

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลของการวิจัย

4.1 ผลการทดลองตามวิธีของมาร์แชล

4.1.1 ผลทดลองทรายล้วน ๆ ผสมกับยางมะตอย โดยการทำให้ทรายซึ่งมีส่วนคละตามธรรมชาติของมันล้วน ๆ และทรายที่มีส่วนคละตามวัสดุผสม ๆ ประเภทที่ 7 และประเภทที่ 8 มาผสมกับยางมะตอยโดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนยางมะตอยที่ผสมจากร้อยละ 4 ถึงร้อยละ 16 อัตราการเพิ่มปริมาณยางมะตอยเท่ากับร้อยละ 2 ทั้งนี้เมื่อศึกษาเปรียบเทียบผลอันเนื่องมาจากปริมาณยางมะตอยของวัสดุผสม ๆ ของทรายแต่ละชนิด ข้อมูลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึง 8 ในภาคผนวก

ความแน่น ตามรูปที่ 4.1 ความแน่นของตัวอย่างวัสดุผสม ๆ ที่บดทับแล้ว จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยางมะตอยเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่มีความแน่นสูงสุด และเมื่อเลยจุดสูงสุดไป ความแน่นจะลดลงเมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นกับปริมาณยางมะตอยก่อนจุดที่มีความแน่นสูงสุดจะเป็นเส้นตรง ปริมาณยางมะตอยที่เพิ่มเข้าไปจะเข้าไปเคลือบเม็ดทรายและเข้าไปแทนที่ในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมากขึ้น ทำให้วัสดุผสม ๆ มีความแน่นสูงขึ้น และเมื่อปริมาณยางมะตอยเพิ่มขึ้นมาก ๆ จะมีปริมาตรมากกว่าช่องว่างระหว่างเม็ดของทราย ทำให้เม็ดทรายถูกแยกห่างออกจากกัน ปริมาตรของวัสดุผสม ๆ จะมากขึ้นทำให้ความแน่นลดลงสำหรับวัสดุผสม ๆ ที่บดทับแล้วมีค่าความแน่นต่ำนั้น เนื่องมาจากส่วนคละไม่ดี รูปร่างของเม็ดส่วนใหญ่ค่อนข้างกลม และมีส่วนละเอียด (ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) น้อยเกินไป ทำให้วัสดุผสม ๆ มีช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมสูง นอกจากนี้ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้ค่าความแน่นของวัสดุผสม ๆ มีค่าสูงด้วย ส่วนตัวอย่างวัสดุผสมประเภทที่ 7 และประเภทที่ 8 จะมีความแน่นสูง เนื่องจากส่วนคละของมันได้จากการคำนวณตามสมการ



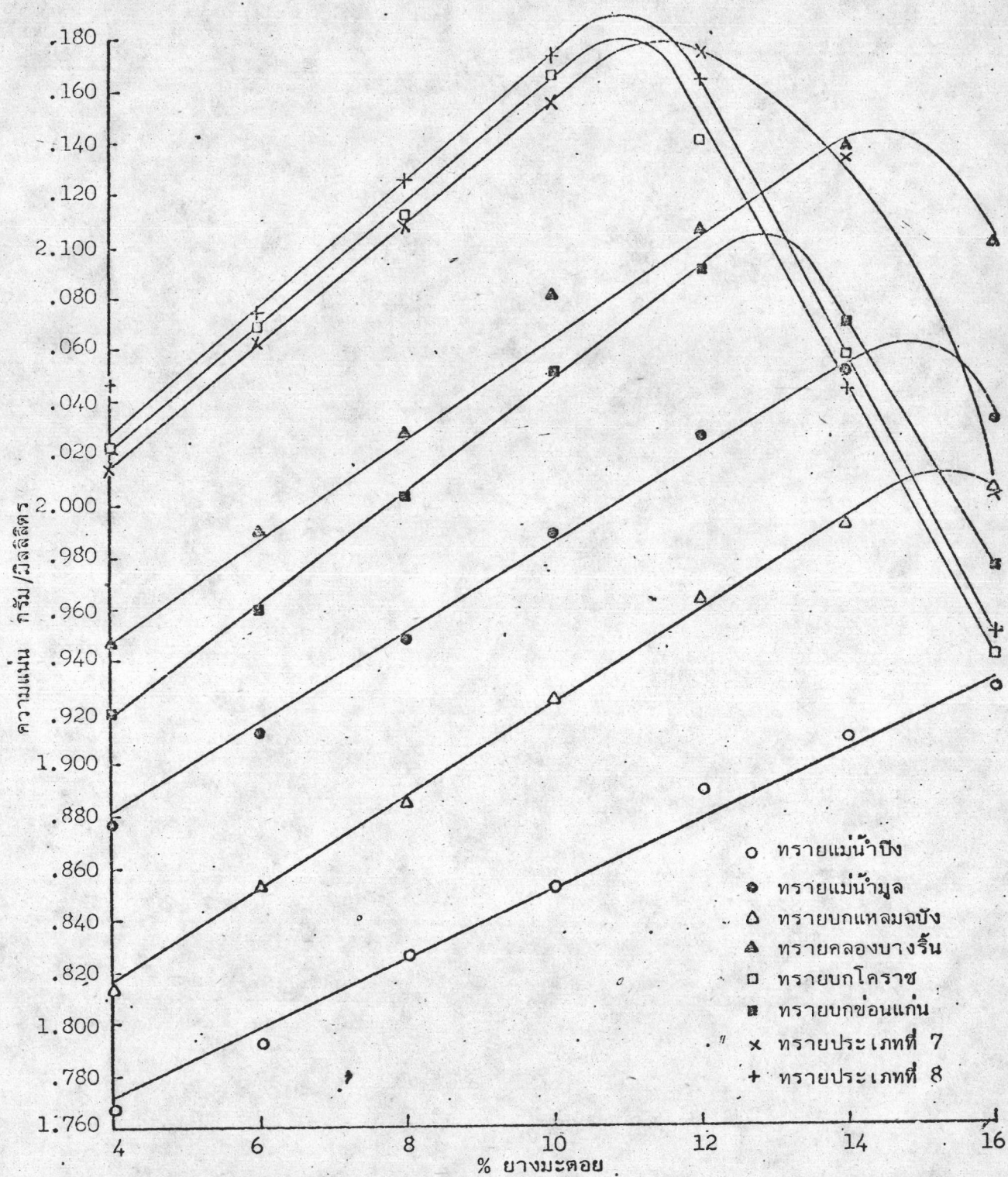
ฟูลดเจอร์ ซึ่งเป็นส่วนคละที่จะให้ความแน่นมากที่สุด

ปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุรวมในวัสดุผสม ๆ มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับค่าความแน่น และสามารถคำนวณได้จากค่าความแน่นโดยตรง จุดที่มีค่าความแน่นสูงที่สุดจะเป็นจุดที่มีปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุรวมในวัสดุผสม ๆ น้อยที่สุด ตามรูปที่ 4.3 และ 4.4

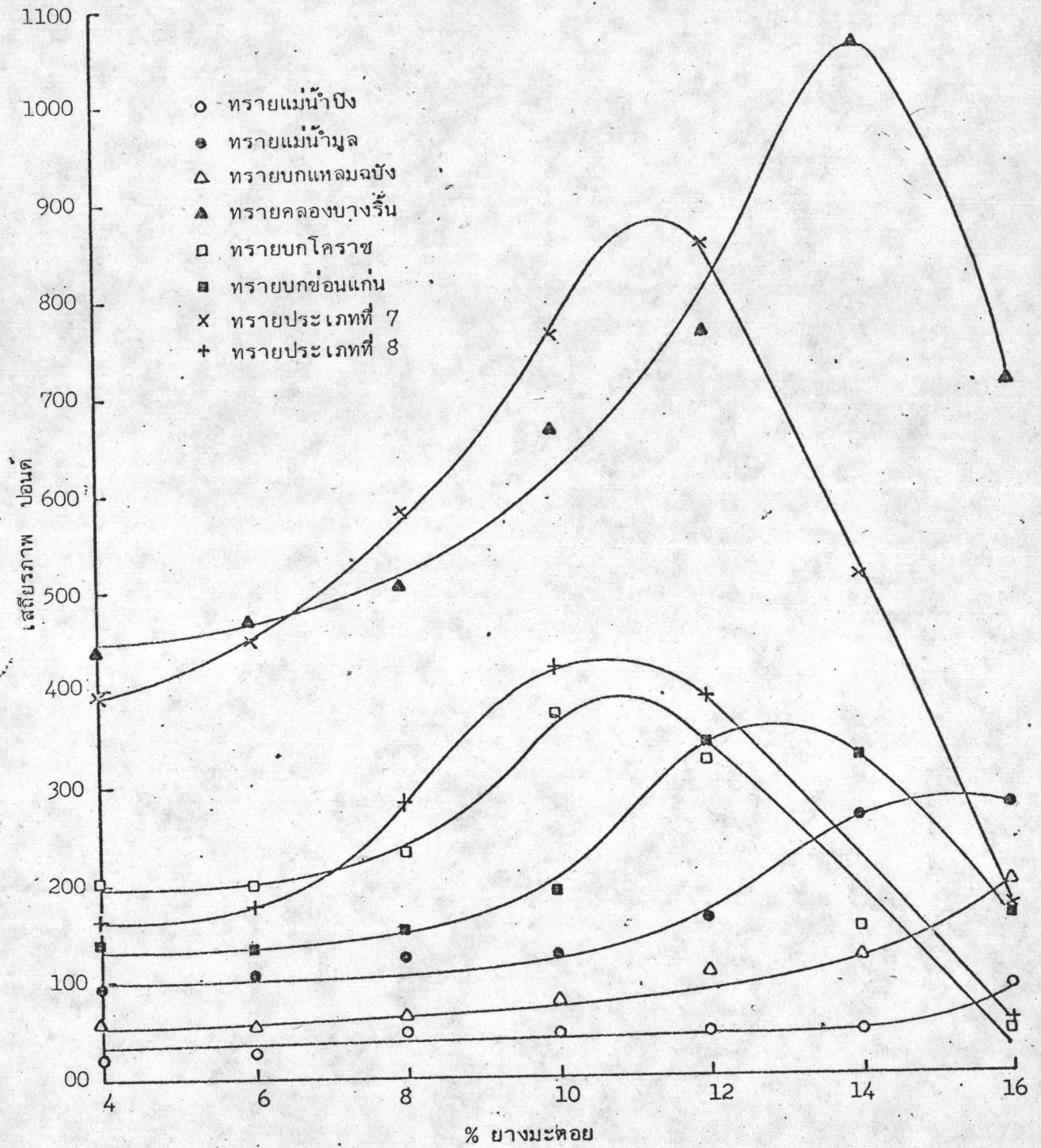
เสถียรภาพ จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าค่าเสถียรภาพและค่าความแน่นของตัวอย่างวัสดุผสม ๆ มีความสัมพันธ์กันโดยตรง คือเมื่อค่าความแน่นเพิ่มขึ้นค่าเสถียรภาพก็จะเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความแน่นลดลง ค่าเสถียรภาพก็จะลดลงด้วย และมีจุดสูงสุดที่ปริมาณยางมะตอยใกล้เคียงกันมาก ตัวอย่างวัสดุผสม ๆ ที่มีค่าช่องว่างอากาศต่ำ จะมีค่าเสถียรภาพสูงกว่าตัวอย่างวัสดุผสม ๆ ที่มีช่องว่างอากาศสูง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าค่าเสถียรภาพของวัสดุผสมทรายยางมะตอยขึ้นอยู่กับค่าช่องว่างอากาศในวัสดุผสม ๆ การทดลองหาค่าเสถียรภาพของวัสดุผสม ๆ ตามวิธีของมาร์แชล ก่อนตัวอย่างวัสดุผสม ๆ จะถูกนำไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 140° ฟาเรนไฮท์ เป็นเวลา 30 นาที จึงนำมาทำการทดลอง เนื่องจากวัสดุผสม ๆ ของทรายมีช่องว่างอากาศภายในต่อเนื่องกัน ตัวอย่างที่มีช่องว่างอากาศสูง น้ำร้อนก็สามารถซึมเข้าไปทำให้ยางมะตอยซึ่งเป็นเชื้อประสานเม็ดทรายอ่อนตัวลงได้มากกว่า จึงทำให้มีเสถียรภาพน้อยกว่าตัวอย่างที่มีช่องว่างอากาศต่ำกว่า

สำหรับตัวอย่างวัสดุผสม ๆ ของทรายคลองบางรีน และวัสดุผสม ๆ ประเภทที่ 7 ซึ่งให้ค่าเสถียรภาพสูงกว่าวัสดุผสม ๆ ของทรายชนิดอื่น ๆ มาก เนื่องจากทรายคลองบางรีนและทรายของวัสดุผสม ๆ ประเภทที่ 7 มีขนาดเม็ดที่ใหญ่ที่สุด (Maximum Size) ใหญ่กว่าและมีลักษณะผิวที่ขรุขระมาก จึงทำให้มีการขัดประสาน (Interlock) ระหว่างเม็ดทรายได้ดีกว่าทรายชนิดอื่น จึงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้เสถียรภาพสูง

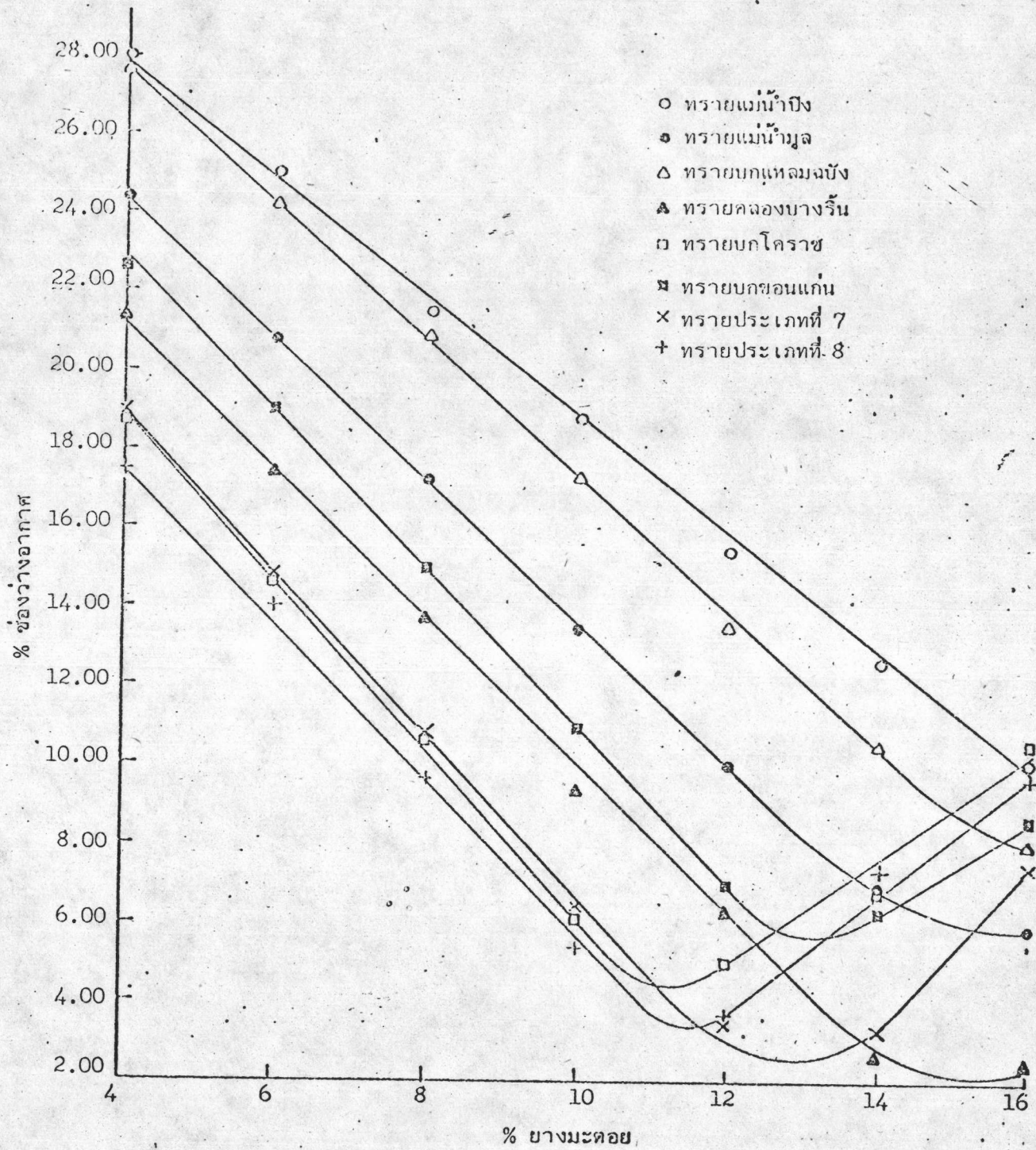
ค่าการไหล ตามรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าในช่วงปริมาณยางมะตอยในวัสดุผสม ๆ ร้อยละ 4 ถึงร้อยละ 10 ค่าการไหลจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณยางมะตอยที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อปริมาณยางมะตอยในวัสดุผสม ๆ มากกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป ค่าการไหลจะมีอัตราการเพิ่ม



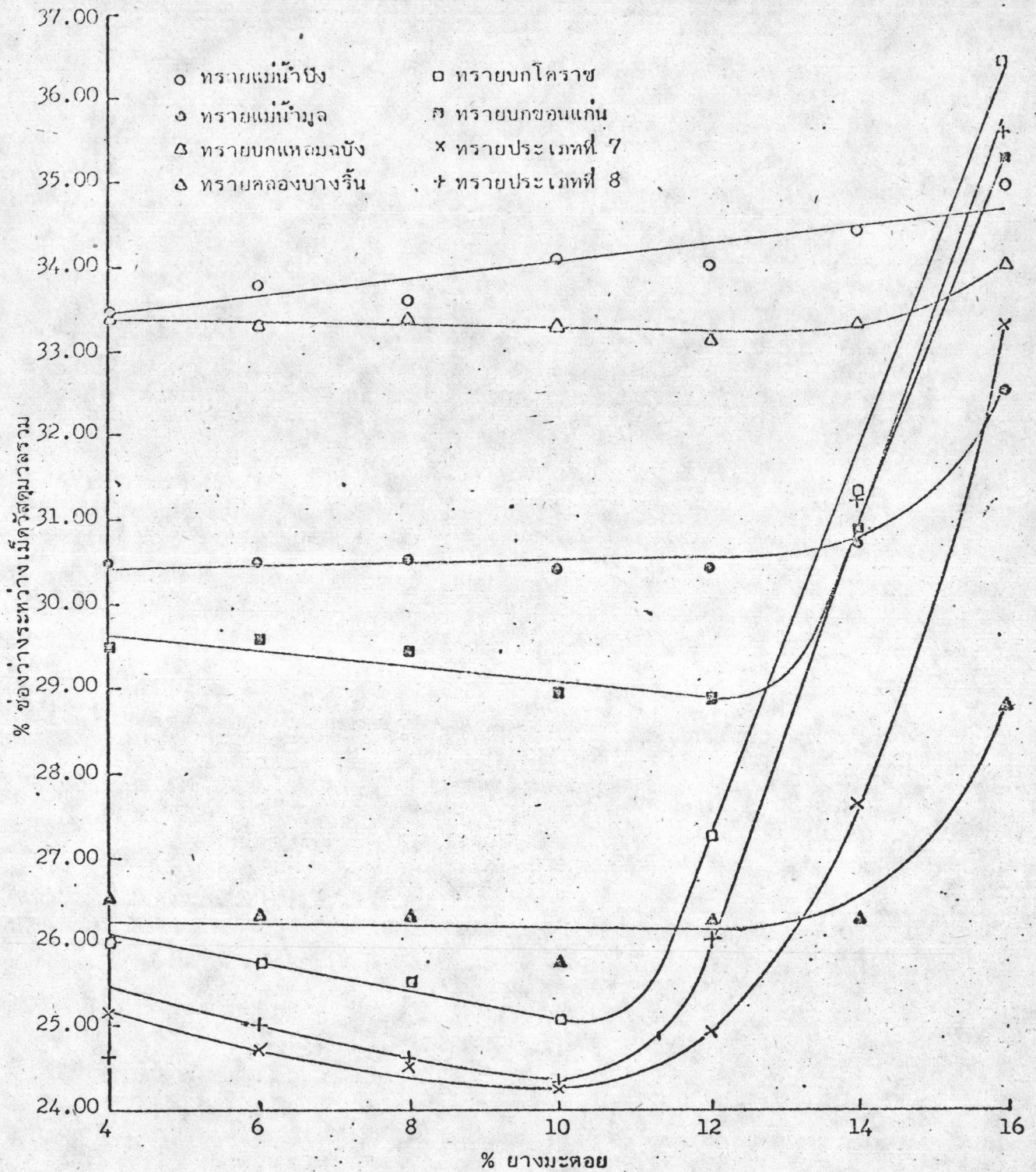
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของวัสดุผสมของทรายผสมยางมะตอยกับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



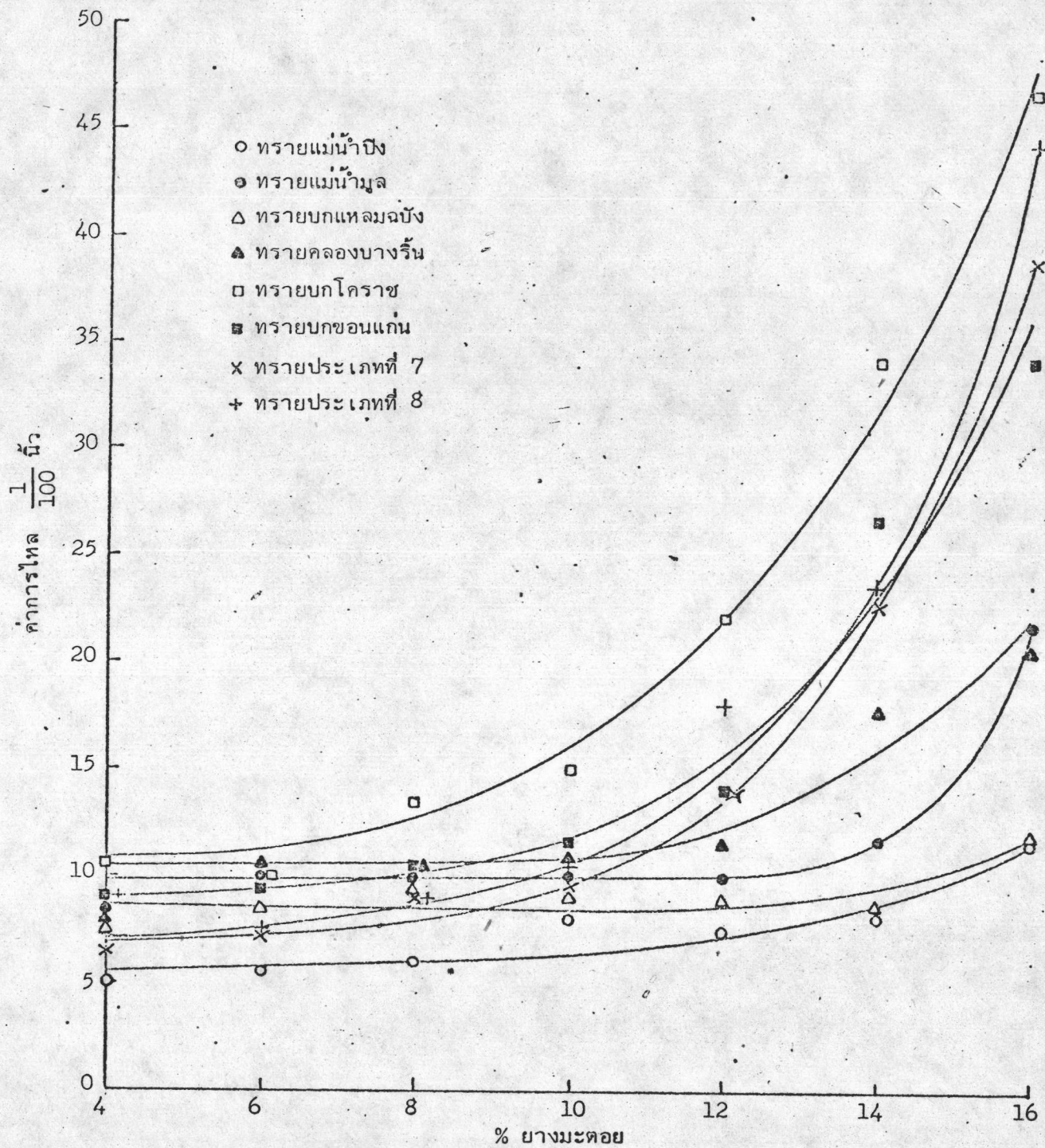
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัสดุผสมของทรายผสมยางมะตอยกับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศในวัสดุผสมของทรายผสมยางมะตอยกับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมในวัสดุผสมของทรายผสมยางมะตอยกับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลของวัสดุผสมของทรายผสมยางมะตอย
กับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



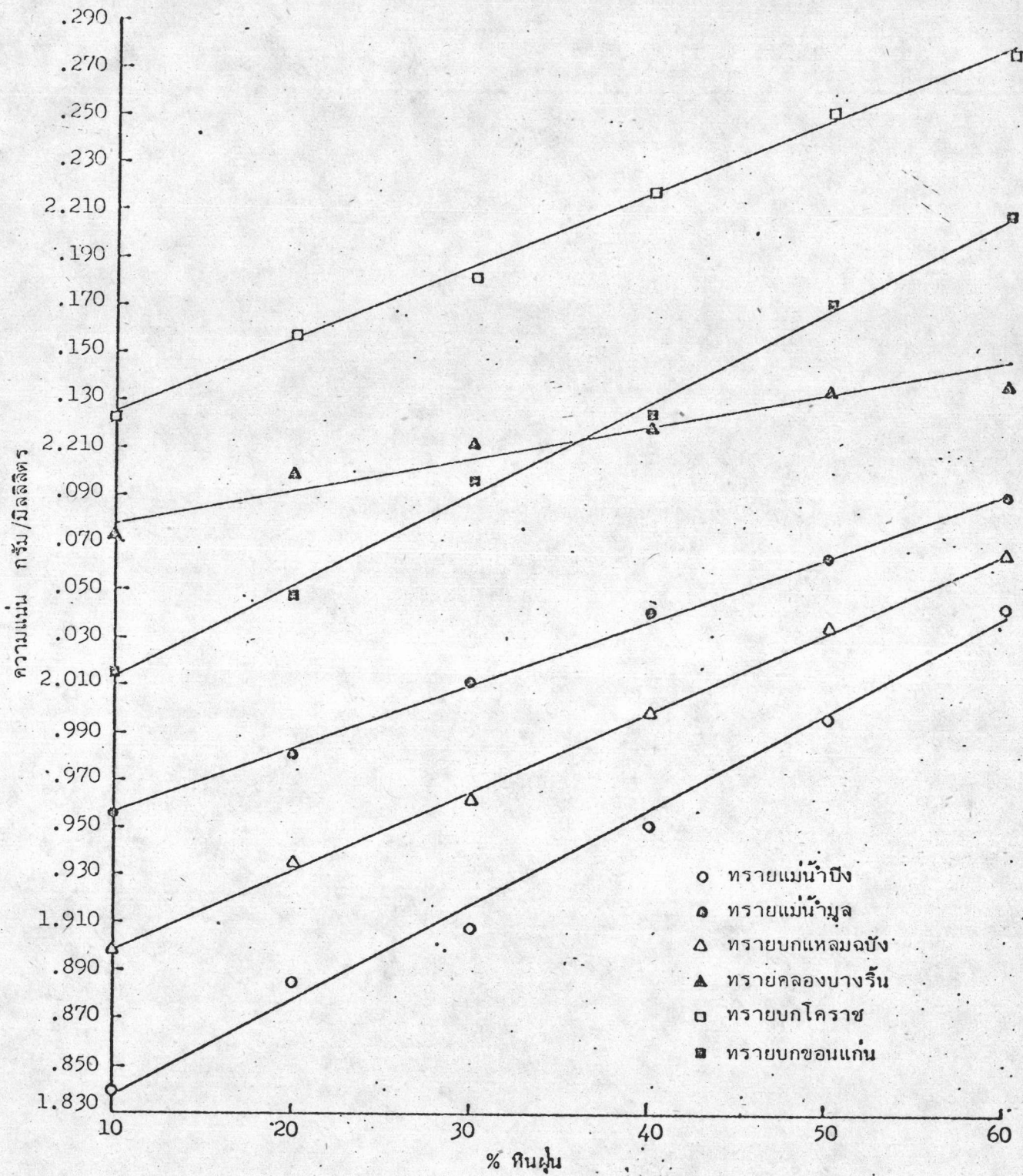
สูงขึ้นมากตามปริมาณยางมะตอยที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับตัวอย่างวัสดุผสม ๑ ของทรายบกโคราช ทรายบกขอนแก่น ทรายประเภทที่ 7 และ 8 ซึ่งมีส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มาก

4.1.2 ผลการทดลองผสมหินฝุ่นในวัสดุผสมทรายกับยางมะตอย การทดลองนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของหินฝุ่นที่มีต่อวัสดุผสม ๑ ของทรายทั้ง 6 ชนิด เนื่องจากเม็ดของหินฝุ่นมีลักษณะผิวและมีเหลี่ยมมุมที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ การทดลองจะผสมหินฝุ่นเข้าในส่วนผสมร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของวัสดุมวลรวมทั้งหมด และกำหนดปริมาณยางมะตอยที่ใช้ผสมคงที่เท่ากับร้อยละ 7 โดยน้ำหนักของวัสดุมวลรวม เมื่อจะให้เห็นอิทธิพลของหินฝุ่นชัดเจนยิ่งขึ้น ข้อมูลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 9-14 ในภาคผนวก

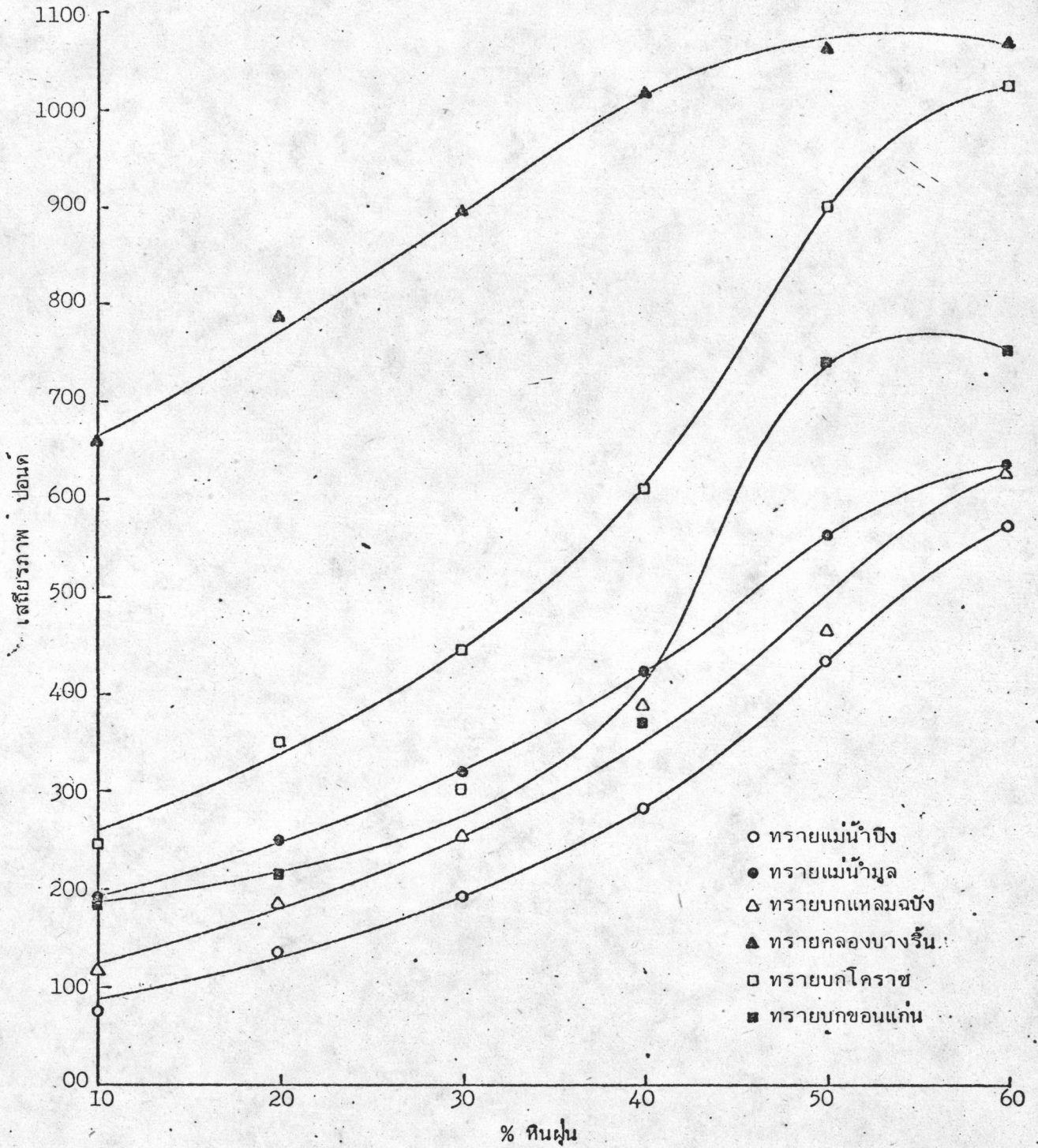
ความแน่น ตามรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของวัสดุผสม ๑ ที่บดทับแล้วกับปริมาณหินฝุ่นเป็นเส้นตรง ความแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหินฝุ่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของหินฝุ่นมีค่าสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของทรายทั้ง 6 ชนิด และค่าความแน่นของวัสดุผสม ๑ เมื่อผสมหินฝุ่นของทรายแต่ละชนิดจะเรียงลำดับมากขึ้น เช่นเดียวกับค่าความแน่นของวัสดุผสม ๑ เมื่อไม่ได้ผสมหินฝุ่นของทรายแต่ละชนิด

ช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในวัสดุผสม ๑ มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับค่าความแน่น และจะมีค่าลดลงเล็กน้อยตามปริมาณหินฝุ่นที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.8 และ 4.9

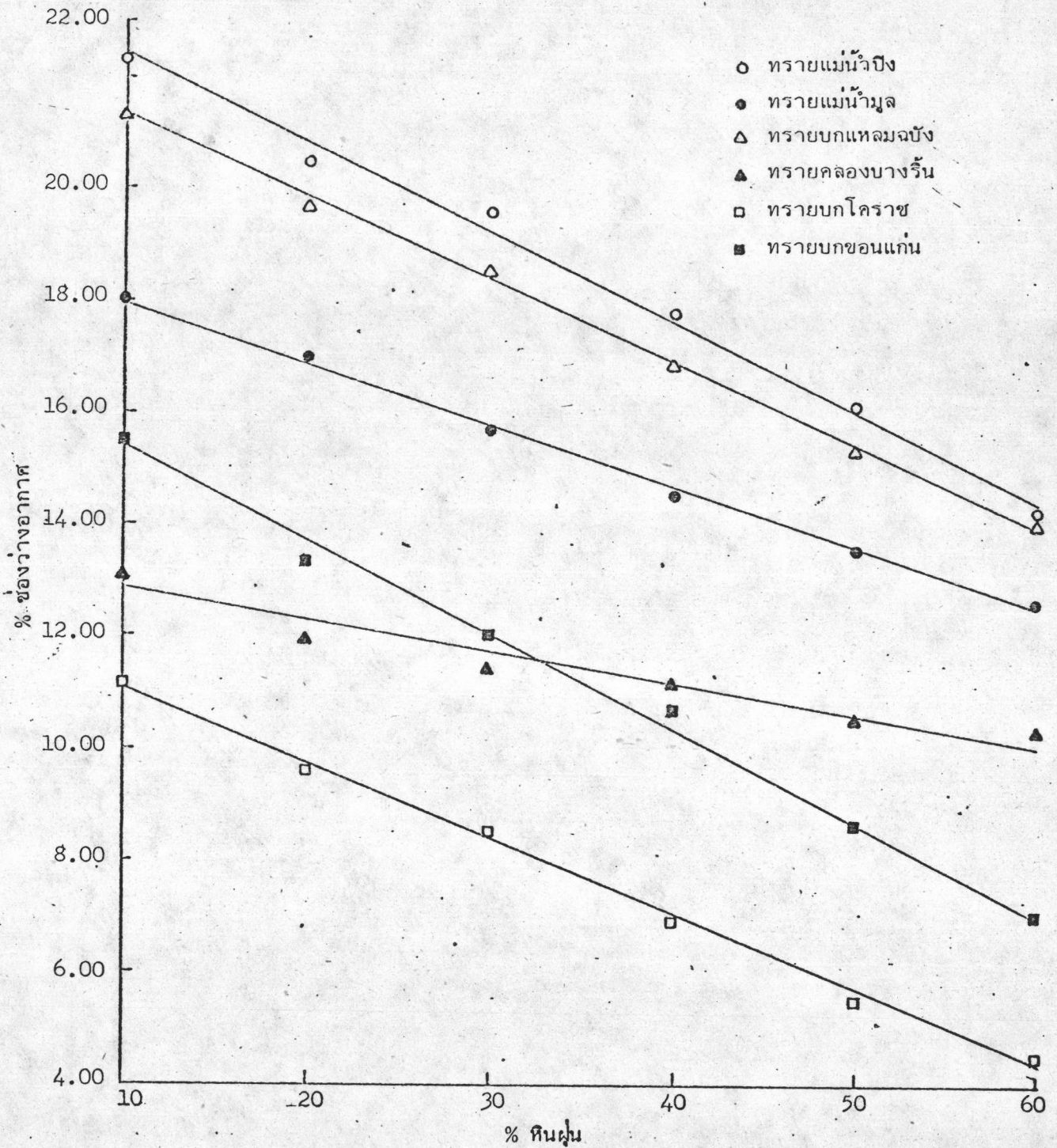
เสถียรภาพ ตามรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าค่าเสถียรภาพจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณหินฝุ่นที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างวัสดุผสม ๑ ของทรายคลองบางรีนจะมีค่าเสถียรภาพสูงที่สุดและตัวอย่างวัสดุผสม ๑ ของทรายแม่น้ำปิงมีค่าเสถียรภาพต่ำที่สุด เช่นเดียวกับตัวอย่างของผสม ๑ ที่ไม่ผสมหินฝุ่น แต่ค่าเสถียรภาพของวัสดุผสม ๑ ที่ผสมหินฝุ่นจะมีค่าสูงกว่าวัสดุผสม ๑ ที่ไม่ผสมหินฝุ่นมาก ถึงแม้ว่าจะยังมีค่าช่องว่างอากาศสูงก็ตาม แสดงว่าหินฝุ่นสามารถปรับปรุงค่าเสถียรภาพของวัสดุผสม ๑ ได้ดี



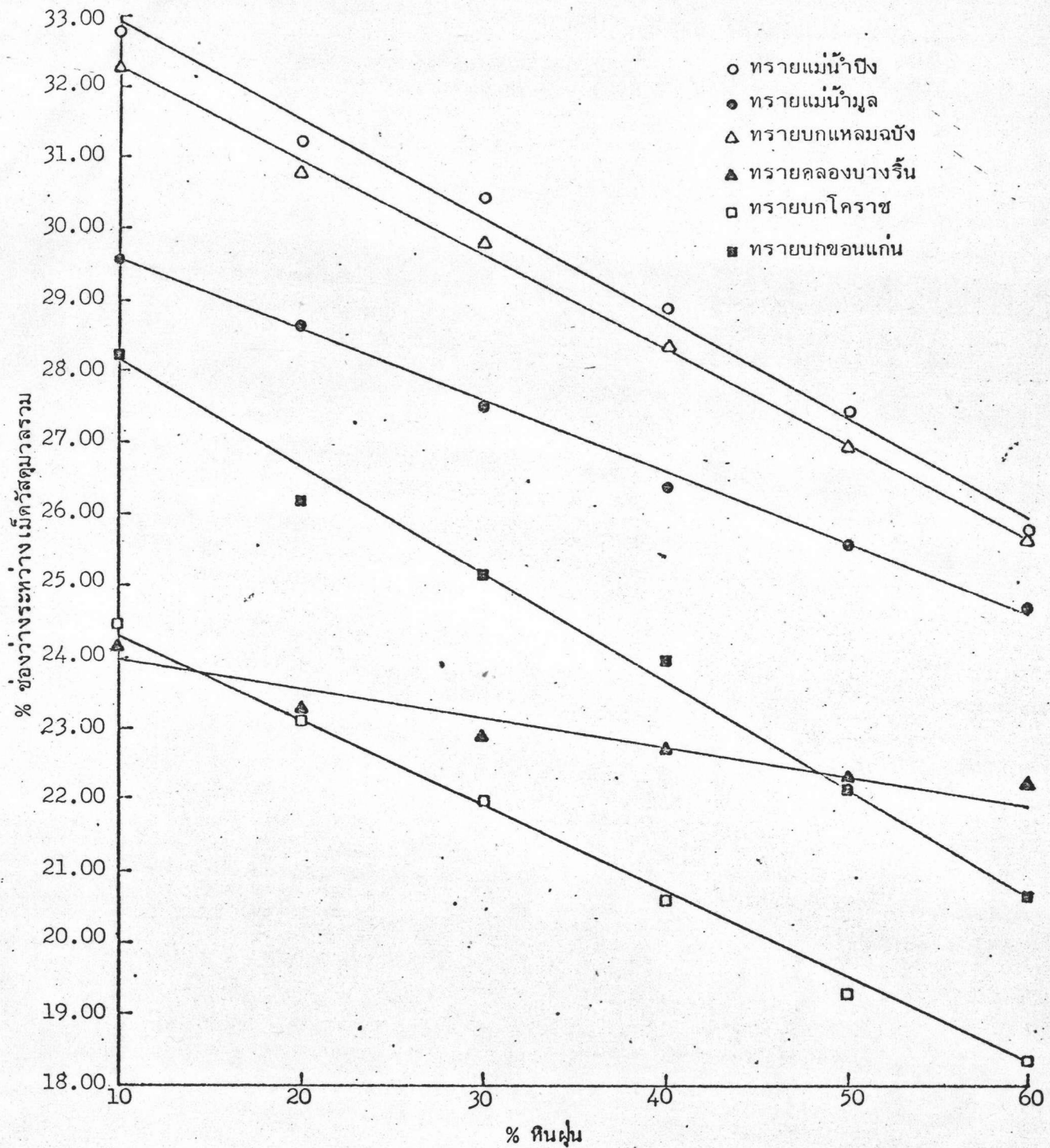
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของวัสดุผสมของทรายผสมหินฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณหินฝุ่นที่ผสม



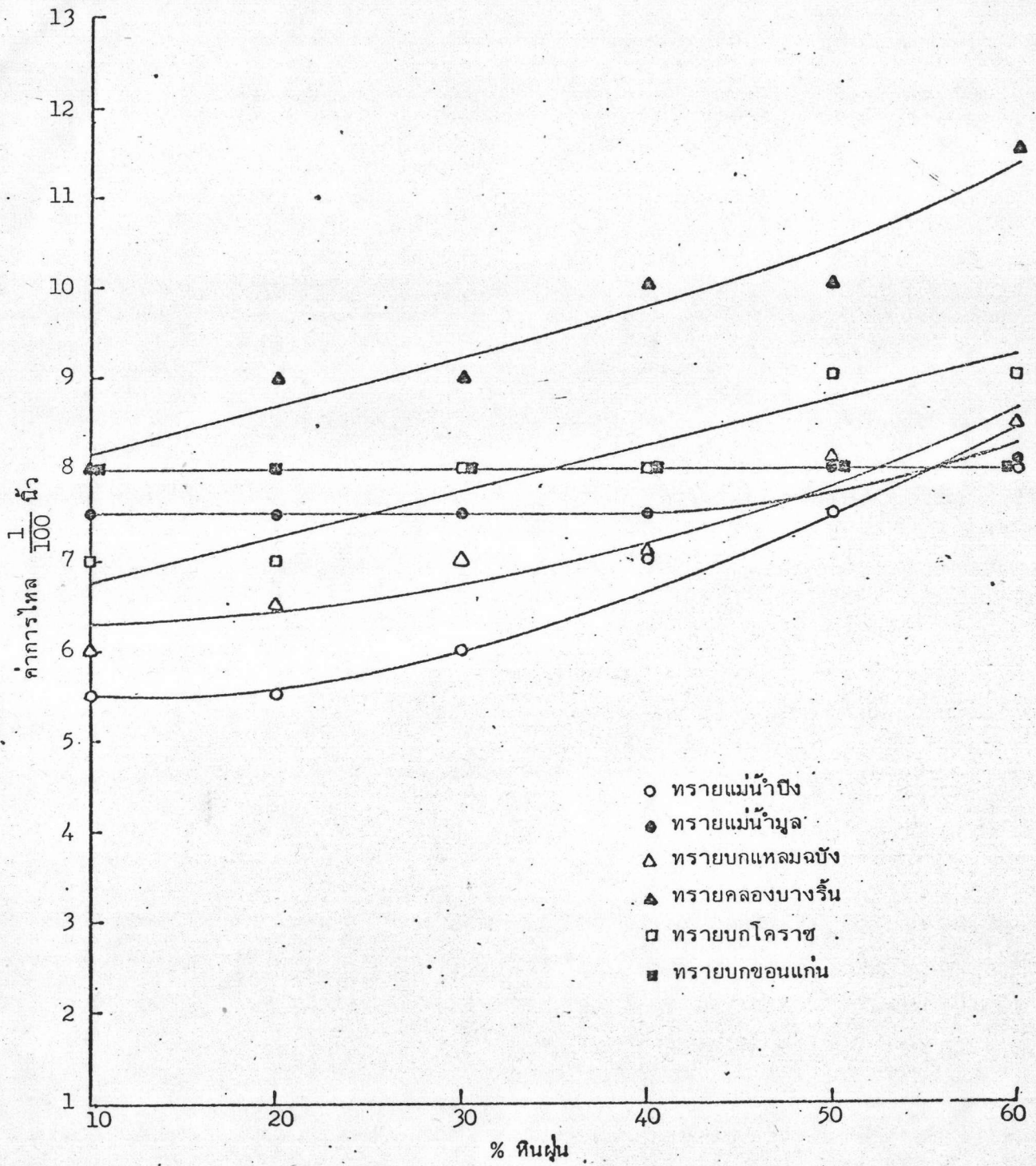
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัสดุผสมของทรายผสมทัศนุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณทัศนุ่นที่ผสม



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศในวัสดุผสมของทรายผสมดินผสมอย่างมละตอย 7% กับปริมาณดินผสม



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมในวัสดุผสมของทรายผสมดินเหนียว ผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณดินเหนียวที่ผสม



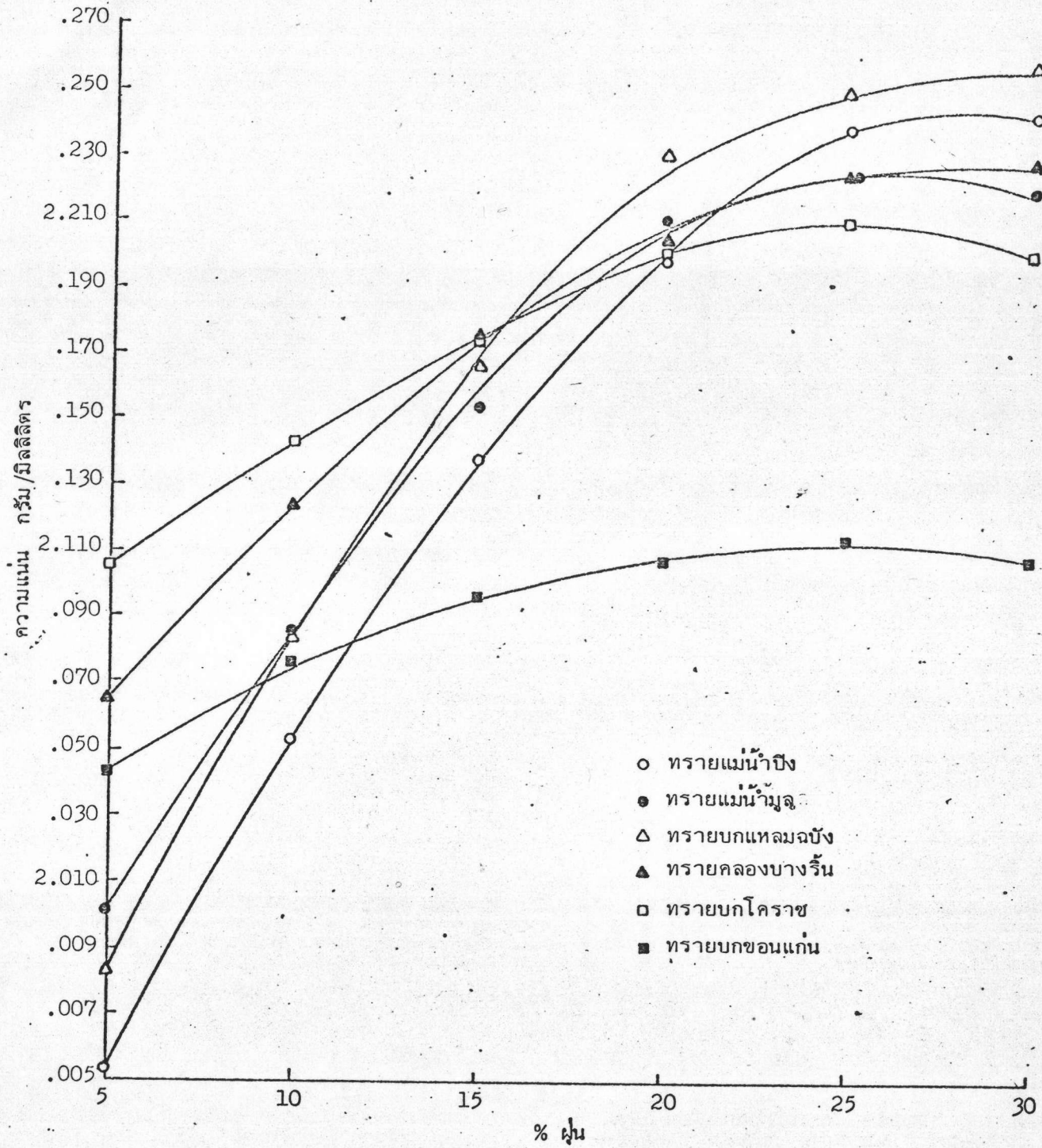
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างการหักเห่งของวัสดุผสมของทรายผสมหินปูนผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณหินปูนที่ผสม

ค่าการไหล ตามรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าหินฝุ่นมีผลต่อค่าการไหลน้อย ค่าการไหลจะมากขึ้นตามปริมาณหินฝุ่นที่เพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยมาก คือค่าการไหลทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 5 ถึง 12 เท่านั้น และจะเห็นว่าตัวอย่างวัสดุผสม ๆ ที่มีค่าเสถียรภาพสูงกว่าจะมีค่าการไหลสูงกว่าเล็กน้อย

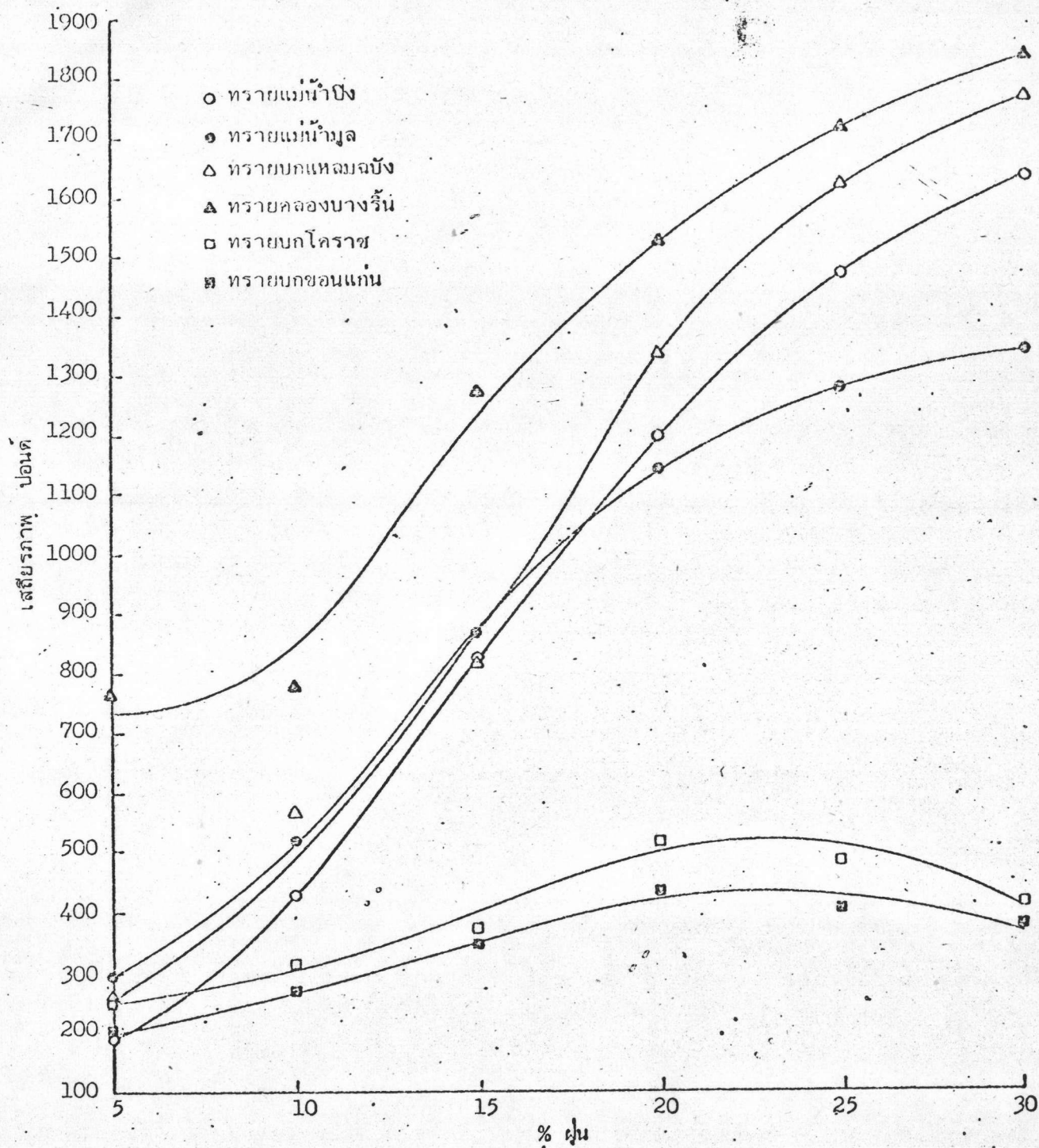
4.1.3 ผลการทดลองผสมฝุ่นในวัสดุผสม ๆ จากผลการทดลองที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าวัสดุผสม ๆ ของทรายมีค่าช่องว่างอากาศสูงมาก ซึ่งเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าเสถียรภาพต่ำ ดังนั้นการทดลองผสมฝุ่นเข้าไปในวัสดุผสม ๆ ของทรายนี้ก็เพื่อที่จะให้ฝุ่นเข้าไปแทนที่ในช่องว่างอากาศและมีผลต่อเสถียรภาพของวัสดุผสมอย่างไร การทดลองจะใช้ปริมาณยางมะตอยคงที่เท่ากับร้อยละ 7 โดยน้ำหนักของวัสดุรวมทั้งหมด ผสมกับวัสดุรวมซึ่งประกอบด้วยทราย หินฝุ่นซึ่งล้างและร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ออกหมดแล้ว ร้อยละ 30 และฝุ่นหินปูนซึ่งเมื่อรวมกับฝุ่นที่มีอยู่ในทรายที่ใช้แล้วจะมีปริมาณเป็นร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุรวมทั้งหมด สำหรับทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่น ฝุ่นที่ใช้จะเป็นมวลรวมละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ของมันเองโดยการร่อนแยก และควบคุมปริมาณฝุ่นตามที่ต้องการ ข้อมูลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 15-20 ในภาพผนวก

ความแน่น ตามรูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแน่นกับปริมาณฝุ่นเป็นเส้นโค้ง ค่าความแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณฝุ่นประมาณร้อยละ 25-30 จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่นที่เพิ่มเข้าไปในวัสดุผสม ๆ ของทรายที่มีค่าช่องว่างระหว่างเม็ดสูงกว่า ซึ่งได้แก่ ทรายแม่น้ำบึง ทรายแม่น้ำมูล และทรายบกแหลมฉบัง จะมีผลต่อค่าความแน่นมากกว่าวัสดุผสม ๆ ของทรายที่มีค่าช่องว่างระหว่างเม็ดต่ำกว่า

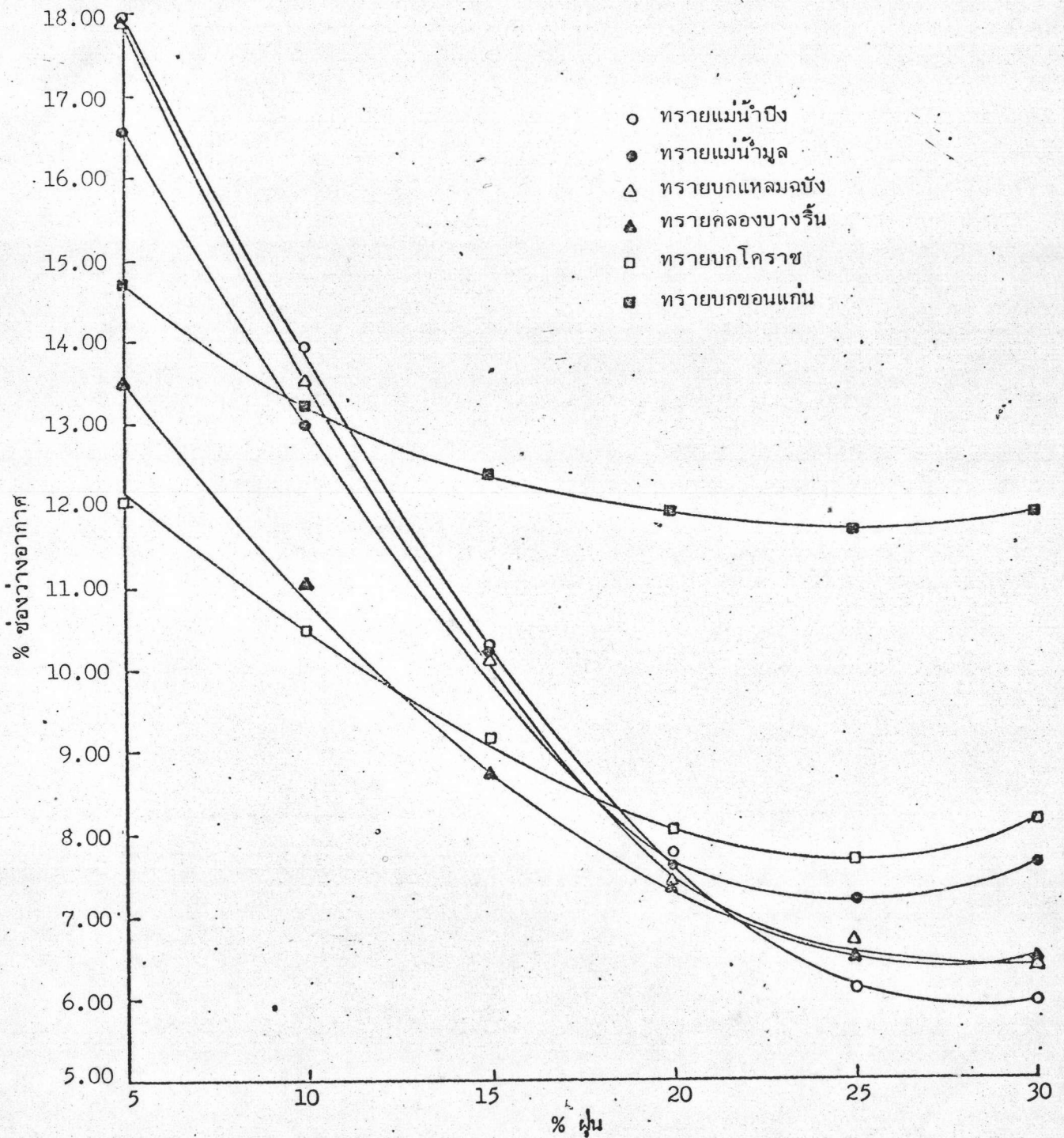
ช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุรวมในวัสดุผสม ๆ จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับค่าความแน่น สำหรับค่าช่องว่างอากาศในวัสดุผสม ๆ เมื่อปริมาณฝุ่นมากขึ้นจะมีค่าลดลงมาก แต่ถึงกระนั้นก็ยังมีความมากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14



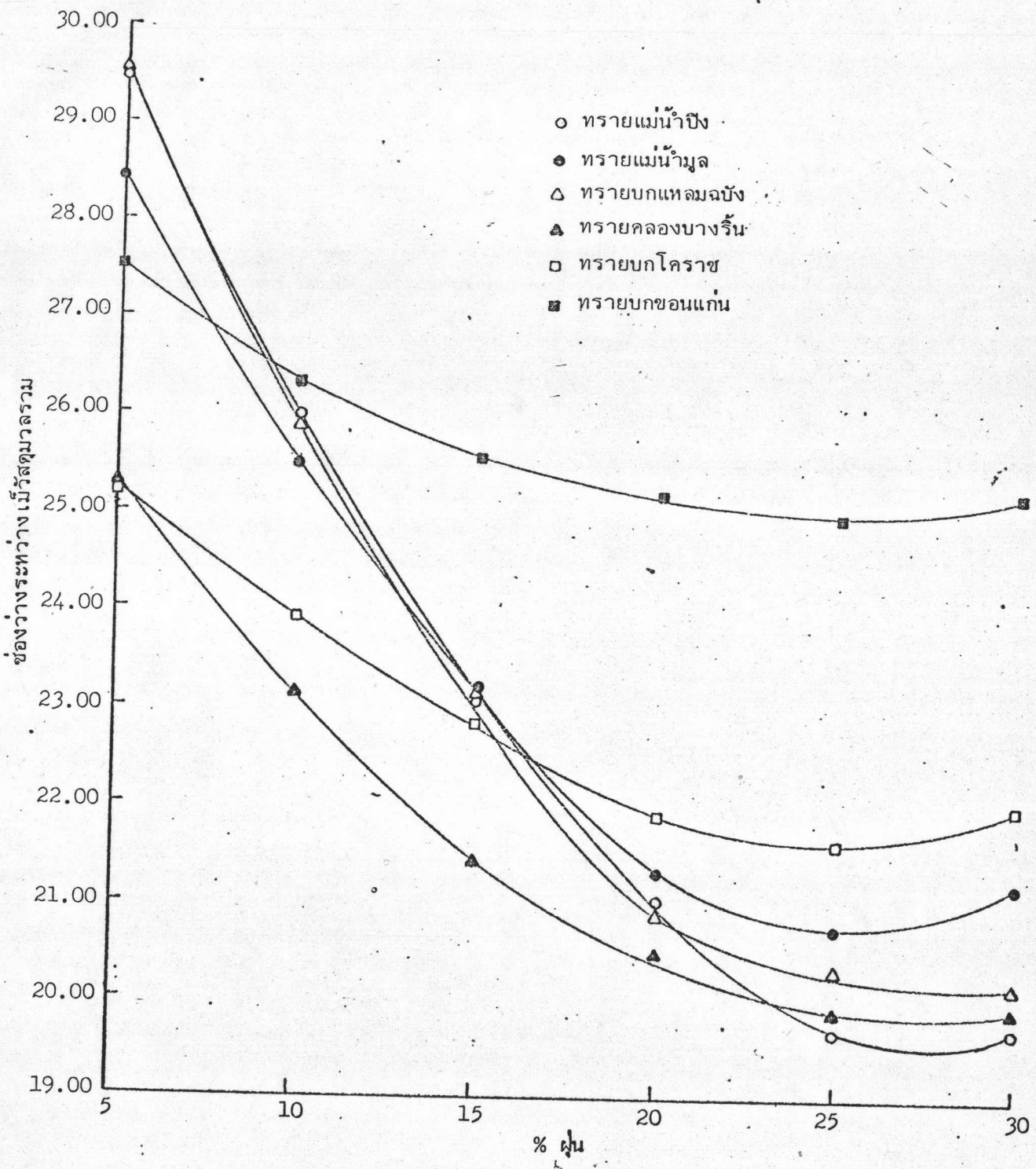
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของวัสดุผสมของทรายผสมหินฝุ่นล้าง 30% ผสมฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณฝุ่นที่ผสม



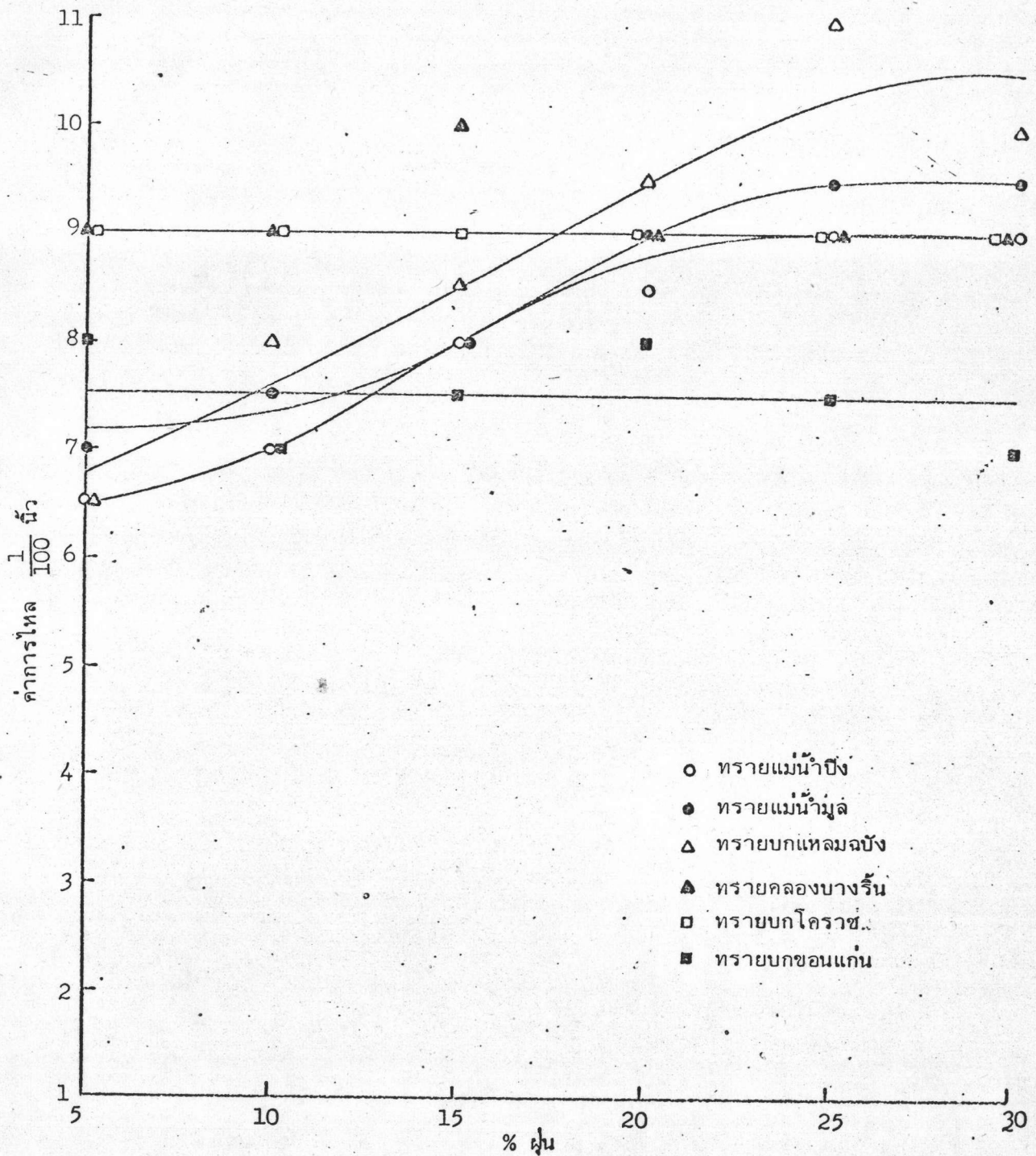
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัสดุผสมของทราบผสมหินฝุ่นล่าง 30% ผสมฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณฝุ่นที่ผสม



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศในวัสดุผสมของทรายผสมหินฝุ่นล้าง 30%
ผสมฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณฝุ่นที่ผสม



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมในวัสดุผสมของทราย ผสมหินฝุ่นล่าง 30% ผสมฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณฝุ่นที่ผสม



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลของวัสดุผสมของทรายผสมหินฝุ่นล้าง 30% ผสมฝุ่นผสมยางมะตอย 7% กับปริมาณฝุ่นที่ผสม

เสถียรภาพ ตามรูปที่ 4.12 ค่าเสถียรภาพจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณฝุ่นที่เพิ่มมากขึ้น ในอัตราที่ค่อนข้างสูง และตัวอย่างวัสดุผสม ๗ ของทรายคลองบางรีนจะมีค่าเสถียรภาพสูงที่สุด นอกจากวัสดุผสม ๗ ของทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่น ซึ่งมีค่าเสถียรภาพต่ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของเสถียรภาพตามปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้นต่ำด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากส่วนคละของมันมีขนาดเม็ดใหญ่สุด เล็กเกินไป

ค่าการไหล ปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าการไหลน้อย ตัวอย่างวัสดุผสม ๗ ของทรายคลองบางรีน ทรายบกโคราช และทรายบกขอนแก่น ค่าการไหลไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้น แต่สำหรับวัสดุผสม ๗ ของทรายแม่น้ำปิง ทรายแม่น้ำมูล และทรายบกแหลมฉบัง ค่าการไหลจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.15

4.1.4 ผลการทดลองหาปริมาณยางมะตอยที่เหมาะสม เพื่อการศึกษาหาปริมาณยางมะตอยที่เหมาะสมที่ทำให้วัสดุผสม ๗ มีคุณสมบัติตามมาตรฐานการออกแบบตามวิธีทดลองของมาร์แชล จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่าค่าความแน่นและเสถียรภาพเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้น แต่การใช้ปริมาณฝุ่นมาก ๆ จะมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดหาและความประหยัด ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้ทรายผสมกับหินฝุ่นซึ่งล้างและร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ออกหมดแล้วร้อยละ 30 และผสมกับฝุ่นหินปูนซึ่งรวมทั้งส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ที่มีอยู่ในทรายด้วยให้มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของวัสดุรวมทั้งหมด ปริมาณยางมะตอยที่ใช้ผสมเท่ากับร้อยละ 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 โดยน้ำหนักของวัสดุรวม สำหรับทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่น จะไม่ควบคุมปริมาณฝุ่น คงใช้ตามสภาพธรรมชาติ เพราะมีปริมาณมวลรวมละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากเพียงพอแล้ว

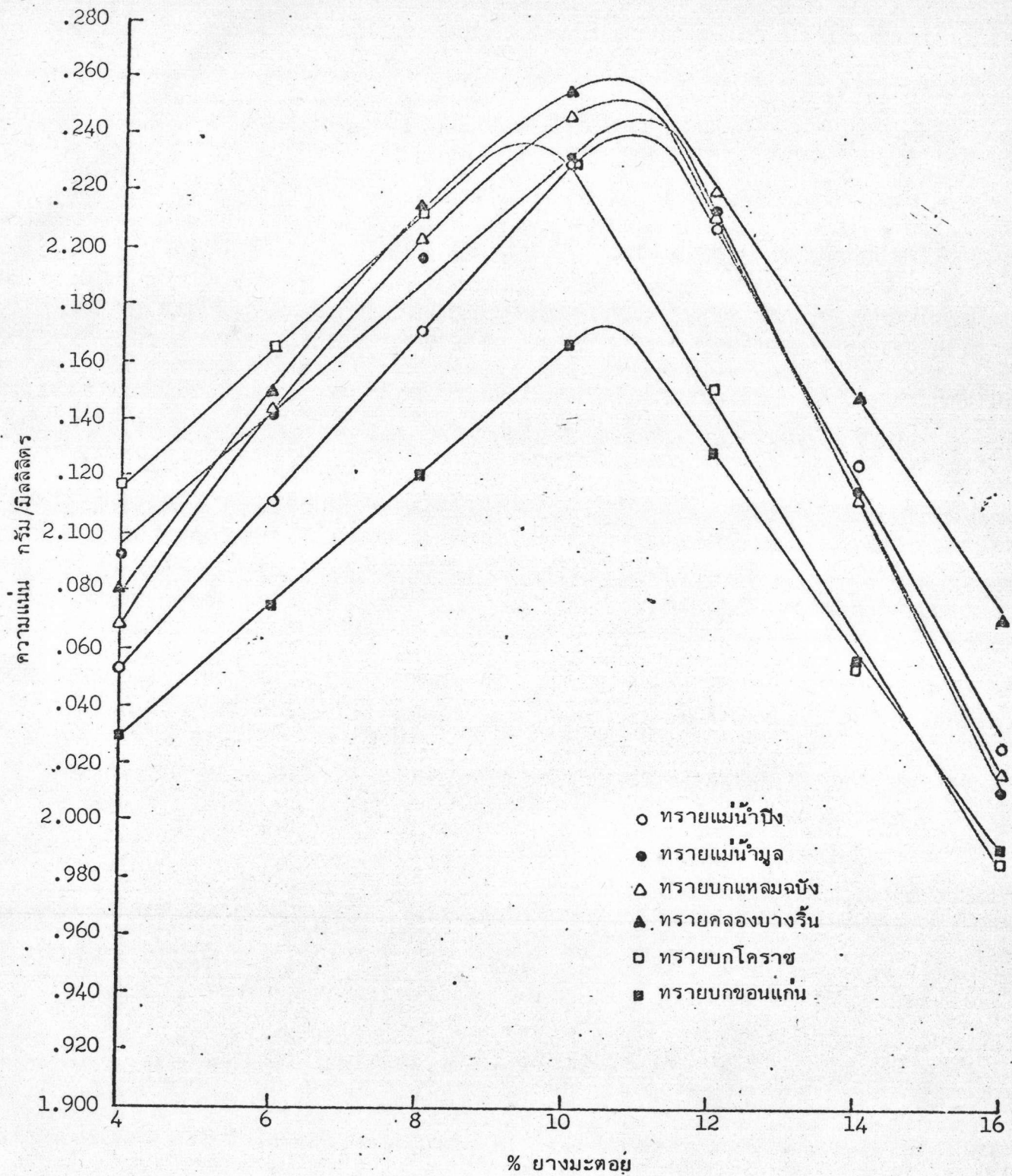
ความแน่น ตามรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่า ความแน่นของตัวอย่างวัสดุผสม ๗ ที่บดทับแล้วของทรายคลองบางรีน ทรายบกแหลมฉบัง ทรายแม่น้ำมูล และทรายแม่น้ำปิง มีค่าสูงสุดที่ปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 11 และจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ตัวอย่างวัสดุผสม ๗

ของทรายคลองบางรีนจะมีค่าความแน่นสูงที่สุด ส่วนวัสดุผสม ๓ ของทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่นมีค่าความแน่นต่ำกว่าค่าความแน่นของวัสดุผสม ๓ ของทราย 4 ชนิดที่กล่าวข้างต้น และมีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 9 และ 10.5 ตามลำดับ

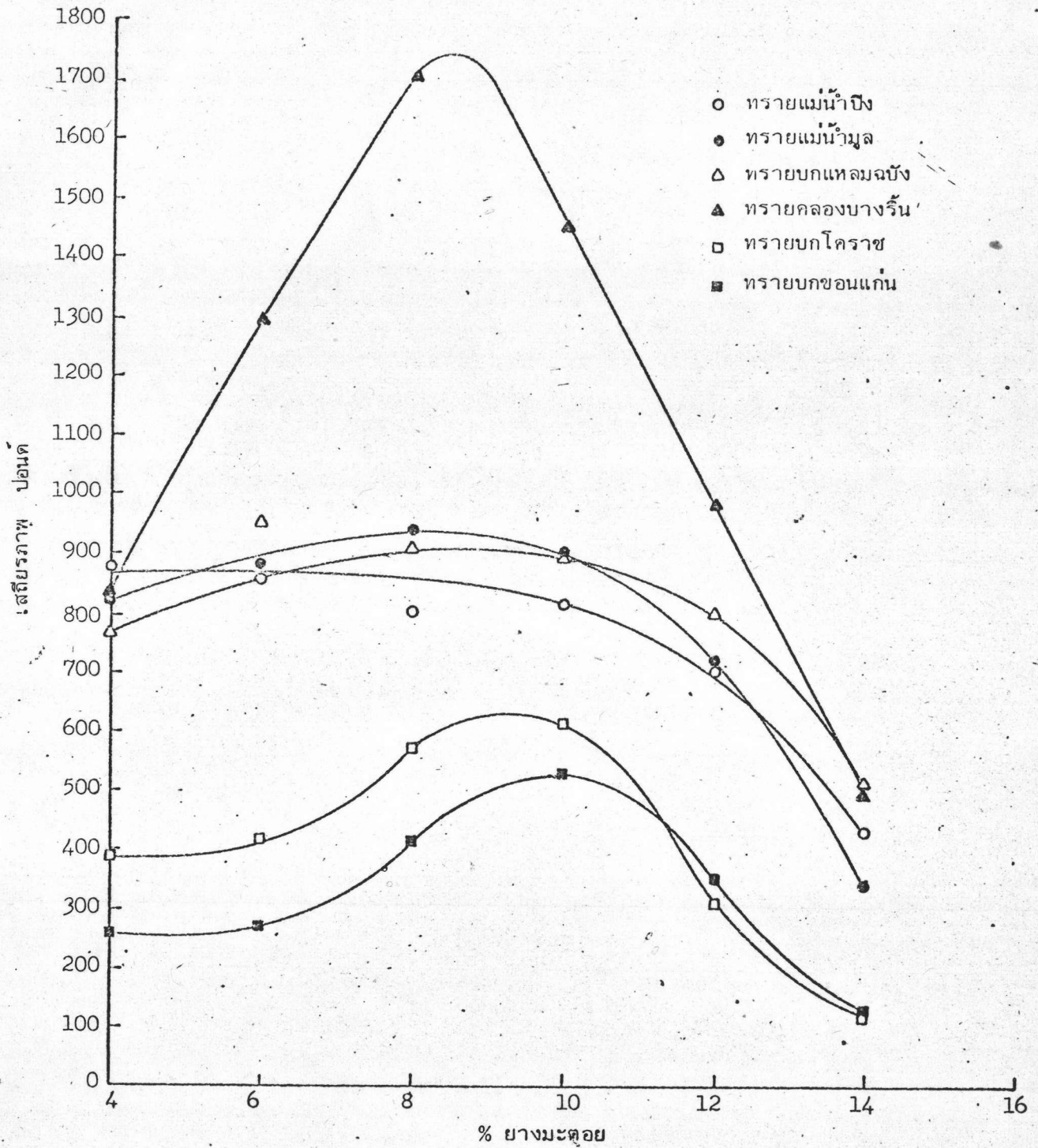
ช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุรวมในวัสดุผสม ๓ ค่าช่องว่างอากาศในวัสดุผสม ๓ จะลดลงจนมีค่าประมาณร้อยละ 3-5 ของปริมาตรวัสดุผสม ๓ ทั้งหมดเมื่อปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 9 นอกจากวัสดุผสม ๓ ของทรายบกขอนแก่นซึ่งค่าช่องว่างอากาศยังมีค่าสูง สำหรับค่าช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุรวมในวัสดุผสม ๓ เมื่อพิจารณาตามรูปที่ 1.3 จะมีปริมาณมากเพียงพอเมื่อปริมาณยางมะตอยไม่เกินร้อยละ 10 นอกจากวัสดุผสม ๓ ของทรายโคราชซึ่งจะมีปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมในวัสดุผสม ๓ เพียงพอเมื่อปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 11 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.18 และ 4.19

เสถียรภาพ ตามรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างวัสดุผสม ๓ ของทรายคลองบางรีนมีค่าเสถียรภาพสูงกว่าวัสดุผสม ๓ ของทรายชนิดอื่นมาก และมีค่าสูงสุดที่ปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 8.5 ตัวอย่างวัสดุผสม ๓ ทรายแม่น้ำมูล ทรายบกแหลมฉบัง และทรายแม่น้ำปิง มีค่าเสถียรภาพไม่แตกต่างกันมากนัก และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 8 เท่ากัน ส่วนวัสดุผสม ๓ ของทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่นมีค่าเสถียรภาพต่ำ และมีค่าสูงสุดที่ปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 9 และ 10 ตามลำดับ ค่าเสถียรภาพของวัสดุผสม ๓ ของทรายทั้ง 6 ชนิดจะลดลงมากเมื่อปริมาณยางมะตอยมากกว่าร้อยละ 12 และเมื่อปริมาณยางมะตอยถึงร้อยละ 16 ก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ๓ จะไม่คงตัวไม่สามารถวัดค่าเสถียรภาพและค่าการไหลได้

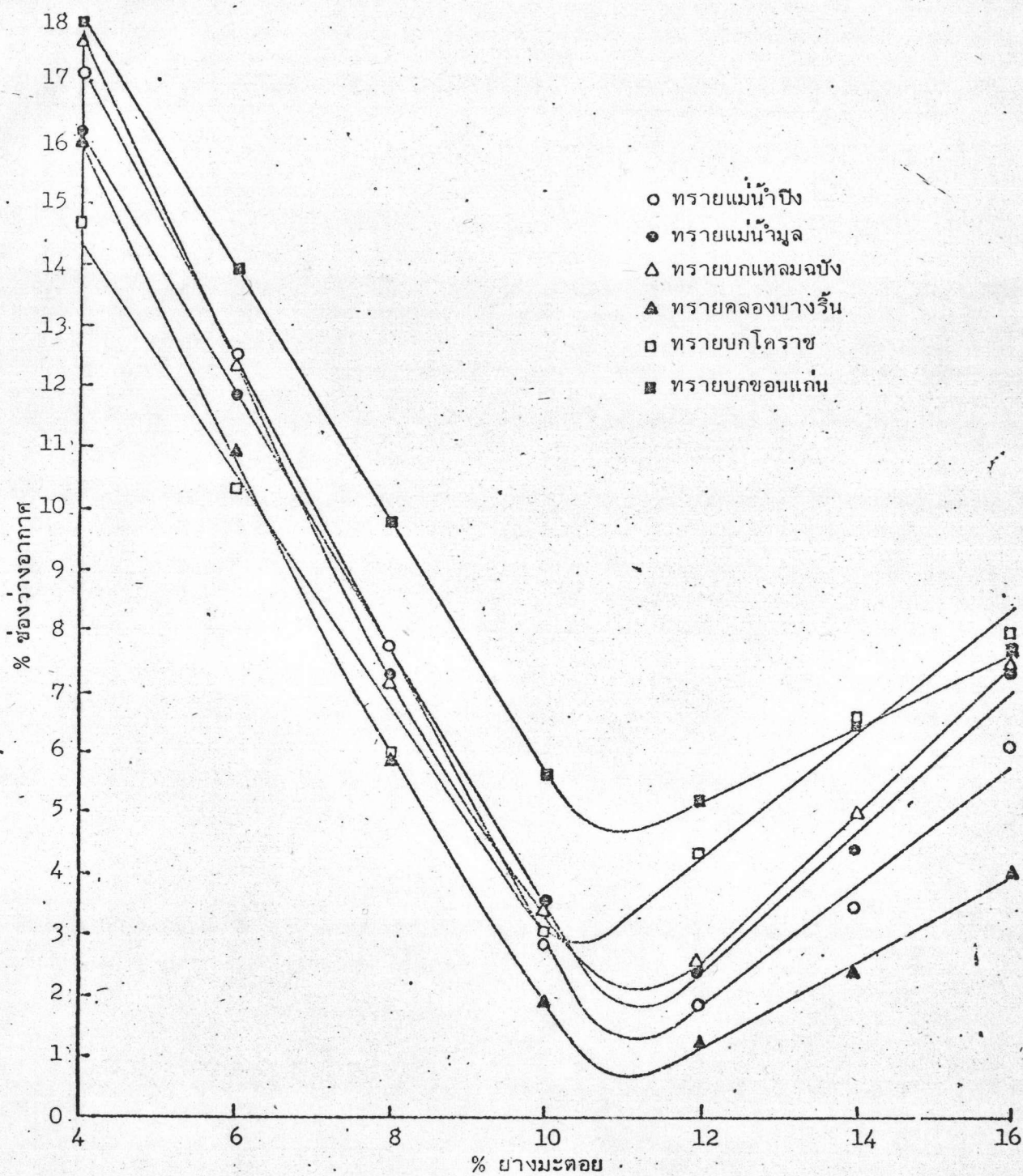
ค่าการไหล ตามรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นค่าการไหลของวัสดุผสม ๓ ของทรายทั้ง 6 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณยางมะตอยในวัสดุผสม ๓ เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณยางมะตอยประมาณร้อยละ 9 ค่าการไหลของวัสดุผสม ๓ จะมีค่า 8 ถึง 12 และวัสดุผสม ๓ ของทรายคลองบางรีนมีค่าการไหลสูงกว่าค่าการไหลของวัสดุผสม ๓ ของทรายชนิดอื่น ๆ เล็กน้อย



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของวัสดุผสมของทรายผสมหินฝุ่นล่าง 30% ผสมฝุ่น 15% ผสมงามะตอย กับปริมาณงามะตอยที่ผสม

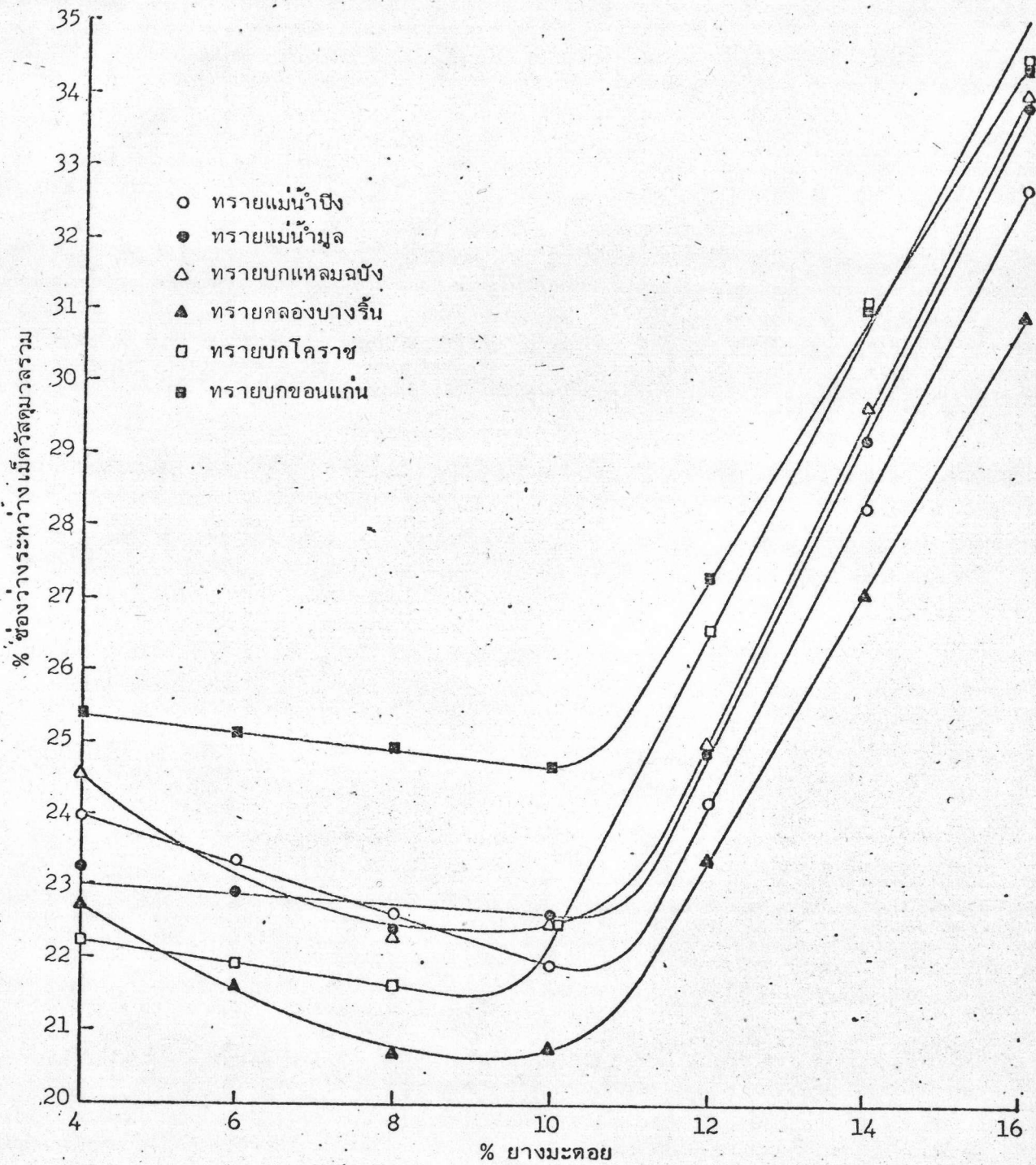


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัสดุผสมของทรายผสมหินปูนล้าง 30% ผสมปูน 15% ผสมยางมะตอย กับปริมาณยางมะตอยที่ผสม

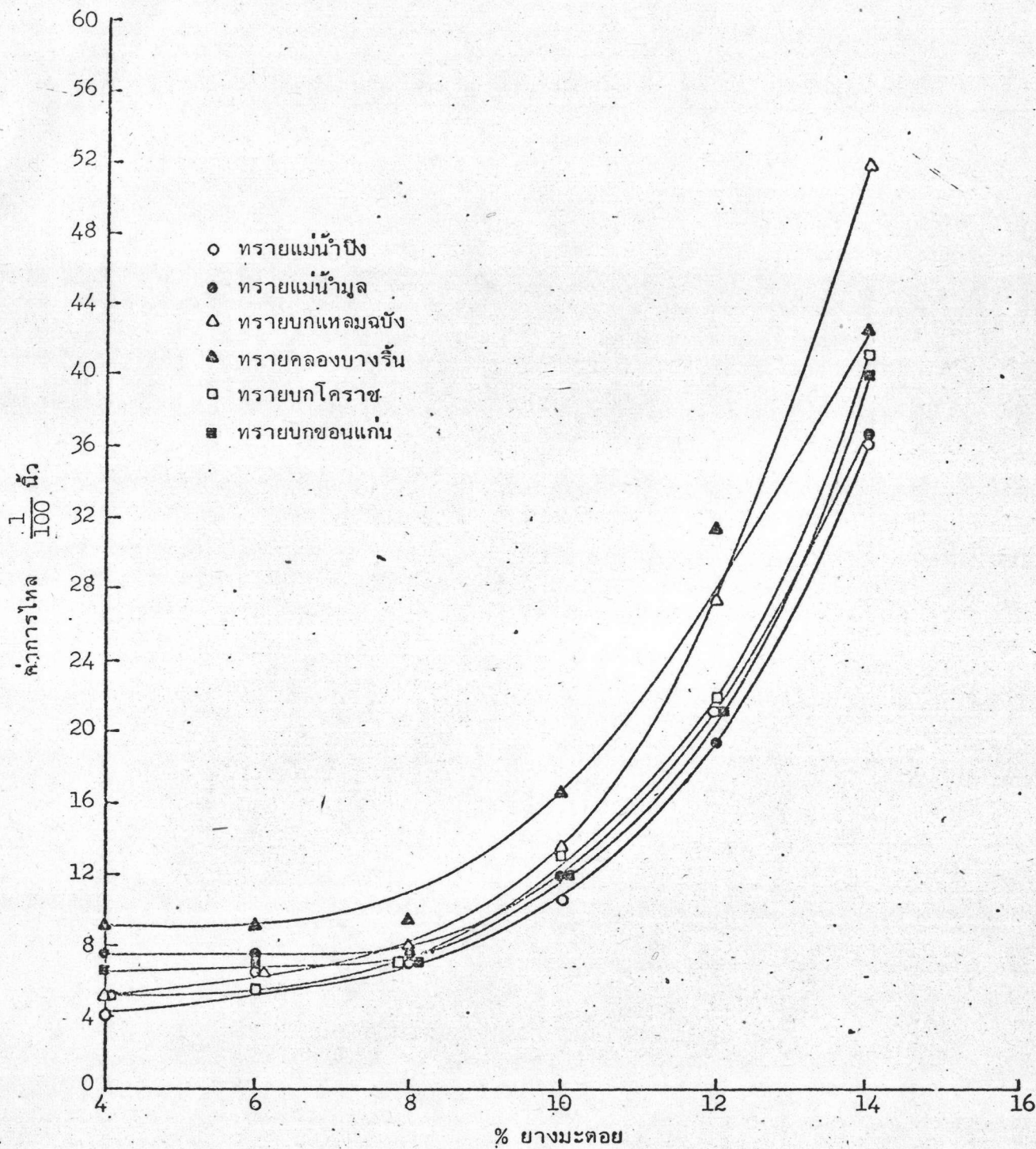


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศในวัสดุผสมของทรายผสมหินปูนล้าง 30%

ผสมปูน 15% ผสมยางมะตอย กับปริมาณยางมะตอยที่ผสม



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุรวมในวัสดุผสมของทรายผสมหินปูนล้าง 30% ผสมปูน 15% ผสมยางมะตอย กับปริมาณยางมะตอยที่ผสม

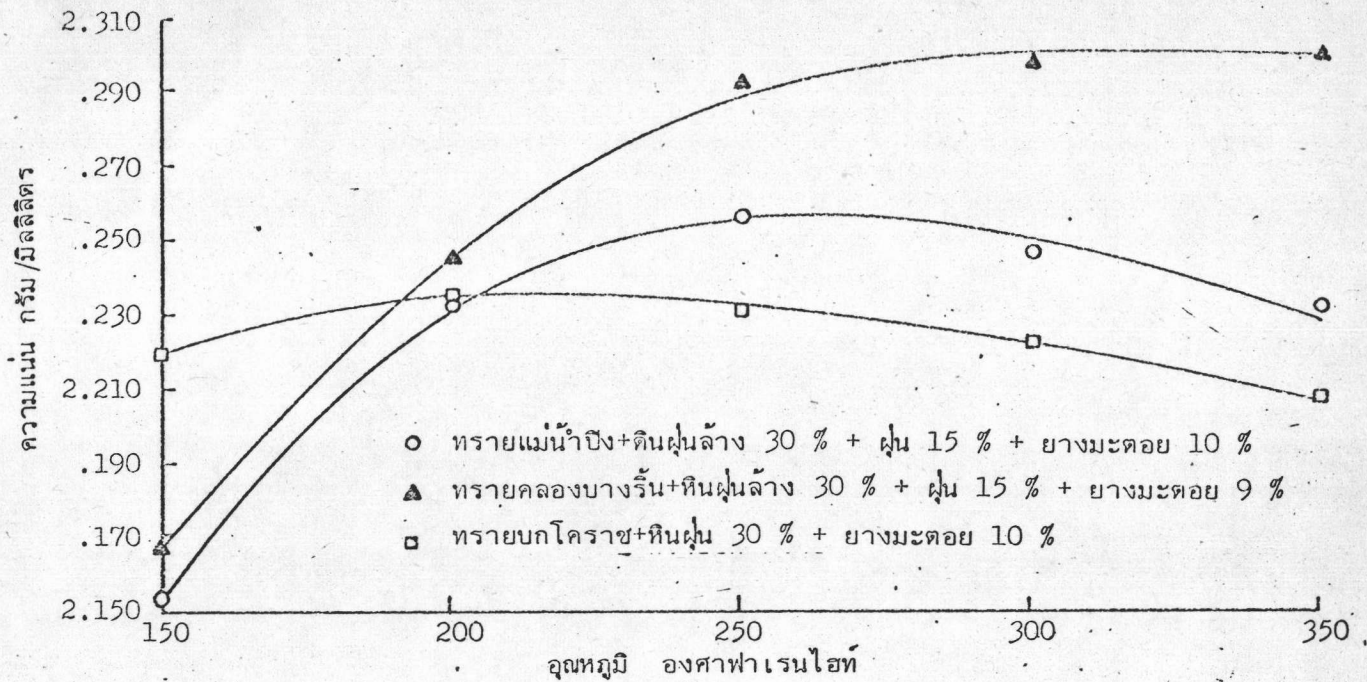


รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลของวัสดุผสมของทรายผสมหินปูนล้าง 30% ผสมปูน 15% ผสมยางมะตอย กับปริมาณยางมะตอยที่ผสม

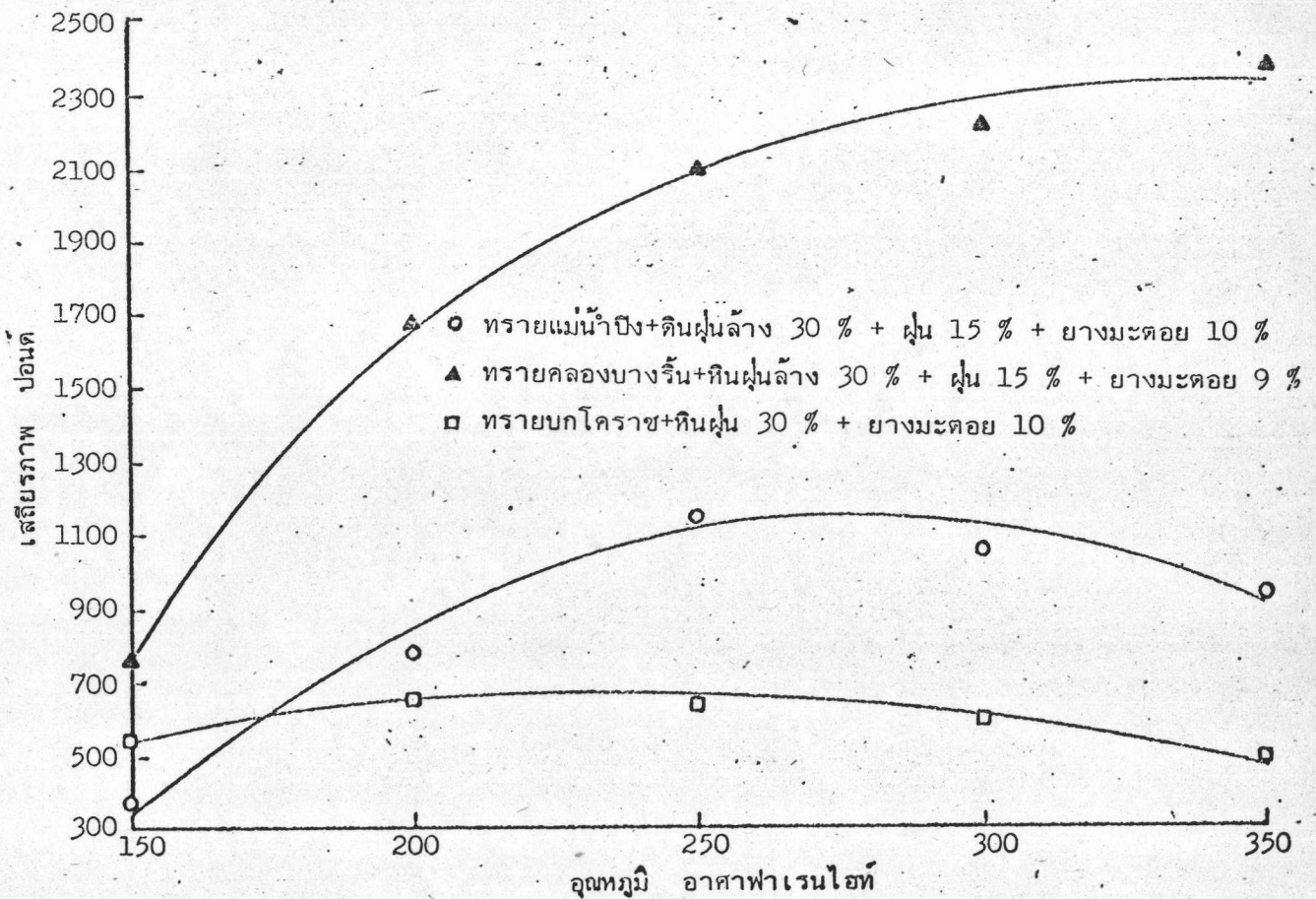
4.1.5 ผลของอุณหภูมิของวัสดุผสมทรายกับยางมะตอยขณะบดทับ การทดลองนี้ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับวัสดุผสม ๑ ของทรายต่างชนิดกัน โดยใช้ทรายคลองบางรีน ทรายแม่น้ำปิง และทรายบกโคราช การทดลอง นำทรายคลองบางรีน และทรายแม่น้ำปิงผสมกับหินฝุ่นซึ่งล้างและร่อนส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ออกหมดแล้วร้อยละ 30 และผสมกับฝุ่นหินปูน ซึ่งรวมทั้งมวลรวมละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ที่มีอยู่ในทรายด้วย ให้มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของวัสดุรวมทั้งหมด ส่วนทรายบกโคราชจะนำมาผสมกับหินฝุ่นโดยใช้หินฝุ่นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุรวมทั้งหมดและไม่ควบคุมปริมาณฝุ่น ปริมาณยางมะตอย ที่ใช้ผสมในวัสดุผสม ๑ ของทรายคลองบางรีน ทรายแม่น้ำปิง และทรายบกโคราช เท่ากับร้อยละ 9, 10 และ 10 โดยน้ำหนักของวัสดุรวม ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณยางมะตอยที่ทำให้คุณสมบัติของวัสดุผสม ๑ ของทรายแต่ละชนิดเหมาะสมตามมาตรฐานการออกแบบตามวิธีทดลองของมาร์แชล อุณหภูมิขณะบดทับที่ทดลองเท่ากับ 150° , 200° , 250° , 300° และ 350° ฟาเรนไฮต์ ข้อมูลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 27-29 ในภาคผนวก

ความแน่น ตามรูปที่ 4.21 จะเห็นว่าความแน่นของวัสดุผสม ๑ ของทรายคลองบางรีนจะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิขณะบดทับที่เพิ่มขึ้น สำหรับวัสดุผสม ๑ ของทรายบกโคราช และทรายแม่น้ำปิงจะมีความแน่นสูงสุด เมื่ออุณหภูมิขณะบดทับเท่ากับ 200° และ 300° ฟาเรนไฮต์ ตามลำดับ

เสถียรภาพ ความสัมพันธ์ของค่าเสถียรภาพของวัสดุผสม ๑ กับอุณหภูมิขณะบดทับ จะมีลักษณะ เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของค่าความแน่นของวัสดุผสม ๑ กับอุณหภูมิขณะบดทับ และมีจุดสูงสุดที่อุณหภูมิขณะบดทับ เท่ากันด้วย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของวัสดุผสมของทรายกับยางมะตอยกับอุณหภูมิขณะบดทับ



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัสดุผสมของทรายกับยางมะตอยกับอุณหภูมิขณะบดทับ