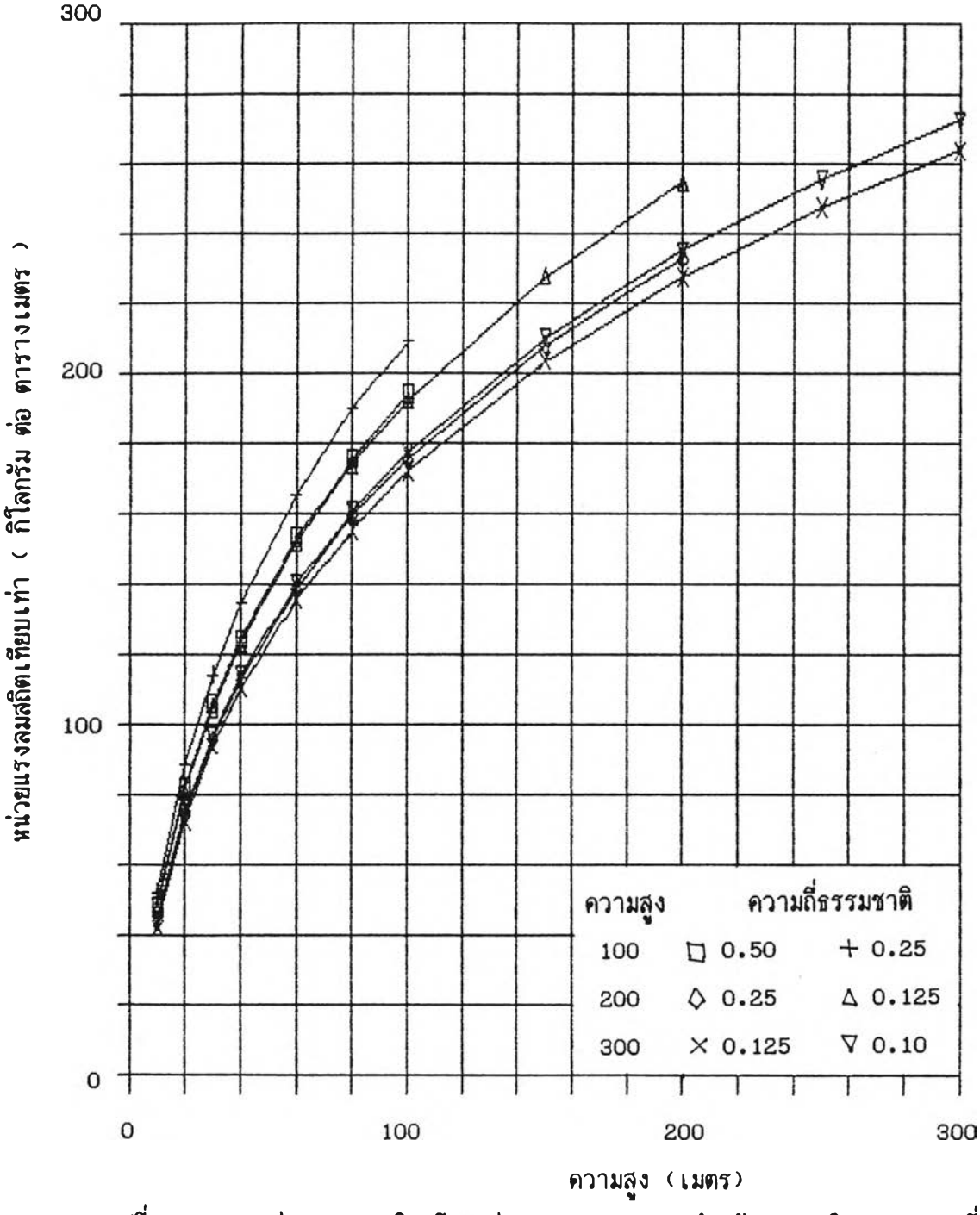
รูปที่ (4-7) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:5 คาบการกลับ 50 ปี



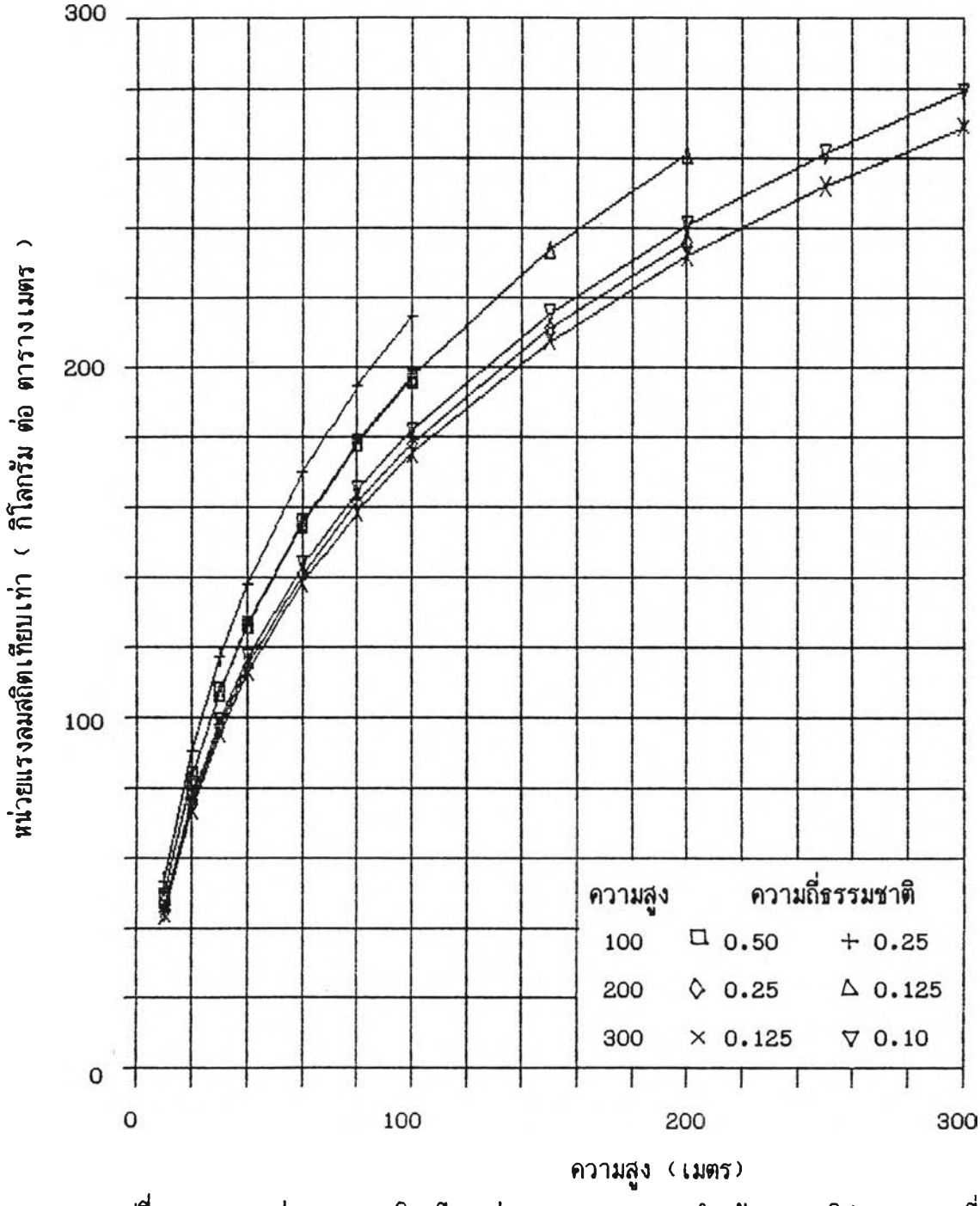
รูปที่ (4-8) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5 b:H = 1:7 คาบการกลับ 50 ปี



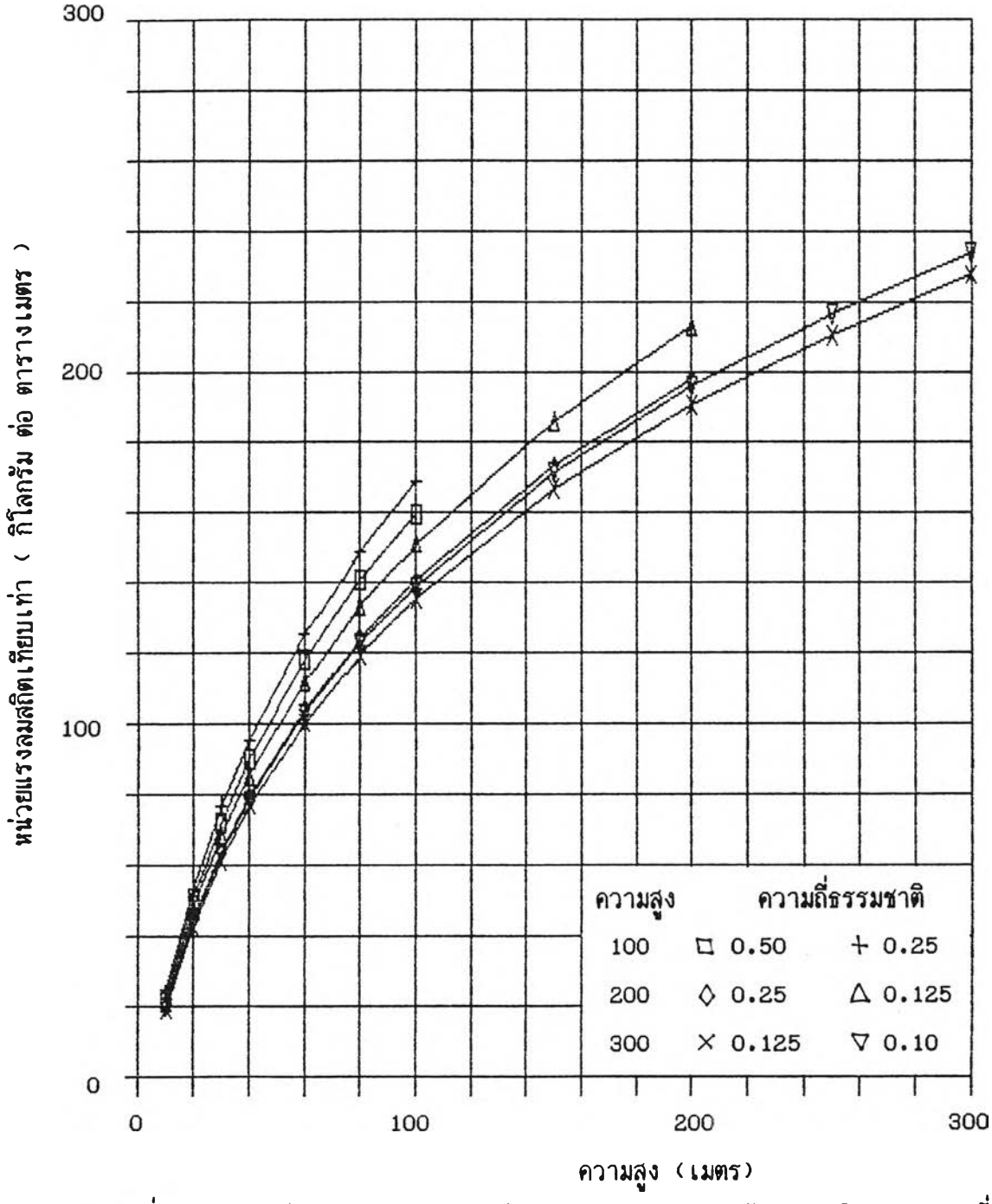
รูปที่ (4-9) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 b:H = 1:3 คาบการกลับ 100 ปี



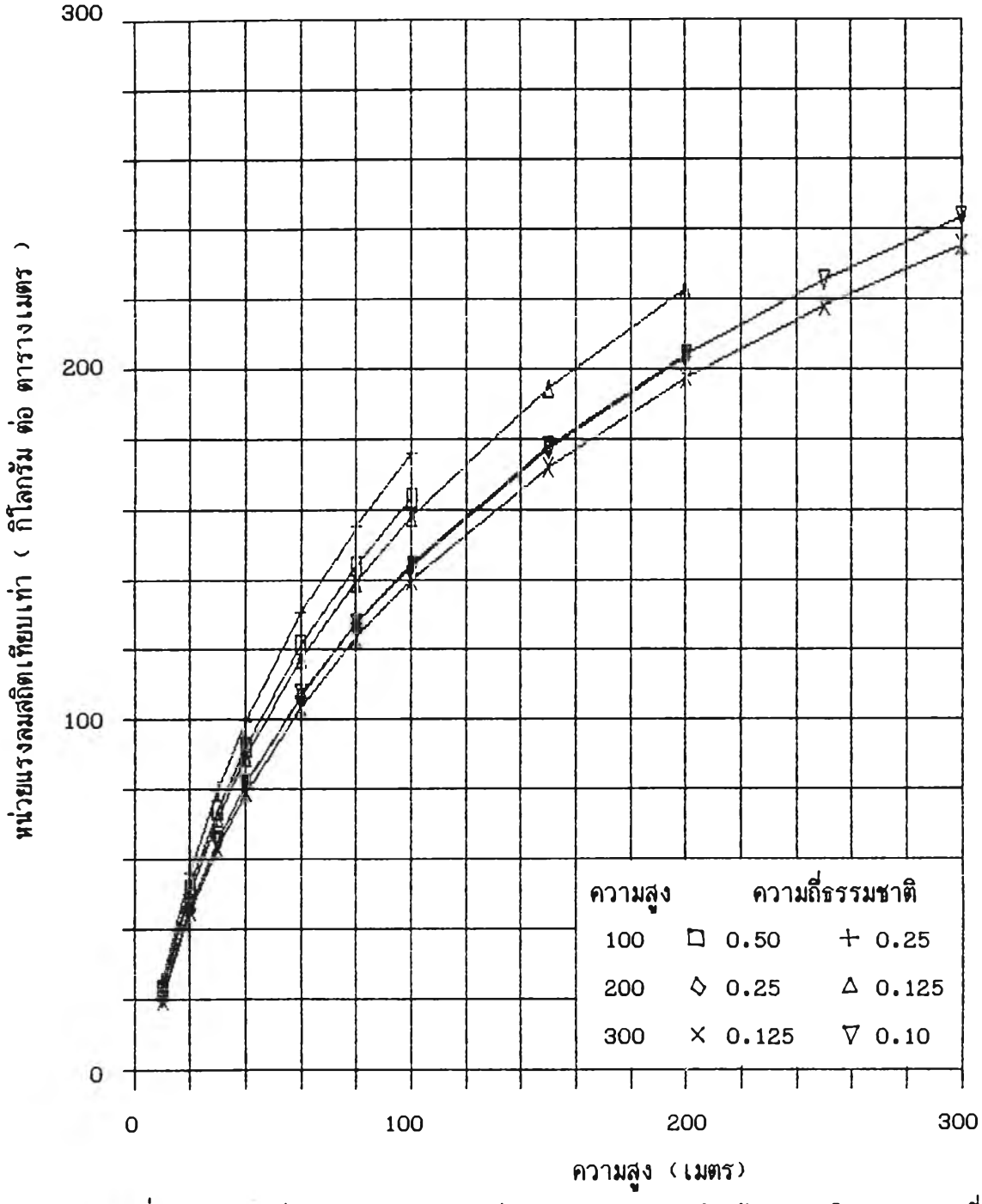
รูปที่ (4-10) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:5 คาบการกลับ 100 ปี



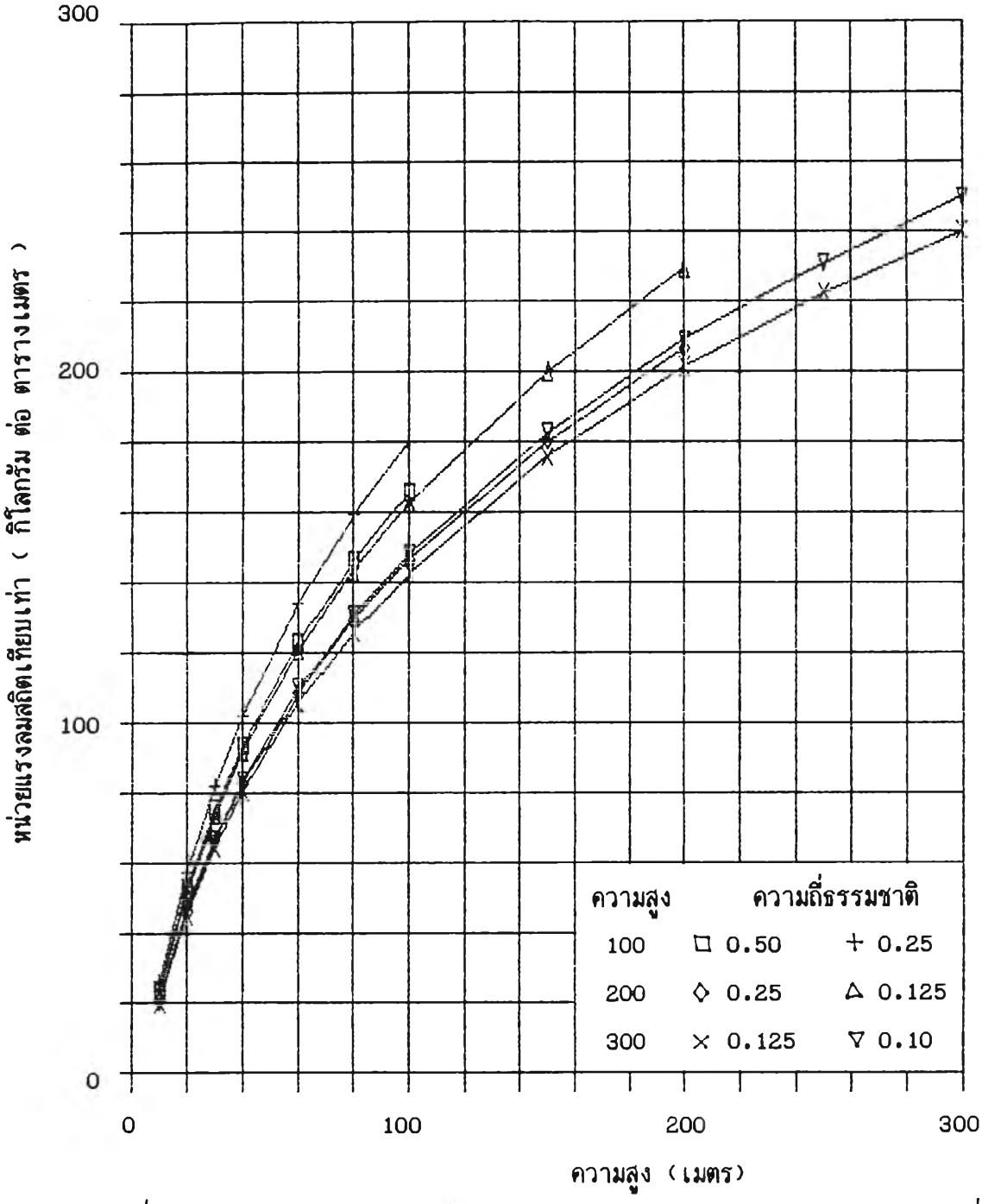
รูปที่ (4-11) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4
b:H = 1:7 คาบการกลับ 100 ปี



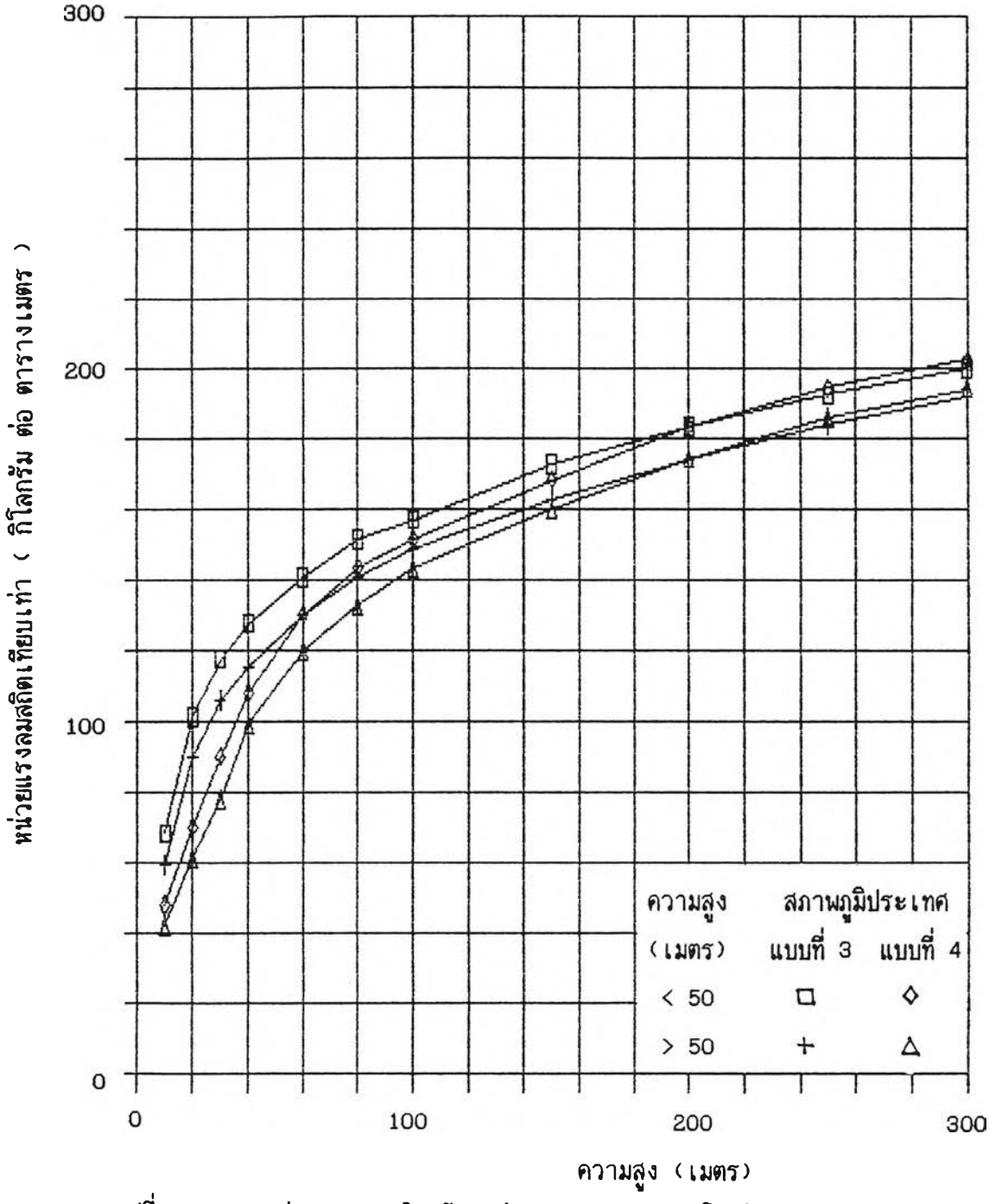
รูปที่ (4-12) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:3 คาบการกลับ 100 ปี



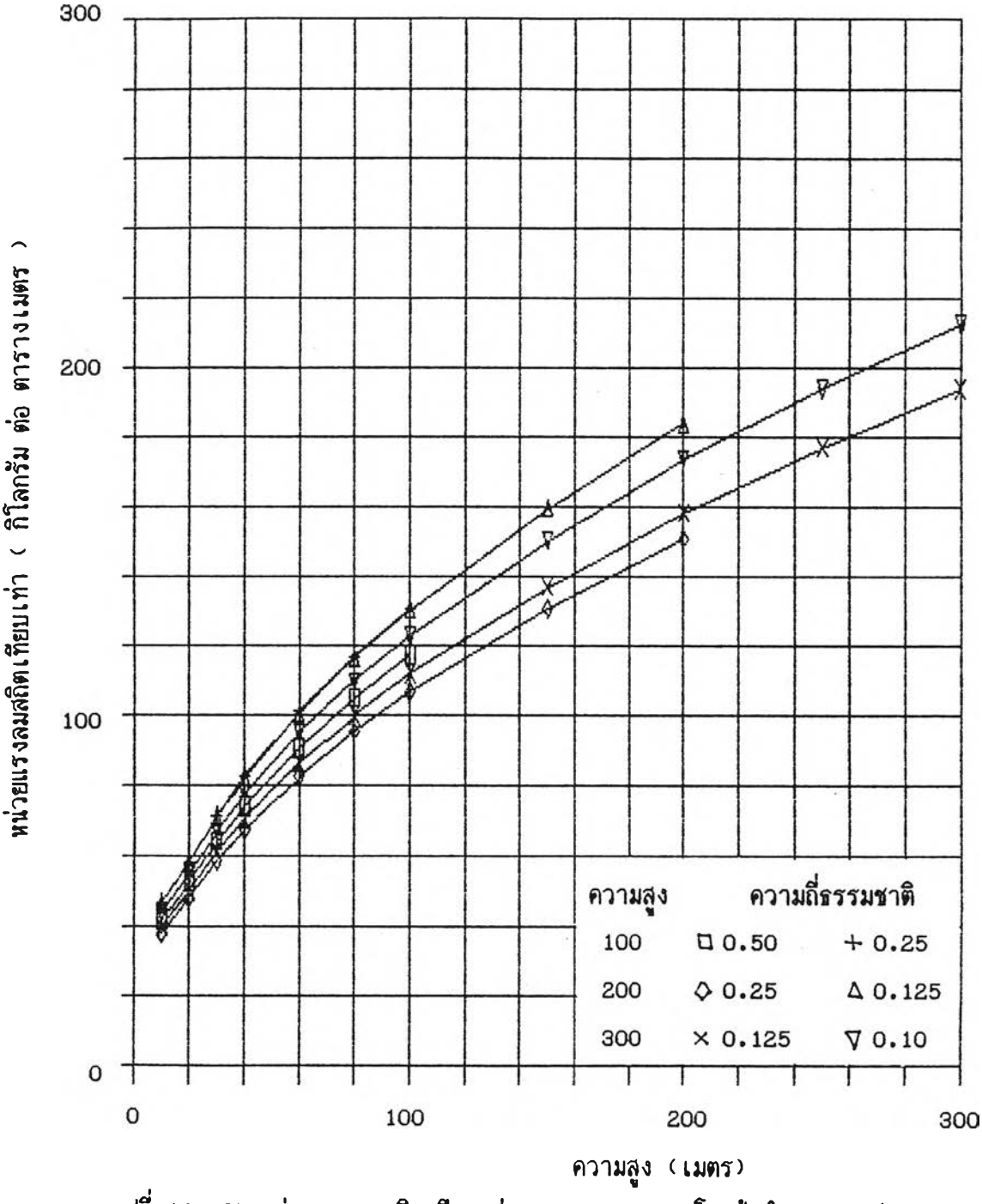
รูปที่ (4-13) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:5 คาบการกลับ 100 ปี



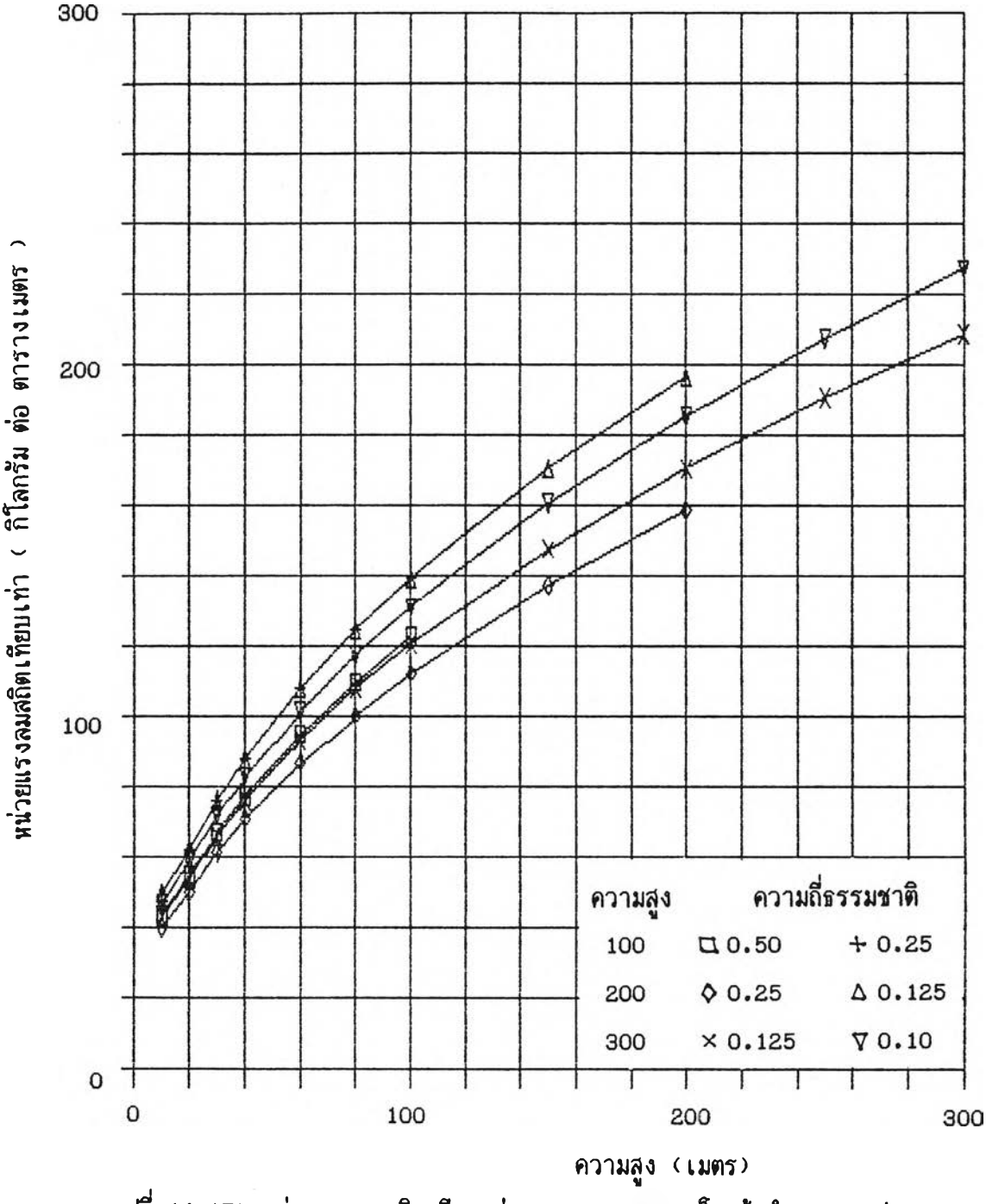
รูปที่ (4-14) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 5
b:H = 1:7 คาบการกลับ 100 ปี



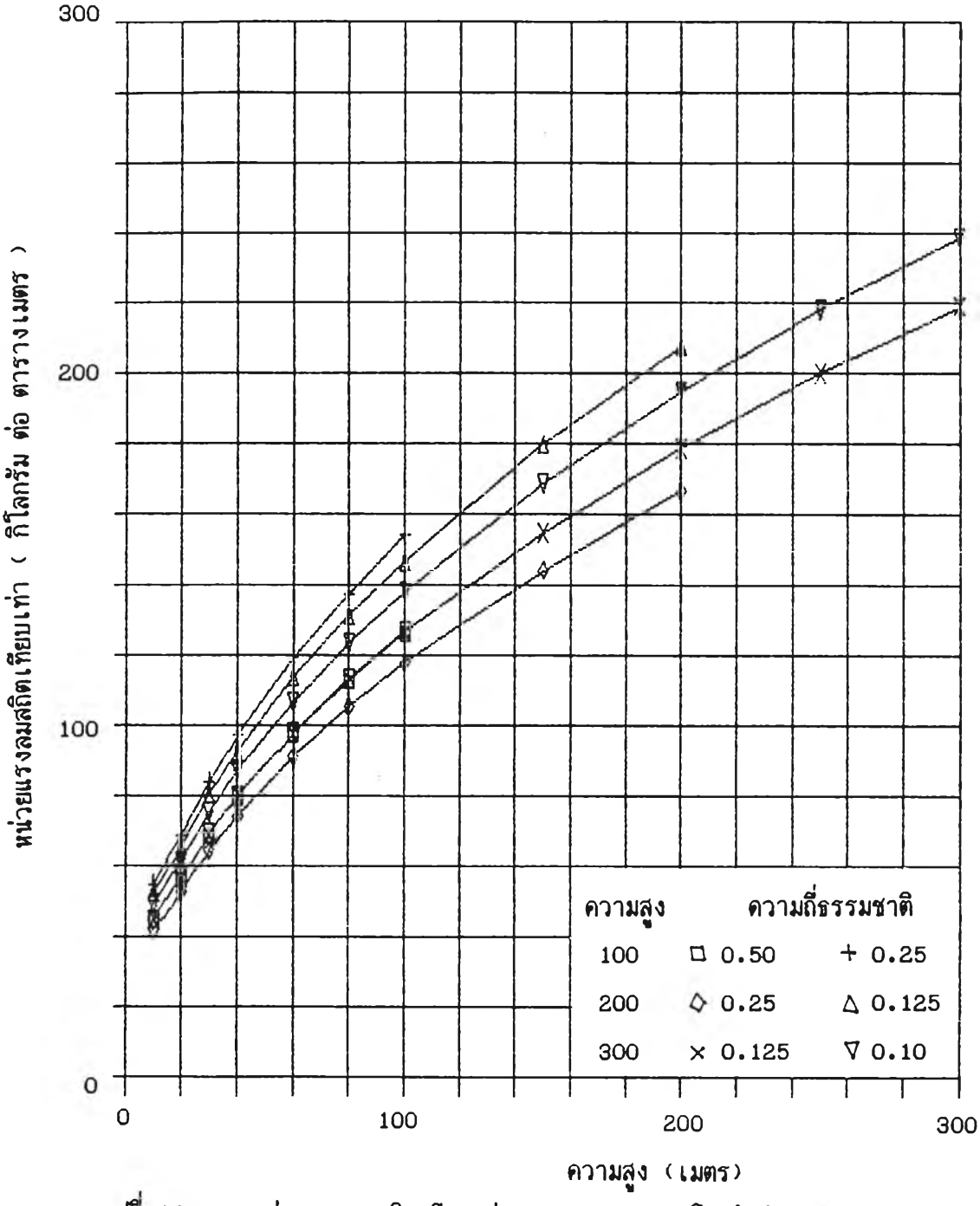
รูปที่ (4-15) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศอังกฤษ



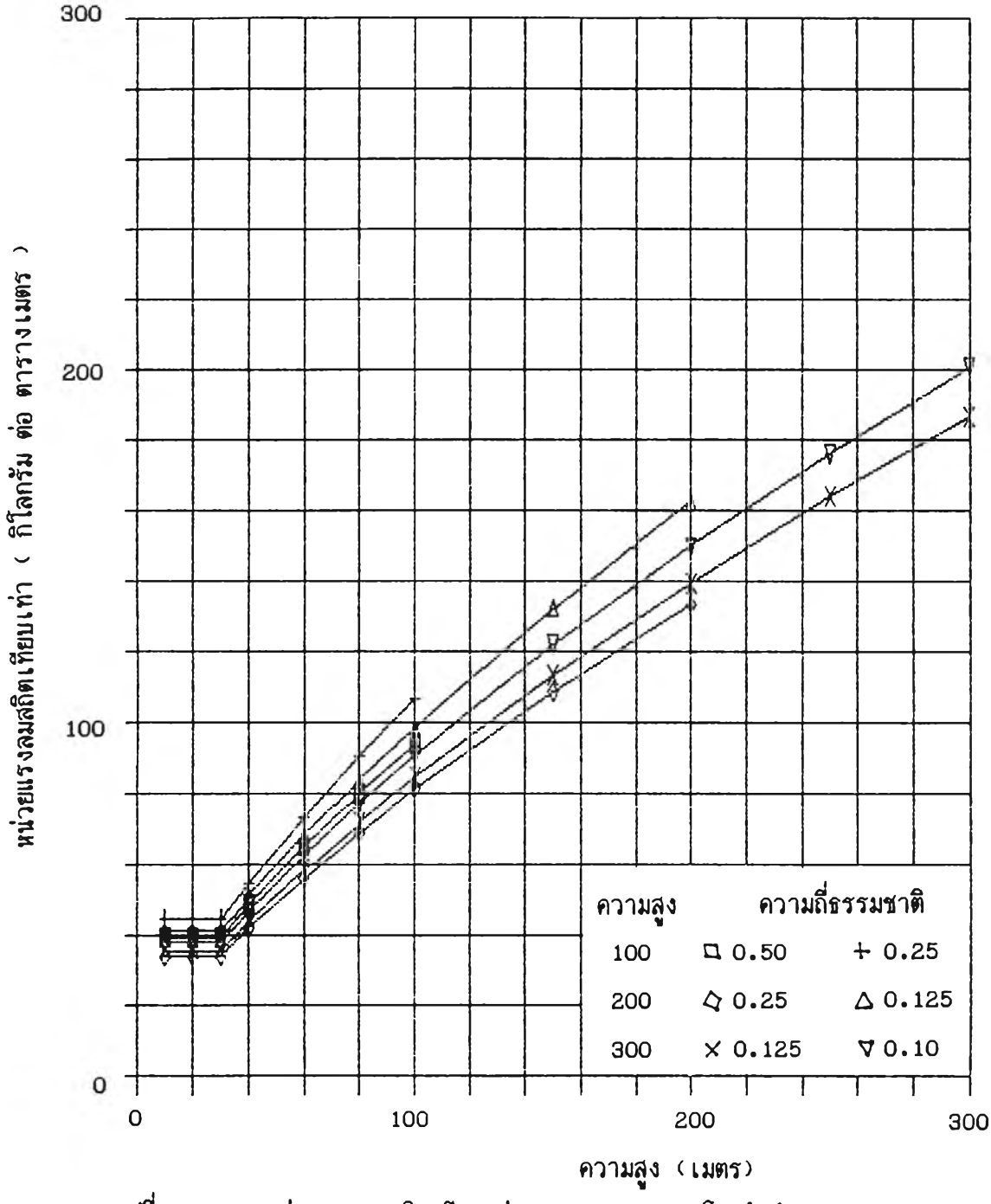
รูปที่ (4-16) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:3



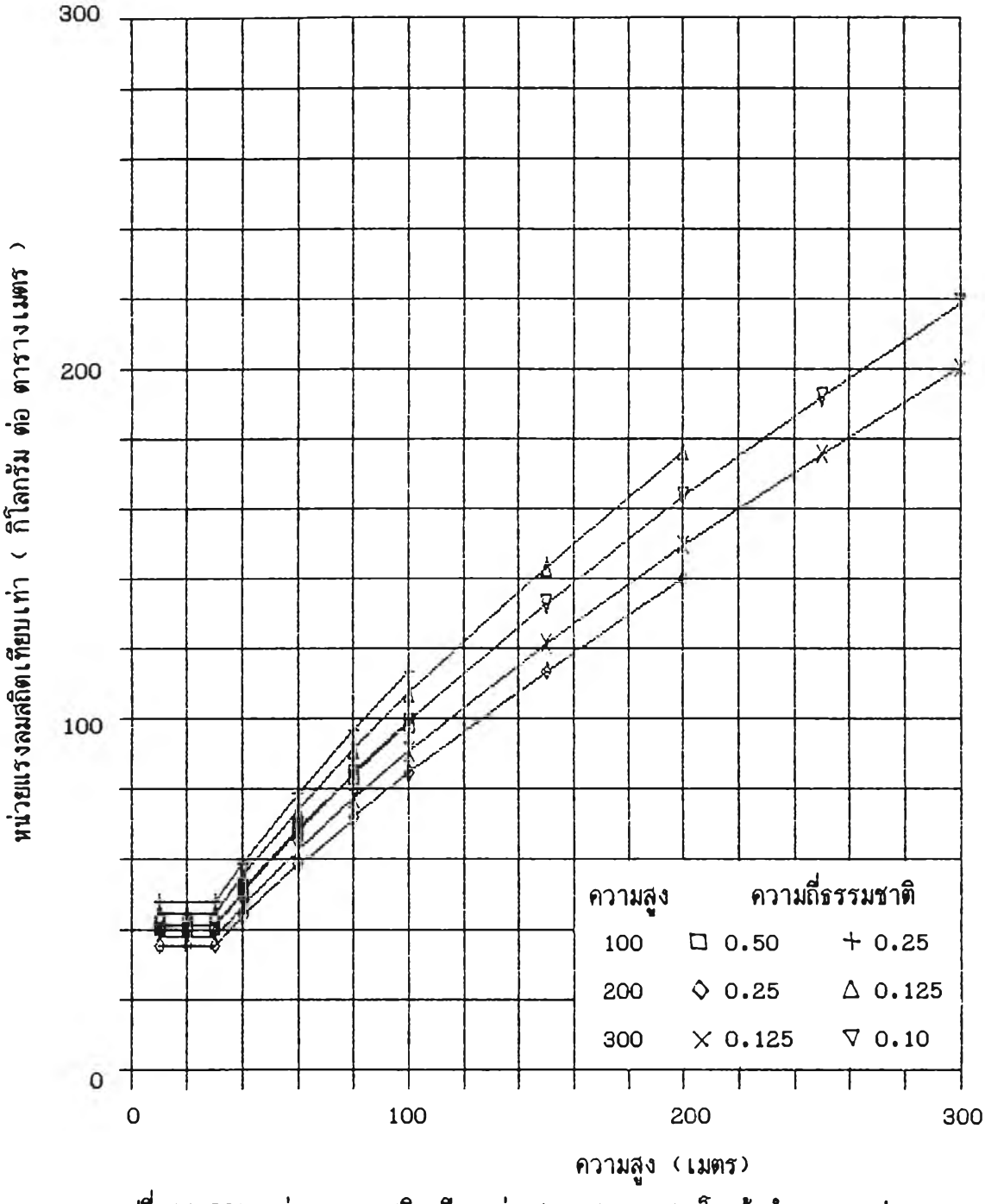
รูปที่ (4-17) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:5



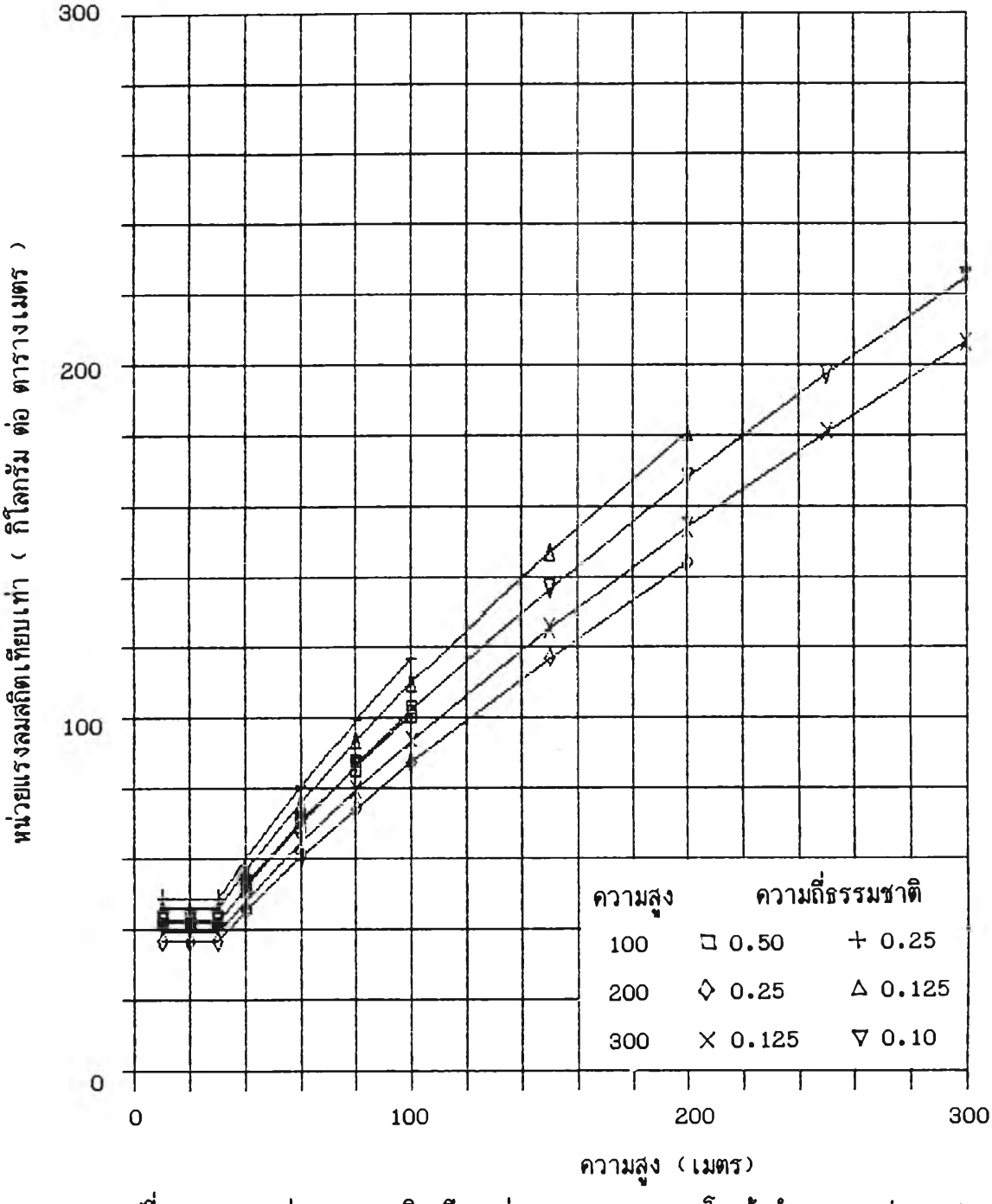
รูปที่ (4-18) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:7



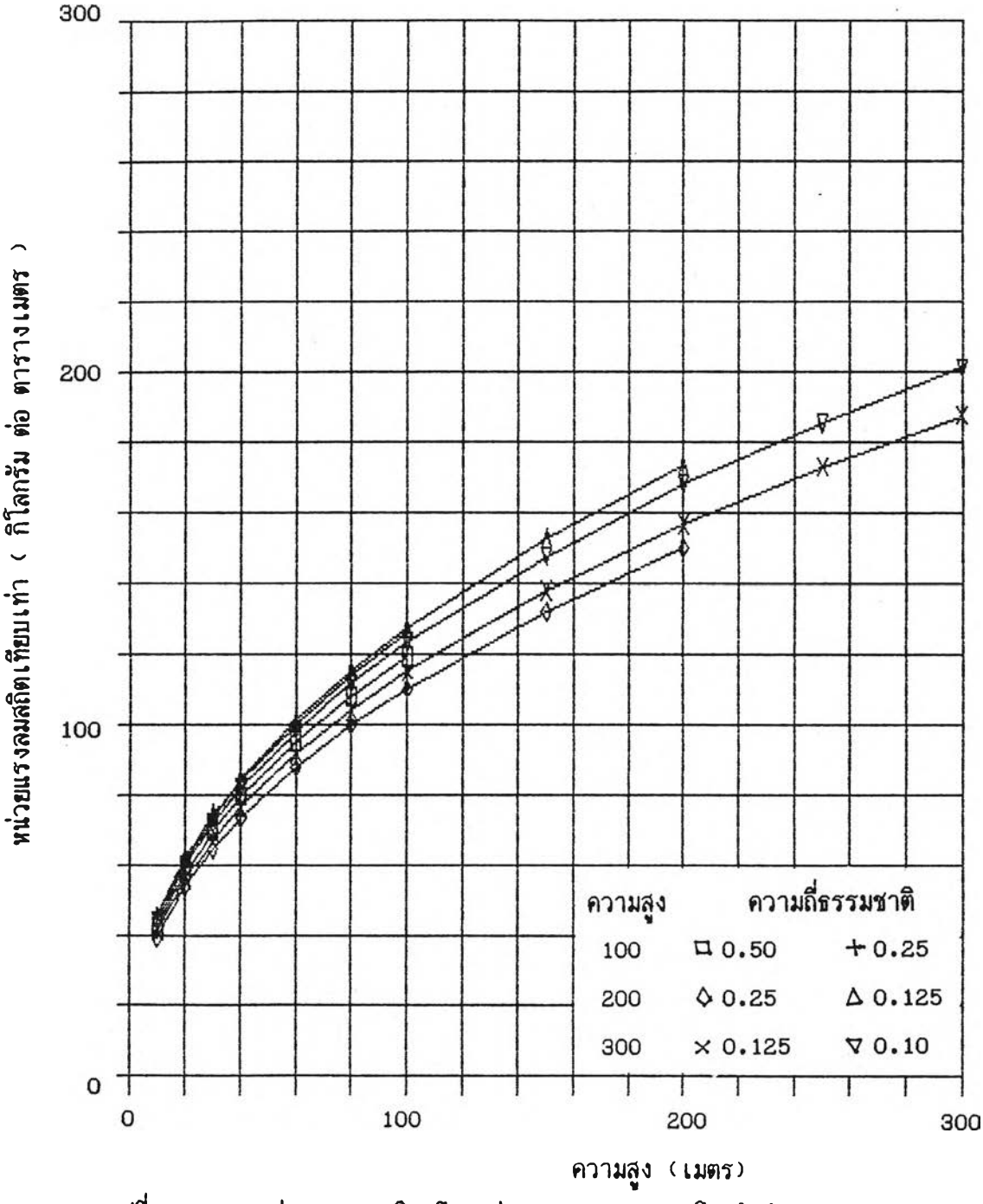
รูปที่ (4-19) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:3



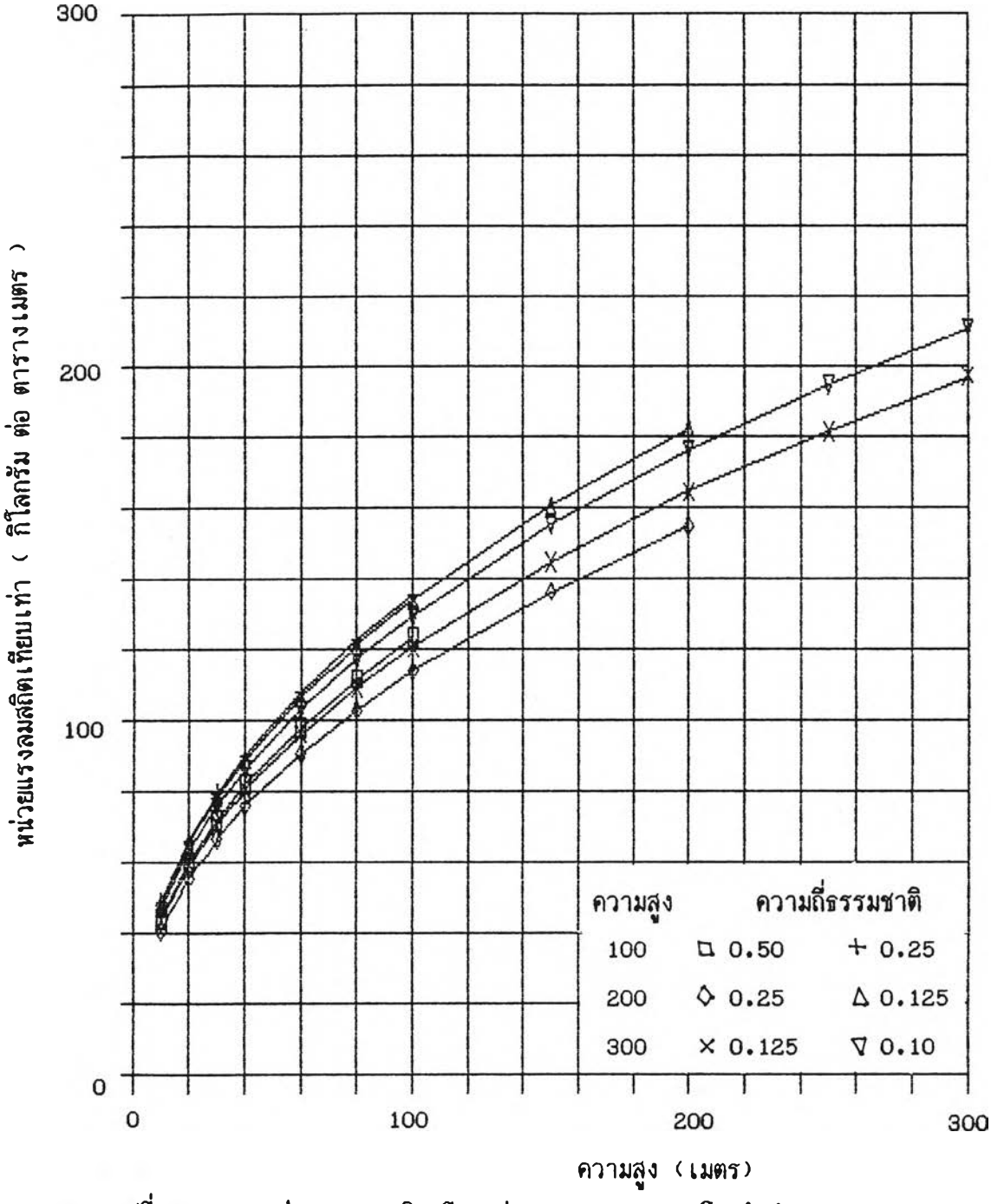
รูปที่ (4-20) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:5



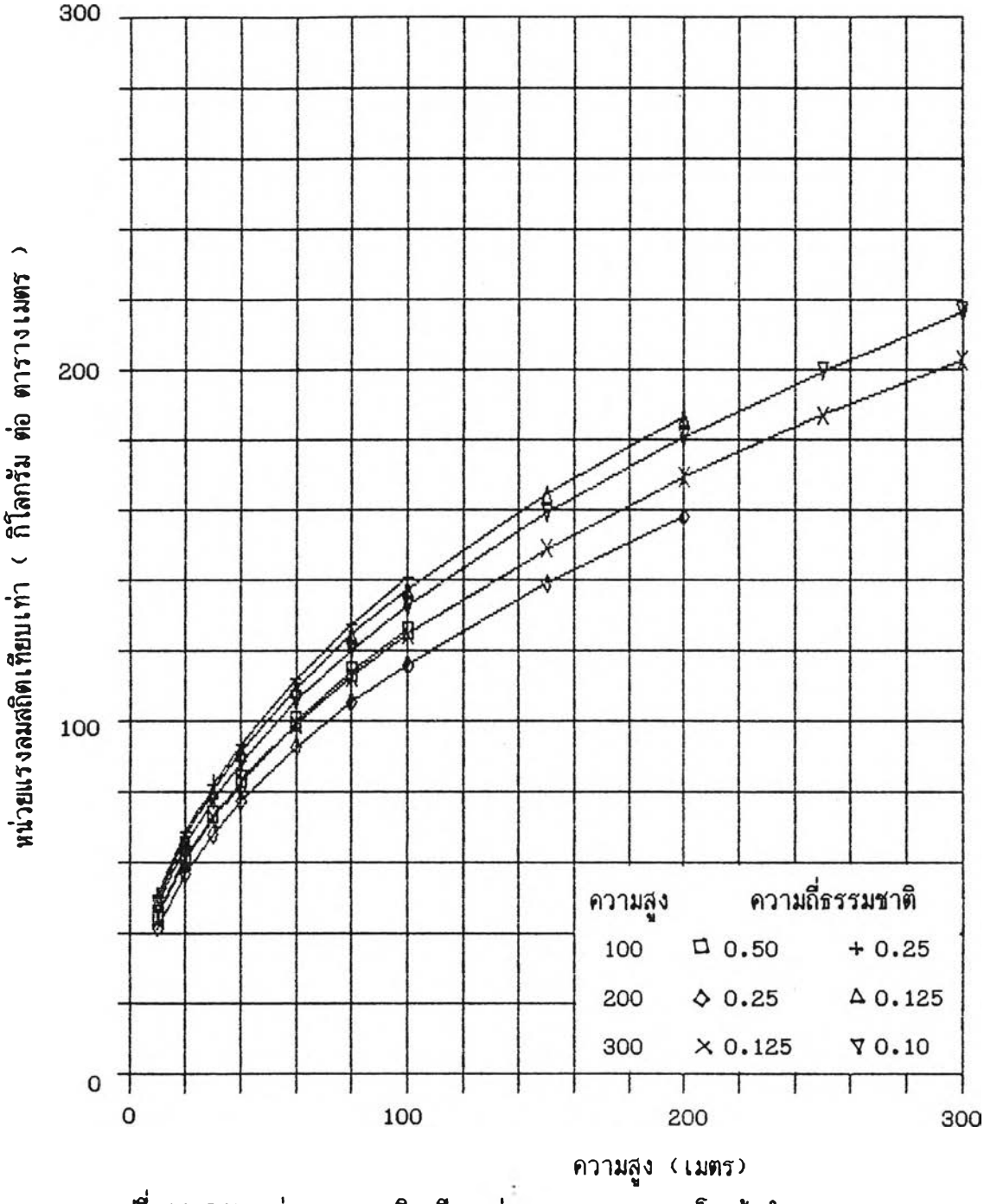
รูปที่ (4-21) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของประเทศแคนาดาสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ C คาบการกลับ 30 ปี b:H = 1:7



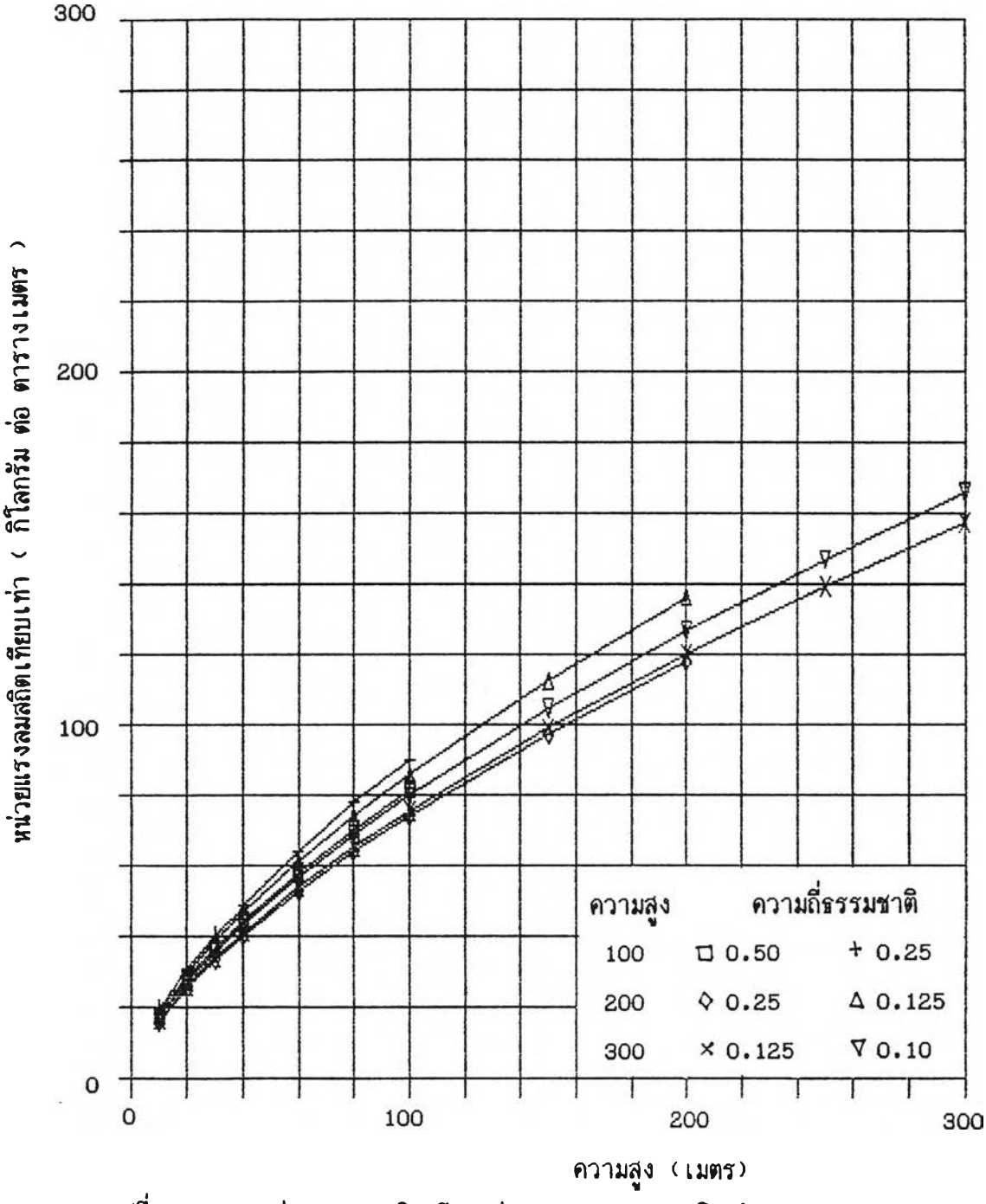
รูปที่ (4-22) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:3



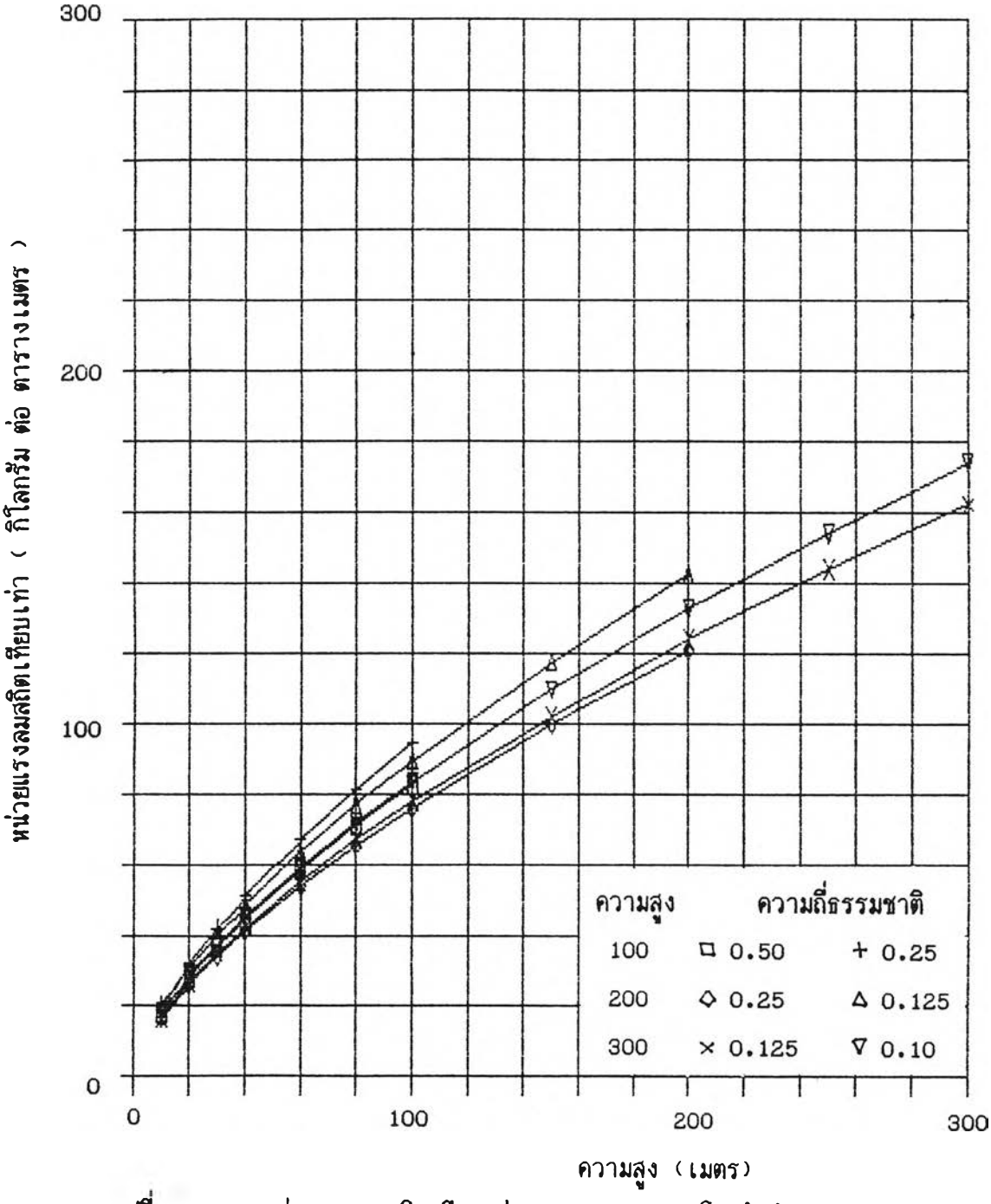
รูปที่ (4-23) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:5



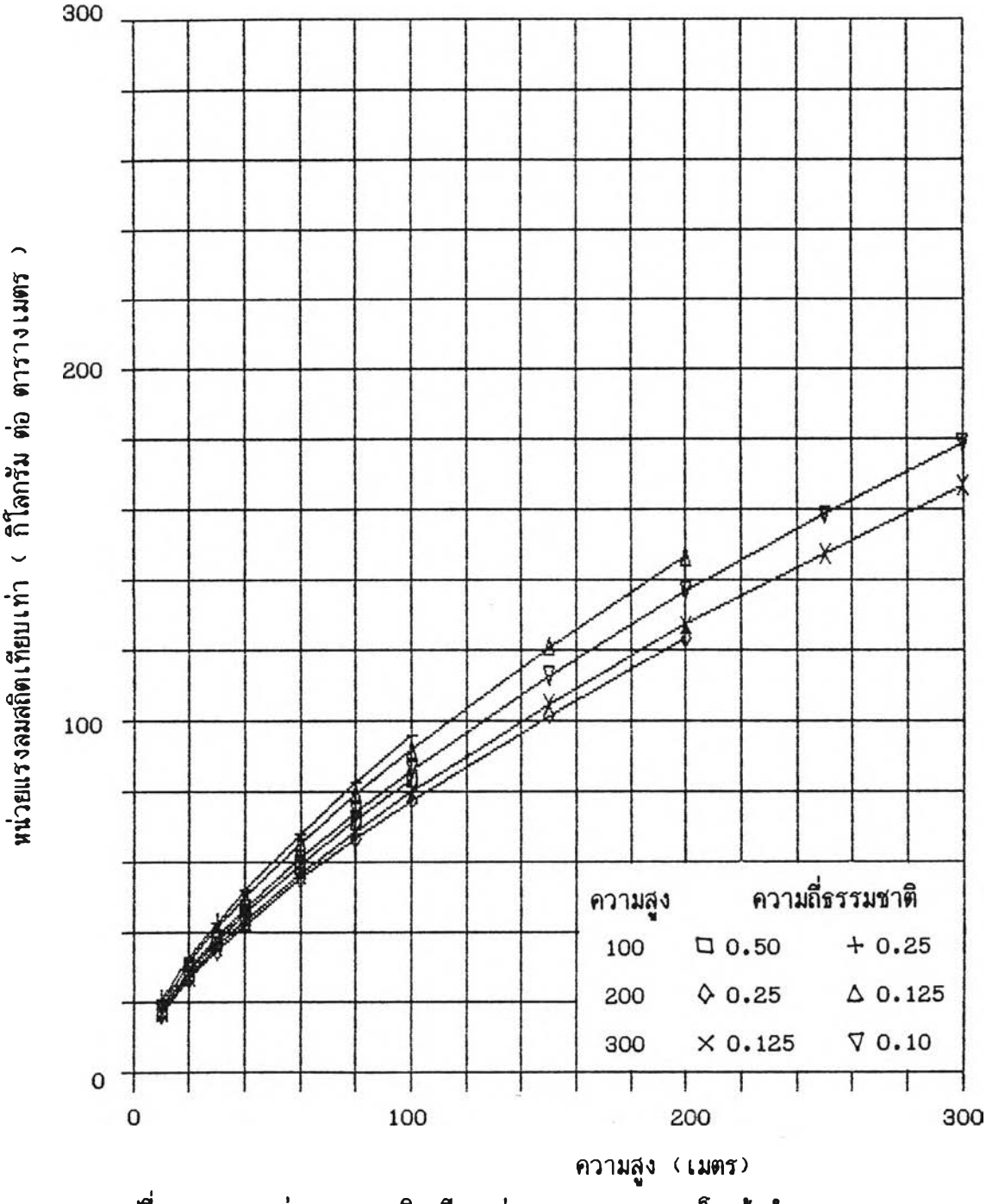
รูปที่ (4-24) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ B คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:7



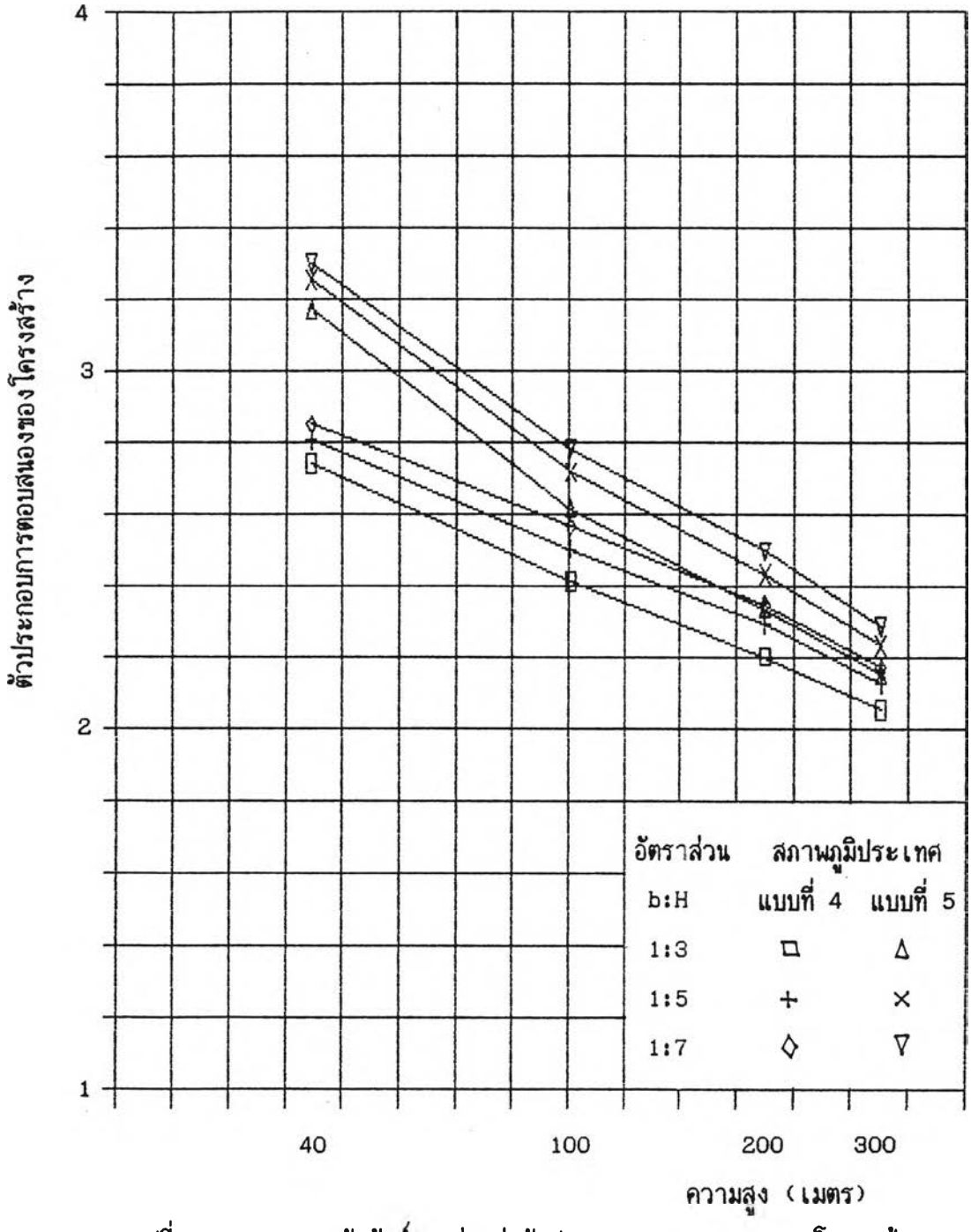
รูปที่ (4-25) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:3



รูปที่ (4-26) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:5



รูปที่ (4-27) หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (กก./ตร.ม.) โดยข้อกำหนดของ ANSI สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ A คาบการกลับ 50 ปี b:H = 1:7



รูปที่ (4-28) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบการตอบสนองของโครงสร้าง และ ความสูงของโครงสร้าง ในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 4 และ 5