

การกำบังคลื่นของพื้นที่ก่อสร้างท่าเทียบเรือโดยสารแห่งใหม่ บนเกาะกูด จังหวัดตราด

Wave attenuation at a new coastal pier on Koa Kood Island, Trad, Thailand

เชิดวงศ์ แสงสุภวานิช

Cherdvong Saengsupavanich

วิทยาลัยพาณิชยนาวินานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิททุ่งสุลา ศรีราชา ชลบุรี 20230

โทร 038-352609 โทรสาร 038-352607

E-mail: cherdvong.saengsupavanich@hotmail.com

Cherdvong.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ท่าเทียบเรือเป็นสิ่งก่อสร้างชายฝั่งที่จำเป็นในการขนส่งสินค้าและผู้โดยสาร และมีความสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะต่อเกาะที่ตั้งอยู่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ เกาะกูด เป็นเกาะที่ใหญ่เป็นอันดับที่ 4 ของประเทศไทย อยู่ในเขตจังหวัดตราด และประสบปัญหาไม่มีท่าเทียบเรือที่สามารถใช้งานได้ตลอดฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ การศึกษาด้านคลื่นลมของวิศวกรรมชายฝั่งได้เข้ามามีบทบาทในการคัดเลือกที่ตั้งพื้นที่ท่าเทียบเรือที่เหมาะสมบนเกาะกูด การศึกษาได้เริ่มจากการสำรวจหยังความลึกทะเล การวิเคราะห์ฝั่งลม และการคำนวณคลื่น (Hindcast) โดยวิธี JONSWAP จากนั้นจึงวิเคราะห์คลื่นที่คาบการกลับ (Return period) ต่างๆ โดยใช้การกระจายตัวแบบ Weibull distribution และประยุกต์ใช้โปรแกรม MIKE 21 PMS เพื่อพิจารณาความสามารถในการกำบังคลื่นลมของแต่ละพื้นที่ทางเลือก วิเคราะห์ร้อยละของเวลาที่ท่าเทียบเรือไม่สามารถเปิดให้บริการได้เนื่องจากคลื่นสูง และวิเคราะห์การกำบังคลื่นในกรณีรุนแรงที่เกิดคลื่นใหญ่รอบ Return period 50 ปี

Abstract

A coastal pier is necessary for transportation of commodities and people. The pier is a vital infrastructure, especially for an isolated island, located far from the main land. Koa Kood Island is the fourth largest island of Thailand. Ships visiting the island faced a difficulty during the southwest monsoon

because no pier was operational. This study commenced with data collection, including a bathymetric surveying and wind statistics, followed by wave hindcasting using JONSWAP method. Extreme value analysis by Weibull distribution was carried out to specify wave heights of different return periods. MIKE21 PMS was applied to evaluate wave attenuation of candidate sites, and to determine percentage of pier's downtime.

1. บทนำ

1.1 วิศวกรรมชายฝั่งกับการคัดเลือกที่ตั้งท่าเทียบเรือ

วิศวกรรมชายฝั่งคือศาสตร์ด้านวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวข้องกับคลื่น กระแสน้ำ การเคลื่อนที่ของตะกอน หรือแม้แต่การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านชายฝั่งที่เกิดจากโครงสร้างบริเวณชายฝั่ง ไม่ว่าจะเป็นท่าเรือ (Ports) ท่าเทียบเรือ (Piers) เขื่อนกันคลื่น (Breakwaters) เขื่อนกันทราย (Jetties) กำแพงกันคลื่น (Seawalls) และการถมทะเล (Reclamation) [1-3] พื้นฐานของวิศวกรรมชายฝั่งคือคลื่น เนื่องจากคลื่นเป็นแหล่งพลังงานที่พัดเข้าสู่ฝั่ง [4] คลื่นคือปัจจัยหลักที่ทำให้โครงสร้างตามชายฝั่งเสียหาย เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง [5] หรือแม้แต่ทำให้เรือไม่สามารถเข้าเทียบท่าได้

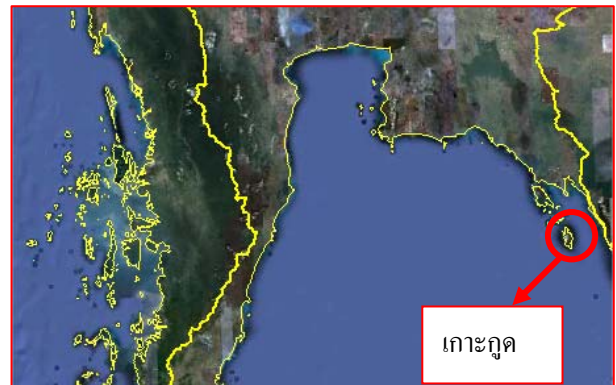
วิศวกรรมชายฝั่งมีบทบาทในการเลือกที่ตั้งของท่าเทียบเรือเป็นอย่างยิ่ง ในอดีตท่าเทียบเรื่อนั้นจะก่อสร้างในบริเวณที่อับคลื่นตามธรรมชาติเช่นในปากแม่น้ำหรือด้านหลังของสันทราย (Spit) แต่ในปัจจุบัน พื้นที่กำบังคลื่นตาม

ธรรมชาติได้มีการสร้างท่าเทียบเรือไว้หมดแล้วหรือเป็นพื้นที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม พื้นที่ที่จะสร้างท่าเทียบเรือแห่งใหม่คือพื้นที่ที่เป็นหาดเปิดสู่คลื่น [6] โดยอาจจะมีการหรือไม่มีการสร้างเขื่อนกันคลื่นก็ได้ขึ้นกับความสูงคลื่นที่เข้าหาฝั่ง ดังนั้นในการคัดเลือกพื้นที่ที่จะตั้งท่าเทียบเรือจะต้องคำนึงถึงการกำบังคลื่น เพราะถ้าคลื่นสูงสามารถเข้าสู่ท่าเทียบเรือโดยไม่แตกตัว (Wave breaking) เรือที่เทียบท่าอยู่อาจจะแตกท่าจนเรือและตัวท่าเสียหาย ท่าเทียบเรือที่มีคลื่นสูงตลอดปีจะมีช่วงเวลาที่เปิดให้บริการได้น้อย ทำให้ไม่สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้และไม่คุ้มค่ากับค่าลงทุนก่อสร้างที่สูง

1.2 เกาะกูด

เกาะกูดเป็นเกาะที่ใหญ่ที่สุดเป็นอันดับ 4 ของประเทศไทย ตั้งอยู่ในจังหวัดตราด มีพื้นที่ประมาณ 105 ตารางกิโลเมตร หรือ 65,625 ไร่ ความยาวของเกาะกูดประมาณ 25 กิโลเมตร กว้างประมาณ 12 กิโลเมตร (รูปที่ 1) ปัจจุบันเกาะกูดมีท่าเทียบเรือที่สามารถให้บริการได้อยู่บริเวณ ด้าน ทิศตะวันตก ของเกาะ (รูปที่ 2) ได้แก่ ท่าเรือแหลมหินดำ ท่าเรือคลองมด และท่าเรือบางบัว แต่ท่าเรือเหล่านี้จะไม่สามารถเปิดให้บริการได้ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ประมาณเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายนของทุกปี) เนื่องจากท่าเรือเหล่านี้จะเปิดรับ คลื่นเต็มที่ในช่วงเวลานั้น (รูปที่ 3) จุดประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ก็คือการวิเคราะห์การกำบังคลื่นและเสนอพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมในการตั้งท่าเทียบเรือแห่งใหม่บนเกาะกูดที่สามารถให้บริการได้ในช่วงเวลาที่ทำเทียบเรืออื่นๆปิดลงตามฤดูกาล

พื้นที่บนเกาะกูดที่สามารถกำบังคลื่น ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คือบริเวณ อีกด้านของเกาะ ซึ่งมีอ่าวอยู่ 2 อ่าว ได้แก่ อ่าวสลัดและอ่าวยายเกิด (รูปที่ 2) ผลลัพธ์จากการศึกษานี้จะเสนอพื้นที่ที่เหมาะสมกับการตั้งท่าเทียบเรือแห่งใหม่ โดยจะพิจารณาพื้นที่ทางเลือกทั้งหมด 4 แห่ง โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ในอ่าวสลัดและอีก 2 พื้นที่ในอ่าวยายเกิด (รูปที่ 4) โดยจะตัดสินจากเกณฑ์ด้านการกำบังคลื่นลม เท่านั้น



รูปที่ 1 เกาะกูด จังหวัดตราด

2. วิธีการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการศึกษาวิศวกรรมชายฝั่งด้านการเคลื่อนที่ของคลื่นได้แก่ ข้อมูลลม ข้อมูลคลื่นและข้อมูลความลึก แผนที่ห้วงความลึกบริเวณอ่าวสลัดและอ่าวยายเกิด เทียบระดับกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) ได้ถูกใช้เป็นแผนที่หลักในการศึกษาและจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์การเคลื่อนที่ของคลื่น MIKE21 PMS (รูปที่ 4)

ข้อมูลลมรายปีที่รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีคลองใหญ่ (รูปที่ 3) ได้ถูกวิเคราะห์โดยวิธี JONSWAP Method เพื่อคำนวณหาค่าความสูงคลื่นและคาบของคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณอ่าวสลัดและอ่าวยายเกิด จากนั้นจึงนำความสูงคลื่นที่คำนวณได้จากสถิติลม 20 ปี มาทำการวิเคราะห์หาค่าความสูงคลื่นในรอบการกลับ (Return period) ต่างๆโดยสมมติให้การกระจายตัวของคลื่นระยะยาวเป็นแบบ Weibull distribution [4] และใช้เทคนิค Initial distribution approach ในการวิเคราะห์ [7]

แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE21 PMS ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของคลื่นจากน้ำลึกเข้าสู่หาด (Shoaling) และการแตกตัวของคลื่น (Breaking) โดยแบ่งการวิเคราะห์การ



รูปที่ 2 ท่าเรือด้านตะวันตกของเกาะภูเก็ต อ่าวสลัดและอ่าวขายเกิด

กำลังคลื่นของพื้นที่ทางเลือกทั้ง 4 ทางเลือก เป็นสองกรณี คือ กรณีการก่อกำบังคลื่นรายปี เพื่อจะศึกษาว่าในแต่ละปี ท่าเทียบเรือในแต่ละทางเลือกจะสามารถเปิดให้บริการได้มากแค่ไหน และกรณีที่สองคือการวิเคราะห์ความสูงคลื่นในกรณีที่เกิดคลื่นสูง Return period 50 ปี เพื่อประเมินความสามารถในการก่อกำบังคลื่นของพื้นที่

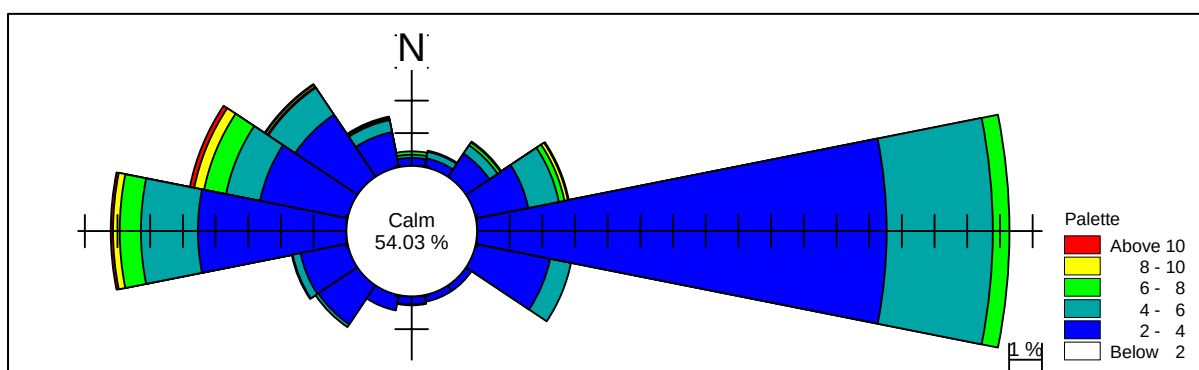
3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการศึกษาคลื่นกำเนิดจากลม

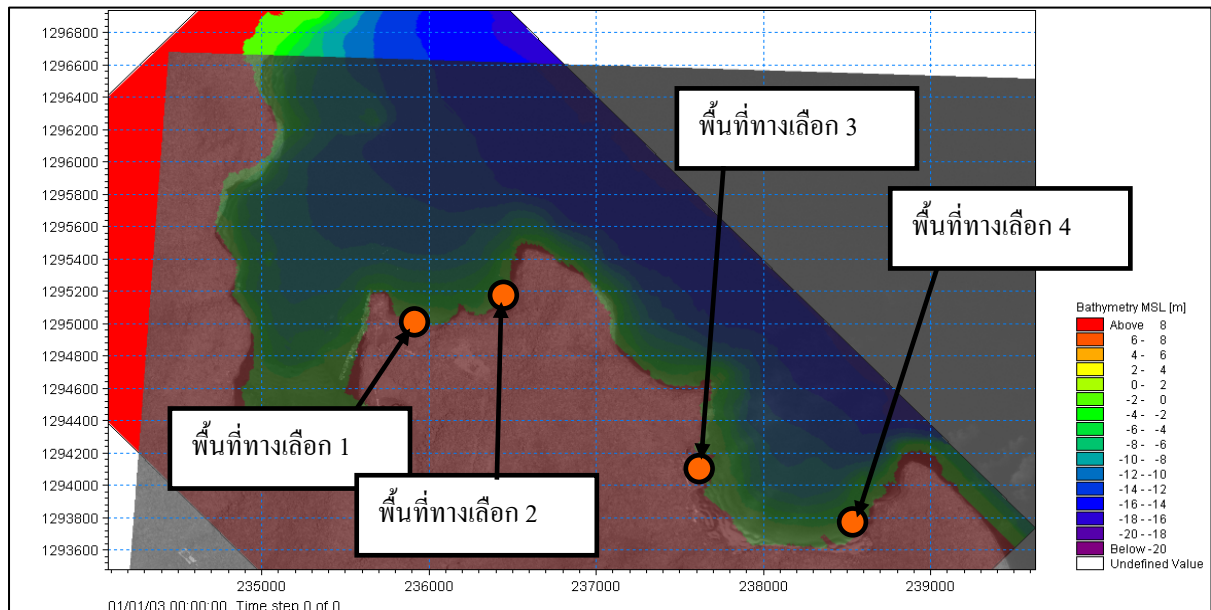
คลื่นที่เข้าหาอ่าวสลัดและอ่าวขายเกิดนั้น จะเกิดจากลมเท่านั้น (Wind wave) คลื่นชนิด Swell ไม่มีอิทธิพลต่อหาดบริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะภูเก็ต (รูปที่ 5) เมื่อสามารถระบุประเภทของคลื่นที่เข้าสู่อ่าวสลัดและอ่าวขายเกิดได้ จึงเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ห้คลื่นของ JONSWAP เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถประมาณค่าความสูงคลื่นจากลมได้ดี แต่จะไม่ถูกต้องสำหรับชายหาดที่เปิดรับ Swell

หลังจากปรับแก้ความเร็วลมที่ได้รวบรวมมาแล้ว โดยคำนึงถึง ความสูงของกังหันวัดลม อัตราส่วนความเร็วลมบนพื้นดินและลมเหนือผิวน้ำ อุณหภูมิของน้ำทะเลและอากาศเหนือผิวน้ำ จนได้ค่า Wind stress (U_A) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความสูงคลื่นโดยวิธี JONSWAP จนได้ห้คลื่นรายปีที่เคลื่อนที่เข้าสู่อ่าวสลัดและอ่าวขายเกิด เนื่องจากระยะ Fetch ของอ่าวสลัดนั้นสั้น (ประมาณ 28-43 กิโลเมตร ขึ้นกับทิศทางที่ลมพัด) ประกอบกับความเร็วลมที่พัดนั้นไม่รุนแรง ทำให้คลื่นที่เกิดขึ้นและเคลื่อนที่เข้าหาอ่าวสลัดและอ่าวขายเกิดนั้นมีค่าต่ำ (รูปที่ 6)

ในปีหนึ่งๆ บริเวณอ่าวสลัดและอ่าวขายเกิดจะสงบเป็นระยะเวลา 77.19% คลื่นที่เข้าหาอ่าวสลัดจากทางทิศเหนือมีความสูงไม่มาก (มีค่าไม่เกิน 0.8 เมตร) เนื่องจากความเร็วลมที่พัดมาจากด้านทิศเหนือมีกำลังต่ำ ส่วนคลื่นที่เคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือ (NE, NNE) จะมีความสูงมากกว่าเนื่องจากความเร็วลมที่พัดแรง

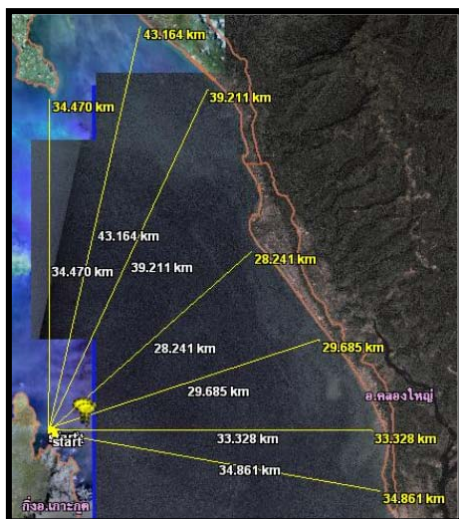


รูปที่ 3 ผังลมรายปี จากสถานีคลองใหญ่ จังหวัดตราด



รูปที่ 4 ความลึกบริเวณอ่าวสัดและอ่าวยายเกิด

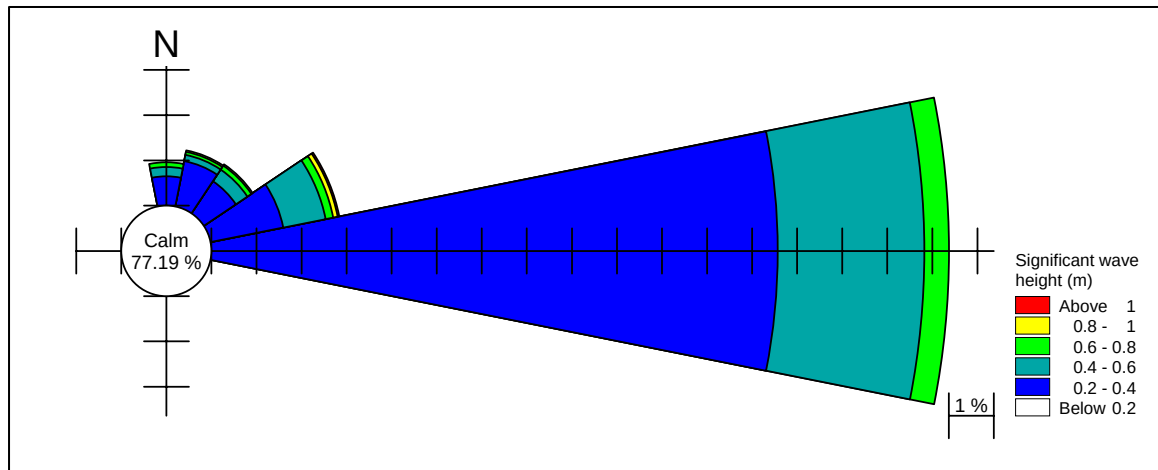
กว่า และคลื่นที่เคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออก-ตะวันออกเฉียงเหนือ (ENE) จะมีความสูงมากที่สุด (จากการวิเคราะห์ความสูงคลื่น Significant wave height จะไม่เกิน 1.2 เมตร) เนื่องจากความเร็วลมที่พัดจะมีเร็วมากโดยเฉพาะในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมของทุกปี (รูปที่ 6)



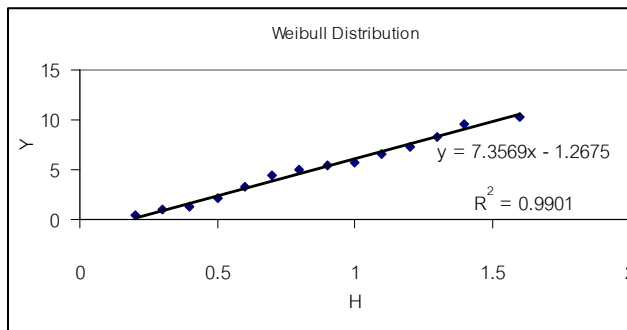
รูปที่ 5 ระยะ Fetch ของลมแต่ละทิศทาง

3.2 การวิเคราะห์สภาพคลื่นใน Return period ต่างๆ

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาบริเวณเกาะกูด ด้านอ่าวสัดและอ่าวยายเกิด ไม่มีการติดตั้งทุ่นสมุทรศาสตร์ไว้จึงไม่สามารถใช้วิธี Peak-Over-Threshold ในการวิเคราะห์ Extreme event ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิคที่เรียกว่า Initial Distribution Approach [7] เมื่อทำการวิเคราะห์ Wave Hindcasting จากข้อมูลลมเป็นเวลา 20 ปี ทำให้สามารถทราบถึงลักษณะความถี่ในการเกิดคลื่น และในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้การกระจายตัวแบบ Weibull Distribution เนื่องจากการกระจายตัวแบบ Weibull นั้น มีตัวแปรในการกำหนดลักษณะการกระจายตัวถึง 3 ชนิดคือ α β γ ซึ่งค่า α ที่แตกต่างกันจะทำให้เส้นกราฟมีความโค้งต่างกัน [4] ดังนั้นในการวิเคราะห์การกระจายตัวแบบ Weibull Distribution จึงเป็นการกระจายตัวที่ซับซ้อนที่สุด และต้องมีการวิเคราะห์เสียหลาย (Trial and Error) เพื่อให้เส้นกราฟเป็นเส้นตรงมากที่สุด และนี่ก็คือจุดแข็งของการกระจายตัวแบบ Weibull Distribution ผลการวิเคราะห์ความสูงคลื่นแสดงไว้ในรูปที่ 7 และตารางที่ 1



รูปที่ 6 พังคลื่นรายปีบริเวณอ่าวสลดและอ่าวยายเกิด เกาะภูเก็ต



รูปที่ 7 ผลการ Trial and Error ที่ทำให้การคำนวณมีค่า R^2 มากที่สุดโดย ($\alpha = 0.95$)

3.3 การกำบังคลื่นลมของพื้นที่ทางเลือกและร้อยละของเวลาที่เทียบเรือไม่สามารถเปิดให้บริการ
เรือที่คาดว่าจะเข้าเทียบท่าบริเวณอ่าวสลดจะมีขนาดไม่ใหญ่ ระยะกินน้ำลึกไม่เกิน 2.0 เมตร ดังนั้นความลึกหน้าท่าที่ปลอดภัยจึงไม่ควรมีความน้อยกว่า -3.50 เมตร รทก. การวิเคราะห์การกำบังคลื่นของแต่ละพื้นที่ทางเลือกโดย MIKE21 PMS จะใช้ความลึกที่ -3.50 เมตร รทก. เป็นตำแหน่งในการคำนวณคลื่น โดยตั้งเกณฑ์ว่า ถ้าหากคลื่นสูงเกิน 0.20 เมตร เรือขนาดเล็กอาจโคลง และอาจจะมีความเสี่ยงที่จะเสียหายจากการกระแทกตัวท่า และการขนส่งผู้โดยสารจะไม่สะดวกสบาย ผลการวิเคราะห์

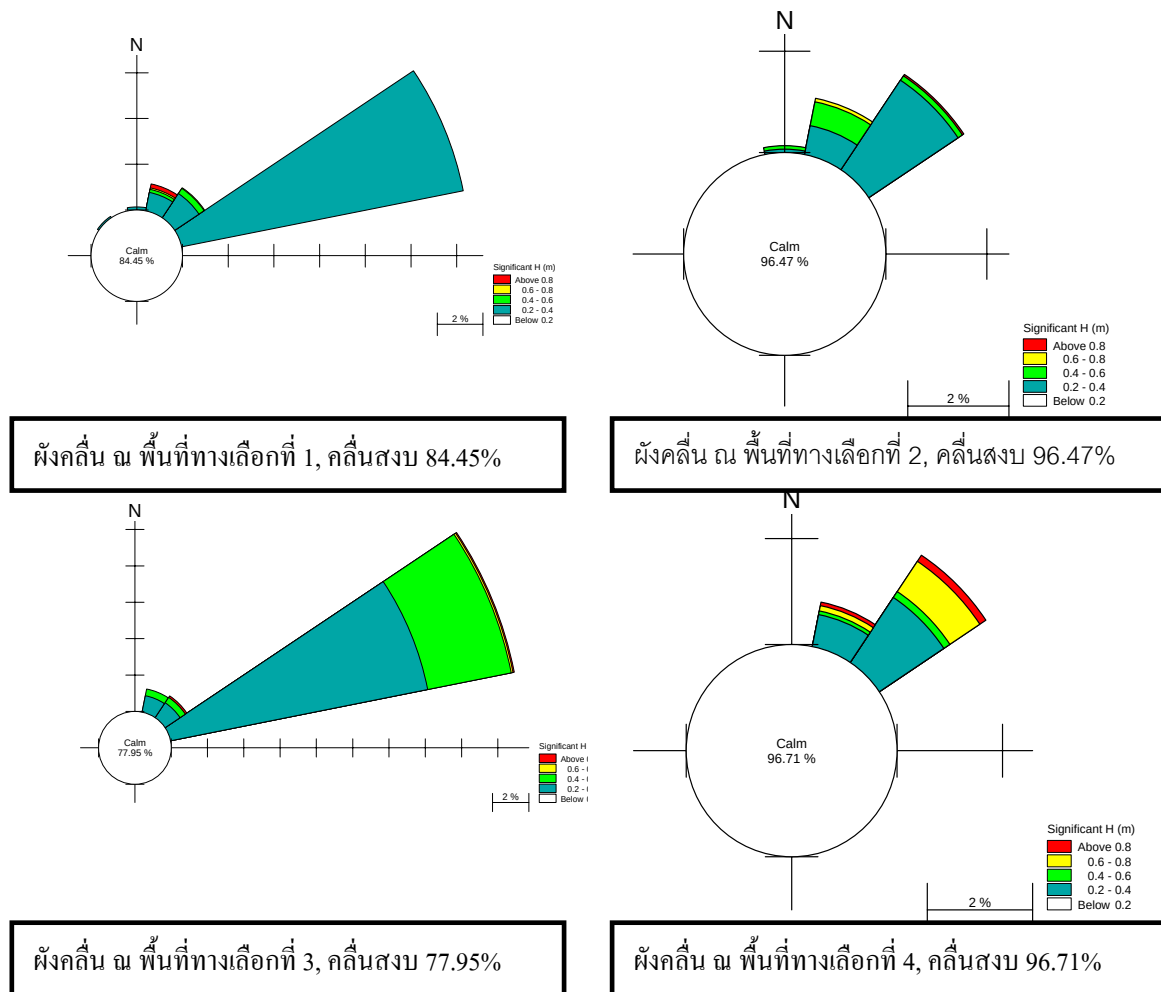
ตารางที่ 1 ผลการคำนวณความสูงคลื่นบริเวณอ่าวสลดและอ่าวยายเกิด ณ Return period ต่างๆ

Return Period	Significant wave height (m)
1 ปี	1.38
5 ปี	1.64
10 ปี	1.75
25 ปี	1.90
50 ปี	2.01
100 ปี	2.13

สรุปได้ว่า พื้นที่ทางเลือกที่ 4 มีร้อยละของเวลาที่คลื่นสงบมากที่สุดถึง 96.71% (รูปที่ 8)

3.4 การกำบังคลื่นของพื้นที่ทางเลือกในกรณีเกิดคลื่น Return period 50 ปี

การวิเคราะห์ความสูงคลื่นในกรณีที่เกิดคลื่น Return period 50 ปี โดยกำหนดให้คลื่นมีขนาด 2.01 เมตร คาบคลื่นเท่ากับ 5.58 วินาที เคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ENE) ซึ่งเป็นทิศทางที่มีโอกาสเกิดคลื่นสูง และระดับน้ำขึ้น



รูปที่ 8 ผลการคำนวณคลื่นรายปี ที่เข้าสู่พื้นที่ทางเลือกทั้ง 4 แห่ง

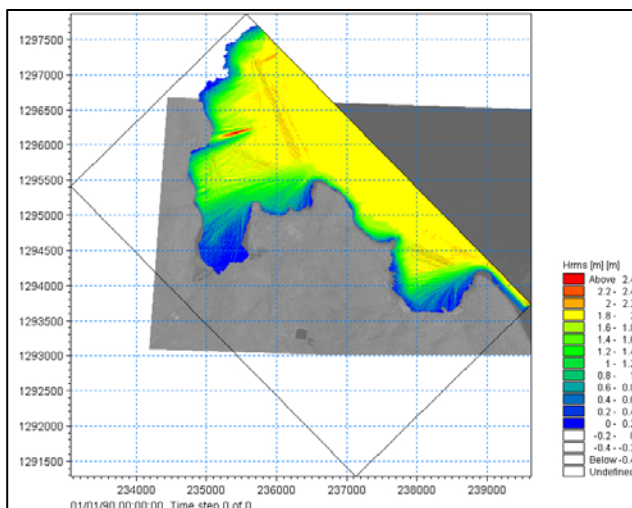
เกิดคลื่นเท่ากับ +0.52 เมตร รทก. (เนื่องจากได้สมมติให้รวมค่า Wind setup ด้วยและสมมติให้เวลาที่เกิดคลื่นสูงคือช่วงเวลาน้ำขึ้น) ผลการวิเคราะห์โดย MIKE21 PMS ยังคงแสดงว่าพื้นที่ทางเลือกที่ 4 มีความสามารถกักน้ำคลื่นได้ดีที่สุด (รูปที่ 9 และตารางที่ 2) ผลการประเมินด้านวิศวกรรมชายฝั่งโดยใช้เกณฑ์ด้านการกักน้ำคลื่นจึงสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ทางเลือกที่ 4 มีความสามารถในการกักน้ำคลื่นดีที่สุด ในขณะที่พื้นที่ทางเลือกที่ 3 กักน้ำคลื่นได้แย่ที่สุด

4. อภิปรายผลการศึกษา

การเลือกพื้นที่ตั้งท่าเทียบเรือจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ความสูงคลื่นที่เคลื่อนที่เข้ามา หากพื้นที่เปิดรับคลื่นมาก ในปีหนึ่งๆท่าเทียบเรือก็จะไม่สามารถเปิดให้บริการได้นานเท่าที่ควร เรือที่เทียบท่าจะประสบปัญหาเสียหายเนื่องจากเรืออาจจะแตกกับท่าเทียบเรือ การขนส่งสินค้าและผู้โดยสารจะไม่ได้รับความสบายร้อยละของเวลาที่ท่าเทียบเรือสามารถเปิดให้บริการจะมีความสัมพันธ์กับศักยภาพของท่าเทียบเรือ ท่าเทียบเรือที่เปิดให้บริการได้ตลอดทั้งปีย่อมมีศักยภาพที่จะรองรับจำนวนผู้โดยสารและนักท่องเที่ยวได้มากขึ้น การลงทุนก่อสร้างท่าเทียบเรือและอาคารหลังท่าที่มีมูลค่ากว่า 100 ล้านบาท ก็จะคุ้มทุนได้ในเวลาไม่นาน

ตารางที่ 2 สรุปความสูงคลื่น ณ พื้นที่ทางเลือกต่างๆ ใน
กรณีเกิดคลื่น Return period 50 ปี

	ความสูงคลื่น กรณีเกิดคลื่น Return period 50 ปี
พื้นที่ทางเลือกที่ 1	1.04 เมตร
พื้นที่ทางเลือกที่ 2	0.70 เมตร
พื้นที่ทางเลือกที่ 3	1.37 เมตร
พื้นที่ทางเลือกที่ 4	0.31 เมตร



รูปที่ 9 ความสูงคลื่นบริเวณอ่าวสตัดและอ่าวยายเกิด เมื่อ
คลื่นมาจากทิศ ENE

การวิเคราะห์คลื่นที่เข้าสู่ท่าเทียบเรือในกรณีเหตุการณ์คลื่นรุนแรง (Extreme event) นั้นนอกจากจะใช้ประเมินความเสี่ยงที่เรือจะเสียหายแล้ว ยังใช้ในการตัดสินใจว่าควรหรือไม่ควรที่ต้องก่อสร้างเขื่อนกันคลื่น (Breakwater) ถึงแม้การก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นจะสามารถลดความสูงคลื่นได้ แต่ก็มีผลกระทบด้านการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณใกล้เคียงและส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของกระแสน้ำ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จะต้องถูกพิจารณาในการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)

การศึกษาด้านวิศวกรรมชายฝั่งโดยใช้เกณฑ์ด้านการกำบังคลื่นมาคัดเลือกที่ตั้งของท่าเทียบเรือนั้นยังไม่

เพียงพอในการตัดสินใจ เกณฑ์ด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเกณฑ์ด้านวิศวกรรมสาขาอื่น เช่น ความแข็งแรงของชั้นดิน ความลึกและความชันของหาด ขนาดของพื้นที่หลังท่า ระบบสาธารณูปโภคเดิม หรือเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมเช่น ทรัพยากรชายฝั่งที่สำคัญในบริเวณนั้น ปะการัง ป่าชายเลน เขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำ หรือแม้แต่เกณฑ์ด้านสังคมเช่น ความคิดเห็นและการยอมรับของชาวบ้าน อาชีพของชุมชน และกรรมสิทธิ์ที่ดิน ก็มีความสำคัญในการคัดเลือกพื้นที่ตั้งท่าเทียบเรือด้วย ผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจเลือกที่ตั้งท่าเทียบเรือแห่งใหม่ จึงจำเป็นต้องผนวกเกณฑ์ด้านวิศวกรรมชายฝั่งเข้ากับเกณฑ์ด้านอื่นๆ และให้คะแนนพิจารณาข้อดีข้อเสียของแต่ละเกณฑ์อย่างรอบคอบ

5. สรุปการศึกษา

บทความนี้ได้นำเสนอการวิจัยเพื่อคัดเลือกที่ตั้งของท่าเทียบเรือโดยสารแห่งใหม่บนเกาะกูด จังหวัดตราด ที่สามารถเปิดให้บริการได้ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ วิศวกรรมชายฝั่งซึ่งเป็นสาขาเฉพาะด้านในวิศวกรรมโยธามีบทบาทในการวิเคราะห์คลื่น การเคลื่อนที่ของคลื่น และการกำบังคลื่น การศึกษาได้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลลมสำรวจความลึกพื้นทะเล จากนั้นจึงทำการแปลงคลื่นจากลม วิเคราะห์สถิติคลื่น และประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าสู่ฝั่ง

ตำแหน่งที่ตั้งท่าเทียบเรือที่ดีควรกำบังคลื่นลมได้ดี ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ทางเลือกที่ 4 ในอ่าวยายเกิดสามารถกำบังคลื่นได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] US Army Corps of Engineers, "Coastal Engineering Manual", 2006.
- [2] R. Silvester and J.R.C. Hsu, "Coastal stabilization", Advanced series on ocean engineering, volume 14, World Scientific, Singapore, 1997.
- [3] C. Saengsupavanich, U. Seenprachawong, W.G. Gallardo and G.P. Shivakoti, "Port-induced erosion

prediction and valuation of a local recreational beach”,
Ecological Economics, Vol.67, 2008, pp. 93-103.

[4] J.W. Kamphuis, “Introduction to coastal engineering
and management”, Advanced series on ocean engineering,
volume 16, World Scientific, Singapore, 2000.

[5] C. Saengsupavanich, S. Chonwattana and T.
Naimsampao, “Coastal erosion through integrated
management: A case of Southern Thailand”, Ocean &
Coastal Management, Vol.52, 2009, 307-316.

[6] G.P. Tsinker, “Port engineering: Planning, construction,
maintenance, and security”, John Wiley & Sons, USA.,
2004.

[7] L.H. Holthuijsen, “Waves in oceanic and coastal
waters”, University Press, Cambridge, New York, 2007.