

การคำนวณความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure)

สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

Calculating Depth of Closure for the Gulf of Thailand Coastline

วันชัย จันทร์ละเอียด¹

Wanchai Chanla-iad¹

Received: June 2, 2023

Revised: June 19, 2023

Accepted: June 21, 2023

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมชายฝั่งโดยส่วนใหญ่แล้วมีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure: DoC) ซึ่งเป็นค่าความลึกน้ำ ณ จุดที่คลื่นสามารถพัดพาตะกอนไปตามพื้นที่ท้องทะเลโดยมีการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิที่น้อยที่สุด ซึ่งเป็นความลึกที่มีอัตราการถ่ายเทตะกอนเท่ากับศูนย์ และถือว่าตะกอนอยู่ในสภาวะสมดุล DoC เป็นตัวแปรสำคัญในงานวิศวกรรมชายฝั่ง เช่น การออกแบบท่าเทียบเรือ เขื่อนกันคลื่น การขุดลอก และการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ในบทความนี้จะนำเสนอการคำนวณหาค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (DoC) สำหรับแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยใช้สถิติข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) และข้อมูลขนาดตะกอนเฉลี่ยของพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยประกอบกับการใช้สมการแบบจำลองการคำนวณคลื่นเบื้องต้น (Simple Wave-Based Model) ผลการศึกษาพบว่าชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน (หัวหิน สัตหีบ ระยอง) มีค่า DoC อยู่ระหว่าง 1.95 – 3.83 เมตร บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา นราธิวาส) มีค่า DoC อยู่ระหว่าง 3.87 – 6.70 เมตร จากผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิไม่ใช่ค่าคงที่ จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของคลื่น ลักษณะของตะกอน และสัณฐานวิทยาของชายฝั่ง รวมทั้งรูปแบบสมการของแบบจำลองการคำนวณหา DoC ที่ใช้ในการคำนวณ ดังนั้น เพื่อให้การคำนวณหาค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิมีความถูกต้องใกล้เคียงกับลักษณะตามธรรมชาติของระบบชายฝั่งทะเล จึงควรมีการประเมินการหาค่า DoC ตามช่วงเวลาเป็นระยะๆ โดยใช้ข้อมูลภาคสนามและแบบจำลองที่มีการปรับปรุงอยู่เสมอประกอบในการคำนวณ

คำสำคัญ: ความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล แบบจำลองการคำนวณคลื่นเบื้องต้น

¹นักศึกษาวิทยาลัยการทัพเรือ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ กองทัพเรือ

Naval War College Student, Naval Education Department, Royal Thai Navy

E-mail: wanchaic25@hotmail.com

Abstract

Many coastal engineering problems require a measure for “the depth of closure” defined as the minimum water depth at which no measurable change in bottom elevation occurs. This depth can be thought of as separating the active cross-shore sediment transport zone from a deeper zone of negligible sediment movement, and is an important parameter in the design of jetties, breakwaters, and ocean outfalls, as well as for sediment budget computations. In this article, a depth of closure (DoC) analysis for the Gulf of Thailand Coastlines is presented. The DoC is calculated by using wave statistics from WAM model hindcast stations along the Gulf of Thailand Coastlines and simple wave-based model. Results show that the coastline at the upper Gulf of Thailand (Hua Hin, Sattahip, Rayong) has a DoC value between 1.95 - 3.83 meters, in the lower Gulf of Thailand (Songkhla, Narathiwat) has a DoC value between 3.87 - 6.70 meters. The depth of closure is not a constant. It will vary depending on wave condition, sediment characteristics, and coastal morphology including the equation model of the DoC calculation used in the calculations. The determination of the DoC over time should be periodically evaluated by using field data and constantly updated wave-based model in order that the calculation of the DoC is accurate, similar to the natural characteristics of the coastal system.

Keywords: Depth of Closure, WAM Model, Simple Wave-based Model

1. บทนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลมีประชากรหนาแน่นที่สุดในโลก ซึ่งมีประชากรทั่วโลกประมาณร้อยละ 10 ที่อาศัยอยู่ในเขตชายฝั่งทะเล ผลที่ตามมาคือมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมหาศาลภายในเขตชายฝั่งทะเล ในขณะที่ชุมชนชายฝั่งเหล่านี้ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานถูกคุกคามด้วยภัยพิบัติจากธรรมชาติ เช่น พายุที่รุนแรง และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ซึ่งคาดว่าจะทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งรุนแรงขึ้น ดังนั้นการพัฒนาที่เหมาะสมและกลยุทธ์ในการจัดการและป้องกันพื้นที่ชายฝั่งจะมีความสำคัญยิ่งขึ้นในอนาคตมากกว่าในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การขาดความเข้าใจและวิธีการทำนายภัยพิบัติจากธรรมชาติในระยะยาวที่แม่นยำ การพัฒนากลยุทธ์เพื่อการปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่ง หรือการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ในการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง ให้สามารถป้องกันภัยพิบัติจากธรรมชาติได้มากที่สุดนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วมีการดำเนินการโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และหนึ่งในพารามิเตอร์หลักในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure) [1]

ในทางวิศวกรรมชายฝั่ง "ความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure: DoC)" หมายถึงระดับความลึกน้ำที่คลื่นสามารถพัดพาตะกอนไปตามพื้นที่ท้องทะเลโดยมีการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิ

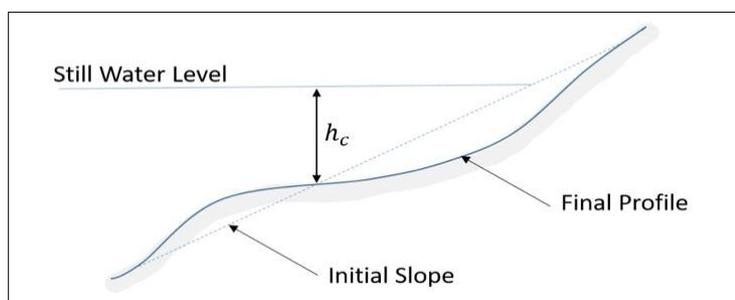
น้อยที่สุด ซึ่งเป็นความลึกที่มีอัตราการถ่ายเทตะกอนเท่ากับศูนย์ และถือว่าตะกอนอยู่ในสภาวะสมดุล กล่าวอีกนัยหนึ่ง คลื่นที่ซัดเข้าหาชายหาดหรือแนวชายฝั่งสามารถทำให้ตะกอนเคลื่อนที่ไปตามพื้นท้องทะเลได้ แต่จะมีความลึกในระดับหนึ่งเท่านั้น ณ ความลึกดังกล่าว ตะกอนโดยส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักเกินกว่าที่คลื่นจะพัดพาได้ และเหนือระดับความลึกนั้น แรงจากคลื่นจะไม่เพียงพอต่อการเคลื่อนที่ของตะกอน [2] ดังนั้น DoC จึงเป็นจุดวิกฤติในระบบชายฝั่งที่ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาเข้าหาฝั่งมีความสมดุลกับปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาออกไป DoC เป็นตัวแปรสำคัญสำหรับวิศวกรชายฝั่ง เนื่องจาก DoC จะช่วยในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสภาพคลื่น ที่อาจส่งผลกระทบต่อฐานวิทยาของชายฝั่งและการเคลื่อนตัวของตะกอน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการชายฝั่ง เช่น การขุดลอก และการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง โดยทั่วไปจะหาค่า DoC ได้จากข้อมูลการสำรวจโปรไฟล์ของแนวชายฝั่ง หรือใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับบทความนี้เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์หาค่า DoC บริเวณแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย 5 พื้นที่ คือ บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง บริเวณอ่าวดวงตาล อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณหาดขลาทัศน์ อำเภอมือง จังหวัดสงขลา และบริเวณหาดบ้านทอน อำเภอมือง จังหวัดนราธิวาส ดังรูปที่ 1 โดยใช้ข้อมูลสถิติคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) ในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2559 และข้อมูลขนาดตะกอนของพื้นที่ชายฝั่ง จากกองอุตุนิยมวิทยา และกองสมุทรศาสตร์ ศูนย์ข้อมูลข่าวกรองภูมิสารสนเทศทางอุทกศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ ตามลำดับ ประกอบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา [3]

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สามารถคำนวณหาค่า DoC ได้หลายวิธี เช่น การใช้สูตรเชิงประจักษ์หรือแบบจำลองเชิงตัวเลข โดยส่วนใหญ่แล้วการคำนวณมักจะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สภาพคลื่นและรูปแบบการเคลื่อนที่ของตะกอนในพื้นที่สมการที่ใช้คำนวณหาค่า DoC มีที่มาแตกต่างกัน เช่น การใช้ข้อมูลภาคสนามจากการสำรวจชายฝั่งทะเลและข้อมูลจากอ่างจำลองคลื่น [4],[5] กำหนดเป็นแนวทางในการคำนวณขอบเขตของระยะการเคลื่อนย้ายตะกอนออกนอกฝั่งทะเลจากอิทธิพลคลื่น ขอบเขต ณ จุดที่คำนวณได้เข้ามายังขอบฝั่งทะเล กำหนดให้เป็นพื้นที่ด้านในซึ่งคลื่นและกระแสน้ำที่เกิดจากคลื่นแตกตัวจะมีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องทะเล และขอบเขต ณ จุดที่คำนวณได้ออกไปนอกฝั่งทะเล กำหนดให้เป็นพื้นที่ด้านนอกซึ่งคลื่นและกระแสน้ำที่เกิดจากคลื่นแตกตัวมีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องทะเลอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยมีนิยามของ DoC ดังรูปที่ 2 และมีรูปแบบของสมการ ดังนี้ [4]



รูปที่ 2 นิยามของความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (h_c) [2], [4]

$$h_c = 2.28H_e - 68.5 \left[\frac{H_e^2}{gT_e^2} \right] \quad (1)$$

เมื่อ H_e คือ ความสูงคลื่นที่มีประสิทธิภาพ (Effective Wave Height) หรือสภาวะคลื่นที่เกิดขึ้นนานกว่า 12 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 1 ปี ซึ่งเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นเพียงร้อยละ 0.137 ของช่วงเวลา

T_e คือ คาบคลื่นที่สัมพันธ์กับ H_e

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

โดยสามารถหาค่า H_e ได้ตามสมการที่ (2) คือ

$$H_e = \overline{H}_S + 5.6\sigma_S \quad (2)$$

เมื่อ \overline{H}_S คือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยรายปี (Annual Mean Significant Wave Height)

σ_S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับ \overline{H}_S

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ (1) และ (2) แสดงเป็นรูปแบบสมการใหม่ได้ ดังนี้

$$h_c = 2\overline{H}_s + 11\sigma_s \quad (3)$$

และถ้าพิจารณาในเทอมของขนาดตะกอน (D) จะได้

$$h_c = (\overline{H}_s - 0.3\sigma_s)\overline{T}_s \left(\frac{g}{5000D}\right)^{0.5} \quad (4)$$

เมื่อ \overline{T}_s คือ คาบคลื่นเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย สำหรับเทอม $(\overline{H}_s - 0.3\sigma_s)$ ในสมการที่ (4) จะแทนค่ามัธยฐานรายปีของความสูงคลื่นนัยสำคัญ

และจากการประเมินความสัมพันธ์ของสมการที่ (1) – (3) โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดภาคสนาม ในการหาค่า DoC จากการประเมินดังกล่าว ได้เป็นสมการคือ [5], [6]

$$h_c = 1.75H_e - 57.9 \left[\frac{H_e^2}{gT_e^2}\right] \quad (5)$$

และสามารถทำให้เป็นสมการอย่างง่ายได้ดังนี้

$$h_c = 1.57H_e \quad (6)$$

Nicholls, Birkemeier และ Hallermeier (1996) ได้เสนอแนวคิดในการพิจารณากรอบเวลาที่มากกว่า 1 ปี ในการคำนวณหา DoC ตามสมการ (1) ดังนี้ [4], [7], [8]

$$h_c(t) = 2.28H(t)_e - 68.5 \left[\frac{H(t)_e^2}{gT(t)_e^2}\right] \quad (7)$$

เมื่อตัวแปรทุกตัวเป็นฟังก์ชันของเวลาที่มีการตรวจวัดเป็นรายปี

$H(t)_e$ คือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญที่เกิดขึ้นนานกว่า 12 ชั่วโมง ในช่วงเวลา t ปี

$T(t)_e$ คือคาบเวลาที่สัมพันธ์กัน

เนื่องจาก t เพิ่มขึ้นตลอดเวลาจึงส่งผลให้ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญและคาบเวลา รวมทั้งความถี่วิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

3. กรอบการวิเคราะห์

การคำนวณหาค่า DoC บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีแนวทางในการวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 เตรียมข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล 5 พื้นที่ คือ บริเวณหัวสนามบินอุตะเกา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง บริเวณอ่าวดวงตาล อำเภอสัตหีบ

จังหวัดชลบุรี บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และบริเวณหาดบ้านทอน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส [9]

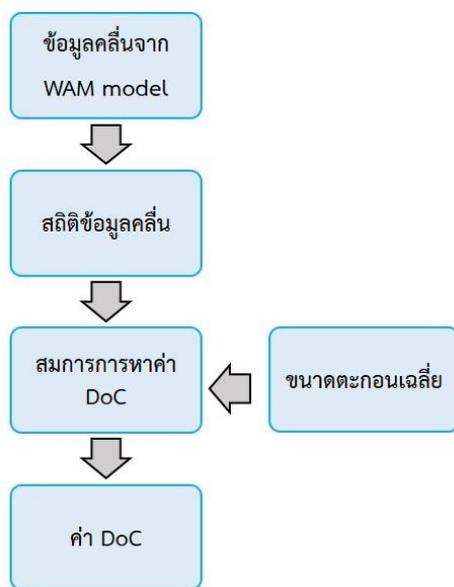
3.2 นำข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) มาวิเคราะห์เป็นค่าสถิติข้อมูลคลื่น (Wave Statistics) [10] เพื่อใช้สำหรับสมการในการคำนวณหาค่า DoC

3.3 เตรียมข้อมูลขนาดตะกอนของพื้นที่ชายฝั่งทะเล 5 พื้นที่ คือ บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง บริเวณอ่าวดวงตาล อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และบริเวณหาดบ้านทอน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส [11]

3.4 นำข้อมูลขนาดตะกอนและสถิติข้อมูลคลื่นแทนค่าในสมการการคำนวณหาค่า DoC

3.5 ได้ค่า DoC สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเล 5 พื้นที่ คือ บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง บริเวณอ่าวดวงตาล อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และบริเวณหาดบ้านทอน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

ซึ่งแสดงเป็นกรอบการวิเคราะห์สำหรับการคำนวณความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure) สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบการวิเคราะห์การคำนวณหาค่า DoC

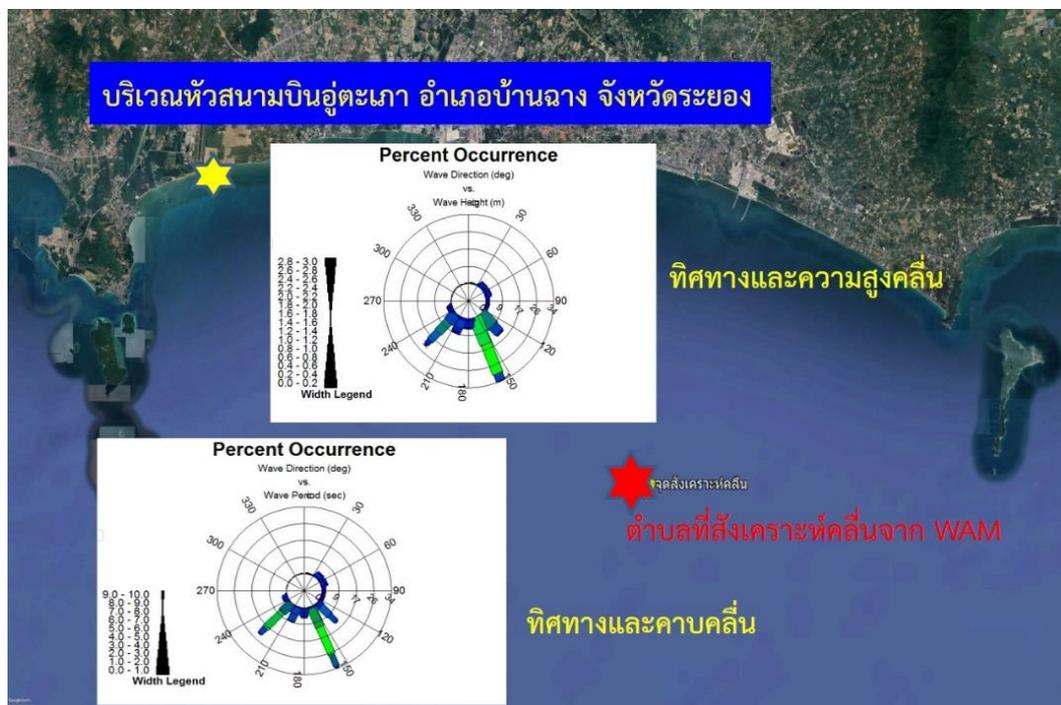
4. ผลการวิเคราะห์

สถิติข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) ของพื้นที่ชายฝั่งทะเลทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.6 เมตร คาบคลื่นนัยสำคัญอยู่ระหว่าง 3.6 – 5.0 วินาที

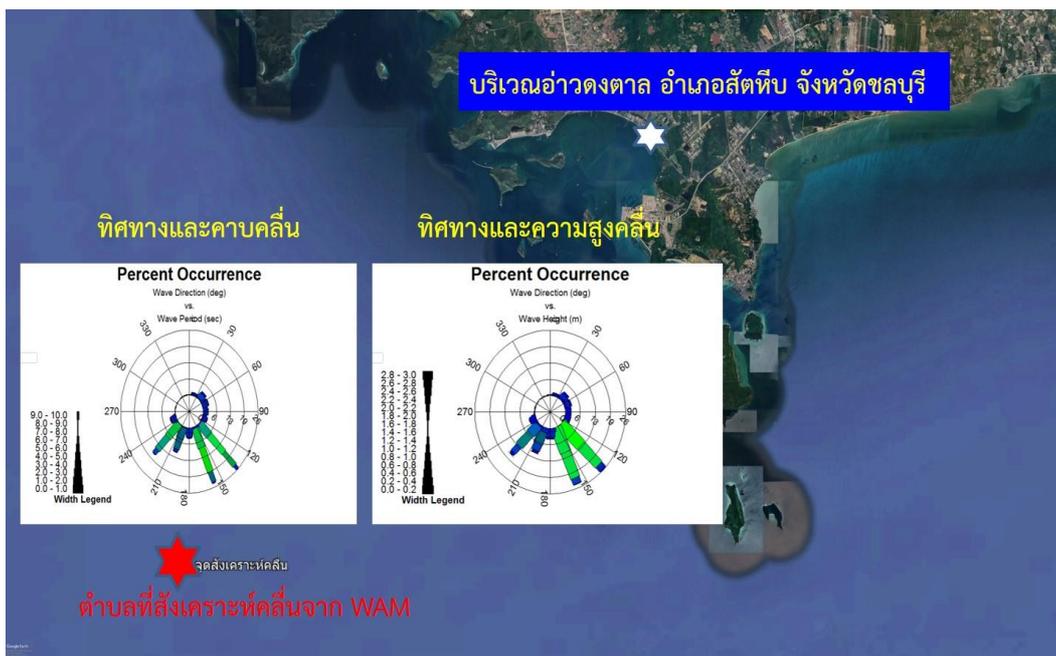
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.5 เมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคาบคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.7 – 1.3 วินาที โดยบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก คลื่นส่วนใหญ่จะเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันตก คลื่นส่วนใหญ่จะเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 4 – 8

ตารางที่ 1 ค่าสถิติข้อมูลคลื่น (Wave Statistics) บริเวณพื้นที่ศึกษา [9]

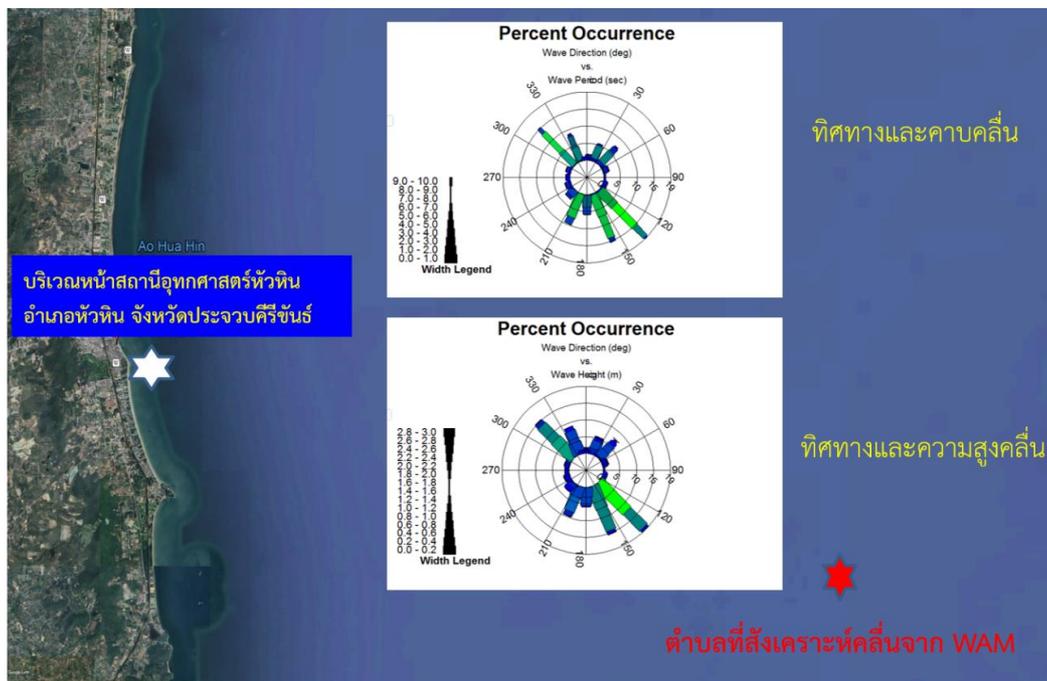
สถิติข้อมูลคลื่น	พื้นที่ชายฝั่ง				
	ระยอง	สัตหีบ	หัวหิน	สงขลา	นราธิวาส
Mean Significant Wave Height (เมตร)	0.4	0.3	0.3	0.5	0.6
Mean Significant Wave Period (วินาที)	3.6	3.6	3.7	4.7	5.0
Standard Deviation of HS (เมตร)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5
Standard Deviation of TP (วินาที)	0.7	0.8	0.7	1.2	1.3
Largest HS (เมตร)	2.7	2.8	2.7	3.5	3.9
Period band (วินาที) of Largest HS	7.0	6.8	7.0	8.3	8.9
Direction band (องศา) of Largest HS	202.5	202.5	22	67.5	67.5



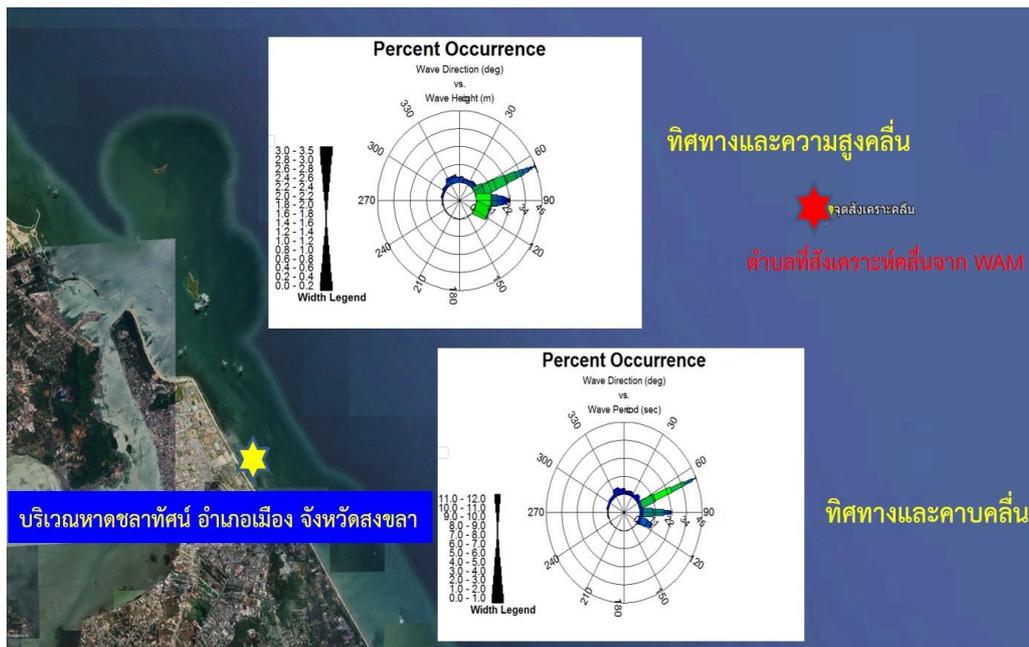
รูปที่ 4 ข้อมูลคลื่นและตำบลที่สังเกตคลื่นจาก WAM บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง



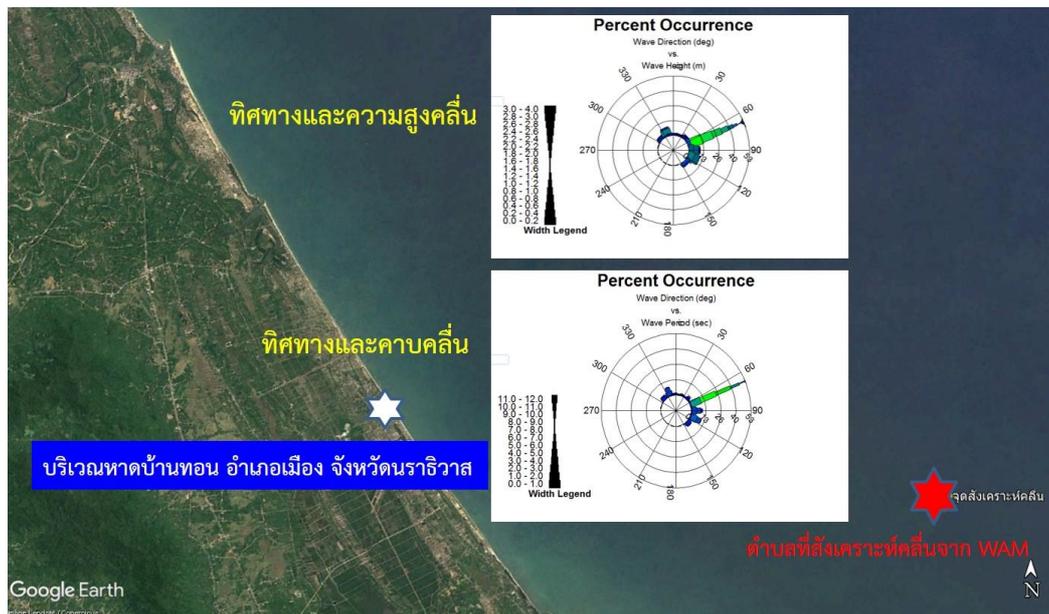
รูปที่ 5 ข้อมูลคลื่นและตำบลที่สังเกตคลื่นจาก WAM บริเวณอ่าวดวงตอล อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 6 ข้อมูลคลื่นและตำบลที่สังเกตคลื่นจาก WAM บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



รูปที่ 7 ข้อมูลคลื่นและตำบลที่สังเกตคลื่นจาก WAM บริเวณหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา



รูปที่ 8 ข้อมูลคลื่นและตำบลที่สังเกตคลื่นจาก WAM บริเวณหาดบ้านทอน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตะกอนที่ได้จากการเก็บข้อมูลตะกอนในช่วงเวลาการสำรวจแนวโปรไฟล์ชายฝั่งของพื้นที่ศึกษาพบว่าขนาดตะกอนของพื้นที่ชายฝั่งทะเลทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.10 – 0.36 มิลลิเมตร โดยบริเวณอ่าวดังตาลมีขนาดตะกอนเฉลี่ยต่ำสุด คือ 0.10 มิลลิเมตร และบริเวณหาดบ้านทอนมีขนาดตะกอนเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.36 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดตะกอนเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา [11]

พื้นที่ชายฝั่ง	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)
อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง (บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา)	0.27
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (บริเวณอ่าวดวงตาล)	0.10
อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน)	0.21
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (บริเวณหาดชลาทัศน์)	0.15
อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส (บริเวณหาดบ้านทอน)	0.36

จากการคำนวณค่า DoC ด้วยสมการทั้ง 5 สมการ สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้ค่า DoC ดังนี้ บริเวณหัวสนามบินอู่ตะเภา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง มีค่าอยู่ระหว่าง 2.05 – 3.30 เมตร บริเวณอ่าวดวงตาล อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีค่าอยู่ระหว่าง 1.95 – 3.83 เมตร บริเวณหน้าสถานีอุทกศาสตร์หัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.97 – 2.80 เมตร บริเวณหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีค่าอยู่ระหว่าง 3.87 – 6.46 เมตร และบริเวณหาดบ้านทอน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส มีค่าอยู่ระหว่าง 4.83 – 6.70 เมตร จะเห็นได้ว่าสมการ (1) (3) (5) และ (6) ค่า DoC จะแปรผันตรงกับค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย แต่สมการ (4) ค่า DoC จะแปรผันตรงกับค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย และแปรผกผันกับขนาดตะกอนเฉลี่ย กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ชายฝั่งใดๆ มีค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยเท่ากันแต่มีขนาดตะกอนเฉลี่ยที่น้อยกว่าก็จะมีค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (DoC) มากกว่า ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ (Depth of Closure) สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

พื้นที่ชายฝั่ง	ผลการคำนวณตามสมการการหาค่า Depth of Closure (เมตร)				
	(1)	(3)	(4)	(5)	(6)
ระยอง	2.74	3.0	3.30	2.05	2.39
สัตหีบ	2.60	2.8	3.83	1.95	2.23
หัวหิน	2.63	2.8	2.71	1.97	2.23
สงขลา	5.16	5.4	6.46	3.87	4.30
นราธิวาส	6.43	6.7	5.25	4.83	5.34

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการใช้สถิติข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเลและข้อมูลขนาดตะกอนเฉลี่ยของพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในการคำนวณหาค่า DoC โดยใช้สมการแบบจำลองการคำนวณเบื้องต้น (Simple

Wave-based Model) พบว่าชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน (หัวหิน สัตหีบ ระยอง) มีค่า DoC อยู่ระหว่าง 1.95 – 3.83 เมตร บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา นราธิวาส) มีค่า DoC อยู่ระหว่าง 3.87 – 6.70 เมตร

จากผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิไม่ใช่ค่าคงที่ จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของคลื่น ลักษณะของตะกอน และสัณฐานวิทยาของชายฝั่ง รวมทั้งรูปแบบสมการของแบบจำลองการคำนวณหาค่า DoC ที่ใช้ในการคำนวณ ดังนั้น เพื่อให้การคำนวณหาค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิมีความถูกต้องใกล้เคียงกับลักษณะตามธรรมชาติของระบบชายฝั่งทะเล จึงควรมีการประเมินการหาค่า DoC ตามช่วงเวลาเป็นระยะๆ โดยใช้ข้อมูลภาคสนามและแบบจำลองที่มีการปรับปรุงอยู่เสมอประกอบในการคำนวณ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาพื้นที่ศึกษาเพียง 5 พื้นที่ ซึ่งยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทั้งหมด เนื่องจากข้อจำกัดของการสังเคราะห์คลื่นจากแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเล (WAM Model) และการเก็บข้อมูลตะกอนในช่วงเวลาการสำรวจแนวโปรไฟล์ชายฝั่ง รวมทั้งค่าบดที่ในการสังเคราะห์คลื่นจาก WAM Model อยู่ห่างจากพื้นที่ชายฝั่งที่ศึกษาในระดับหนึ่ง ทำให้ไม่ได้ข้อมูลคลื่นที่เป็นตัวแทนของพื้นที่จริง หากมีข้อมูลคลื่นที่อยู่ในระยะใกล้ขอบฝั่งจะทำให้ได้ค่า DoC ที่ใกล้เคียงกับลักษณะตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นมากยิ่งขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของระยะทางจากแนวขอบฝั่งไปยังจุดความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิ จะทำให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นในการนำค่าความลึกวิกฤติของการถ่ายเทตะกอนสุทธิไปใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมชายฝั่ง

6.2 ค่า Doc ที่ได้จากแต่ละสมการจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ถ้าหากมีข้อมูลลักษณะแนวโปรไฟล์ของแต่ละพื้นที่จะสามารถเปรียบเทียบค่า DoC ที่ได้จากการคำนวณโดยการใช้สมการแบบจำลองการคำนวณกับการใช้ข้อมูลการสำรวจแนวโปรไฟล์ของหาด จะทำให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นในการนำสมการแบบจำลองการคำนวณหาค่า DoC ไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Udo K, Ranasinghe R, Takeda Y. An assessment of measured and computed depth of closure around Japan. Sci Rep [Internet]. 2020 Feb 19 [cited 2023 Apr 10];10(1): 2987. Available from: <https://www.nature.com/scientificreports>. doi: 10.1038/s41598-020-59718-5
- [2] Dean RG, Dalrymple RA. Coastal processes with engineering applications. [place unknown]: Cambridge University Press; 2001.
- [3] กองทัพเรือ, กรมอุทกศาสตร์. แผนที่เดินเรือ หมายเลข 045 บรรณานุกรม ครั้งที่ 7 ก.ย..2546. กรุงเทพฯ: กรมอุทกศาสตร์; 2526.

- [4] Birkemeier WA. Field data on seaward limit of profile change. *J Waterw Port Coast Ocean Eng.* 1985 May 1;111(3):598-602.
- [5] Hallermeier RJ. USES FOR A CALCULATED LIMIT DEPTH TO BEACH EROSION. *Int Conf Coastal Eng.* [Internet]. 1978 Jan. 29 [cited 2023 Apr 22];1(16):88. Available from: <https://icce-ojs-tamu.tdl.org/icce/article/view/3351>
- [6] Hallermeier RJ. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coastal Eng.* 1981;4:253-77.
- [7] Nicholls RJ, Larson M, Capobianco, Birkemeier WA. Application of depth of closure: Improving understanding and prediction. *Coastal Eng.* 1996:3874-87.
- [8] Nicholls RJ, Larson M, Capobianco M, Birkemeier WA. DEPTH OF CLOSURE: IMPROVING UNDERSTANDING AND PREDICTION. *Int. Conf. Coastal. Eng.* [Internet]. 1998 Jan. 29 [cited 2023 Jun. 22];1(26). Available from: <https://icce-ojs-tamu.tdl.org/ice/article /view/5810>
- [9] กรมอุทกศาสตร์, กองอุทกนิยามวิทยา, ศูนย์ข้อมูลข่าวกรองภูมิสารสนเทศทางอุทกศาสตร์. รายงานการวิเคราะห์คลื่นจากข้อมูลลม (WAM) บริเวณอ่าวไทย. กรุงเทพฯ: กรมอุทกศาสตร์, กองอุทกนิยามวิทยา; 2560.
- [10] วันชัย จันทร์ละเอียด. การประเมินการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง ตั้งแต่บ้านต้นหยกเปาว์ถึงบ้านบางตาเว จังหวัดปัตตานี โดยแบบจำลอง Genesis. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2548.
- [11] กรมอุทกศาสตร์, กองสมุทรศาสตร์, ศูนย์ข้อมูลข่าวกรองภูมิสารสนเทศทางอุทกศาสตร์. รายงานการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ระหว่างปี พ.ศ.2557 - 2565 กรุงเทพฯ: กรมอุทกศาสตร์, กองสมุทรศาสตร์; 2565.