

พฤติกรรมการดักจับและควบคุมของวัสดุเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้เมื่อไหลผ่านฝายช่องเปิด

The trapping and controlling behavior of dry granular mixed with driftwood material flowing through the open check dam

ทศพล ท่งผนภูมิ^{1*} ศุภณัฐ ภาคสนุก¹ ลิปปกร สุขโกษา¹ อาทิตย์ เรืองยศ¹ ปาลินี สุมิตสวรรค² ขวัญสิรินภา ธนะวงศ์³ และ สุริยาวัธ ประอ้าย³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา

²ศูนย์เทคโนโลยียานยนต์และขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา

³ศูนย์ความเป็นเลิศ RS2GH คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา

*Corresponding author; E-mail address: 63103777@up.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ เมื่อไหลผ่านฝายช่องเปิดโดยศึกษาในการดักจับหรือการควบคุมและการดูดซับแรง โดยทำการทดลองการไหลในรางเพื่อทดสอบฝายช่องเปิด 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบตัวอัลฟาและรูปแบบตัววี ฝายช่องเปิดแต่ละรูปแบบมีมุมภายใน (β) 80, 90 และ 100 องศา ความลาดชันพื้นผิวการไหลถูกติดตั้ง (θ) 25, 30 และ 35 องศา ดำเนินการติดตั้งฝายช่องเปิดไว้ด้านหน้าและติดตั้งฝายทึบไว้ด้านหลังเพื่อวัดแรงกระแทกในการดูดซับแรงของฝายช่องเปิด ผลการทดลอง ฝายรูปแบบรูปตัวอัลฟามีประสิทธิภาพการดักจับและการดูดซับแรงได้ดีกว่าฝายรูปตัววี อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของฝายช่องเปิดไม่แน่นอนเมื่อความลาดชันการไหลต่างกันและความลาดชันการไหล (θ) 35 องศา ฝายช่องเปิดไม่สามารถดักจับเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ได้ ดังนั้นในการทดลองฝายควรลดช่องว่างลงเพื่อให้ฝายสามารถดักจับได้และการประยุกต์รูปแบบฝายควรให้สอดคล้องกับลักษณะพื้นที่นั้น ๆ และต้องทำการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุและฝายช่องเปิดรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: เม็ดแห้ง, เศษท่อนไม้, ประสิทธิภาพการดักจับ, ฝายช่องเปิด

Abstract

This article was prepared for studying the flow behavior of dry granular mixed with driftwood when flowing through open check dams, the trapping or controlling, and mitigation force were investigated. Flume experiments were carried out to test the use of 2 types of open check dams: Alpha-shape and V-shape. The internal angled of each opening check dam are (β) 80, 90, and 100 degrees. The flow surface slopes are (θ) 25, 30, and 35 degrees, respectively. Install the open check dam in the front and the solid dam in the back to measure the open check dam's mitigate force. The result of the experiment:

Alpha-shaped open check dams have better trapping efficiency and reduced impact force efficiency than V-shaped open check dams. However, the efficiency of the open check dam is uncertain when the flow slope is different and the flow slope (θ) is 35 degrees, the open check dam cannot trap dry granular mixed driftwood. Therefore, in the experiment, the spacing of each pile should be reduced. Therefore, the open check dam can trap debris, and the application of the open check dam pattern should be consistent with that topography, and the behavior of materials and various open check dams must be studied further.

Keywords: Dry Granular, Driftwood, Trapping Efficiency, Open Check Dam

1. คำนำ

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันประเทศไทยเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม น้ำป่าไหลหลาก ซึ่งเป็นภัยธรรมชาติที่ควรให้ความสนใจและเฝ้าระวัง ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์จากฝนที่ตกอย่างหนักและติดต่อกันเป็นเวลาหลายชั่วโมง เมื่อวันที่ 16-17 สิงหาคม 2561 และ 31 กรกฎาคม 2562 ทำให้เกิดการไหลหลากของน้ำรวมถึงเศษซากปรักหักพังจากต้นไม้ จนทำความเสียหายให้กับพื้นที่ชุมชนรวมถึงพื้นที่ทางเกษตร ในเขตอำเภอ ปง จุน และเชียงม่วน จังหวัดพะเยา อีกเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากลงห้วยแม่ขนาด บ้านปาง ต.ทาภาค อ.แม่ทา จ.ลำพูน เมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2563 [1] กระแสน้ำป่าพัดพาลิ่งไม้ ท่อนไม้ ปิดกั้นทางเดินน้ำบริเวณสะพานคอนกรีตกว้าง 15 เมตร ยาว 60 เมตร ทั้งนี้ยังมีน้ำไหลข้ามและมีดินโคลนไหลปิดทับถนน (รูปที่ 1) สาเหตุบางส่วนเกิดจากการตัดไม้ในพื้นที่ตอนเหนือของลำห้วย ทำให้เวลาฝนตกไม่มีต้นไม้อุดน้ำจึงเกิดน้ำป่าไหลลงเขาอย่างรุนแรงพร้อมกับเศษไม้จำนวนมาก

การศึกษาผลกระทบของการไหลเม็ดแห้งต่อฝายวัดแรงกระแทก โดยถูกตรวจสอบผ่านการวัดแรงย่อยแบบปกติ [2,3] และแบบผิวสัมผัส [4] ทั้งนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของเศษซากที่มีต่อสิ่งกีดขวางแบบแข็งและยืดหยุ่น [2,5,6] อนุภาคส่วนใหญ่สามารถถูกดักจับโดยตัวกันแบบยืดหยุ่นได้เมื่อขนาดตาข่ายมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาค 90 % ถึง 3 เท่า [4] และการกระจายแรงไม่สม่ำเสมอ แรงกระแทกมีขนาดใหญ่ตรงกลางของช่วงและมีขนาดเล็กที่ปลายทั้งสองข้าง การทดลองลักษณะฝายแบบทึบและแบบร่อง [7-9] ความดันที่อยู่ใกล้ร่องฝายสูงกว่าที่อื่น ๆ เกือบสองเท่า ทั้งนี้ขนาดเม็ดแห้งมีนัยสำคัญ [7] เนื่องจากขนาดเม็ดแห้งมีอิทธิพลต่อระดับความเฉื่อยของเม็ด การชนกันของเม็ดแห้งเกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ของการไหลของดินถล่มและการเรียงลำดับขนาดเม็ดชัดเจนขึ้นในช่วงตกตะกอนสุดท้าย [6,7,10] มุมเอียงที่มีขนาดใหญ่มุมเสียดทานของเม็ดแห้งและระยะเวลาไหลที่ยาวกว่าส่งผลให้เกิดแรงกระแทกสูงสุด [3,11] การศึกษาเกี่ยวกับการดักเศษไม้ด้วยฝายแบบร่องและการก่อดักของท่อนไม้ที่สะพานเมื่อน้ำท่วมโดยการทดลองรางน้ำ [12,13] ผลการศึกษาพบว่า การสะสมเศษไม้จะขยายตัวต้นน้ำและอัตราส่วนการอุดตันของไม้สะสมเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ การผสมกันของเศษท่อนไม้และหิน [14] ถูกทดลองโดยแยกประเภทเหตุการณ์ต่าง ๆ ตามประเภทการดักเศษซาก [15] ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ฝายช่องเปิดชนิดแบบเสาเข็มถูกนำมาใช้สำหรับการดักจับท่อนไม้ที่ไหลมาตามลำน้ำ [16] และเกี่ยวกับการใช้งานของฝายช่องเปิดชนิดเหล็กในการดักเศษซาก [17] หลังจากใช้งานไปนานแล้วพบว่า ยิ่งเวลาผ่านไปฝายแบบเหล็กสามารถดักจับเศษซากได้ดียิ่งขึ้นและยังแข็งแรงเหมือนเดิม ฝายลักษณะนี้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่ได้กั้นน้ำไว้และตะกอนทั่วไปสามารถผ่านฝายไปได้ ยกเว้นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ท้ายน้ำ ดังนั้นฝายชนิดนี้จึงเหมาะสมในการดูดซับแรงเนื่องจากการไหลหลากของดินโคลนและเศษซาก

บทความนี้มุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของฝายช่องเปิดเมื่อคุณสมบัติหินกรวดผสมเศษท่อนไม้ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวัดประสพหลักของการศึกษาคือความเข้าใจพฤติกรรมเบื้องต้นของการไหลของวัสดุของแข็งที่เป็นตัวแทนของดินโคลนเมื่อไหลผ่านฝายช่องเปิดเพื่อให้เข้าใจประสิทธิภาพของฝายเมื่อมุมภายในและรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเพื่อหาแนวทางบรรเทาภัยพิบัติจากการไหลหลากของดินโคลนในการใช้ฝายช่องเปิด เนื่องจากฝายช่องเปิดดังกล่าวไม่กระทบกับสิ่งแวดล้อม [18] เพราะไม่กีดขวางทางเดินของน้ำและการอพยพของสัตว์ ฝายช่องเปิดดังกล่าวถูกออกแบบไว้เป็นมาตรฐานแล้ว แต่เนื่องจากยังไม่เข้าใจพฤติกรรมการไหลของดินโคลนจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเบื้องต้น ผลของการศึกษา ได้แก่ แรงกระแทกที่เกิดขึ้นหน้าฝายทึบหลังจากวัสดุไหลผ่านฝายช่องเปิดและปริมาณวัสดุที่ถูกดักจับโดยฝายช่องเปิด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดักจับและการดูดซับแรงสูงสุดของฝายช่องเปิดแต่ละรูปแบบ



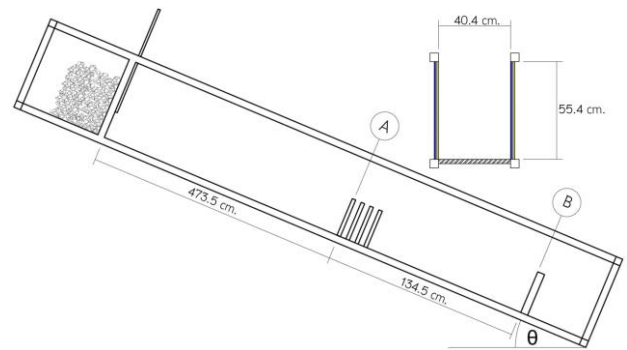
รูปที่ 1 น้ำป่าไหลหลากลงห้วยแม่ขนาด บ้านปาง ต.ตากาศ อ.แม่ทา จ.ลำพูน [1]

2. ระเบียบวิธีวิจัย

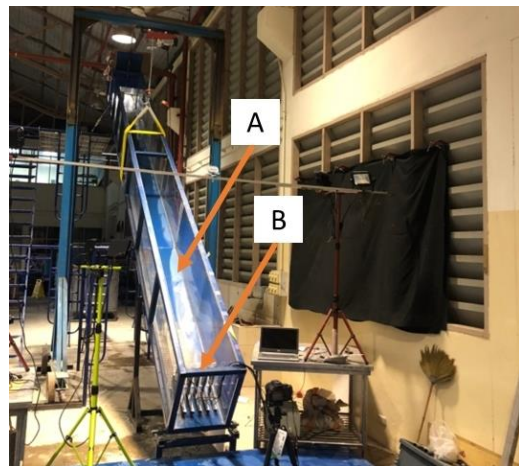
2.1 เครื่องมือการทดลอง

2.1.1 รางน้ำ

การทดลองรางน้ำขนาดความยาว 617 ซม. กว้าง 40.4 ซม. และ สูง 55.4 ซม. แสดงในรูปที่ 2 จุด A คือตำแหน่งติดตั้งฝายช่องเปิดมี 2 ประเภท 1.ฝายรูปตัววี 2.ฝายรูปตัวอัลฟา จุด B คือตำแหน่งติดตั้งฝายทึบแบบติดตั้งไหลดเซลล์ 6 ตัวเพื่อวัดแรงกระแทกตลอดแนวราบ (รูปที่ 3) ทดลองความลาดชันการไหล (θ) 25 30 และ 35 องศา



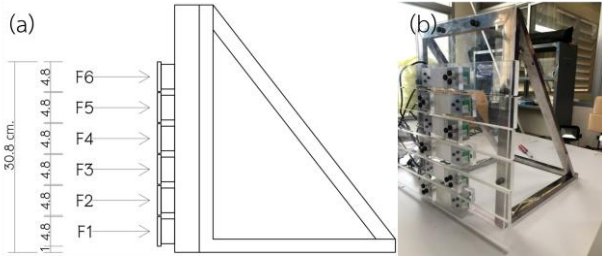
รูปที่ 2 แบบร่างรางน้ำทดลอง: A คือ ตำแหน่งติดตั้งฝายช่องเปิด, B คือ ตำแหน่งติดตั้งฝายทึบ



รูปที่ 3 ภาพถ่ายรูปอุปกรณ์การทดลอง: A คือ ตำแหน่งติดตั้งฝายช่องเปิด, B คือ ตำแหน่งติดตั้งฝายทึบ

2.1.2 ฝายทึบ

ฝายทึบถูกติดตั้งโหนดเซลล์ 6 ตัว (รูปที่ 4) วัดแรงกระทำตลอดแนวราบในทิศทางตั้งฉากเมื่อวัสดุเคลื่อนที่ผ่านฝายช่องเปิดแล้วชนเข้ากับฝายทึบ เพื่อประเมินพฤติกรรมการไหลของเม็ดแห้งผสมท่อนไม้และประสิทธิภาพการดูดซับแรงของฝายช่องเปิด



รูปที่ 4 ฝายทึบวัดแรงกระทำโดยติดตั้งโหนดเซลล์: (a) ลักษณะแรงกระทำหน้าฝายทึบที่ถูกวัด, (b) ภาพถ่ายฝายทึบ

จากสมการ (1) แสดงถึงปริมาณแรงทั้งหมด (F) ที่เกิดจากการไหลของเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ที่กระทำกับสิ่งกีดขวาง [4] เมื่อ F_d คือแรงต้านหรือเรียกว่าแรงหน่วงเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ซึ่งวัดถูกต้องเอาชนะแรงนี้จึงเกิดการเคลื่อนที่, F_p คือแรงเนื่องจากแรงดันดินด้านข้างโดยแรงนี้มี 2 ประเภท คือ 1. แรงดันด้านข้างเมื่อดินเคลื่อนตัวด้านฝายทึบ และ 2. แรงดันดินด้านข้างเมื่อฝายทึบต้านการเคลื่อนตัวของดิน และ F_{gf} คือแรงที่ถูกสร้างจากการหยุดนิ่งของดินที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส

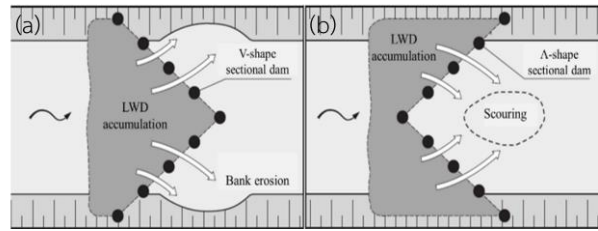
$$F = F_d + F_p + F_{gf} \quad (1)$$

$$R = \frac{F_H - F_i}{F_H} \quad (2)$$

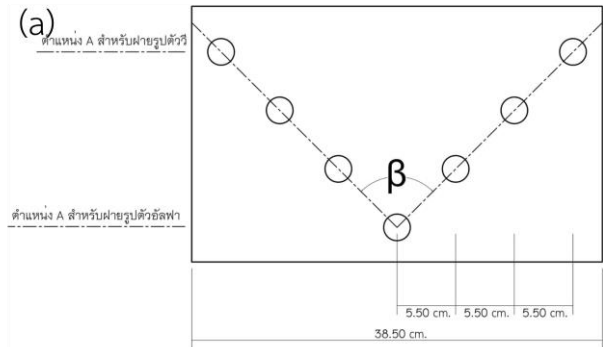
จากสมการ (2) แสดงถึงการดูดซับแรงของฝายช่องเปิดชนิดและรูปแบบต่าง ๆ (R) เมื่อ F_H คือปริมาณแรงกระทำสูงสุดของฝายทึบเมื่อไม่มีฝายช่องเปิดดูดซับแรงกระทำ และ F_i คือปริมาณแรงกระทำสูงสุดของฝายทึบเมื่อมีฝายช่องเปิดดูดซับแรงกระทำ

2.1.3 ฝายช่องเปิด

การทดลองประสิทธิภาพของฝายช่องเปิด ฝายที่ใช้มีลักษณะทรงกระบอกเพื่อเป็นตัวแทนจำลองแทนเสาเข็ม โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. สูง 27 ซม. ขนาดช่องเปิด 3 ซม. (s) อัตราส่วน s/d_{90} เท่ากับ 1.875 เมื่อ s คือระยะห่างช่องว่างของฝาย, d_{90} คือเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดอื่นเล็กกว่าร้อยละ 90 รูปแบบการดักจับของฝายช่องเปิดมี 2 รูปแบบ ได้แก่ 1.รูปแบบตัวอัลฟา (A) 2.รูปแบบตัววี (V) [19] แสดงดังรูปที่ 5 แต่ละรูปแบบมีมุมภายใน (β) 80 90 และ 100 องศา (รูปที่ 6)



รูปที่ 5 การดักจับของฝายช่องเปิด: (a) รูปแบบตัววี, (b) รูปแบบตัวอัลฟา [19]



รูปที่ 6 ฝายช่องเปิด: (a) แบบร่างฝาย, (b) ภาพถ่าย

ประสิทธิภาพการดักจับของฝายช่องเปิด (E) คือปริมาณเม็ดแห้งและเศษท่อนไม้ที่ติดอยู่หน้าฝายช่องเปิดต่อปริมาณทั้งหมด [20,21] ประสิทธิภาพการดักจับคำนวณได้จากสมการ (3) เมื่อ V_e คือ ปริมาตรของวัสดุทั้งหมด และ V_s คือ ปริมาตรของวัสดุที่ไหลผ่านฝาย

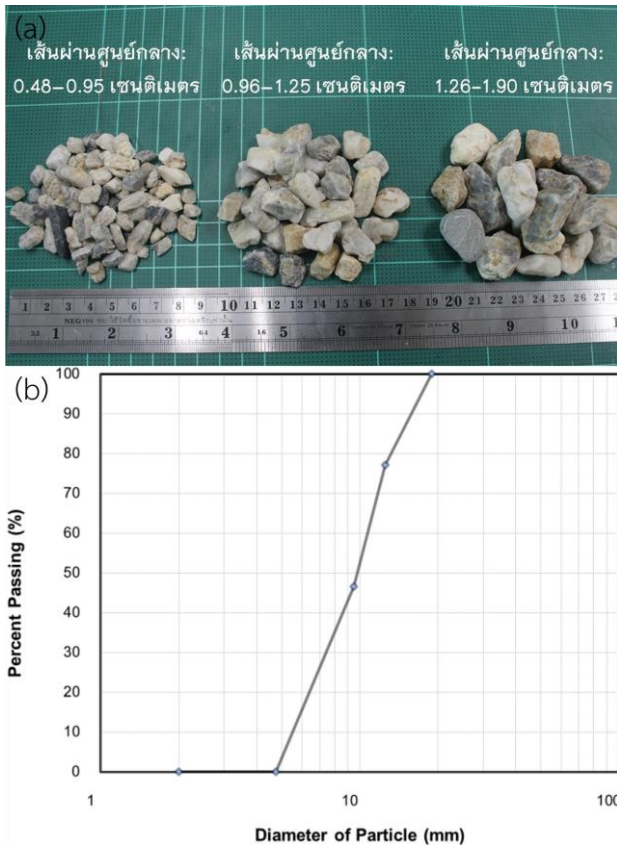
$$E = \frac{V_e - V_s}{V_e} \quad (3)$$

จากสมการ (2) $V_e - V_s$ คือ ปริมาตรของวัสดุที่ถูกดักจับโดยฝายช่องเปิด แสดงให้เห็นว่าเมื่อ $V_e = V_s$ ประสิทธิภาพการดักจับเท่ากับศูนย์ ในทางตรงกันข้าม เมื่อ $V_s = 0$ ฝายช่องเปิดสามารถดักจับปริมาณวัสดุได้ทั้งหมด

2.2 วิจัยการทดลอง

2.2.1 เม็ดแห้ง

กรวดแม่น้ำแบบแห้งถูกใช้ให้เป็นวัสดุตัวแทนเม็ดแห้งในการทดลอง มีพื้นผิวรูปร่างหลายด้านและผิวขรุขระ การเตรียมตัวอย่างวัสดุทดลองโดยล้างหินให้สะอาดเพื่อลดฝุ่น แล้วนำไปอบแห้งอุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 23 ± 0.5 ชม. [22] ปริมาณที่ใช้การทดลองแต่ละครั้งคือ 30 กิโลกรัม ขนาดกรวดผ่านตะแกรง $3/4$ นิ้ว, $1/2$ นิ้ว, $3/8$ นิ้ว และตกค้างตะแกรงเบอร์ #4 ปริมาณการกระจายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแสดงดังรูปที่ 7 และรายละเอียดคุณสมบัติดังตารางที่ 1



รูปที่ 7 เม็ดแห้งที่ใช้ในการทดลอง: (a) ขนาดของกรวดแม่น้ำ, (b) แผนภูมิการกระจายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกรวดแม่น้ำ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของกรวดแม่น้ำที่ใช้เป็นเม็ดแห้งในการทดลอง

คุณสมบัติของวัสดุ	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	5.0	11.9	19.0
จำนวน (%)	46.58	30.56	22.87
หน่วยน้ำหนักรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	1,582		
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	2,650		

2.2.2 เศษท่อนไม้

เศษท่อนไม้ที่ใช้ทดลองเป็นวัสดุไม้อัดแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. ความยาว 10 ซม. และ 15 ซม. แสดงในรูปที่ 8 น้ำหนักที่ใช้ทั้งหมดในการทดลอง 0.5 กิโลกรัม โดยผสมไม้ 2 รูปแบบเข้าด้วยกัน คุณสมบัติของไม้แสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 8 ลักษณะเศษท่อนไม้ที่ใช้ในการทดลอง: ไม้รูปแบบที่ 1 (สีเหลือง), ไม้รูปแบบที่ 2 (สีแดง)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของกรวดแม่น้ำที่ใช้เป็นเม็ดแห้งในการทดลอง

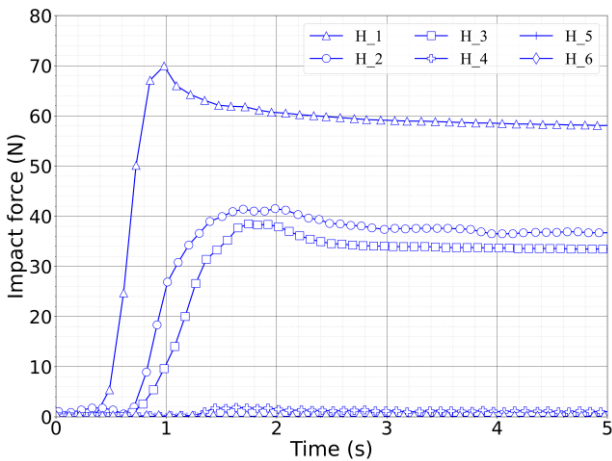
คุณสมบัติของวัสดุ	ไม้รูปแบบที่ 1	ไม้รูปแบบที่ 2
ความยาว (เซนติเมตร)	10	15
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (เซนติเมตร)	1.51	1.47
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	620	

เส้นผ่านศูนย์กลางของเศษท่อนไม้มีขนาด $1/2$ ของความกว้างตั้งฉากกับทิศทางการไหลของช่องเปิดฝาย เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการดักจับเศษท่อนไม้และความยาวของเศษท่อนไม้เป็นความยาวที่สามารถทำให้เศษท่อนไม้บางส่วนสามารถไหลผ่านฝายไปได้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการดักจับของฝายช่องเปิดเมื่อรูปแบบและมุมภายในต่าง ๆ [12,14]

2.3 การทดลอง

2.3.1 การทดลองปราศจากฝายช่องเปิด

การทดลองโดยติดตั้งฝายที่วัดแรงกระแทกเท่านั้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมแรงกระแทกเนื่องจากการไหลของเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ โดยไม่มีฝายช่องเปิดในการช่วยผ่อนแรง จากรูปที่ 9 แสดงแรงกระแทกที่เกิดขึ้นบนฝายที่บโดยปราศจากฝายช่องเปิดในการดูดซับแรง จากรูปที่ 4 หมายเลข 1-6 แสดงถึงปริมาณแรงกระแทกที่วัดได้จาก F1 ถึง F6



รูปที่ 9 แรงกระแทกที่ถูกวัดโดยฝายทึบ (H) ความลาดชันการไหล θ 30 องศา

2.3.2 การทดลองประสิทธิภาพฝายช่องเปิด

การทดลองประเภทนี้มีการติดตั้งฝายช่องเปิดและฝายทึบวัดแรงกระแทก เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของฝายช่องเปิดแต่ละรูปแบบในการดักจับและการดูดซับแรง รายละเอียดการทดลองแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการทดลองประสิทธิภาพฝายช่องเปิด

ความลาดชันการไหล (องศา)	วัสดุทดลอง	รูปแบบการทดลองฝายช่องเปิด	รหัสการทดลอง
25 30 35	เม็ดแห้งผสม เศษท่อนไม้	ฝายช่องเปิดรูปตัวอัลฟามุม 80 องศา	A80-H
		ฝายช่องเปิดรูปตัวอัลฟามุม 90 องศา	A90-H
		ฝายช่องเปิดรูปตัวอัลฟามุม 100 องศา	A100-H
		ฝายช่องเปิดรูปตัววีมุม 80 องศา	V80-H
		ฝายช่องเปิดรูปตัววีมุม 90 องศา	V90-H
		ฝายช่องเปิดรูปตัววีมุม 100 องศา	V100-H

3. ผลการศึกษา

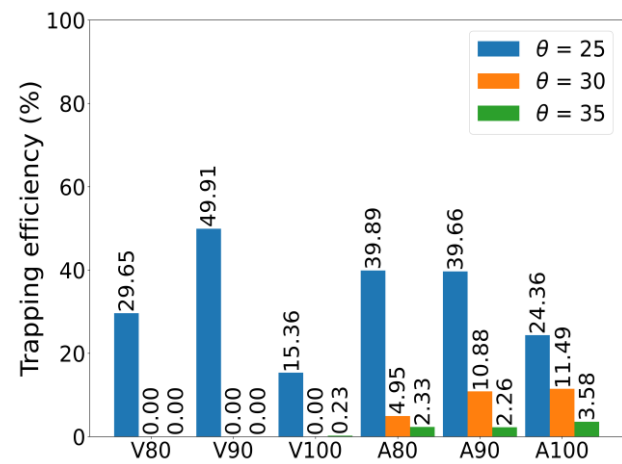
3.1 ประสิทธิภาพการดักจับ

ประสิทธิภาพการดักจับคำนวณได้จากสมการ (3) ในศึกษาฝายช่องเปิดรูปตัววีและรูปตัวอัลฟามุมภายใน 80, 90 และ 100 องศา ดังนั้นจึงมีฝาย 6 รูปแบบ ซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาประสิทธิภาพของฝายช่องเปิด การศึกษาทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า ขนาดช่องเปิดและความลาดชันการไหลของเศษซากมีผลอย่างมากต่อ ประสิทธิภาพการดักจับของฝาย [8,9,14,15,20,21] ผลการทดลองพฤติกรรมการไหลของเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ที่ความลาดชันการไหล 25, 30 และ 35 องศา สรุปได้ดังนี้

ความลาดชันการไหล 25 องศา ฝายช่องเปิด V90 มีประสิทธิภาพการดักจับสูงสุด 49.91% เพราะมุมภายในช่วยดักจับเศษท่อนไม้และเศษท่อนไม้ยังช่วยดักจับเม็ดแห้ง อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าฝายช่องเปิด V100 มีประสิทธิภาพการดักจับต่ำที่สุด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าฝาย V100 ไม่เหมาะสมกับการใช้ดักจับที่พื้นที่การไหลที่มีความลาดเอียง 25 องศา

ความลาดชันการไหล 30 องศา ฝายช่องเปิด A100 องศา มีประสิทธิภาพการดักจับสูงสุด 11.49% ส่วนฝายช่องเปิดรูปแบบตัววีไม่สามารถดักจับเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ ดังนั้นความลาดชันการไหล 30 องศาจึงไม่ควรใช้ฝายช่องเปิดรูปแบบตัววีในการดักจับ

การทดลองความลาดชันการไหล 35 องศา ฝายทั้ง 6 รูปแบบแทบไม่สามารถดักจับเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ เว้นแต่ฝายรูปแบบตัวอัลฟาที่มีปริมาณการดักจับเล็กน้อย สรุปได้ว่าความลาดชัน 35 องศา เกิดการไหลที่รุนแรงเกินกว่าประสิทธิภาพดักจับของฝายช่องเปิดที่ใช้ทดลอง โดยเฉพาะฝายรูปแบบตัววี



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการดักจับเม็ดแห้งผสมเศษท่อนไม้ของฝายช่องเปิด ที่ความลาดชันการไหล θ 25, 30 และ 35 องศา

** หมายเหตุ V80, V90 และ V100 คือฝายช่องเปิดรูปตัววี มุมภายใน 80, 90 และ 100 องศา ตามลำดับ; A80, A90 และ A100 คือฝายช่องเปิดรูปตัวอัลฟา มุมภายใน 80, 90 และ 100 องศา

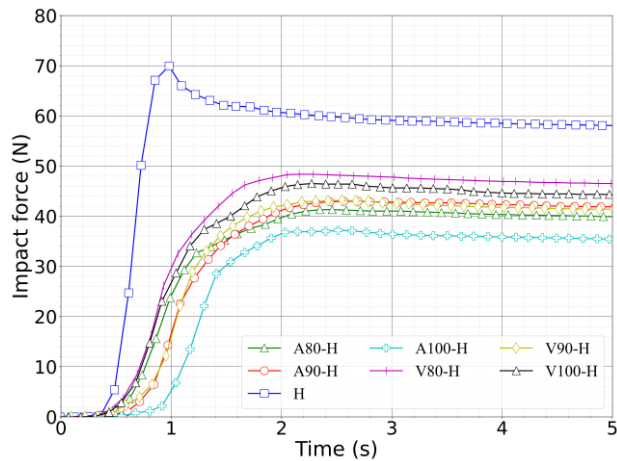
3.2 ประสิทธิภาพของการดูดซับแรง

เมื่อพิจารณาลักษณะการรับแรงของฝายทึบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจการดูดซับแรงของฝายช่องเปิด ประสิทธิภาพของฝายช่องเปิดในการดูดซับแรงแตกต่างกันไปตามความลาดชันการไหลหรือระดับความรุนแรงจากการไหล [2-4,11] นอกจากนี้ ความสูงของกองวัสดุเริ่มต้น ขนาดของอนุภาค และมุมเสียดทานยังส่งต่อแรงกระทำอย่างมีนัยสำคัญ [4,6,7] จากสมการ (1) แสดงถึงปริมาณแรงกระทำทั้งหมดที่กระทำกับสิ่งกีดขวาง การดูดซับสามารถคำนวณได้จากสมการ (2) รูปที่ 11 แรงกระทำบนฝายทึบของการไหล 30 องศา การทดลองการไหลเมื่อปราศจากฝายช่องเปิดในการดูดซับแรง 25, 30 และ 35 องศา (รูปที่ 10) เกิดแรงกระทำสูงสุด 38, 70 และ 124 นิวตัน ตามลำดับ

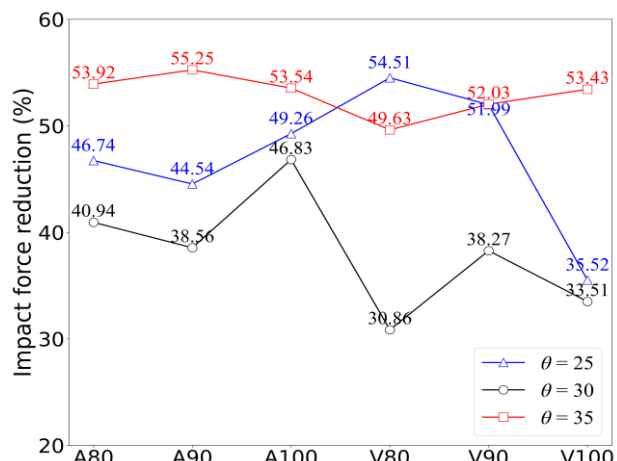
การทดลองความลาดชันการไหล 25 องศา ฝายช่องเปิด V80 มีประสิทธิภาพการดูดซับแรงสูงสุด 54.51 % เนื่องจากสามารถลดแรงกระทำเมื่อวัสดุไหลผ่านฝายช่องเปิดกระทบกับฝายทึบ อย่างไรก็ตามฝายช่องเปิด V90 สามารถดูดซับแรงใกล้เคียงฝายช่องเปิด V80 คือ 51.99 % จากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการดูดซับแรงของฝายช่องเปิด V100 สามารถดูดซับแรงได้น้อยที่สุด คือ 35.52 %

การทดลองความลาดชันการไหล 30 องศา ฝ่ายช่องเปิด A100 มีประสิทธิภาพการดูดซับแรงสูงสุด 46.83 % จากรูปที่ 12 ประสิทธิภาพการดูดซับแรงของฝ่ายช่องเปิดทุกรูปแบบเมื่อความลาดชันการไหล 30 องศาต่ำสุดเมื่อเทียบกับความลาดชันการไหล 25 และ 35 องศา

การทดลองความลาดชันการไหล 35 องศา ฝ่ายช่องเปิด A90 มีประสิทธิภาพการดูดซับแรงสูงสุด 55.25 % จากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่า การทดลองความลาดชันการไหล 35 ฝ่ายทุกรูปแบบมีประสิทธิภาพการดูดซับแรงที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 11 แรงกระแทกที่ถูกวัดโดยฝ่ายทึบในการทดลอง θ 30 องศา



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพการดูดซับแรงของฝ่ายช่องเปิด ที่ความลาดชันการไหล θ 25, 30 และ 35 องศา

**หมายเหตุ A80, A90 และ A100 คือฝ่ายช่องเปิดรูปตัวอัลฟา มุมภายใน 80, 90 และ 100 องศา ตามลำดับ; V80, V90 และ V100 คือฝ่ายช่องเปิดรูปตัววี มุมภายใน 80, 90 และ 100 องศา

4. บทสรุป

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการดักจับและประสิทธิภาพการดูดซับแรงของฝ่ายช่องเปิดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการดักจับของฝ่ายแปรเปลี่ยนไปตามความลาดชันหรือสภาพความรุนแรงของการไหล อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการไหลที่รุนแรงยกตัวอย่างเช่น ความลาดชัน 35 องศา พบว่าฝ่าย

ช่องเปิดที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถดักจับเศษก้อนไม้ผสมเม็ดแห้ง ดังนั้นเมื่อเกิดการไหลที่รุนแรงควรเปลี่ยนรูปแบบฝ่ายหรือลดความกว้างของช่องเปิดให้แคบลง

2. จากการทดลองฝ่ายช่องเปิดแต่ละรูปแบบมีประสิทธิภาพการดูดซับแรงขึ้นอยู่กับความลาดชันของการไหล แต่เมื่อการไหลของเม็ดแห้งผสมเศษก้อนไม้ที่รุนแรง ($\theta = 35$ องศา) ฝ่ายช่องเปิดทุกรูปแบบสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ฝ่ายช่องเปิดทุกรูปแบบสามารถดูดซับแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเกิดการไหลที่รุนแรงเพราะ เมื่อไม่มีฝ่ายช่องเปิดที่ดูดซับแรงจะเกิดแรงกระแทกกับสิ่งกีดขวางอย่างยั้งยวด แต่เมื่อความลาดชันการไหล 30 องศา แสดงให้เห็นว่าความลาดชันนี้ฝ่ายช่องเปิดมีการดูดซับแรงที่ต่ำที่สุด
3. ฝ่ายทึบเมื่อได้รับแรงกระแทกโดยตรงจะเกิดแรงกระแทกที่สูงสุดอย่างรวดเร็วและเมื่อเวลาผ่านไปเศษก้อนไม้และเม็ดแห้งที่เคลื่อนที่เข้าหาฝ่ายจะพัฒนาที่บวมและเกิดแรงดันด้านข้างจากฝ่ายที่ต้านการเคลื่อนที่ของเศษก้อนไม้และเม็ดแห้งที่ตามมาจึงทำให้แรงที่กระทำต่อฝ่ายลดลง
4. ประสิทธิภาพของฝ่ายช่องเปิดขึ้นอยู่กับสภาวะการไหลที่รุนแรงต่างกัน โดยรวมแล้วฝ่ายช่องเปิดรูปตัวอัลฟาสามารถดักจับได้ดีกว่าฝ่ายช่องเปิดรูปตัววี ดังนั้นการประยุกต์ใช้รูปแบบฝ่ายควรประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับสภาพความรุนแรงของการไหลหลากของดินโคลน การศึกษาพฤติกรรมในการช่วยดูดซับแรงและการดักจับของฝ่ายช่องเปิดแต่ละรูปแบบ สามารถนำข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของดินโคลนเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางป้องกันเนื่องจากภัยพิบัติการไหลหลากของดินโคลนหรือดินโคลนถล่มให้มีความเหมาะสมและถูกต้อง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะกรรมการโครงการวิจัย สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนงบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่คอยสนับสนุนด้านเครื่องมือในการปรับแต่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] MGR ONLINE. น้ำป่าทะลักลงตอยขุนตาล พัดเศษไม้กองมีมาขวางเต็มห้วยลำพุดช้ำ. (2563). สืบค้นจาก. <https://mgronline.com/local/detail/9630000077270>.
- [2] Jiang, Y.-J. and Towhata, I. (2012). Experimental Study of Dry Granular Flow and Impact Behavior Against a Rigid Retaining Wall. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 46, pp. 713-729.

- [3] Ahmadipur, A. and Qiu, T. (2018). Impact force to a rigid obstruction from a granular mass sliding down a smooth incline. *Acta Geotechnica*, 13, pp. 1433-1450.
- [4] Jiang Y.-J. and Zhao, Y. (2015). Experimental investigation of dry granular flow impact via both normal and tangential force measurements. *Géotechnique Letters*, 5, pp. 33-38.
- [5] Canelli, L., Ferrero, A.M., Migliazza, M. and Segalini, A. (2012). Debris flow risk mitigation by the means of rigid and flexible barriers – experimental tests and impact analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, pp. 1693-1699.
- [6] Cui, Y., Choi, C.E., Liu, L.H.D. and Ng, C.W. (2018). Effects of particle size of mono-disperse granular flows impacting a rigid barrier. *Nat Hazards*, 91, pp. 1179-1201.
- [7] Leonardi, A., Goodwin, G.R. and Pirulli, M. (2019). The force exerted by granular flows on slit dams. *Acta Geotechnica*, 14, pp. 1949-1963.
- [8] Silva, M., Costa, S., Canelas, R.B., Pinheiro, A.N. and Cardoso, A.H. (2016). EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY OF SLIT-CHECK DAMS. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 11, pp. 107-118.
- [9] Sun, H., You, Y. and Liu, Jf. (2018). Experimental study on characteristics of trapping and regulation sediment with an open-type check dam in debris flow hazard mitigation. *Journal of Mountain Science*, 15, pp. 2001-2012.
- [10] Qing-Zhao, Z., Qing, P., Ying, C., Ze-Jun, L., Zhen-Ming, S. and Yuan-Yuan, Z. (2019). Characteristics of landslide-debris flow accumulation in mountainous areas. *Heliyon*, 5, e02463.
- [11] Zhao, H., Yao, L., You, Y., Wang, B. and Zhang, C. (2018). Experimental Study of the Debris Flow Slurry Impact and Distribution. *Shock and Vibration*, 2018, Article ID 5460362.
- [12] Xie, Xp., Wei, Fq., Yang, Hj. and Xie T. (2017). Experimental study on large wood filtration performance by herringbone water-sediment separation structure. *Journal of Mountain Science*, 14, pp. 269-281.
- [13] Okamoto, T., Takebayashi, H., Sanjou, M., Suzuki, R. and Toda, K. (2018). Log jam formation at bridges and the effect on floodplain flow: A flume experiment. *J Flood Risk Management*, 13(1), e12562.
- [14] Hashimoto, H., Hashimura, K., Nagano, H. and Maricar F. (2016). Experimental Investigation into Flow Behavior of Wood-Sediment-Water Mixture at a Grid Type of Open Check Dam. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 9(4), pp. 188-193.
- [15] Shima, J., Moriyama, H., Kokuryo, H. and Ishikawa, N. (2016). Prevention and Mitigation of Debris Flow Hazards by Using Steel Open-Type Sabo Dams. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 9(3), pp. 135-144.
- [16] Bavarian Environment Agency (2017). Sediment and woody debris transport-countermeasures. *Federal state of Bavaria*.
- [17] Moriyama, H., Kokuryo, H., Yamaguchi, M., Inoue, R., Ishikawa, N. and Shima, J. (2014). Debris Flow Capture Investigation of Steel Open-type Sabo Dams around Mt. Aso JAPAN. *INTERPRAEVENT 2014 IN NARA*.
- [18] MGR ONLINE มณฑลธาร ในวันที่ธารกำลังจะม่น้ำตาย. (2559). สืบค้นจาก. <https://mgronline.com/science/detail/9590000060510>.
- [19] Piton, G. and Recking, A. (2015). Design of Sediment Traps with Open Check Dams. II: Woody Debris. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142(2).
- [20] Silva, M., Costa, S. and Cardoso, A.H. (2015). Effect of plan layout on the sediment control efficiency of Slit-check dams for stony type debris flows mitigation. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 197, pp. 259-270.
- [21] Silva, M., Costa, S. and Cardoso, A.H. (2015). Slit-check dams for stony type debris flows mitigation. Experimental Study to Evaluate Sediment Control Efficiency. *Dam World Conference*, Lisbon, Portugal, 21-24 April 2015.
- [22] ASTM C33/C33M-13 (2016). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ATSM International, ASTM Volume 04.02: Concrete and Aggregates, Conshohocken, PA, USA. DOI:10.1520/C0033_C0033M-13.