

รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัลยา วานิชย์บัญชา, การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร :
ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น
บ้านเพ จังหวัดระยอง. จัดทำโดย บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด และ บริษัท อีที
แอนด์ ไอ จำกัด, 2532.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และ
สิ่งแวดล้อม เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ร่องน้ำหลังสวน จังหวัดชุมพร. จัดทำโดย
บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด, 2534.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และ
สิ่งแวดล้อม เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช. จัดทำโดย
บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด, 2535.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และ
สิ่งแวดล้อม เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ร่องน้ำสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช.
จัดทำโดย บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด, 2535.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และ
สิ่งแวดล้อม เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ร่องน้ำตากใบ จังหวัดนราธิวาส. จัดทำโดย
บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง จำกัด, 2537.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และ
สิ่งแวดล้อม เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ร่องน้ำพระพุทธ อำเภอกะทู้ จังหวัดสงขลา.
จัดทำโดย บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด, 2537.
- เจ้าท่า, กรม. รายงานศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม และการ
ออกแบบเบื้องต้น เพื่อแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. จัดทำโดย บริษัท
เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด และ บริษัท บางกอก เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์เทคโนโลยี จำกัด,
2539

- เจ้าท่า , กรม. รายงานฉบับสมบูรณ์และออกแบบเบื้องต้น โครงการศึกษาความเหมาะสมและสำรวจออกแบบ เพื่อก่อสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ร่องน้ำปะนาเระ และร่องน้ำอ่าวบางมะหวด จังหวัดปัตตานี. จัดทำโดย บริษัท เซาท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด , บริษัท บางกอก เอ็นจิเนียริง แอนด์เทคโนโลยี จำกัด และ บริษัท แอสเพ็ค คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2541
- ชลประทาน , กรม. โครงการศึกษาป้องกันชายฝั่งไทยในโครงการปรับปรุงปากแม่น้ำโลก. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายชลศาสตร์ กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน , 2537.
- ชัยวัฒน์ ผลพิรุฬห์. องค์ประกอบในการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529.
- พงษ์ศักดิ์ เสริมสาธณสวัสดิ์. วิศวกรรมชายฝั่งทะเล 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์พิสิทส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์ , 2529.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. วิศวกรรมสาร"ฉบับวิจัยและพัฒนา" ปีที่7 ฉบับที่2 , 2539. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.
- อาทิตย์ เกศมาริช. เกณฑ์การออกแบบเขื่อนกันคลื่นแยกในงานป้องกันชายฝั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.
- เอกวิทย์ เต้. ลักษณะคลื่นกระแสน้ำและตะกอนบริเวณชายฝั่งในอ่าวไทยตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529.

ภาษาอังกฤษ

- Abeywardana, T.G.S. Depth averaged calculation of scour and deposition around a grovne. Master's Thesis , Asian Institute of Technology , 1986.
- Balsillie J.H. and Berg, D.W. State of groin design and effectiveness. Coastal Engineering Conference (July.1972) : 1367-1383.
- Chadwick A.,and Morfett J. Hydraulics in civil and environmental engineering (2nd ed.). London : E & FN Spon , 1994.
- Everts, C.H. and Asce, M. Beach behavior in the vicinity of groins-two New Jersey field example. Coastal Structure 79 ASCE (March,1979) : 853-865.
- Horikawa, K. Coastal engineering. An introduction to ocean engineering. Japan : University of Tokyo Press , 1978.

- Horikawa, K. Nearshore dynamics and coastal processes : Theory , Measurement , and Predictive models. Japan : University of Tokyo Press , 1988.
- Hsu, J.R.C. Geomorphology of coasts (Feb. 2). Thailand : AIT Center , 1998.
- Hughes, S.A. Physical models and laboratory techniques in coastal engineering. Advanced series on ocean engineering (Vol.7). Singapore : World Scientific , 1993.
- Hulsbergen, C.H. Bakker, W.T. and Bochove G.V. Experimental verification of groyne theory (July 11-17). Hawaii : 15th International Conference on Coastal Engineering , 1976.
- Ippen, A.T. Estuary and coastline hydrodynamics. Newyork : McGraw-Hill Book, 1966
- Ludwig, H.F. Environmental guidelines for coastal zone management in Thailand inner Gulf zone. Thailand : Southeast Asia Technology , 1976.
- Nielsen, P. Coastal bottom boundary layers and sediment transport. Advanced series on ocean engineering (Vol.4). Singapore : World Scientific , 1994.
- Pratchya Paksee. Simulation of shoreline change at downcoast area of a breakwater. Master's Thesis , Asian Institute of Technology , 1996.
- Silvester, R. Coastal engineering.1. Development in Geotechnical engineering (Vol.4A) (2nd ed.). Netherland : Elsevier Scientific , 1979.
- Silvester, R. Coastal engineering.2 : Sedimentation , Estuaries , Tides , Effluents and Modelling. Development in Geotechnical engineering (Vol.4B) (2nd ed.). Netherland : Elsevier Scientific , 1979.
- Sorensen,R.M. Basic coastal engineering (2nd ed.). Singapore : John Wiley & son , 1978.
- US. Coastal Engineering Research Center. Coastal hydraulic model. Special Report No. 5, US. Army Corps. of Engineers , 1979.
- US. Coastal Engineering Research Center. Variations in groin design. Department of the US. Army Corps. of Engineers , 1967.
- US. Coastal Engineering Research Center. Wave loading on vertical Sheet-Pile groins and Jetties. Coastal Engineering Technical AID No.81-1 , US. Army Corps. of Engineers , 1981.
- US. Coastal Engineering Research Center. Shore Protection manual (Vol.1)(2nd ed.). Washington DC : Department of the US. Army Corps. of Engineers , 1984
- US. Coastal Engineering Research Center. Shore Protection manual (Vol.2)(2nd ed.). Washington DC : Department of the US. Army Corps. of Engineers , 1984.

ภาคผนวก ก

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับ
เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างค้ำดักตะกอน

ตาราง ก-1 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันทัดตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Owen, J.S. , and Case G.O. , 1908,1915	อังกฤษ - กรณีทั่วไป	T,E	ความโครงสร้างควรยาวอย่างน้อยถึงแนวระดับน้ำต่ำสุด (low water line)	ควรใช้โครงสร้างแบบเตี้ย โดยยอมให้มีทรายบางส่วนข้ามผ่านโครงสร้างได้	แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1		
Case, G.O. , 1915,1928	อังกฤษ นิวยอร์ก นิวเจอร์ซี	M,F,E	แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันทะกอนยาว โดนมีความยาวจากตำแหน่งที่ระดับน้ำสูงถึงระดับน้ำต่ำสุด	โครงสร้างควรมีความสูงไม่เกิน 2 - 3 ฟุต และควรสร้างตาม low profile ของชายหาด แนะนำให้ใช้ โครงแบบเตี้ยและยาว ซึ่งสามารถดัดแปลงได้ เนื่องจากโครงแบบสูงจะมีราคาแพงมาก และคันทะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่งไว้ทั้งหมด ซึ่งทำให้เกิดการกัดเซาะด้านหลังของโครงสร้างคันทัดตะกอน	ระยะห่างต้องไม่มากกว่าระยะห่างจากแนวระดับน้ำสูงสุดถึงแนวระดับน้ำต่ำสุด	ใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนแบบปรับได้คือมันสามารถสร้างขบวนการทับถมหรือการงอกของชายฝั่ง	แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนที่ตั้งฉากกับแนวชายหาดเท่านั้น โครงสร้างคันทัดตะกอนที่เอียงทำมุมกับชายหาดจะมีราคาแพงกว่า และอาจจะถูกคลื่นกระแทกจนพังได้ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่กระทบกับคลื่นมากกว่าและเกิดการกัดเซาะรอบๆ โครงสร้างมากกว่า โครงสร้างคันทัดตะกอนที่ตั้งฉากกับชายฝั่ง

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ					
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง	
Kressner, B. . 1928	เยอรมันนี	T,M,E	ลดความยาวของโครงสร้างฝั่งด้านท้าย : เสนอหลักการของการลดความยาวโครงสร้างด้านท้ายน้ำ โดยให้ปลายโครงสร้างตัวถัดมาทำมุมกับปลายโครงสร้างตัวแรกประมาณ 4° - 6° เพื่อให้ชายฝั่งด้านท้ายน้ำได้รับตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง (littoral drift)			จากการทดลองพบว่า ระยะห่างที่ดีที่สุดคือ 1:2 ถึง 1:3		
Dent, E.J. , 1931	ชายฝั่งด้านตะวันออกของอเมริกา	F			แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบเตี้ย : ยอมให้มีตะกอนข้ามผ่านโครงสร้างและรักษาชายฝั่งด้านท้ายน้ำ			

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ					
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง	
Coen - Cagli, M.E. ,1932	กรณีทั่วไป	T,E	ชายฝั่งที่เป็นกรวด : ความยาว โครงสร้างควรยาวประมาณ 40-50 เมตร จากแนวชายฝั่ง (shoreline) ลงไปในทะเล ชายหาดที่เป็นทราย : ขยาย ออกไปอีกจนถึงบริเวณที่มี ความลึกน้ำ 2 - 3 เมตร เนื่อง จากจะสามารถดักตะกอนที่ เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่งได้ทั้ง หมด	ชายฝั่งที่เป็นกรวด : โครงสร้าง ควรจะมี ความสูง 1 เมตร เหนือระดับน้ำขึ้น (high tide) ชายฝั่งที่เป็นทราย : แบ่งโครง สร้างเป็น 3 ส่วน 1) Beach Section ควร มีความสูง 50 - 60 ซม เหนือระดับชายฝั่งเริ่มต้น 2) Intermediat Horizontal Section ควรมีความสูง 50 ซม. เหนือระดับน้ำลง 3) Inclined End Section ปลายโครงสร้างควรต่ำกว่า horizontal intermed. section 50 ซม.	ชายฝั่งที่เป็นกรวด ระยะห่าง เริ่มต้นของระบบโครงสร้างคัน ดักตะกอนที่สร้างบนประมาณ 1:1.5 ถึง 1:2 หลังจากนั้นลด ระยะห่างลงจนกระทั่งมีผล กระทบที่ต้องการ ชายฝั่งที่เป็นทราย มักใช้ระยะ ห่าง 1:1.5			
Steiner, C.T. , 1936	Rockaway Beach , นิว ยอร์ค	F			แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1 จะ รักษาชายฝั่งได้ครึ่งหนึ่งของ ความยาวนี้			

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ					
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง	
Brown, E.I. , 1939, 1940	กรณีทั่วไป	M,E	ควรขยายความยาวของโครงสร้างไปจนถึงบริเวณที่มีความลึกอย่างน้อย 6 ฟุต ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง เนื่องจากในสภาวะปกติ 80% ของทรายจะเกิดการเคลื่อนตัวที่ความลึกต่ำกว่า 6 ฟุต	แบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน 1) Horizontal Beach Section ควรมีความสูงของโครงสร้างเท่ากับความสูงของตลิ่ง 2) Sloping Intermediate Section ควรมีความสูงเท่ากับตลิ่งและลดลงมาจนถึงแนวระดับน้ำต่ำ โดยความชันของโครงสร้างต้องต่ำกว่าความชันของชายหาดธรรมชาติ 3) Outer Section ระดับสันของโครงสร้างควรอยู่ใต้น้ำโดยมีความชันน้อยๆ	แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1 - 1:3 1:1 หรือ น้อยกว่านี้จะไม่ประหยัด และระยะห่างไม่ควรเกิน 1:3		แนะนำให้โครงสร้างแบบทึบน้ำ โดยโครงสร้างควรเป็นทรายอัดแน่น (sand tight)	
Evans, O.F. , 1943	กรณีทั่วไป และอเมริกา	T,F		1) แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันแบบเตี้ยเพื่อลดการกัดเซาะด้านหลังโครงสร้าง เนื่องจากคลื่นข้ามผ่านโครงสร้าง (over topping) 2) แนะนำให้ค่อยๆ ลดความสูงของโครงสร้างเมื่อโครงสร้างคันดักตะกอนอยู่ในทะเล โดยปลายของโครงสร้างคันดักตะกอนควรจะอยู่ที่ระดับน้ำต่ำสุดหรือต่ำกว่านั้น			โครงสร้างแบบไม่ทึบน้ำใช้ได้ดีในกรณีพื้นที่มีลมและกระแสน้ำรุนแรง หรือ พื้นที่ที่เป็นชายหาดที่มีความผันแปรของตะกอนและกระแสน้ำมาก	

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Dobbie, C.H. , 1946	อังกฤษ	E			ระยะห่างที่ดีที่สุดคือ 1:1 - 1:1.5		
Duvivier, Jack , 1947,1949	อังกฤษ	E	โครงสร้างแบบสันสามารถใช้ การสร้างความมั่นคงให้กับ ชายหาดได้ เมื่อใช้โครงสร้าง สันอยู่ระหว่างกลุ่มของโครง สร้างคันดักตะกอนที่มีความ ยาวมากกว่า	ความสูงโครงสร้างไม่ควรเกิน 3 ฟุต เหนือระดับชายฝั่ง เพื่อ ให้ระดับของตะกอนที่เข้ามา ทับถมมีความสูงเพิ่มขึ้นทีละ น้อย ส่วนโครงสร้างที่สูงกว่านี้ ความสูงที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็น สาเหตุของการกัดเซาะ			1) โครงสร้างคันดักตะกอน แบบตั้งฉากกับแนวชายหาด ใช้สำหรับเมื่อมีความผันแปร ทิศทางของคลื่นมาก 2) โครงสร้างคันดักตะกอนทำ มุม 10° กับแนวตั้งฉาก ใช้ใน พื้นที่ที่มีตะกอนแพร่กระจาย และชายหาดเป็นกรวด 3) โครงสร้างคันดักตะกอนทำ มุม 20° กับแนวตั้งฉาก ใช้ใน พื้นที่ที่มีตะกอนแพร่กระจาย และชายหาดเป็นทราย
Frech, F.F. , 1948	นิวเจอร์ซีย์, กรณทั่วไ	F	ความยาวโครงสร้างควรขยาย ถึงความลึกน้ำ 6 เมตร		อัตราส่วนที่ยอมรับกันทั่วไป คือ 1: 1.5		
Jones, J.H. , 1948	สหรัฐ อเมริกา	M		โครงสร้างแบบเตี้ยและตื้นน้ำ จะดัก หรือเก็บกักตะกอนได้ ไม่มากเท่าโครงสร้างคันดัก ตะกอนแบบสูงและตื้นน้ำ			

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Johnson, J.W. , 1948	สหรัฐ อเมริกา	M				จากการทดลองพบว่าโครงสร้างแบบที่บ้น้ำจะมีประสิทธิภาพทำให้เกิดการสะสมของตะกอนมากกว่า (ทำการทดลองโดยใช้โครงสร้างแบบเดี่ยว)	
Shay, E.A. , and Johnson, J.W. , 1951	สหรัฐ อเมริกา	M				ควรใช้โครงสร้างแบบไม่ที่บ้น้ำในกรณีที่เป็นระบบโครงสร้างคันดักตะกอนเท่านั้น เนื่องจากการปริมาณตะกอนจะเพิ่มจาก 11% เป็น 26% ภายใต้เงื่อนไขคลื่น 2 กลุ่มที่สอดคล้องกัน ส่วนโครงสร้างแบบที่บ้น้ำมีประสิทธิภาพในการดักตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่งมากกว่าโครงสร้างคันดักตะกอนแบบที่บ้น้ำ	
Brater, E.F. , 1953,1948	Great Lakes	T,M,F		โครงสร้างควรสูงเหนือระดับน้ำสูงสุดในทะเลสาปจะให้ผลที่ดีที่สุด	แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1 เมื่อคลื่นมากกระทำรุนแรงและชายฝั่งเป็นทรายละเอียด 1:2 เมื่อคลื่นมากกระทำไม่รุนแรงและชายหาดเป็นทรายหยาบหรือกรวด	โครงสร้างแบบไม่ที่บ้น้ำใช้ได้ดี เฉพาะพื้นที่ที่มีคลื่นมากกระทำไม่รุนแรงหรือชายหาดที่มีลักษณะเป็นกรวด	

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ													
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง									
Mason, M.A. , 1953	Great Lakes	F					ในกรณีศึกษาพื้นที่ Great Lakes พบว่า โครงสร้างคันดักตะกอนแบบน้ำทึบไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่นี้ และต้องการโครงสร้างคันดักตะกอนแบบทึบน้ำเท่านั้น									
Nagai, Shositiro, 1956	ญี่ปุ่น	M	ความยาวที่เหมาะสมที่สุดของโครงสร้าง ต้องขยายจากแนวชายฝั่งลงไปในทะเล 40% ของระยะทางจากแนวชายฝั่งถึงจุดที่คลื่นแตกตัว เมื่อมีความชันคลื่นเป็น $\delta_0 = 0.01$ ถึง 0.02 จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าจะมีการทับถมด้านหลังของโครงสร้างคันมากที่สุด และมีการกัดเซาะด้านข้างและปลายโครงสร้างคันน้อยที่สุด		ในการทดลองระยะห่าง 1:3 จะเป็นค่าที่ดีที่สุด		<table border="1"> <thead> <tr> <th>θ</th> <th>δ</th> <th>α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30°</td> <td>100°</td> <td>110°</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>110°</td> <td>100°</td> </tr> </tbody> </table> <p>มุมที่ได้นี้เป็นผลมาจากการทดลอง สำหรับกรณีทั่วไป δ ไม่น้อยกว่า 95° และไม่ควรมากกว่า 120° เนื่องจากจะเกิดการกัดเซาะรอบๆ โครงสร้าง</p>	θ	δ	α	30°	100°	110°	45°	110°	100°
θ	δ	α														
30°	100°	110°														
45°	110°	100°														

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg, 1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน


ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
"Basic Coastal Model" Hydraulic Research London, 1957	อังกฤษ	M		<p>1)โครงสร้างแบบสูงชนิดทึบ น้ำ เมื่อระยะห่างระหว่างโครงสร้างคันดักตะกอนน้อย (1:1) สามารถดักตะกอนได้มากที่สุด แต่เป็นตะกอนนี้ถูกกัดเซาะมาจากชายฝั่งด้านเหนือ น้ำ (upper beach)</p> <p>2)โครงสร้างแบบเตี้ยชนิดทึบ น้ำ ระยะห่างระหว่างโครงสร้างคันดักตะกอนมาก (1: 2) สามารถดักตะกอนได้เพียงครึ่งหนึ่งของตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง แต่ชายหาดด้านเหนือจะไม่ถูกกัดเซาะ และนำไปใช้โครงสร้างแบบเตี้ยมากกว่าแบบสูง</p>	<p>1)กรณีโครงสร้างแบบสูงชนิดทึบน้ำ เมื่อใช้ระยะห่าง 1:1 สามารถดักตะกอนได้ถึง 7/8 ของปริมาณตะกอนทั้งหมด แต่ชายฝั่งด้านเหนือน้ำจะถูกกัดเซาะ</p> <p>2)กรณีโครงสร้างแบบเตี้ยชนิดทึบน้ำ เมื่อใช้ระยะห่าง 1:2 สามารถดักตะกอนได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณตะกอนทั้งหมด แต่ชายฝั่งด้านเหนือน้ำจะไม่ถูกกัดเซาะ</p>	<p>โครงสร้างแบบทึบน้ำมีอิทธิพลน้อยมากต่อตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง และเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียทรายจากชายฝั่งด้านเหนือน้ำเมื่ออัตราส่วนของช่องว่างกับวัสดุก่อสร้าง เป็น 1:1</p>	
Bruun, Per. Gerritsen, F. , and Morgan, W.H. ,1957	รัฐฟลอริดา	M,F				<p>จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างแบบน้ำทึบน้ำจะทำให้เกิดการกัดเซาะด้านท้ายน้ำ</p> <p>แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบเตี้ยชนิดน้ำทึบน้ำ และปรับไม่ได้ หรือ ใช้โครงสร้างที่น้ำและสามารถปรับได้สำหรับพื้นที่รัฐฟลอริดา</p>	

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ																	
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง													
Shimano, T., Hom-ma, M., Horikawa, K., Sakou, T., 1957	ญี่ปุ่น	M						ควรพิจารณาการสร้างโครงสร้างคันดักตะกอนด้านเหนือของชายฝั่ง (ทิศทางของตะกอนด้านหน้าโครงสร้างคันดักตะกอน)												
Nagai, Shositori, and Kubo, Hirokara, 1958	ญี่ปุ่น	M			จากการทดลองพบว่าระยะห่างระหว่างโครงสร้างคันดักตะกอนที่ดีที่สุดคือ 1:3 ถึง 1:4			<table border="1"> <thead> <tr> <th>θ</th> <th>α</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30°</td> <td>110°</td> <td>1 : 3</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>90°, 110°</td> <td>1 : 3</td> </tr> <tr> <td>60°, 90°</td> <td>90°</td> <td>1.3 - 1:4</td> </tr> </tbody> </table> <p>(G คือระยะห่างระหว่างโครงสร้างคันดักตะกอน) ตารางข้างต้นเป็นผลการทดลองโดยใช้แบบจำลองแบบ fixed bed เปรียบเทียบกับการทดลองโดยใช้แบบจำลองแบบ movable bed ซึ่งทดลองโดย Nagai, 1956</p>	θ	α	G	30°	110°	1 : 3	45°	90°, 110°	1 : 3	60°, 90°	90°	1.3 - 1:4
θ	α	G																		
30°	110°	1 : 3																		
45°	90°, 110°	1 : 3																		
60°, 90°	90°	1.3 - 1:4																		

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg, 1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันทัดตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ					
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง	
Horikawa, Kiyoshi, 1958 ; Horikawa, K. , and Sonu, C. , 1958	ญี่ปุ่น	M	ความยาวโครงสร้างควรขยายลงไปทะเลประมาณ 40 - 60% ของระยะจากแนวชายฝั่งถึงจุดที่คลื่นแตกตัว					แนวการวางตัวของโครงสร้างที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับความชันคลื่น สำหรับ คลื่นพายุค่า $\alpha = 105^\circ$ ส่วนคลื่นที่มีความชันน้อย ค่า $\alpha = 90^\circ$  (ได้จาก Wiegler, 1984)
Wicker, D.F. , 1958	กรณีทั่วไป	T		แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนแบบสูง			แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนแบบที่บ้น้ำในทุกกรณี	

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg, 1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Savage. R.P. , 1959	สหรัฐ อเมริกา	F		แบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน 1)Horizontal Shore Section ความสูงน้อยที่สุดของโครงสร้างในส่วนนี้ควรเท่ากับ ความสูงของชายฝั่ง 2)Intermediat Section ความ สูงของโครงสร้างต้องมีความ ชันไม่มากกว่าหน้าตัดด้านข้าง ของชายหาดที่เป็นอยู่เดิม ควร จะประมาณจากความชันชาย ฝั่ง 3)Seaward Section ความสูง โครงสร้างในส่วนนี้ถูกควบคุม ด้วยระดับน้ำทะเลนิ่ง (still water level) ที่คาดไว้เมื่อทำ การก่อสร้าง (เกณฑ์การออกแบบนี้ใช้ สำหรับโครงสร้างแบบหินทิ้ง)			

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Hiranandini, M.G. , and Gole, C.V. , 1961	โคชิน, อินเดีย	M,F	โครงสร้างคันดักตะกอนที่ดีควรวาวอย่างน้อย 200 ฟุต ส่วนโครงสร้างที่มีความยาวน้อยกว่า 150 ฟุต ถือว่าเป็นโครงสร้างคันดักตะกอนแบบสั้น		1) ระยะห่างระหว่างโครงสร้างไม่ควรเกิน 1:3 2) แนะนำให้ใช้ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง1:2 สำหรับเมือง Cochin		การใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบเอียงทำมุมกับชายหาดจะมีเสถียรภาพน้อยกว่าโครงสร้างที่ตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง
Lee, C.E. , 1961	Great Lakes	F	Great Lake ได้ทำการตรวจสอบโครงสร้างคันดักตะกอนจำนวน 841 ตัว พบว่า 64% มีความยาว < 100 ฟุต 21% ความยาว 100-150 ฟุต 15% มีความยาว > 150 ฟุต		ระยะห่างระหว่างโครงสร้างถูกกำหนดโดย 1) มุมของชายหาดปกติ 2) ความกว้างชายหาดด้านหลังของโครงสร้างคันดักตะกอนน้อยที่สุดที่ต้องการ	จากการตรวจสอบโครงสร้างคันดักตะกอนจำนวน 841 ตัว พบว่า 15% เป็นโครงสร้างแบบไม่ทึบน้ำ และ 87% เป็นโครงสร้างแบบทึบน้ำ	การใช้โครงสร้างแบบเอียงทำมุมกับชายหาดไม่มีประสิทธิภาพหรือมีราคาสูงเกินไปเมื่อเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้
Rayner, A.C. , and Rector, R.L. , 1961	Great Lakes	M	ประโยชน์ของโครงสร้างคันดักตะกอนแบบสั้น (ความยาวน้อยกว่า 100 ฟุต) ของ Great Lakes สามารถป้องกันชายฝั่งในช่วงแคบๆเท่านั้น โดยช่วยให้การกัดเซาะตลิ่งเกิดขึ้นน้อยลง				

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันทัดตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ																																																										
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง																																																						
Kemp, P.H., 1962	อังกฤษ	M	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grion Length</th> <th colspan="3">Grain Orientation from Normal</th> </tr> <tr> <th>30° updrift</th> <th>Normal to Coast</th> <th>20° downdrift</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Length</td> <td>43</td> <td>50</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Short</td> <td>67</td> <td>71</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>	Grion Length	Grain Orientation from Normal			30° updrift	Normal to Coast	20° downdrift	Length	43	50	55	Short	67	71	67	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grion Type</th> <th colspan="3">Orientation with Shore</th> </tr> <tr> <th>30° Updrift</th> <th>Normal to Coast</th> <th>20° Downdrift</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>low</td> <td>51</td> <td>60</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>high, long</td> <td>43</td> <td>50</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>high, short</td> <td>67</td> <td>71</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>	Grion Type	Orientation with Shore			30° Updrift	Normal to Coast	20° Downdrift	low	51	60	87	high, long	43	50	55	high, short	67	71	67			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Orientation</th> <th>low grain</th> <th>High, Long</th> <th>High, Short</th> </tr> <tr> <th>30° updrift</th> <th>Grion</th> <th>Grion</th> <th>Grion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30° updrift</td> <td>51</td> <td>43</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>Normal to</td> <td>60</td> <td>50</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>20° downdrift</td> <td>87</td> <td>55</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	low grain	High, Long	High, Short	30° updrift	Grion	Grion	Grion	30° updrift	51	43	67	Normal to	60	50	71	20° downdrift	87	55	67
			Grion Length		Grain Orientation from Normal																																																								
30° updrift	Normal to Coast	20° downdrift																																																											
Length	43	50	55																																																										
Short	67	71	67																																																										
Grion Type	Orientation with Shore																																																												
	30° Updrift	Normal to Coast	20° Downdrift																																																										
low	51	60	87																																																										
high, long	43	50	55																																																										
high, short	67	71	67																																																										
Orientation	low grain	High, Long	High, Short																																																										
	30° updrift	Grion	Grion	Grion																																																									
30° updrift	51	43	67																																																										
Normal to	60	50	71																																																										
20° downdrift	87	55	67																																																										
			<p>ตารางปริมาณของตะกอนที่ตกได้บริเวณด้านหลังของโครงสร้างคันทัดตะกอนเป็น % ของปริมาณตะกอนทั้งหมด หลังจากถูกกระทำด้วยคลื่น 3 cycle (ใช้โครงสร้างแบบสูงและน้ำซึมผ่านได้)</p>	<p>ปริมาณของตะกอนที่ตกได้เป็น % ของปริมาณตะกอนทั้งหมด หลังจากถูกกระทำด้วยคลื่น 3 cycle (สำหรับโครงสร้างคันทัดตะกอนแบบที่บ้น้ำ)</p>			<p>ตารางแสดงปริมาณตะกอนที่กักเก็บได้ด้านหลังของโครงสร้างคันทัดตะกอนเป็น % ของตะกอนทั้งหมดเมื่อมีคลื่นมากกว่า 3 cycle สำหรับโครงสร้างคันทัดตะกอนชนิดน้ำซึมผ่านไม่ได้</p> <p>จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าทางเลือกที่เหมาะสมในการเลือกชนิดและการจัดแนวของโครงสร้างคันทัดตะกอนนั้น อาจจะใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนทำมุมกับแนวชายหาด ถ้าคลื่นที่เข้ามากระทำต่อชายฝั่งไม่รุนแรง</p>																																																						
Hoyle, J.W. and King, G.T., 1962	อังกฤษ	T					ไม่แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันทัดตะกอนที่น้ำซึมผ่านได้																																																						

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์

แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg, 1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

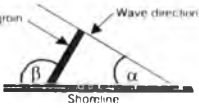
ชื่อผู้ศึกษา,ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Bruun, Per and Manohar, Madhav, 1963,1965	ทะเลเหนือ, กรณีทั่วไป	F,E	ความยาวโครงสร้างคันดักตะกอนจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อขยายความยาวไปจนถึงบริเวณความลึกของน้ำ 12 ถึง 18 ฟุต(ใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบสูงและทึบน้ำ)	โครงสร้างควรมีความสูงอย่างน้อยที่สุดเท่ากับผลรวมของระดับน้ำสูงสุดกับความสูงของ normal wave uprush	ทั่วไปใช้ระยะห่างอยู่ในช่วง 1:1.5 - 1:4 เมื่อขนาดและปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น ระยะห่างควรจะมากขึ้นด้วย ถ้าเมื่อความชันของชายฝั่งและความชันของคลื่นเพิ่มขึ้น ระยะห่างควรจะลดลง ถ้าระยะห่างน้อยกว่า 1:1 - 1:1.5 จะไม่เหมาะกับการทำงาน	แนะนำให้ใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบปรับได้เพื่อควบคุมปริมาณตะกอนที่เข้ามาเติมด้านท้ายน้ำของชายหาด	
Barcelo, J.P., 1963	โปรตุเกศ	M			1) ใช้ระยะห่าง 1:2.5 เมื่อมุม $\alpha_0 = 20^\circ$ 2) ใช้ระยะห่าง 1:3.5 เมื่อมุม $\alpha_0 = 10^\circ$ 3) ใช้ระยะห่าง 1:4 เมื่อมุม $\alpha_0 = 5^\circ$ (α_0 = มุมของคลื่นที่กระทำกับชายฝั่ง)		
Ishihara, Tojiro, and Sawaragi, Toro, 1964	ญี่ปุ่น	F	สำหรับโครงสร้างคันดักตะกอนรูปตัว T ควรมีความยาวอย่างน้อย 60 เมตร		ใช้ระยะห่าง 1:1.5 - 1:2 ในงานก่อสร้างจริง		

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์
แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ																						
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง																		
Wiegel, R.L. . 1964		M			1) 1:2 ถึง 1:3 เป็นระยะห่างระหว่างโครงสร้างคันดักตะกอนที่เหมาะสมที่สุด 2) 1:4 เป็นระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับกรณีทิศทางการคลื่นมีความผันแปรมาก																				
Danham, J.W. , 1965	แคลิฟอร์เนีย	F	แนะนำให้ใช้ความยาวโครงยาวจากหัวหาดไปจนถึงบริเวณที่ทรายมีการยึดตัวกันแน่นอย่างถาวร โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นบริเวณส่วนที่ต่อเชื่อมกันกับชายฝั่ง																						
Shore Protection, Planning and Design , Coastal Engineering Reserch Ctr., T.R. 4 , 1966	กรณีทั่วไป	T,E	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Group type</th> <th>Depth to which incident fetch M L W</th> <th>Amount of Littoral Drift Intercept</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>High</td> <td>10' or more</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>4' to 10'</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>10' or more</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>1' to 4'</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>< 10'</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table> <p>ความยาวที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับการทำนายความมั่นคงของชายหาด ชายหาดเริ่มต้นปริมาณตะกอนชายฝั่ง การหักเหของคลื่น ความกว้างของชายหาดที่ต้องการ คือองค์ประกอบที่ใช้ในการออกแบบ</p>	Group type	Depth to which incident fetch M L W	Amount of Littoral Drift Intercept	High	10' or more	100%	High	4' to 10'	75%	Low	10' or more	75%	High	1' to 4'	50%	Low	< 10'	50%	แบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน 1)horizontal shore section 2)intermediate slope section 3) outer section ความสูงของโครงสร้างคันดักตะกอนขึ้นอยู่กับ วิธีการก่อสร้าง เงินทุน หน้าตัดด้านข้างของชายหาด คลื่นกระโจกและตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง	แนะนำให้ใช้ 1:2 หรือ 1:3 เนื่องจากระบบโครงสร้างคันดักตะกอนที่อยู่ชิดกันมากเกินไปจะผันตะกอนออกนอกชายฝั่งมากกว่าสร้างชายหาด	โครงสร้างแบบปรับได้ ใช้ได้ดีในพื้นที่ที่ต้องการสร้างชายฝั่งที่กว้างและมีความเสียหายของชายหาดด้านหลังโครงสร้างคันดักตะกอนน้อยที่สุด สำหรับโครงสร้างแบบไม่ปรับนั้น ในขณะนี้ศึกษายังไม่มีความรู้เพียงพอที่จะสรุปความมีประสิทธิภาพสูงสุดของโครงสร้างคันดักตะกอนชนิดนี้	โครงสร้างคันดักตะกอนที่ประหยัดมากที่สุดคือโครงสร้างแบบตรงและตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง ในกรณีที่แนวชายฝั่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากสร้างโครงสร้างคันดักตะกอน บางครั้งอาจต้องการให้มีการสร้างโครงสร้างคันดักตะกอนที่มุมเริ่มต้น ดังนั้นจึงต้องมีการคาดการณ์การปรับตัวของชายหาด
Group type	Depth to which incident fetch M L W	Amount of Littoral Drift Intercept																							
High	10' or more	100%																							
High	4' to 10'	75%																							
Low	10' or more	75%																							
High	1' to 4'	50%																							
Low	< 10'	50%																							

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันดักตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Dennis,W.B. . 1967	กรณีทั่วไป	E					ให้ใช้โครงสร้างรูปตัว Y เพื่อป้องกันการเกิด Rip current
Price, W.A. , and Tomlinson, K.W. ,1968	อังกฤษ	M			แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1.5 ถึง 1:2 โดยพิจารณาจากตะกอนที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง	โครงสร้างไม่ทึบน้ำมีผลกระทบน้อยมากต่อตะกอนที่เคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่ง	
Barcelo, J.P. , 1970	โปรตุเกส	M	โครงสร้างคันดักตะกอนแบบเอียงต้องยาวกว่าแบบตั้งฉากกับชายฝั่ง เมื่อมีระยะห่างที่เท่ากัน เช่น เมื่อ $\alpha_0 = 20^\circ$ มุมเอียงของโครงสร้างคันดักตะกอน = 70° โครงสร้างคันดักตะกอนแบบเอียงต้องยาวมากกว่าความยาวโครงสร้างที่ตั้งฉากกับชายฝั่ง 30%				$\beta = 90^\circ$ สำหรับ $\alpha = 20^\circ$ $\beta = 70^\circ$ สำหรับ $\alpha = 10^\circ$  <p>เมื่อ β คือ มุมที่โครงสร้างกระทำต่อชายฝั่ง α คือ ความเอียงของคลื่นในพื้นที่ที่มีความผันแปรของสภาพคลื่นมากควรใช้โครงสร้างคันดักตะกอนแบบตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง</p>
Kolp, Otto. 1971	Fischland, Zempin, Neven - dorf	M,F	แนะนำให้ใช้โครงสร้างแบบยาวเนื่องจากโครงสร้างแบบสั้นไม่สามารถดักตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ		แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:1 ถ้าเปลี่ยนอัตราส่วนนี้ โดยเพิ่มส่วนของความยาวมากขึ้น จะช่วยลดการแตกกระจายของคลื่นที่ด้านข้างของโครงสร้าง	แนะนำให้ใช้โครงสร้างแบบไม่ทึบน้ำ เนื่องจากพบว่าเมื่อมีช่องว่าง 37% จะช่วยลดการไหลตามแนวชายฝั่งได้ 50% เมื่อใช้เสาเข็มในการก่อสร้าง	

ตาราง ก-1 (ต่อ) การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคันทัดตะกอน

ชื่อผู้ศึกษา.ปี	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรออกแบบ				
			ความยาวของโครงสร้าง	ความสูงของโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง	Permeability และ adjustability	การวางตัวของโครงสร้าง
Horigawa, K. ,1978	กรณีทั่วไป	E			แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:3		โครงสร้างคันทัดตะกอนควรวางตัวตั้งฉากกับแนวชายฝั่งเนื่องจากคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่งมีทิศทางเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
Shore Production Manual. Coastal Engr. Research ctr.,1984	กรณีทั่วไป	T	ความยาวโครงสร้างขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่ต้องการเก็บกัก	ออกแบบตามรูปตัดตามยาวของชายฝั่ง	แนะนำให้ใช้ระยะห่าง 1:3		แนะนำให้วางตัวตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง

หมายเหตุ : T (Theory) คือการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี M (Model) คือการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพ F (Field) คือการศึกษาจากโครงสร้างในสนาม E (Experience) คือการศึกษาโดยใช้ประสบการณ์

แปล/สรุปมาจาก Balsille และ Berg,1972

ภาคผนวก ข

การเตรียมการทดลอง
และการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

ภาคผนวก ข

การเตรียมการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

ก.1 การเตรียมการทดลอง

ในการศึกษาเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างคั่นดักตะกอนกรณีชายฝั่งสมดุในครั้งนี ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล โดยการทดลองในแอ่งคลื่น (wave basin) ขนาด กว้าง 10 ม. ยาว 20 ม. สูง 0.7 ม. โดยปลายด้านหนึ่งจำลองสภาพชายหาดด้วยทรายละเอียดที่มีขนาดประมาณ 0.25 มม. แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดทรายในตาราง ข-1

ในการเตรียมการทดลองต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองก่อน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

1) เครื่องมือวัดความสูงคลื่น (wave height meter) ใช้วัดความสูงคลื่นที่สร้างขึ้นในแบบจำลอง โดยมีหลักการทำงานของเครื่องมือ (อาทิตยา, 2540) คือ เป็นการวัดความจุไฟฟ้าบนเส้นลวดรับสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามระดับผิวน้ำ จากนั้นส่งสัญญาณต่อไปยังส่วนแสดงผลให้แปลงค่าสัญญาณเป็นค่าความต่างศักย์ (volt) ซึ่งสามารถนำไปต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลหรือคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยเมื่อค่าระดับน้ำเปลี่ยนไป 1 ซม. ค่าความต่างศักย์จะเปลี่ยนไปเท่ากับ 1 โวลท์ ซึ่งค่าที่ได้จากการสอบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่นในตาราง ข-2 และ รูป ข-1

2) เครื่องกำเนิดคลื่น (wave generator) มีโครงสร้างทั้งหมดทำด้วยเหล็กยกเว้นกระดานสร้างคลื่น (wave board) ทำด้วยพลาสติก ปลายด้านล่างของกระดานสร้างคลื่นเป็นแบบ Hinge Connection ส่วนปลายด้านบนต่อเข้ากับส่วนขับเคลื่อนสามารถโยกกลับไปกลับมาได้ เครื่องกำเนิดคลื่นนี้สามารถสร้างคลื่นที่มีความสูงคลื่นและคาบเวลาที่แตกต่างกันตามความต้องการ โดยควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถสร้างคลื่นที่มีคาบเวลาอยู่ในช่วง 0.2 – 3.0 วินาที ส่วนความสูงคลื่นมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำ และระยะช่วงชัก ซึ่งต้องทดลองหาค่าระยะช่วงชักและระดับน้ำที่ทำให้เกิดคลื่นที่มีขนาดตามความต้องการ โดยการลองผิดลองถูกปรับระยะช่วงชักและระดับน้ำ แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้วยเครื่องมือวัดความสูงคลื่น คำนวณความสูงคลื่นและคาบเวลาของคลื่นจากค่าระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยใช้โปรแกรมภาษาฟอร์แทรน ซึ่งเขียนโดยอาทิตยา (2540) จากการทดสอบ

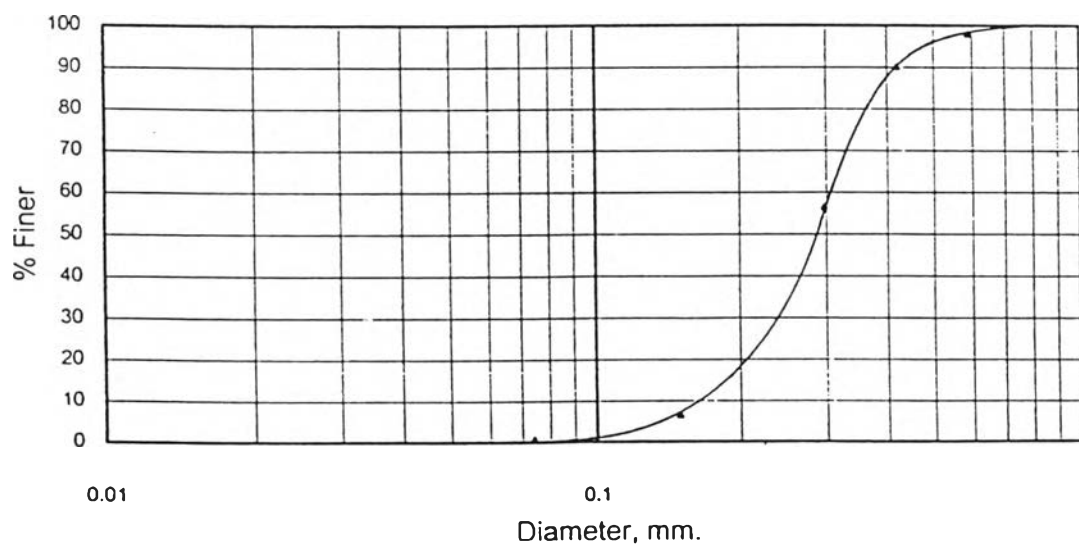
ตาราง ข-1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของทรายในแบบจำลอง

SIEVE ANALYSIS

Weight of container + Dry soil	gm.	855
Weight of container	gm.	95
Weight of dry soil	gm.	760

Sieve No.	Sieve opening mm.	Weight of sieve gm.	Weight of sieve+soil gm.	Weight of soil retained gm.	Weight of soil retained %	Cumulative retained %	Percent finer %
30	0.59	450	465	15	1.97	1.97	98.03
40	0.42	435	495	60	7.89	9.87	90.13
50	0.297	430	685	255	33.55	43.42	56.58
100	0.149	400	780	380	50.00	93.42	6.58
200	0.074	340	385	45	5.92	99.34	0.66
PAN	-	360	365	5	0.66	100.00	-

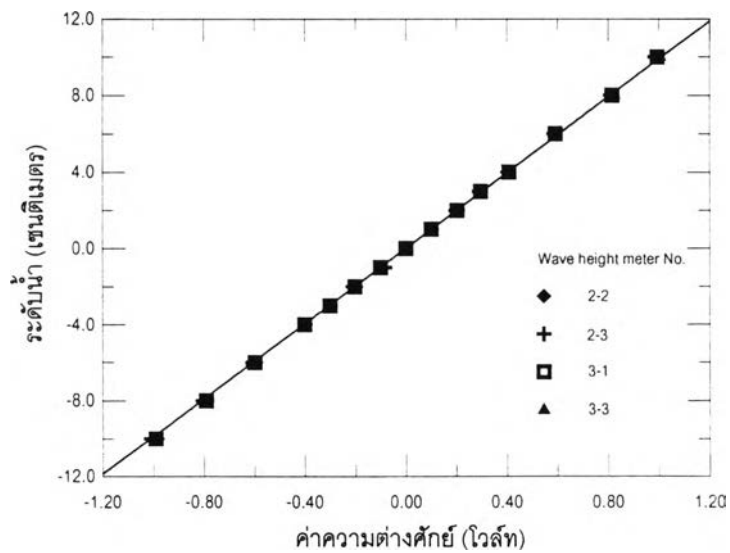
Grain Size Distribution Curve



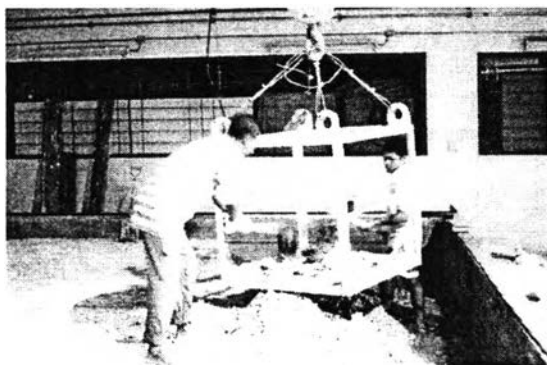
ตาราง ข-2 การสอบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่น

ระดับน้ำ (ซม.)	ค่าความต่างศักย์ของเครื่องมือวัดความสูงคลื่น (โวลท์)			
	No. 2-2	No. 2-3	No. 3-1	No. 3-3
-10.0	-0.985	-1.009	-0.990	-1.005
-8.0	-0.788	-0.805	-0.791	-0.802
-6.0	-0.595	-0.608	-0.598	-0.612
-4.0	-0.398	-0.402	-0.402	-0.408
-3.0	-0.300	-0.300	-0.301	-0.308
-2.0	-0.198	-0.210	-0.202	-0.206
-1.0	-0.096	-0.085	-0.101	-0.102
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
1.0	0.100	0.101	0.100	0.102
2.0	0.206	0.198	0.203	0.206
3.0	0.293	0.291	0.295	0.293
4.0	0.401	0.407	0.409	0.413
6.0	0.590	0.586	0.591	0.598
8.0	0.816	0.810	0.816	0.825
10.0	0.992	0.985	0.993	1.005

หมายเหตุ : จากการสอบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่นพบว่าเมื่อความสูงของระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไป 1 ซม. ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จะเปลี่ยนไปเท่ากับ 0.1 โวลท์



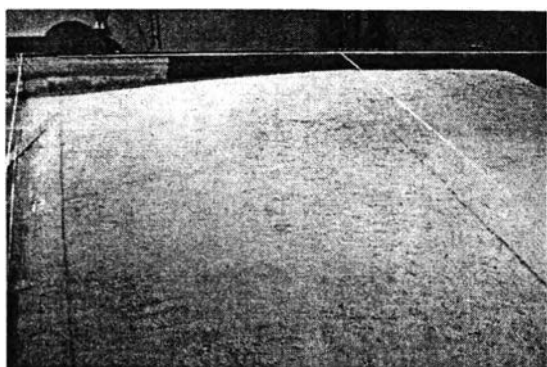
รูป ข-1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่น



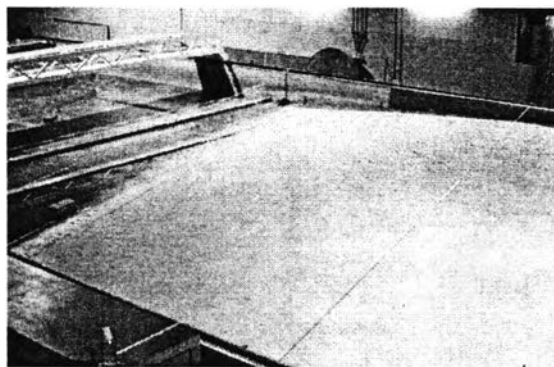
ก) การขนทราย



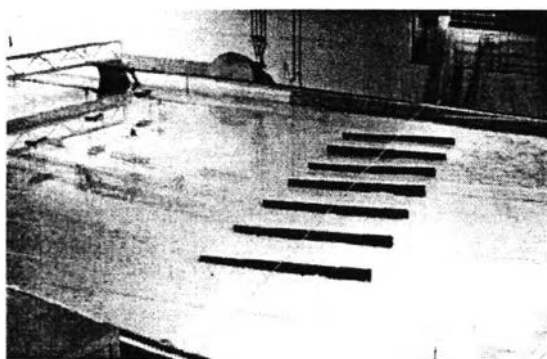
ข) การปรับมุมชายหาด



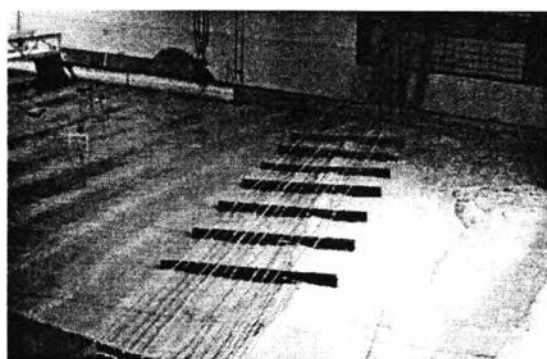
ค) การปรับความลาดชันด้านหน้าชายหาด



ง) การปรับแต่งแนวชายฝั่งทำมุม 15° กับแนวคลื่น



จ) การติดตั้งโครงสร้างค้ำค้ำตะกอน



ฉ) การสร้างคลื่นกระทำต่อแนวชายฝั่ง

รูป ข-2 ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง

เครื่องมือพบว่าความชื้นคลื่นมีความสัมพันธ์กับความเร็วมอเตอร์ ระยะช่วงชัก ของเครื่องกำเนิดคลื่น และระดับน้ำในแอ่งคลื่น ตามตาราง ข-3

ตาราง ข-3 ลักษณะคลื่นที่สร้างจากเครื่องกำเนิดคลื่น เมื่อระดับน้ำในแอ่งคลื่นประมาณ 0.40 เมตร

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (เฮิร์ตซ์)	ระยะช่วงชัก (ซม.)	คาบเวลาของคลื่น (วินาที)	ความสูงคลื่น (ม.)	ความชื้นคลื่น
12.90	4.0	1.58	0.016	0.003-0.006
13.53	4.1	1.32	0.025	0.007-0.023
20.00	4.2	0.96	0.037	0.020-0.031
23.53	4.3	0.85	0.036	0.027-0.043
25.00	4.4	0.80	0.043	0.035-0.050

เมื่อสอบเทียบเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการปรับแต่งชายหาดให้ทำมุมกับหน้าคลื่น (wave front) ประมาณ 15° โดยมีความชันด้านหน้าชายหาดประมาณ 1:15 แล้วจึงติดตั้งแบบจำลองโครงสร้างคันดักตะกอนลงบนชายหาด โดยวางตัวตั้งฉากกับแนวชายฝั่งเริ่มต้น และมีระยะห่างระหว่างโครงสร้างประมาณ 1 เมตร จากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองโดยสร้างคลื่นกระทำต่อชายฝั่ง ซึ่งขั้นตอนการเตรียมการทดลองแสดงในรูป ข-2

ก.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคลื่น

ลักษณะคลื่นที่ได้จากการสร้างคลื่นเครื่องกำเนิดคลื่นในแบบจำลอง สามารถวัดข้อมูลได้โดยใช้เครื่องมือวัดความสูงคลื่นที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ในแบบจำลอง ซึ่งเครื่องมือวัดความสูงคลื่นจะวัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแบบจำลอง แล้วส่งสัญญาณเป็นอนาล็อกเข้าสู่เครื่องรับสัญญาณ ซึ่งต่อกับแผงวงจรรวมสัญญาณแบบสกรู รุ่น PCLD-780 และ PCLD-880 ของบริษัท Advantech แล้วส่งสัญญาณไปยังแผงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล รุ่น PCL-816 แล้วส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม "Labtech NOTEBOOKpro" ควบคุมการวัดข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลสำหรับตัวอย่างคลื่นที่ได้จากการบันทึกแสดงในรูป ข-3

เมื่อได้ข้อมูลคลื่นแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ลักษณะคลื่นโดยการคำนวณทางสถิติและการวิเคราะห์ความถี่เพื่อให้ได้ลักษณะคลื่นที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง อันได้แก่ ความสูงคลื่น คาบเวลาของคลื่น พลังงานคลื่น โดยใช้โปรแกรมภาษาฟอร์แทรน (อาทิตยา,2540) แสดงในรูป ข-4 และผลลัพธ์ที่ได้จากการ

รูป ข-3 ตัวอย่างข้อมูลคลื่นจากการบันทึก

```
"LABTECH NOTEBOOK"  
"Data file"  
"The time is 11:42:43.28."  
"The date is 1-05-1999."  
"Time" "B"  
"sec" "cm."  
0.00 -0.36  
0.01 -0.34  
0.02 -0.33  
0.03 -0.31  
0.04 -0.30  
0.05 -0.29  
0.06 -0.29  
0.07 -0.29  
0.08 -0.30  
0.09 -0.30  
0.10 -0.31  
0.11 -0.32  
0.12 -0.33  
0.13 -0.33  
0.14 -0.33  
0.15 -0.33  
0.16 -0.33  
0.17 -0.32  
0.18 -0.31  
0.19 -0.29  
0.20 -0.28  
0.21 -0.26  
0.22 -0.25  
0.23 -0.23  
0.24 -0.22  
0.25 -0.21  
0.26 -0.20  
0.27 -0.18  
0.28 -0.17  
0.29 -0.15  
0.30 -0.14  
0.31 -0.13  
0.32 -0.12  
0.33 -0.10  
0.34 -0.09  
0.35 -0.08  
0.36 -0.06  
0.37 -0.05  
0.38 -0.03  
0.39 -0.01  
0.40 0.00  
0.41 0.03  
0.42 0.05  
0.43 0.08  
0.44 0.11  
0.45 0.13
```

รูป ข-4 ตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณคลื่น (คัดลอกมาจากอาทิตย์ยา, 2540)

```

C *****
C **          PROGRAM CALCULATE WAVE HEIGHT AND WAVE PERIOD          **
C **          BY SPECTRUM ANALYSIS                                  **
C **          by  Arthittaya  Kessamaris  ( 1/10/97 )                **
C *****
C DIMENSION T(40000),Y(40000),CV(5001),CR(5001),PS(5001),SP(5001)
C CHARACTER FINPUT*30,FOUTPUT*30
C REAL Nmax,Nmin,Ht,Tt
C REAL Y,CR,CV,SP,PS
C -----
C WRITE(*,100)'  What is your input filename? '
C READ (*,100)  FINPUT
C WRITE(*,100)'  What is your output filename?'
C READ (*,100)  FOUTPUT
C OPEN (1,FILE=FINPUT)
C OPEN (2,FILE='E:\TEMP\TEMPO.DAT')
C OPEN (3,FILE=FOUTPUT)
C -----
C NT = 180000
C LAG = 5000
C DT = 0.01
C PI = 3.141592654
C -----
C READ (1,200) HEADER
C DO 5 i=1,NT
C READ (1,300)T(i),Y(i)
5   Y(i) = Y(i)/100
C WRITE(2,100)'* RESULT OF WAVE HEIGHT AND WAVE PERIOD CALCULATION*'
C WRITE(2,100)' No.   Wave Height(m.)   Wave Period(sec) '
C Nmax = 0
C Nmin = 0
C Ht = 0
C Tt = 0
C Tp = T(1)
C m = 0
C i = 1
C 8   IF (i.GT.NT) GOTO 99
C 10   IF (Y(i).LT.0) GOTO 20
C     GOTO 50
C 20   IF (Y(i).LT.Nmin) GOTO 30
C     i = i+1
C     GOTO 70
C 30   Nmin=Y(i)
C     i = i+1
C 70   IF (i.GT.NT) GOTO 99
C     IF (Y(i).GT.0) GOTO 40
C     GOTO 20
C 40   i = i-1
C     Tt = T(i)-Tp
C     Ht = Nmax - Nmin
C     m = m+1
C     WRITE (2,500)m,Ht,Tt
C     Nmax = 0
C     Nmin = 0
C     Tt = 0

```


SUBROUTINE spect (CV,PS,SP,LAG,DT,DF)
DIMENSION CV(1),PS(1),SP(1)

140

```
C      ++++++
      PI = 3.14159265358949
      FM = LAG
      LG = LAG + 1
      CM = 2.0 * DT / PI
      DF = 0.5 / FM / dt
      DO 20 I = 1, LG
20      SP(I) = CV(I)
      SP(1) = SP(1) * 0.5
      SP(LG) = SP(LG) * 0.5
C      +++ Finite Fourier Cosine Transform of a Half Symmetric Series +++
      C1 = PI / FM
      C2 = -C1
      DO 40 I = 1, LG
      PS(I) = 0
      C2 = C2 + C1
      C3 = -C2
      DO 30 L = 1, LG
      C3 = C3 + C2
30      PS(I) = PS(I) + SP(L) * COS(C3)
40      PS(I) = PS(I) * CM
C      ++++ Smoothing Power Spectrum by HAMMING WINDOW for SP(I) ++++
      SP(1) = 0.54 * PS(1) + 0.46 * PS(2)
      SP(LG) = 0.54 * PS(LG) + 0.46 * PS(LAG)
      DO 50 I = 2, LAG
50      SP(I) = 0.54 * PS(I) + 0.23 * (PS(I-1) + PS(I+1))
      WRITE (3,200)'Analysis of Time Series-AutoCor. and Power Spectrum'
      WRITE (3,200)'Lag AutoCov Frequency EnergyDensity RawEnergy'
      SUM = -0.5 * (SP(1) + SP(LG))
      CUMPOWER = 0
      TOTALENG = 0
      DO 60 I = 1, LG
      L = I-1
      F = L * DF
      IF (SP(L).LT.0.) SP(L) = 0
70      TOTALENG = TOTALENG + 0.5*(SP(L)+SP(L+1))*DF

      CUMPOWER = CUMPOWER + SP(L)
      WRITE (3,210) L,CV(L),F,SP(L),PS(L)
60      SUM = SUM + SP(I)
      SUM = SUM * PI / FM / DT
      WRITE (3,250) SUM,CV(1)
      WRITE (3,270) CUMPOWER
      WRITE (3,300) TOTALENG
      WRITE (*,300) TOTALENG
200  FORMAT (A/)
210  FORMAT (T1,I4,T6,F8.4,T18,F5.2,T27,F10.8,T40,F10.8)
250  FORMAT (T1,'Calculated Variance is = ',F10.5/T1,'Which should
* be = ',F10.5)
270  FORMAT (T1,'Cumulative of Smoothed Power =',F12.8)
300  FORMAT (T1,'Total Energy in the Wave Field=',F12.8)
      RETURN
      END
```

คำนวณโดยใช้โปรแกรมนี้แสดงผลทั้งทางมอนิเตอร์ (แสดงในรูป ข-5) และแสดงผลในแฟ้มข้อมูล (แสดงในรูป ข-6)

```
D:\Wavedata\Rawdata\Nogroin>wave-cv
  What is your input filename?
x-1.prn
  What is your output filename
x-1.dat
Total Energy in the Wave Field= .00002247
**** Numbers of Wave Height Data = 370
***** SIGNIFICANT WAVE HEIGHT (m.) *****

Significant Wave      .0362
Average Wave          .0333
Standard Diviation    .0026
Max =                 .0413
Min =                 .0277
**** Numbers of Wave Period Data = 370
***** SIGNIFICANT WAVE PERIOD (sec) *****

Significant Wave      .8135
Average Wave          .7971
Standard Diviation    .0149
Max =                 .8300
Min =                 .7600
```

รูป ๑-5 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการคำนวณคลื่นแสดงผลทางมอริเตอร์

รูป ข-6 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการคำนวณคลื่นแสดงผลในแฟ้มข้อมูล

Analysis of Time Series-AutoCor. and Power Spectrum

Lag	AutoCov	Frequency	EnergyDensity	RawEnergy
0	.0001	.00	.00000000	-.00000020
1	.0001	.01	.00000000	-.00000396
2	.0001	.02	.00000000	.00000252
3	.0001	.03	.00000000	-.00000416
4	.0001	.04	.00000000	.00000253
5	.0001	.05	.00000000	-.00000418
6	.0001	.06	.00000000	.00000253
7	.0001	.07	.00000000	-.00000418
8	.0001	.08	.00000000	.00000253
9	.0001	.09	.00000000	-.00000420
10	.0001	.10	.00000000	.00000253
11	.0001	.11	.00000000	-.00000420
12	.0001	.12	.00000000	.00000254
13	.0001	.13	.00000000	-.00000422
14	.0001	.14	.00000000	.00000254
15	.0000	.15	.00000000	-.00000423
16	.0000	.16	.00000000	.00000255
17	.0000	.17	.00000000	-.00000424
18	.0000	.18	.00000000	.00000256
19	.0000	.19	.00000000	-.00000426
20	.0000	.20	.00000000	.00000256
21	.0000	.21	.00000000	-.00000427
22	.0000	.22	.00000000	.00000259
23	.0000	.23	.00000000	-.00000431
24	.0000	.24	.00000000	.00000259
25	.0000	.25	.00000000	-.00000433

4990	.0000	49.90	.00000015	.00000037
4991	.0001	49.91	.00000012	-.00000003
4992	.0001	49.92	.00000003	.00000023
4993	.0001	49.93	.00000000	-.00000036
4994	.0001	49.94	.00000000	.00000009
4995	.0001	49.95	.00000000	-.00000030
4996	.0001	49.96	.00000009	.00000037
4997	.0001	49.97	.00000007	-.00000018
4998	.0001	49.98	.00000005	.00000035
4999	.0001	49.99	.00000000	-.00000040
5000	.0001	50.00	.00000000	.00000004

Calculated Variance is = .00013

Which should be = .00013

Cummulative cf Smoothed Power = .00244200

Total Energy in the Wave Field= .00002247

***** SIGNIFICANT WAVE HEIGHT (m.) *****

Significant Wave	.0362
Average Wave	.0333
Standard Diviation	.0026
Max =	.0413
Min =	.0277

***** SIGNIFICANT WAVE PERIOD (sec) *****

Significant Wave	.8135
Average Wave	.7971
Standard Diviation	.0149
Max =	.8300
Min =	.7600

ภาคผนวก ค

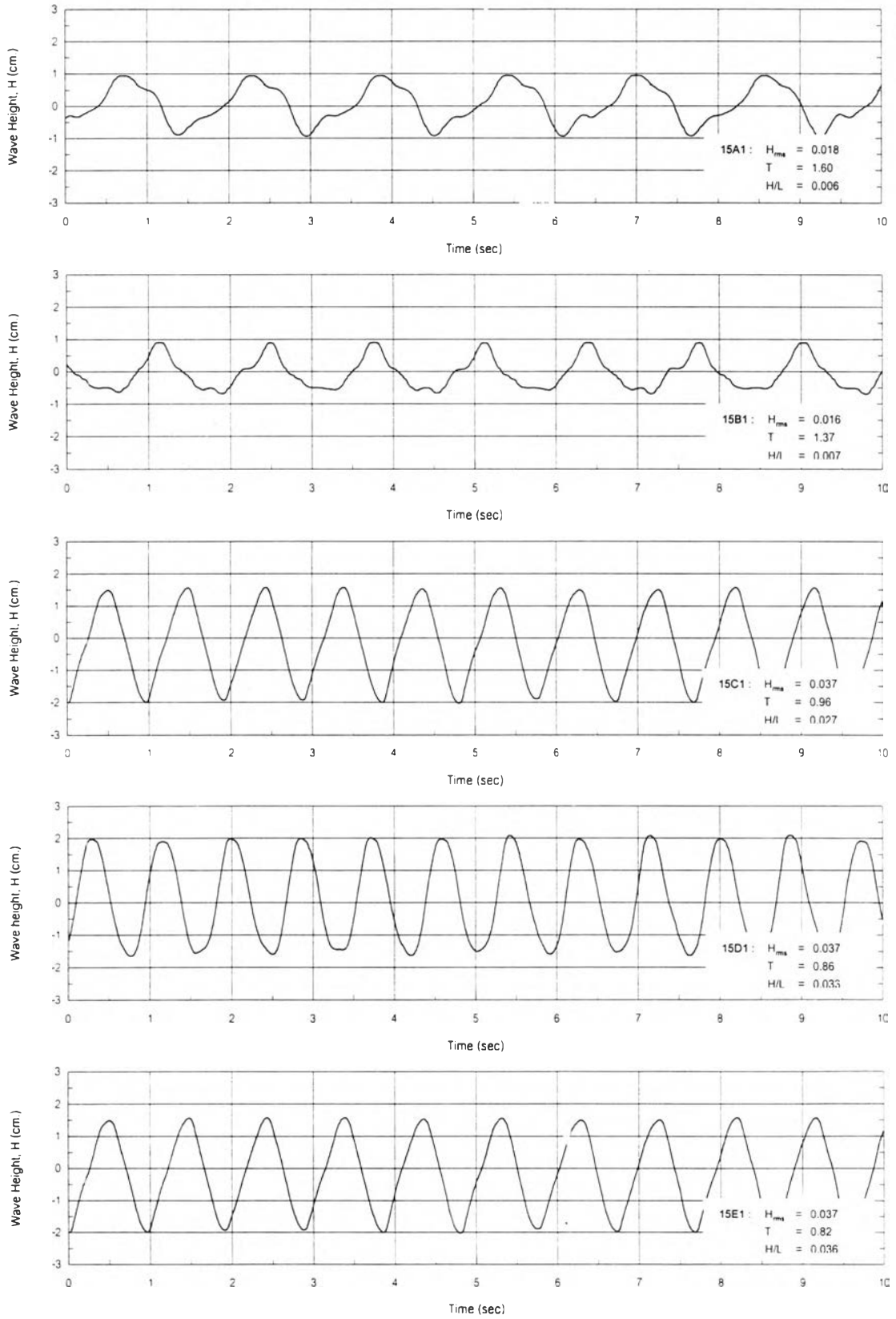
ผลการศึกษากรณิศทางคลื่น 15°

ตาราง ค-1 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (15A1 ถึง 15E1)

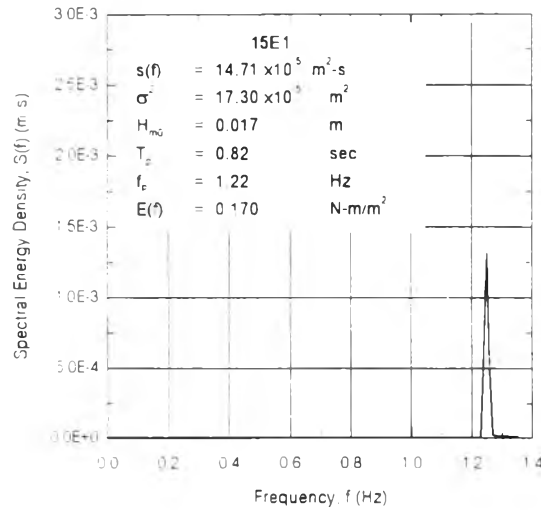
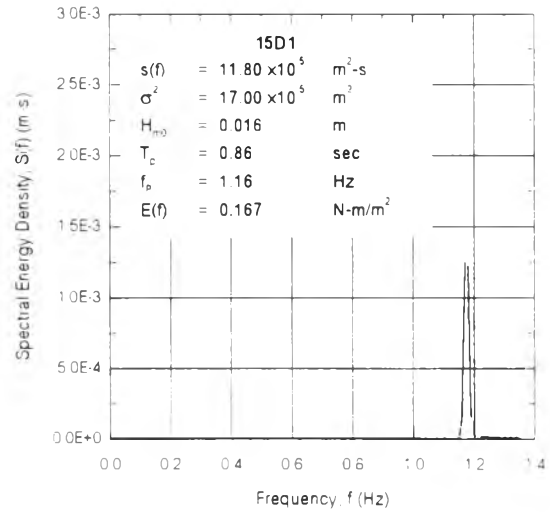
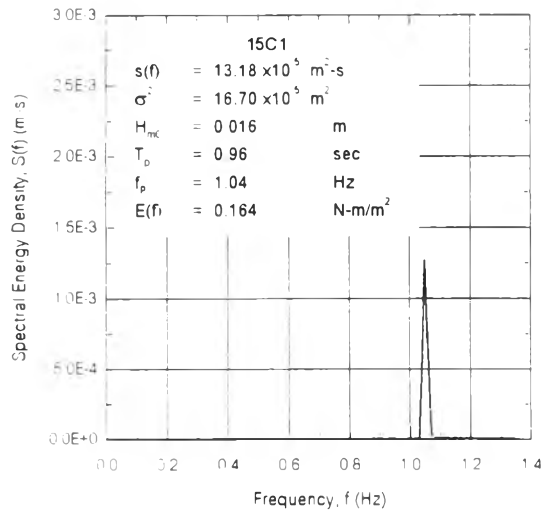
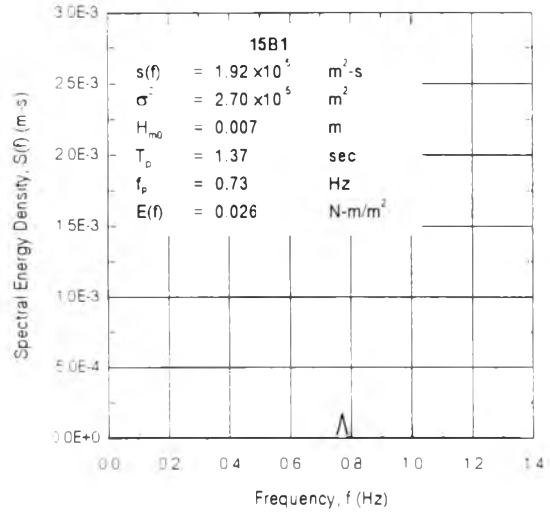
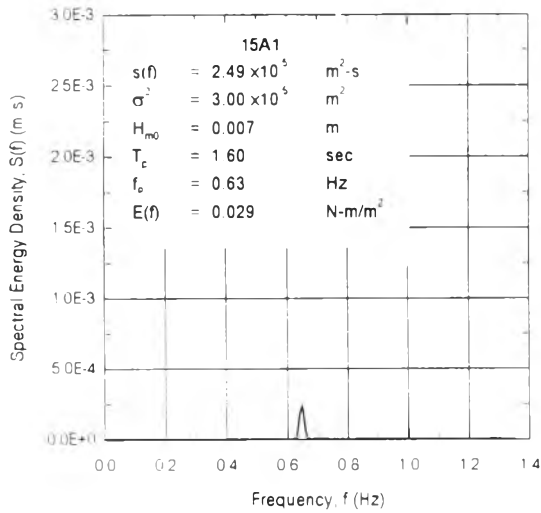
Run No.	15A1	15B1	15C1	15D1	15E1	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$ $L_d = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right)$ $C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right) = \frac{L_d}{T}$
Groin spacing, G (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Effective spacing, G' (m)	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	
Incident wave angle, α_0 (degree)	15	15	15	15	15	
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$ $\bar{P} = \bar{E} C_d = \frac{1}{2} \bar{E} C_d$ $S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i^2}{2}$
Numbers of wave data	569	681	933	1,046	1,113	
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.018	0.016	0.037	0.037	0.037	$\sigma^2 = \int_0^{\infty} S(f) df = m_0$ $H_{rms} = 4\sigma$ $T_s = \frac{1}{f_0}$ $\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^{\infty} S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$ $L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$ $H_0 = \frac{H}{K_s}$
Avg wave period, T_s (sec)	1.60	1.37	0.96	0.86	0.82	
Wave length, L_d (m)	2.865	2.344	1.374	1.131	1.036	
Wave celerity, C_d (m/s)	1.790	1.711	1.432	1.315	1.263	
Wave steepness, H_s/L_d	0.006	0.007	0.027	0.033	0.036	
Wave energy, E_s (N-m/m ²)	0.397	0.314	1.678	1.678	1.678	
Energy flux, P_s (N-m/s per m. of wave crest)	0.356	0.268	1.201	1.103	1.060	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	2.49	1.92	13.18	11.80	14.71	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^6$ m ²)	3.00	2.70	16.70	17.00	17.30	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.007	0.007	0.016	0.016	0.017	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.60	1.37	0.96	0.86	0.82	
Peak frequency f_p (Hz)	0.63	0.73	1.04	1.16	1.22	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.029	0.026	0.164	0.167	0.170	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.60	1.37	0.96	0.86	0.82	
Wave length, L_0 (m)	3.995	2.929	1.438	1.154	1.049	
Wave height, H_0 (m)	0.019	0.017	0.039	0.038	0.038	
Wave steepness, H_0/L_0	0.005	0.006	0.027	0.033	0.036	

ตาราง ค-1 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (15A1 ถึง 15E1)

Run No.	15A1	15B1	15C1	15D1	15E1	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.080	0.076	0.085	0.086	0.087	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.387	1.150	0.822	0.728	0.691	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.867	0.840	0.856	0.846	0.843	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef., K_s	1.225	1.160	0.996	0.963	0.951	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0) \sin \alpha_0$	5.156	5.986	9.021	10.116	10.665	
Refraction coef., K_r	0.985	0.955	0.958	0.959	0.960	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, \bar{P}_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.579	0.379	1.464	1.301	1.241	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
(rate of energy per unit crest width)						$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G^2 = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.560	0.366	1.414	1.256	1.198	$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3(H_b/L_0)^{1/3}}$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.791	1.676	1.007	0.943	0.916	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.035	0.029	0.039	0.036	0.035	$\frac{d_b}{H_0} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.044	0.037	0.050	0.046	0.045	$a = 43.75(1 - e^{-18.5m})$
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.913	1.813	1.163	1.200	1.088	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-18.5m})}$
Breaking height, H_b (m.)	0.037	0.031	0.046	0.046	0.041	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G$
d'_b/H_b	0.669	0.673	0.746	0.780	0.778	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}}$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.025	0.021	0.034	0.036	0.032	$**K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	1.004	1.004	1.012	1.019	1.017	
Bay depth, S (m.)	0.097	0.098	0.165	0.185	0.189	
Beach slope, 1: n_1	1.65	1.62	1.69	1.68	1.72	
Beach slope, 1: n_2	1.63	1.61	1.67	1.72	1.82	
Beach slope, 1: n_3	1.60	1.64	1.67	1.68	1.75	
Avg. beach slope, 1: n	1.63	1.62	1.68	1.69	1.76	
Bottom slope, m	1.257	1.285	1.391	1.394	1.401	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.020	0.021	0.029	0.032	0.032	
a_b (m.)	0.200	0.170	0.310	0.490	0.550	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.560	0.366	1.414	1.256	1.198	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.557	0.364	1.397	1.233	1.178	
(N-m/s per m. of beach lengths)						

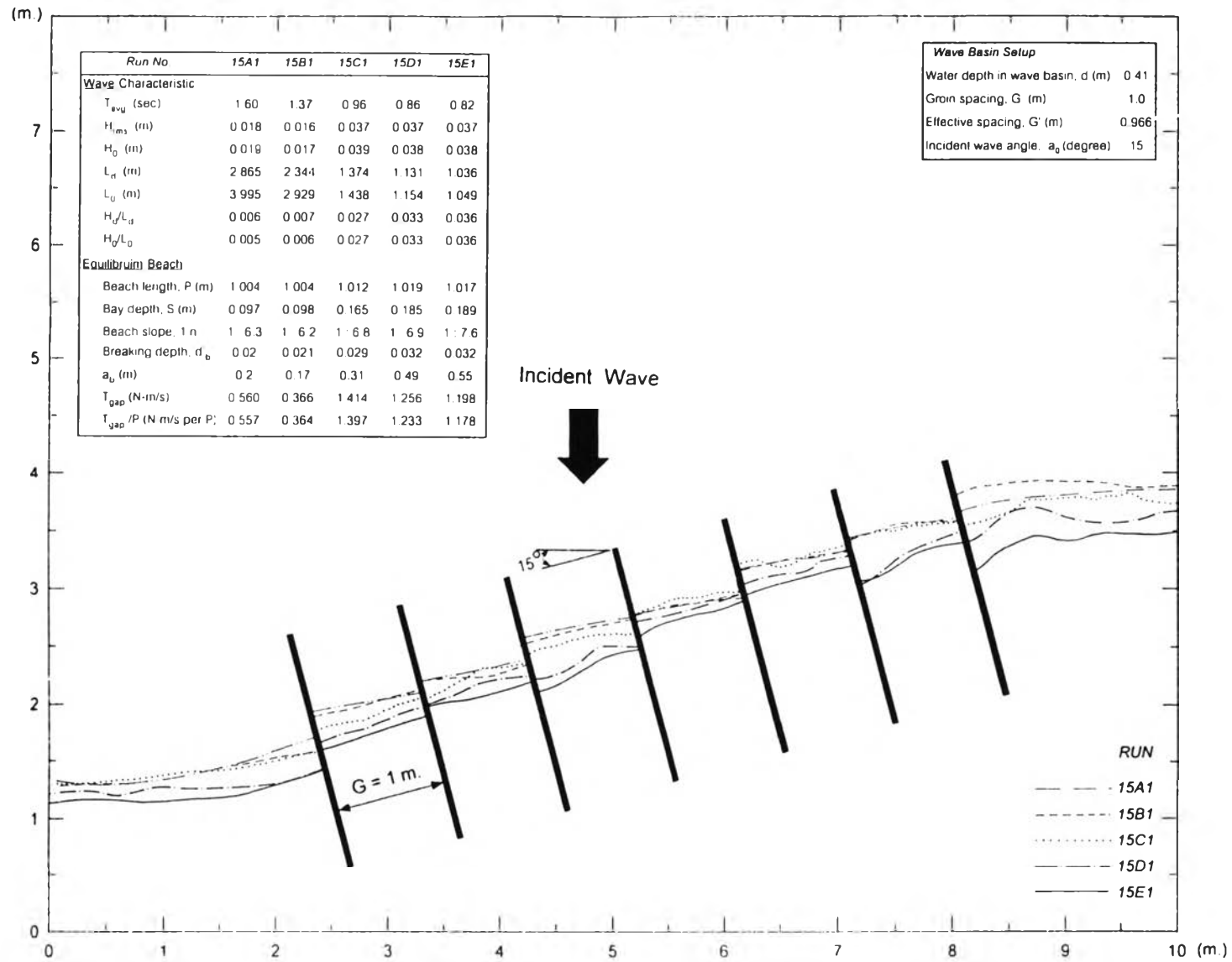


รูป ค-1 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 15A1 ถึง 15E1

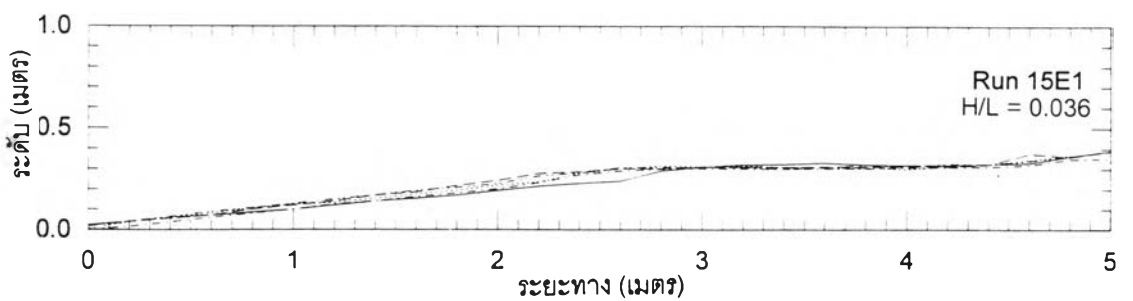
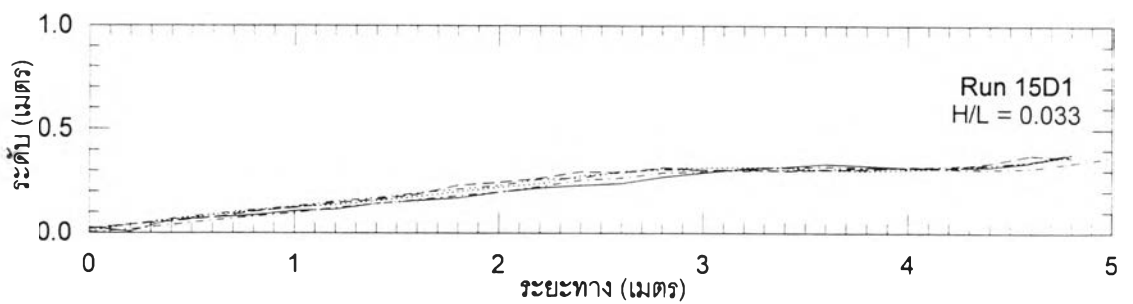
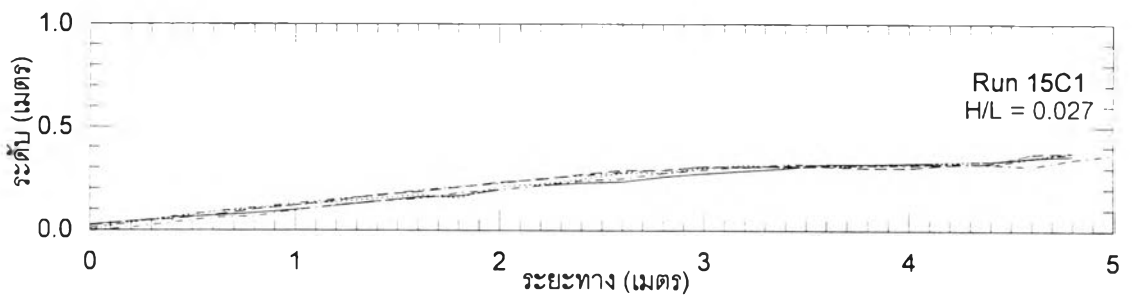
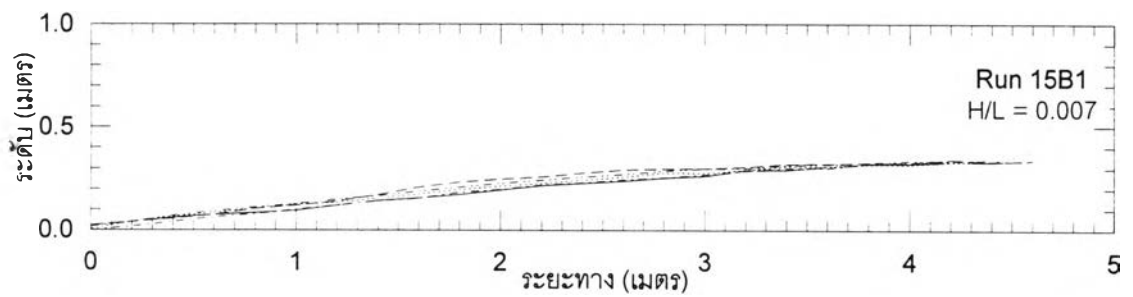
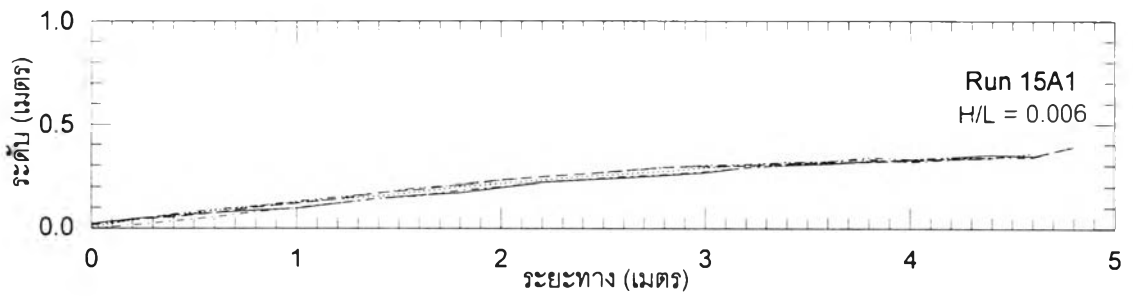


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	15	Degree			
Water depth, d	0.41	m			
Grain spacing, G	1.0	m			
	15A1	15B1	15C1	15D1	15E1
H_{rms}	0.018	0.016	0.037	0.037	0.037
T (sec)	1.60	1.37	0.96	0.86	0.82
H/L	0.006	0.007	0.027	0.033	0.036

รูป ค-2 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 15A1 ถึง 15E1



รูป ค-3 แนวชายฝั่งสมดุลงกรณี $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (15A1 ถึง 15E1)



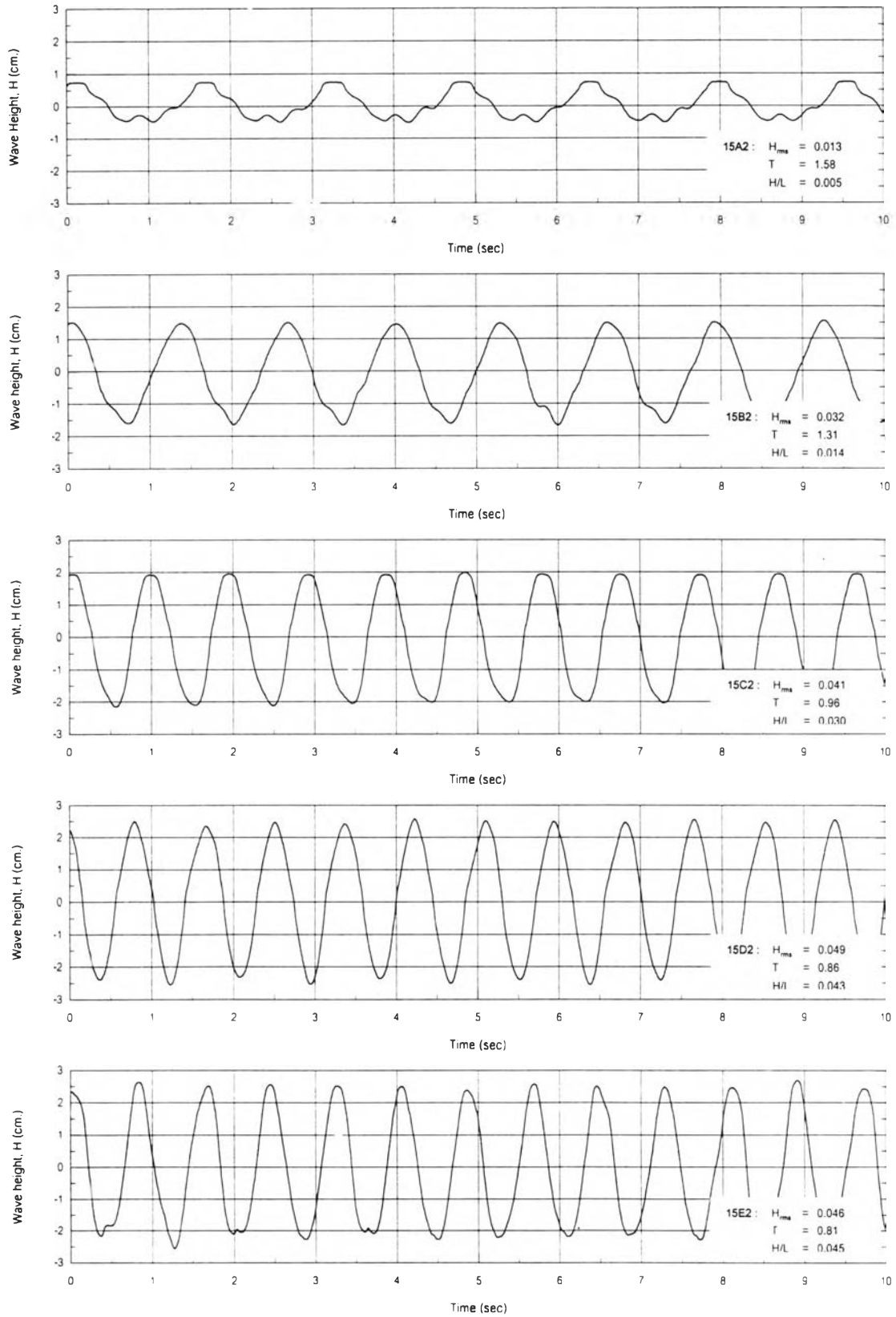
รูป ค-4 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 15A1 ถึง 15E1

ตาราง ค-2 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (15A2 ถึง 15E2)

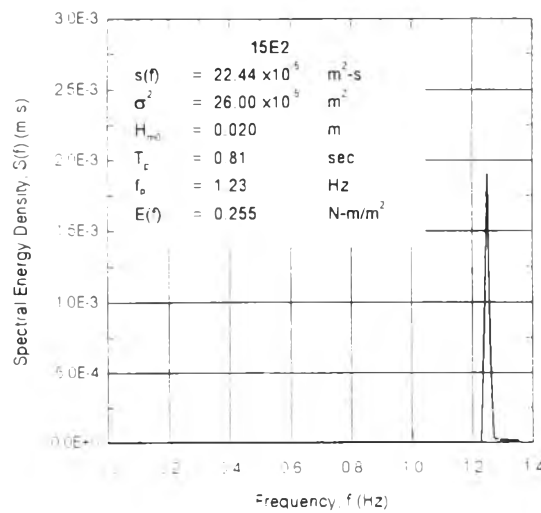
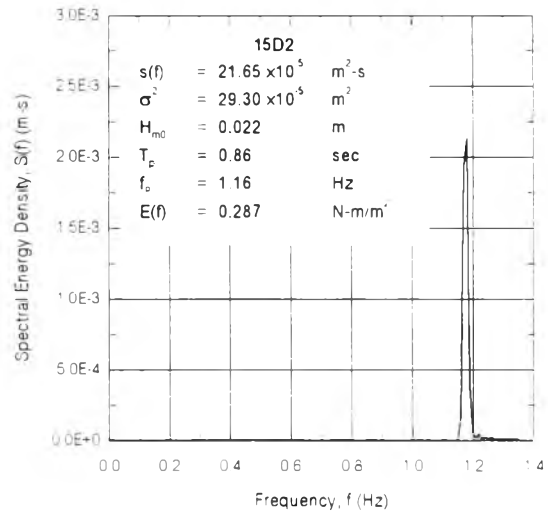
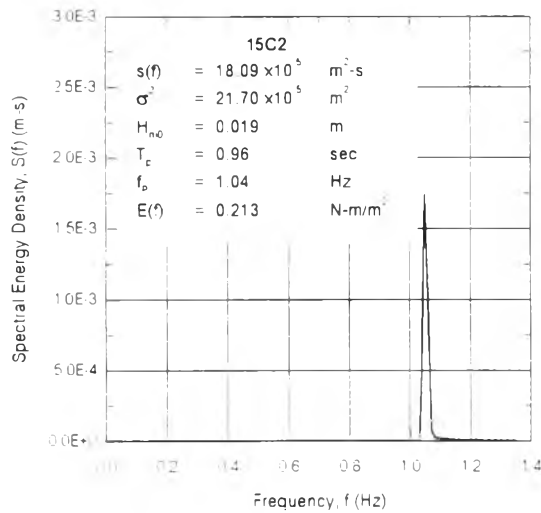
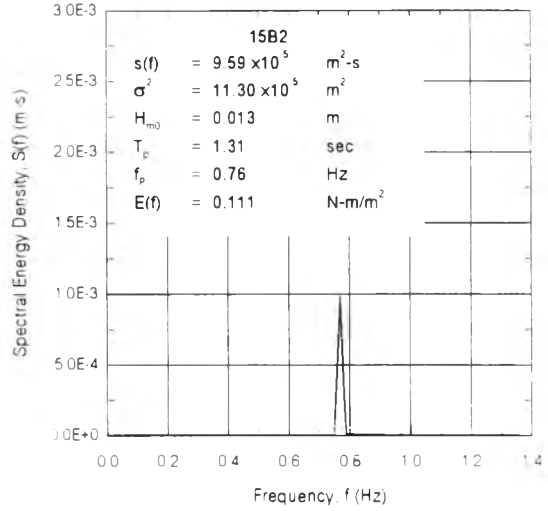
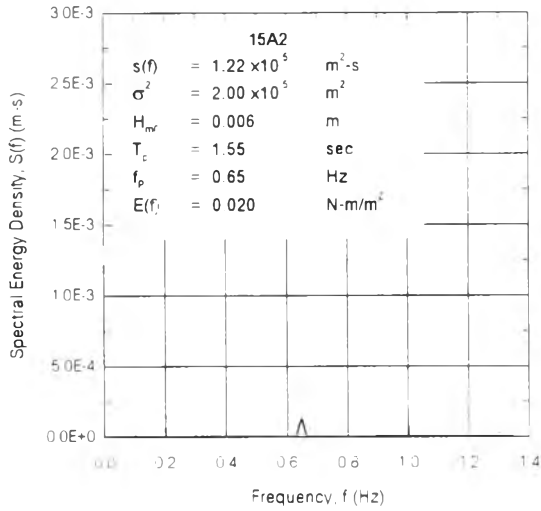
Run No.	15A2	15B2	15C2	15D2	15E2	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right)$
Effective spacing, G' (m)	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	$C_o = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) = \frac{L_o}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	15	15	15	15	15	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E} C_o = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	716	680	933	1,044	1,112	$S(f) \Delta f = \sum \frac{a_n^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.013	0.032	0.041	0.049	0.046	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_0$
Avg. wave period, T_s (sec)	1.58	1.31	0.96	0.86	0.81	$H_{rms} = 4\sigma$
Wave length, L_o (m.)	2.830	2.214	1.375	1.132	1.012	$T_o = \frac{1}{f_o}$
Wave celerity, C_o (m/s)	1.791	1.690	1.432	1.316	1.250	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$
Wave steepness, H_o/L_o	0.005	0.014	0.030	0.043	0.045	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_J (N-m/m ²)	0.207	1.255	2.060	2.943	2.594	$H_o = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_o (N-m/s per m. of wave crest)	0.186	1.061	1.476	1.936	1.621	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	1.22	9.59	18.09	21.65	22.44	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^8$ m ²)	2.00	11.30	21.70	29.30	26.00	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.006	0.013	0.019	0.022	0.020	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.31	0.96	0.86	0.81	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.16	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.020	0.111	0.213	0.287	0.255	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.31	0.96	0.86	0.81	
Wave length, L_o (m.)	3.750	2.678	1.438	1.154	1.024	
Wave height, H_o (m.)	0.014	0.035	0.043	0.051	0.047	
Wave steepness, H_o/L_o	0.004	0.013	0.030	0.044	0.046	

ตาราง ค-2 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0 = 15^\circ$ และ $G = 2.00$ เมตร (15A2 ถึง 15E2)

Run No.	15A2	15B2	15C2	15D2	15E2	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.092	0.075	0.091	0.095	0.095	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.464	1.090	0.847	0.758	0.706	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.926	0.832	0.882	0.882	0.871	$C_e = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef., K_s	1.183	1.141	0.985	0.952	0.939	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	5.827	6.218	9.332	10.630	11.272	$H_{ent} = H_b K_s K_r$
Refraction coef., K_r	0.954	0.955	0.958	0.960	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.286	1.488	1.813	2.319	1.927	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.552	2.875	3.503	4.479	3.723	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.951	1.286	0.974	0.859	0.846	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.027	0.045	0.042	0.044	0.040	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Wegge)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.035	0.058	0.054	0.056	0.051	
Wegge (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.938	1.375	1.180	1.075	1.055	$a = 43.75(1 - e^{-19.5m})$
Breaking height, H_b (m.)	0.027	0.048	0.051	0.054	0.050	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})}$
d'_b/H_b	0.663	0.697	0.762	0.812	0.818	$T_{gap} = P_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.018	0.034	0.039	0.044	0.041	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	2.016	2.030	2.038	2.042	2.059	
Bay depth, S (m.)	0.244	0.330	0.328	0.334	0.218	
Beach slope, 1: n_1	1.7.8	1.6.3	1.6.3	1.6.1	1.7.1	
Beach slope, 1: n_2	1.6.7	1.6.7	1.5.7	1.6.7	1.6.3	
Beach slope, 1: n_3	1.6.5	1.5.6	1.6.3	1.6.8	1.6.5	
Avg. beach slope, 1: n	1.7.0	1.6.1	1.6.1	1.6.5	1.6.6	
Bottom slope, m	1.41.2	1.37.6	1.37.5	1.37.2	1.37.0	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.018	0.019	0.029	0.031	0.032	
a_b (m.)	0.180	0.240	0.330	0.490	0.550	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.552	2.875	3.503	4.479	3.723	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m. of beach lengths)	0.274	1.416	1.719	2.194	1.808	$*K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$

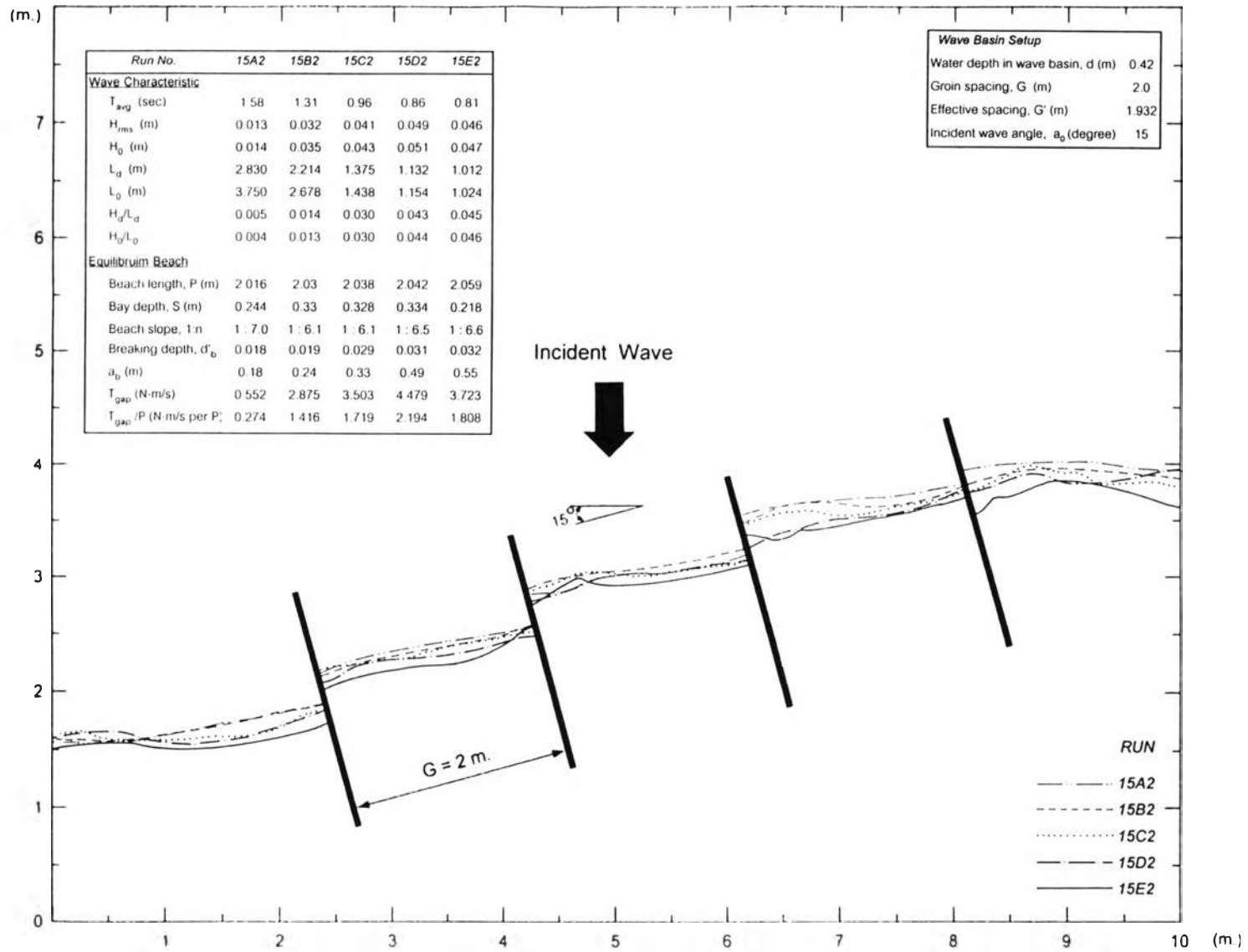


รูป ค-5 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 15A2 ถึง 15E2

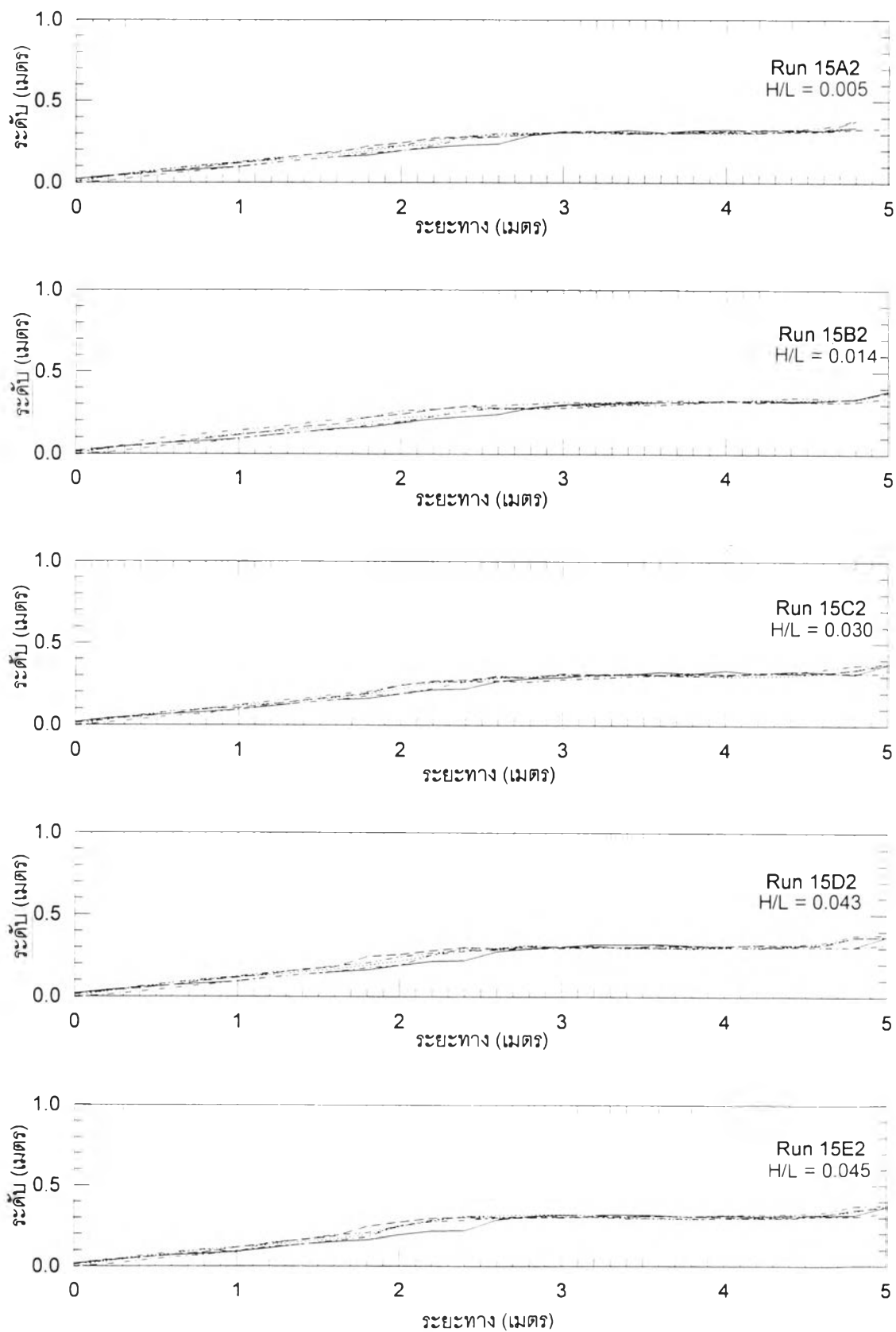


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α .	15	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Groin spacing, G	2.0	m			
	15A2	15B2	15C2	15D2	15E2
H_{rms}	0.013	0.032	0.041	0.049	0.046
T (sec)	1.58	1.31	0.96	0.86	0.81
H/L	0.005	0.014	0.030	0.043	0.045

รูป ค-6 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 15A2 ถึง 15E2



รูป ค-7 แนวชายฝั่งสมดุลงกรณี $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (15A2 ถึง 15E2)



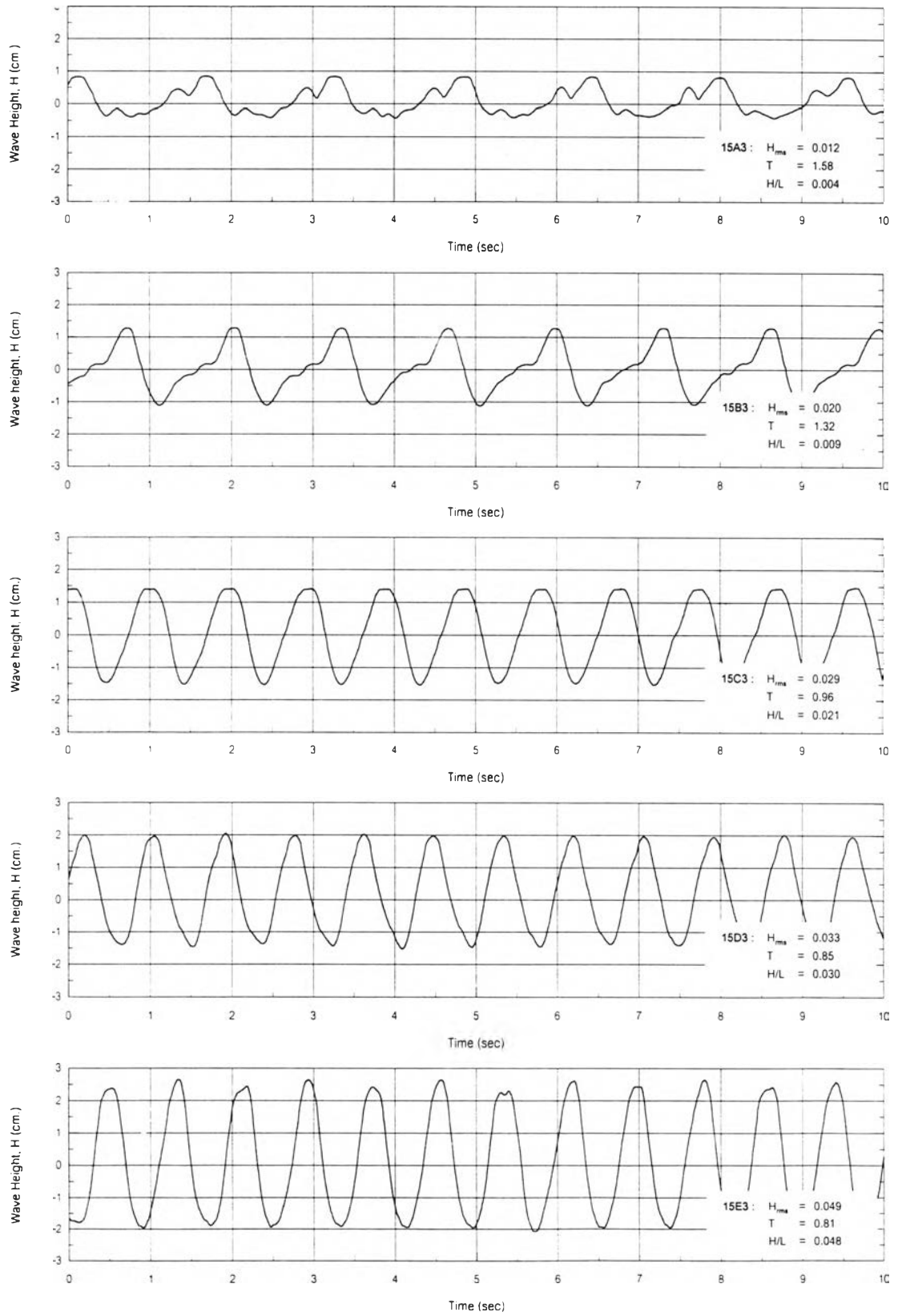
รูป ค-8 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 15A2 ถึง 15E2

ตาราง ค-3 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (15A3 ถึง 15E3)

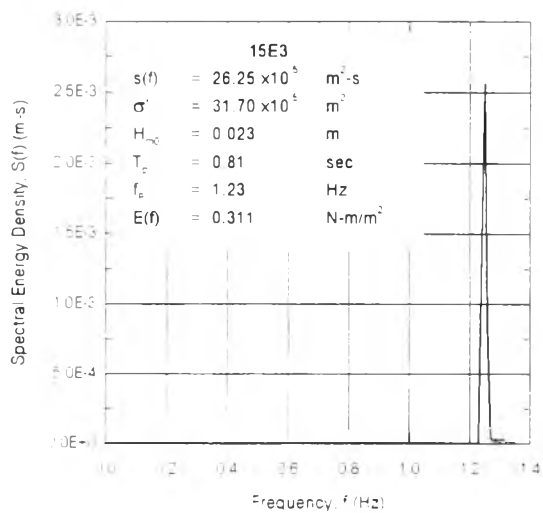
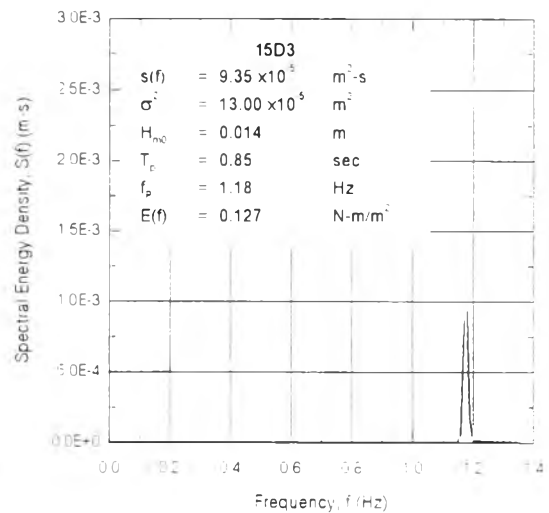
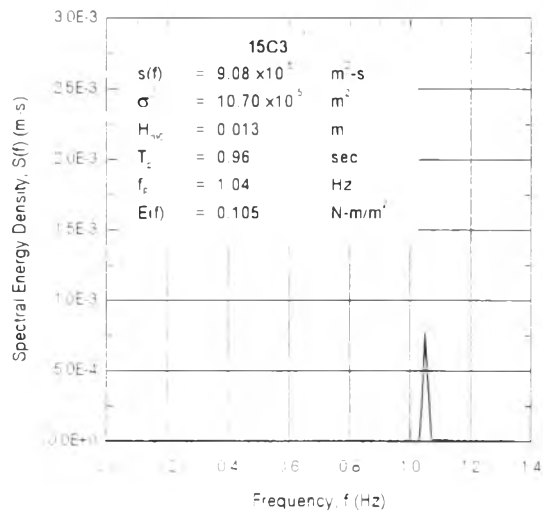
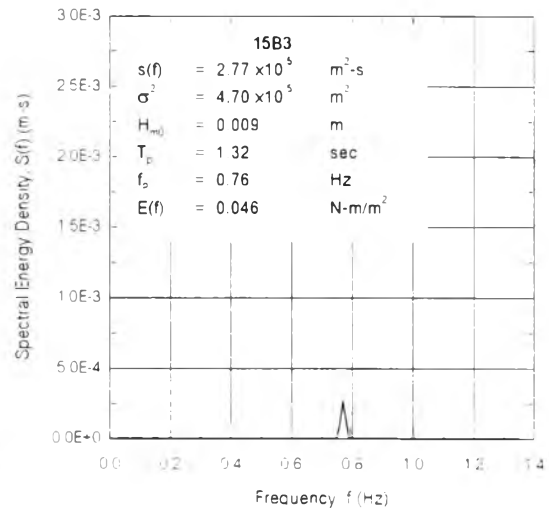
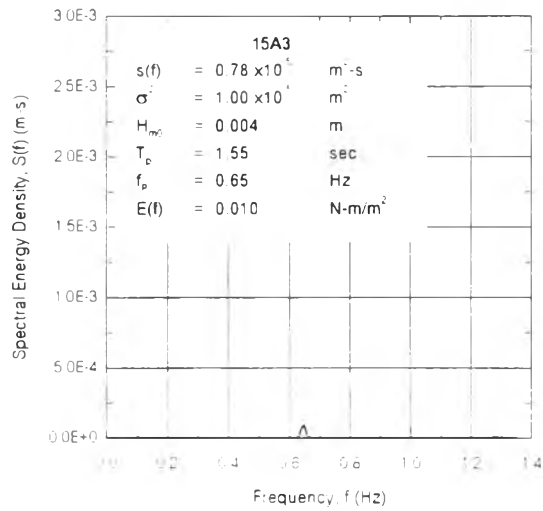
Run No.	15A3	15B3	15C3	15D3	15E3	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$ $L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right)$ $C_g = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) = \frac{L_o}{T}$ $\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$ $\bar{P} = \bar{E} C_g = \frac{1}{2} \bar{E} C$ $S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{i+\Delta f} \frac{a_i^2}{2}$ $\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_o$ $H_{rms} = 4\sigma$ $T_p = \frac{1}{f_p}$ $\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$ $L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$ $H_o = \frac{H}{K_s}$
Groin spacing, G (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Effective spacing, G' (m)	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	
Incident wave angle, α_0 (degree)	15	15	15	15	15	
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
Numbers of wave data	579	811	934	1045	1.113	
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.012	0.020	0.029	0.033	0.049	
Avg. wave period, T_s (sec)	1.58	1.32	0.96	0.85	0.81	
Wave length, L_s (m.)	2.828	2.237	1.375	1.107	1.012	
Wave celerity, C_g (m/s)	1.790	1.695	1.433	1.303	1.250	
Wave steepness, H_s/L_s	0.004	0.009	0.021	0.030	0.048	
Wave energy, E_T (N-m/m ²)	0.177	0.490	1.031	1.335	2.943	
Energy flux, P_D (N-m/s per m. of wave crest)	0.158	0.416	0.739	0.870	1.839	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	0.78	2.77	9.08	9.35	26.25	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^6$ m ²)	1.00	4.70	10.70	13.00	31.70	
Zerth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.004	0.009	0.013	0.014	0.023	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.32	0.96	0.85	0.81	
Peak frequency f_p (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.18	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.010	0.046	0.105	0.127	0.311	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.85	0.81	
Wave length, L_s (m.)	3.750	2.719	1.438	1.128	1.024	
Wave height, H_s (m.)	0.013	0.022	0.031	0.034	0.050	
Wave steepness, H_s/L_o	0.003	0.008	0.021	0.030	0.049	

ตาราง ค-3 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (15A3 ถึง 15E3)

Run No.	15A3	15B3	15C3	15D3	15E3	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg water depth, d_{ent} (m)	0.087	0.084	0.098	0.096	0.095	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m)	1.425	1.159	0.874	0.751	0.706	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.902	0.878	0.910	0.884	0.871	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef. K_s	1.197	1.119	0.975	0.948	0.939	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	5.667	6.531	9.682	10.810	11.272	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef. K_r	0.954	0.955	0.959	0.961	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, P_{ent} (N-m/s per m of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.242	0.590	0.918	1.042	2.187	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.703	1.709	2.659	3.019	6.336	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos\alpha_0)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	2.004	1.512	1.093	0.973	0.828	$\frac{d_b}{H_0} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m)	0.026	0.033	0.034	0.033	0.042	$\frac{d_b}{H_0} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m)	0.033	0.042	0.043	0.042	0.053	
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.975	1.688	1.300	1.200	1.025	$a = 43.75(1 - e^{-19.5m})$
Breaking height, H_b (m)	0.026	0.037	0.040	0.041	0.051	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})}$
d'_b/H_b	0.661	0.682	0.732	0.765	0.826	$T_{gap} = P_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m)	0.017	0.025	0.029	0.031	0.042	$*K_r = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)} \tanh\frac{2\pi d}{L}}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	3.050	3.070	3.100	3.110	3.171	
Bay depth, S (m)	0.529	0.597	0.625	0.664	0.875	
Beach slope, 1: n_1	1.67	1.67	1.75	1.70	1.70	
Beach slope, 1: n_2	1.75	1.67	1.67	1.63	1.75	
Beach slope, 1: n_3	1.89	1.67	1.59	1.63	1.77	
Avg beach slope, 1: n	1.76	1.67	1.66	1.65	1.74	
Bottom slope, m	1.348	1.228	1.249	1.289	1.426	
Breaking depth, d'_b (m)	0.021	0.021	0.027	0.032	0.032	
a_b (m)	0.180	0.180	0.300	0.400	0.570	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.703	1.709	2.659	3.019	6.336	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m of beach lengths)	0.230	0.557	0.858	0.971	1.998	$**K_r = \left[\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}\right]^{1/2}$

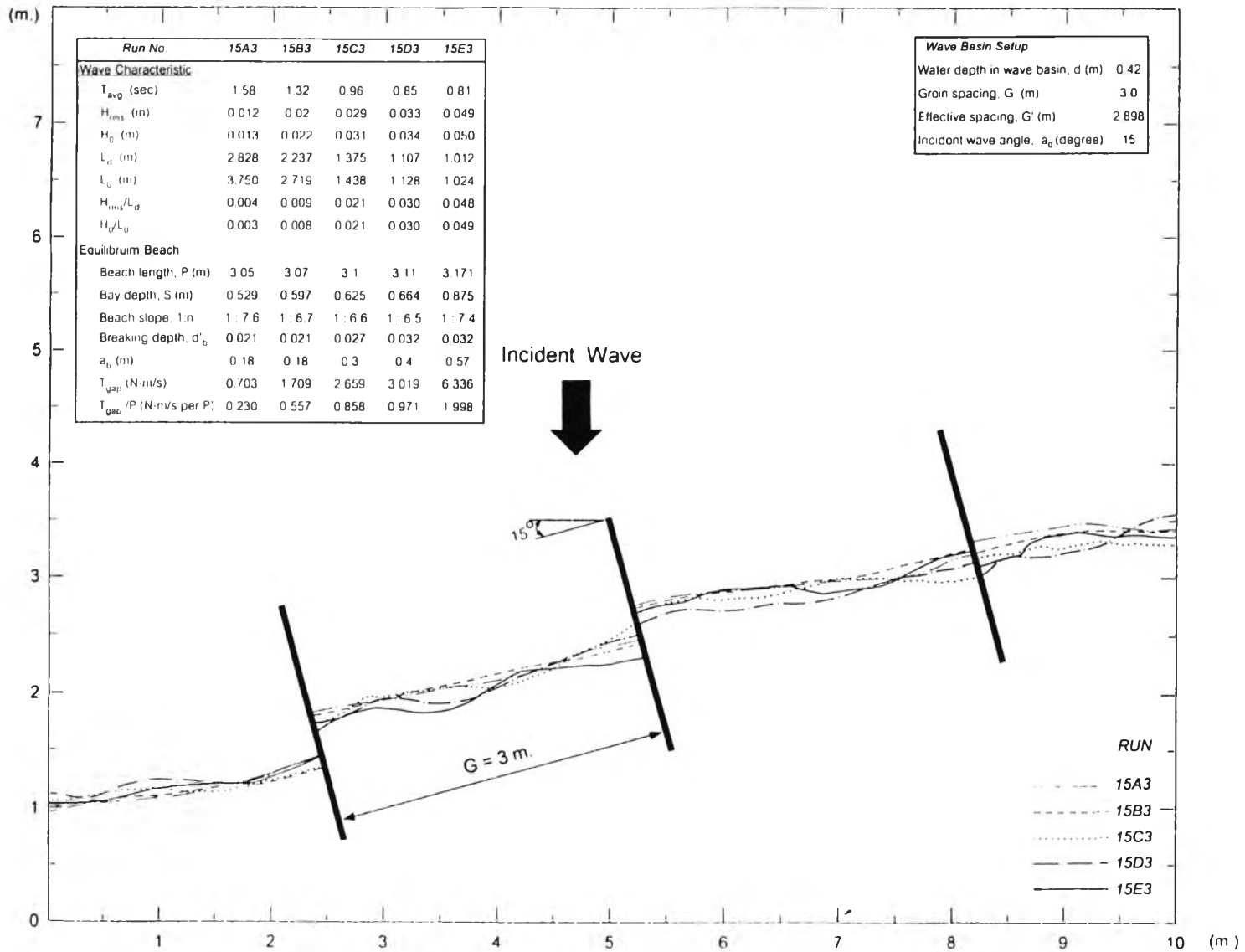


รูป ค-9 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 15A3 ถึง 15E3

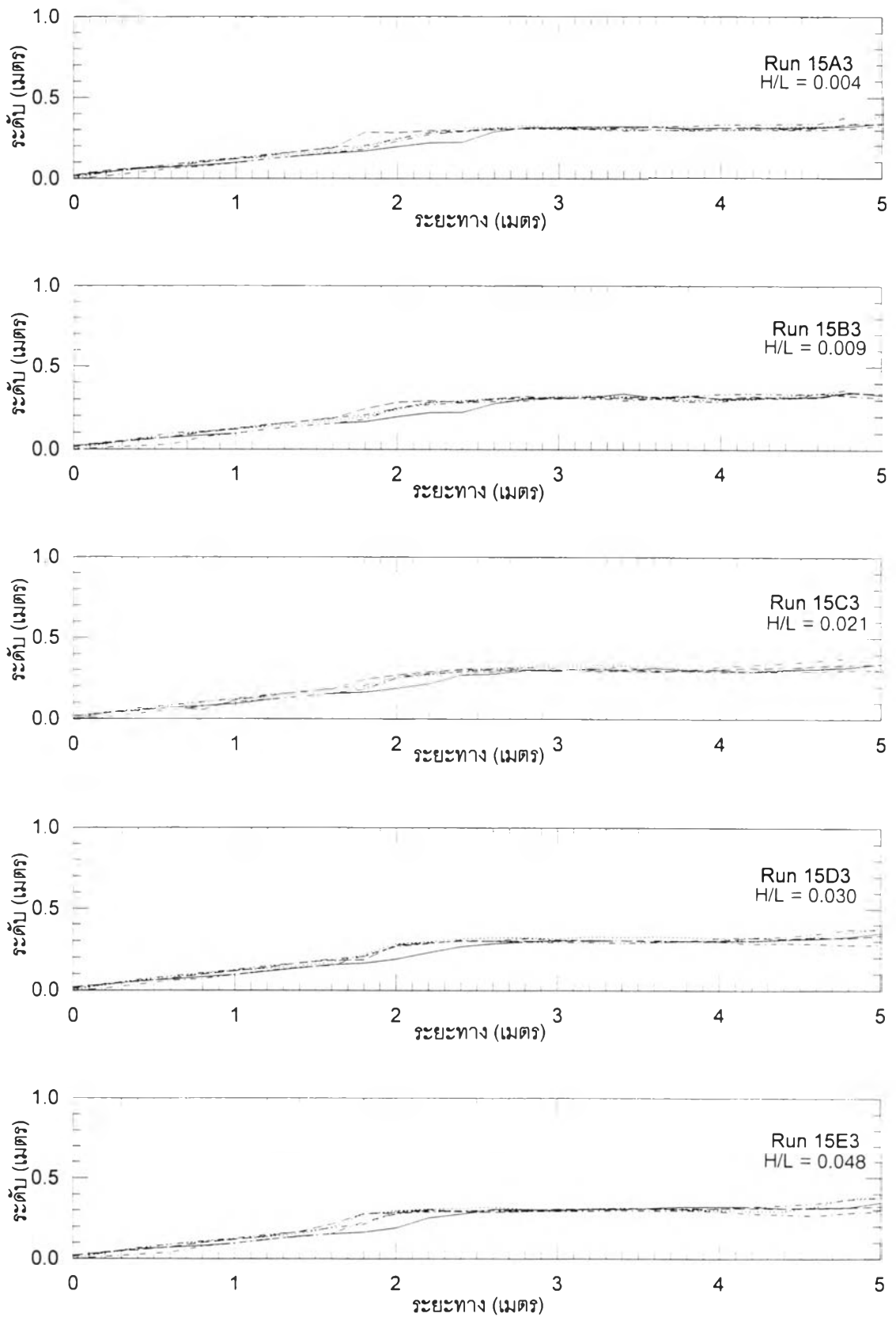


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	15	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Grain spacing, G	3.0	m			
	15A3	15B3	15C3	15D3	15E3
H_{rms}	0.012	0.020	0.029	0.033	0.049
T (sec)	1.58	1.32	0.96	0.85	0.81
H/L	0.004	0.009	0.021	0.030	0.048

รูป ค-10 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 15A3 ถึง 15E3



รูป ค-11 แนวชายฝั่งสมดุลด กรณี $\alpha_0 = 15^\circ$ และ $G = 3.00$ เมตร (15A3 ถึง 15E3)



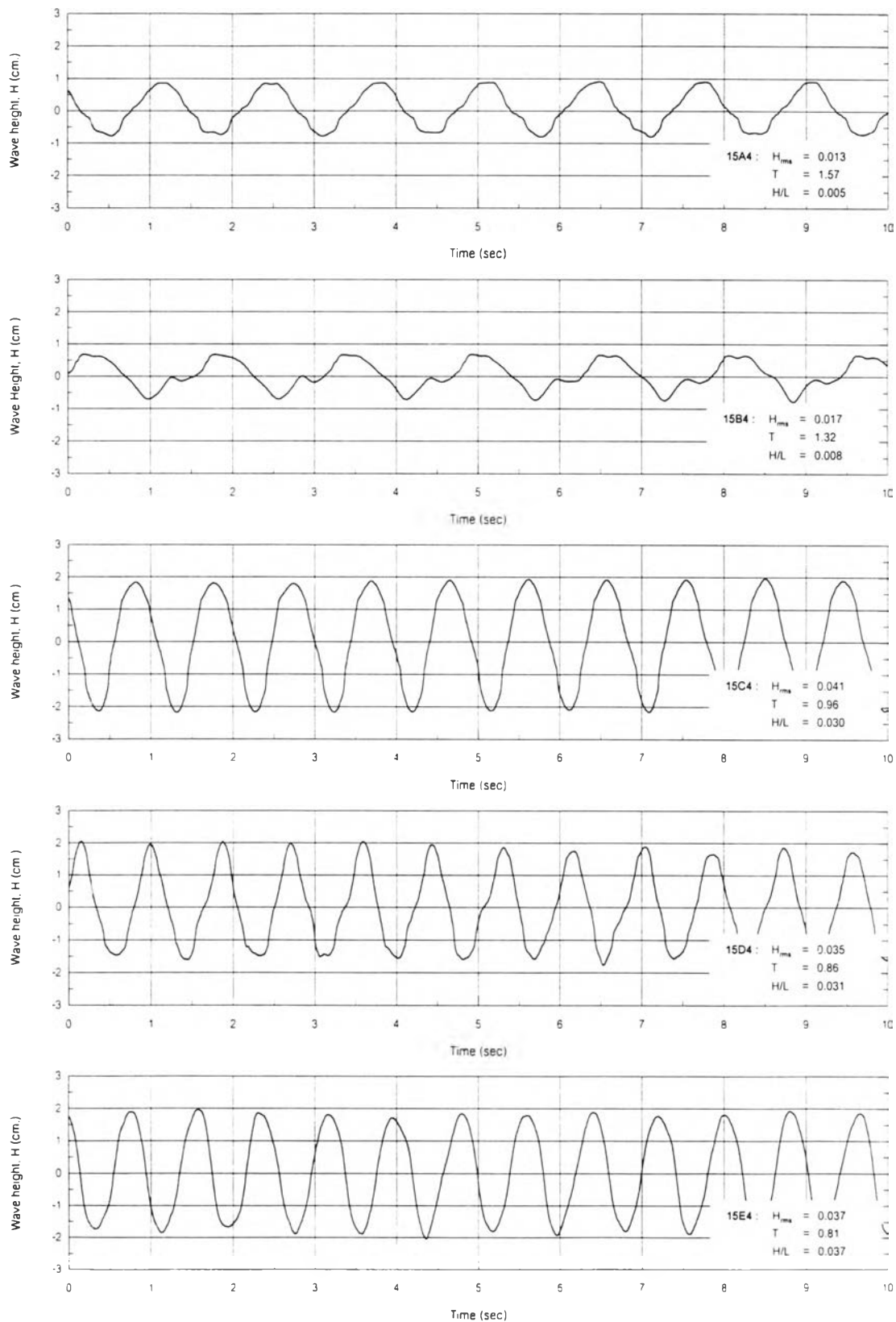
รูป ค-12 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 15A3 ถึง 15E3

ตาราง ค-4 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (15A4 ถึง 15E4)

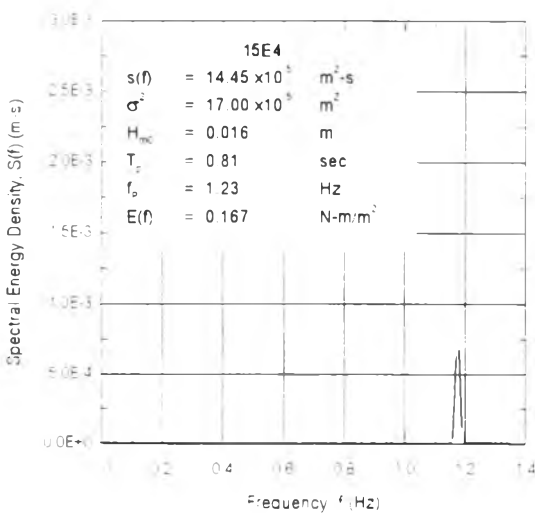
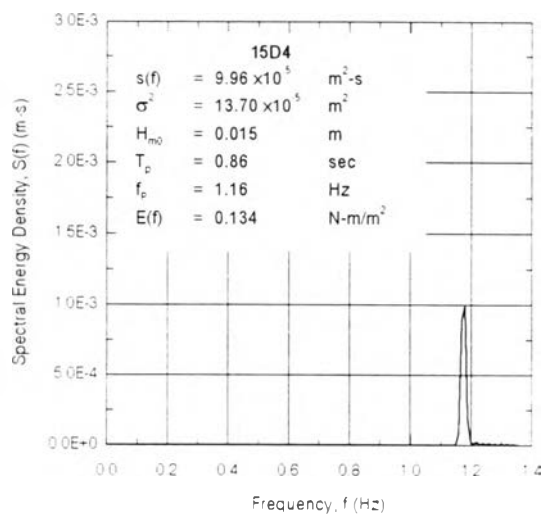
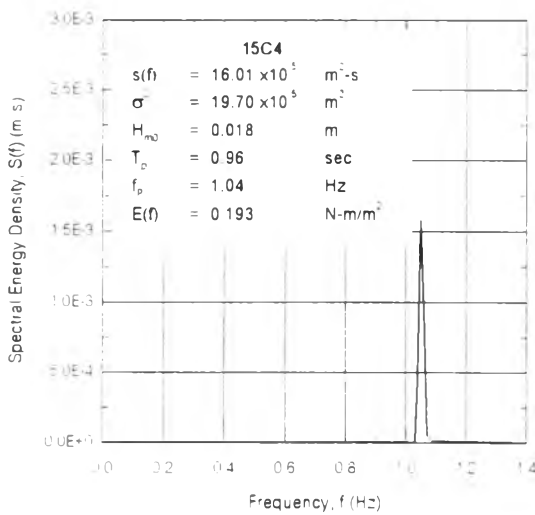
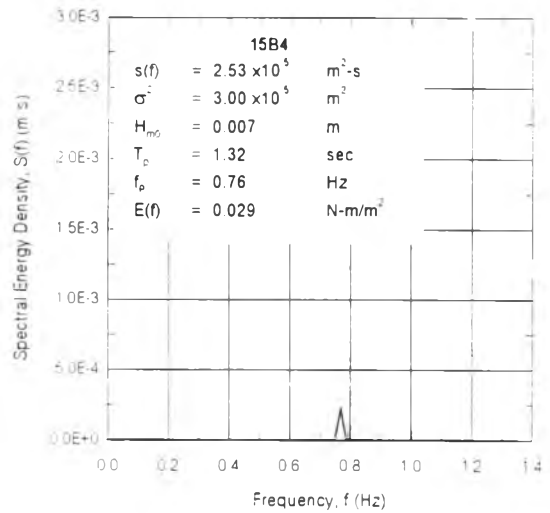
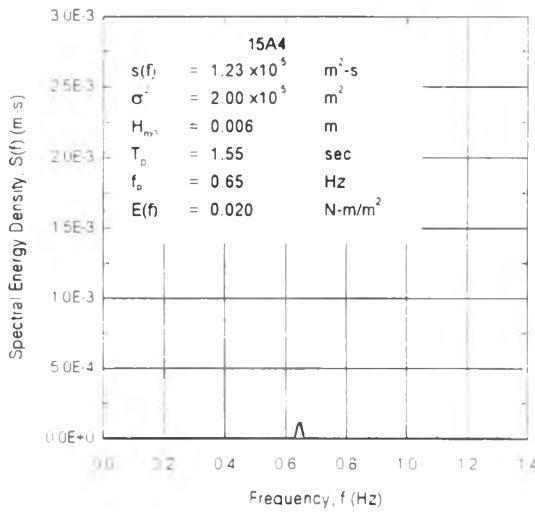
Run No.	15A4	15B4	15C4	15D4	15E4	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.41	0.42	0.42	0.41	0.42	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right)$
Effective spacing, G' (m)	3.864	3.864	3.864	3.864	3.864	$C_o = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) = \frac{L_o}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	15	15	15	15	15	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E} C_o = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	629	681	933	1.046	1.111	$S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta a_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.013	0.017	0.041	0.035	0.037	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_0$
Avg. wave period, T_c (sec)	1.57	1.32	0.96	0.86	0.81	$H_{rms} = 4\sigma$
Wave length, L_o (m)	2.795	2.239	1.375	1.131	1.012	$T_p = \frac{1}{f_p}$
Wave celerity, C_o (m/s)	1.780	1.696	1.432	1.315	1.250	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$
Wave steepness, H_o/L_o	0.005	0.008	0.030	0.031	0.037	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_o (N-m/m ²)	0.207	0.354	2.060	1.502	1.678	$H_o = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_o (N-m/s per m. of wave crest)	0.184	0.300	1.476	0.988	1.048	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	1.23	2.53	16.01	9.96	14.45	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^5$ m ²)	2.00	3.00	19.70	13.70	17.00	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.006	0.007	0.018	0.015	0.016	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.16	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.020	0.029	0.193	0.134	0.167	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Wave length, L_o (m.)	3.750	2.719	1.438	1.154	1.024	
Wave height, H_o (m)	0.014	0.019	0.043	0.036	0.038	
Wave steepness, H_o/L_o	0.004	0.007	0.030	0.031	0.037	

ตาราง ค-4 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0 = 15^\circ$ และ $G = 4.00$ เมตร (15A4 ถึง 15E4)

Run No.	15A4	15B4	15C4	15D4	15E4	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg water depth d_e (m)	0.085	0.090	0.089	0.090	0.091	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m)	1.400	1.197	0.838	0.742	0.694	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.892	0.907	0.873	0.863	0.856	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef., K_s	1.200	1.104	0.989	0.958	0.943	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0) \sin \alpha_0$	5.599	6.759	9.229	10.350	11.038	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef., K_r	0.954	0.955	0.958	0.960	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, \bar{P}_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.282	0.428	1.808	1.172	1.236	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
(rate of energy per unit crest width)						
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.090	1.654	6.984	4.527	4.775	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.952	1.596	0.974	0.961	0.910	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m)	0.027	0.030	0.042	0.035	0.034	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \frac{aH_b^2}{gT^2}}$ (Wegge)
Breaking depth, d'_b (m)	0.035	0.038	0.054	0.045	0.044	
Wegge (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	2.000	1.745	1.200	1.125	1.100	$a = 43.75(1 - e^{-18.5m})$
Breaking height, H_b (m)	0.028	0.032	0.052	0.041	0.042	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-18.5m})}$
d'_b/H_b	0.663	0.677	0.765	0.761	0.783	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m)	0.019	0.022	0.040	0.031	0.033	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m)	4.050	4.080	4.130	4.120	4.135	
Bay depth, S (m)	0.605	0.733	0.778	0.805	0.922	
Beach slope, 1: n_1	1.67	1.70	1.66	1.69	1.78	
Beach slope, 1: n_2	1.70	1.75	1.60	1.60	1.83	
Beach slope, 1: n_3	1.70	1.68	1.71	1.78	1.63	
Avg. beach slope, 1: n	1.69	1.71	1.66	1.68	1.74	
Bottom slope, m	1.317	1.283	1.260	1.398	1.341	
Breaking depth, d'_b (m)	0.017	0.023	0.028	0.030	0.029	
a_b (m)	0.130	0.230	0.360	0.470	0.460	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.090	1.654	6.984	4.527	4.775	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.269	0.405	1.691	1.099	1.155	
(N-m/s per m. of beach lengths)						
						$*K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$

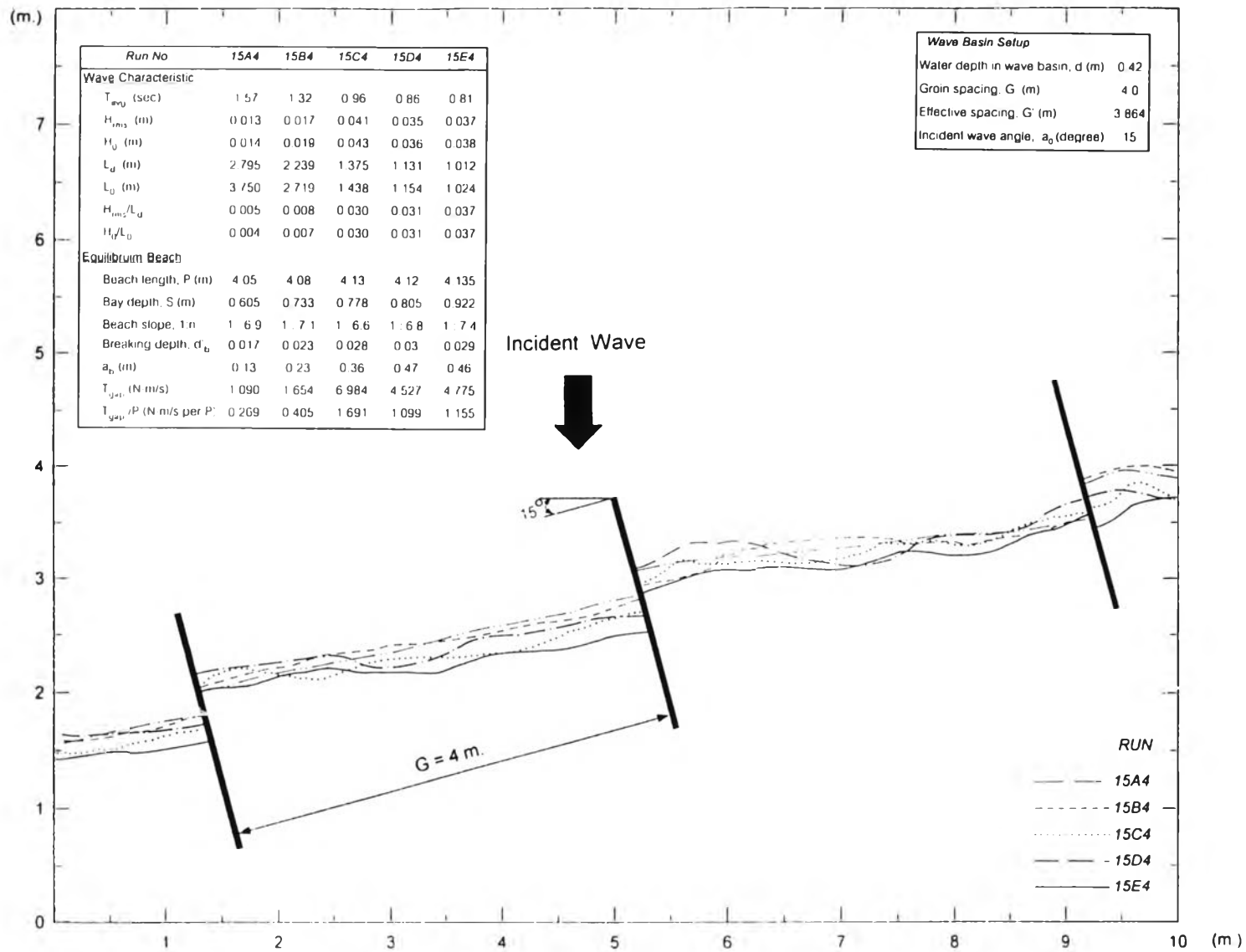


รูป ค-13 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 15A4 ถึง 15E4

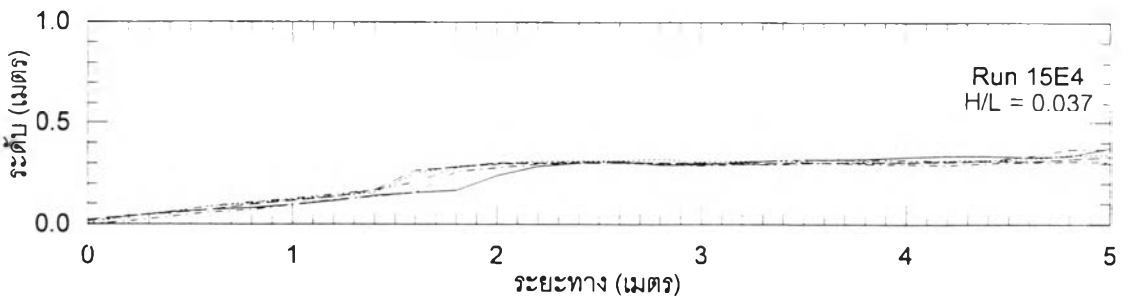
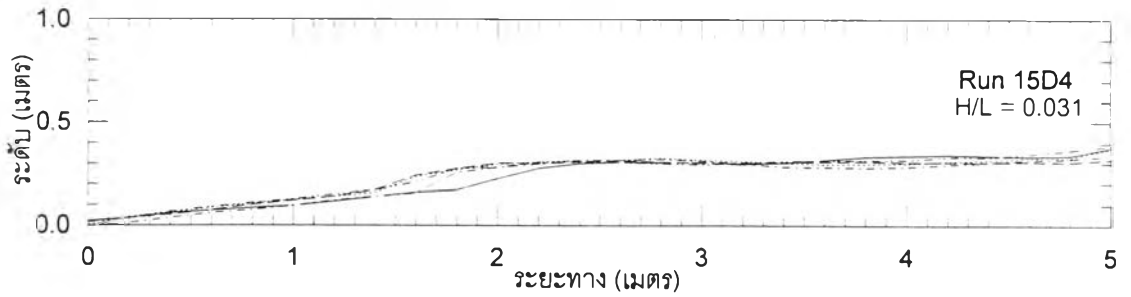
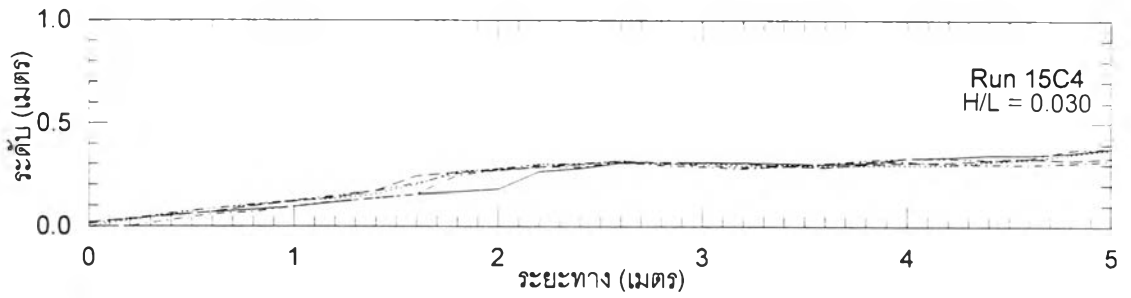
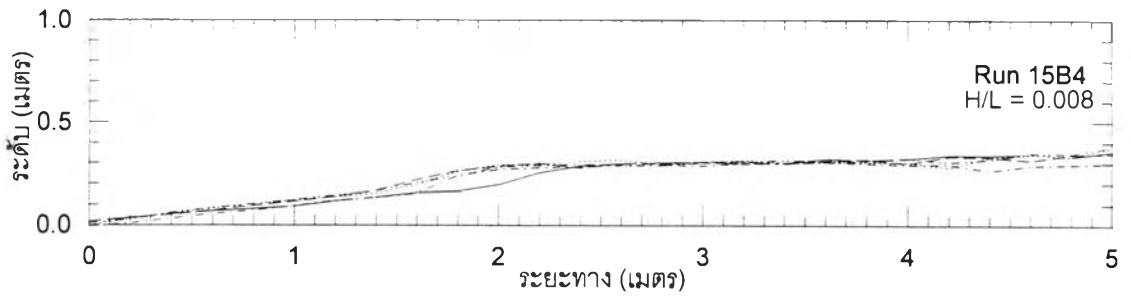
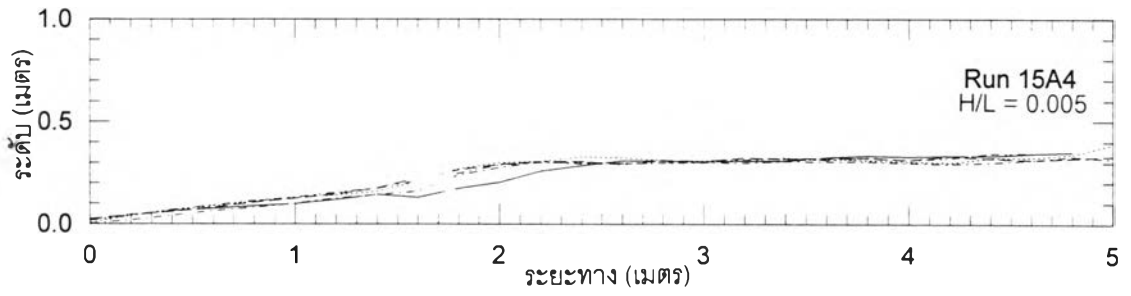


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α .	15	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Groin spacing, G	4.0	m			
	15A4	15B4	15C4	15D4	15E4
H_{rms}	0.013	0.017	0.041	0.035	0.037
T (sec)	1.57	1.32	0.96	0.86	0.81
H/L	0.005	0.008	0.030	0.031	0.037

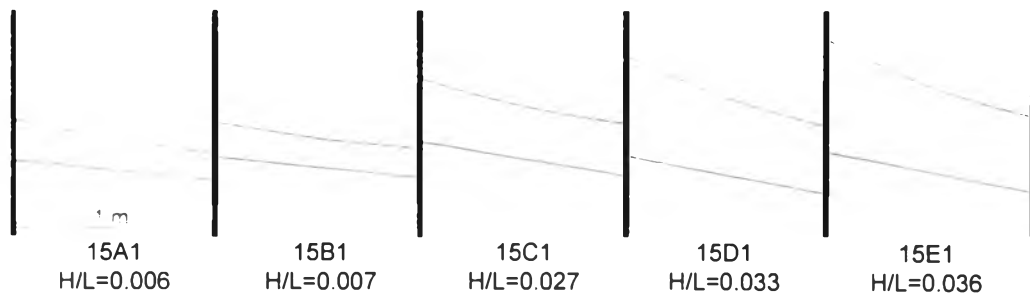
รูป ค-14 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 15A4 ถึง 15E4



รูป ค-15 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=15^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (15A4 ถึง 15E4)



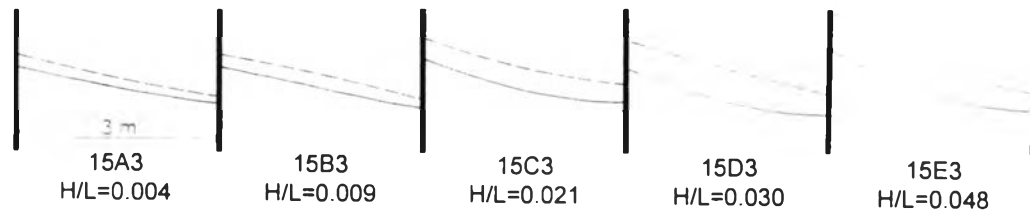
รูป ค-16 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 15A4 ถึง 15E4



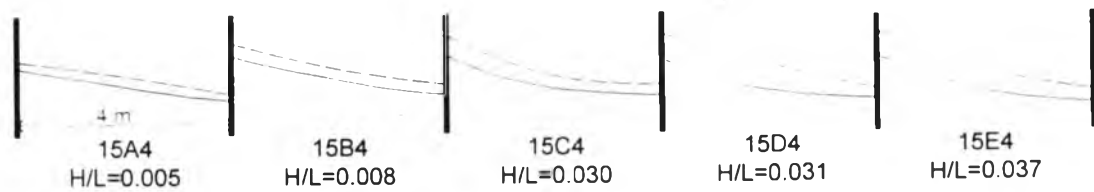
ก) กรณี $G = 1.00$ ม.



ข) กรณี $G = 2.00$ ม.



ค) กรณี $G = 3.00$ ม.



ง) กรณี $G = 4.00$ ม.

--- Breaking line
 — Still water level line

รูป ค-17 แนวชายฝั่งสมดุจเจดีย์ กรณี $\alpha_0 = 15^\circ$

ภาคผนวก ง

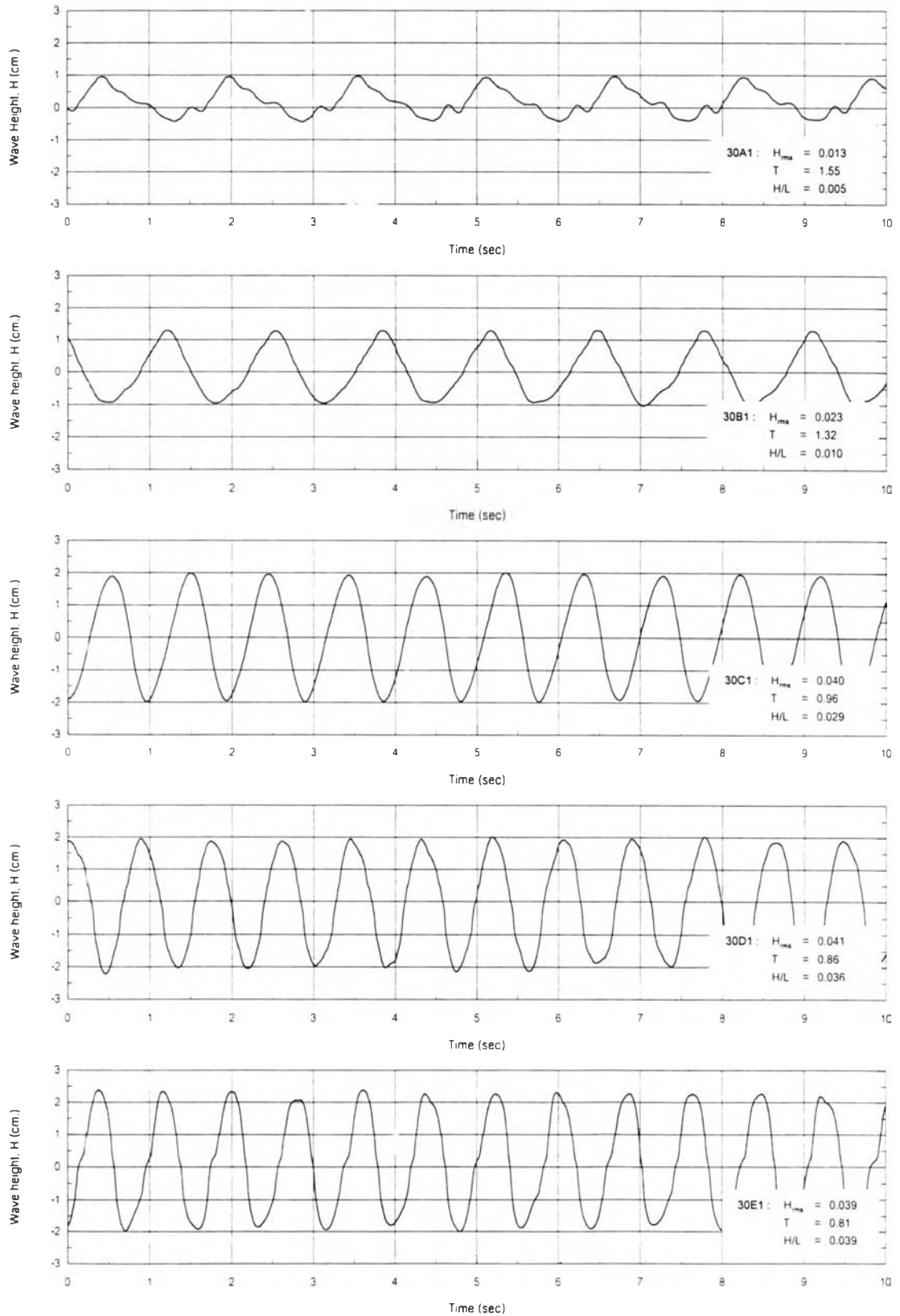
ผลการศึกษากรณิทิศทางคลื่น 30°

ตาราง ง-1 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (30A1 ถึง 30E1)

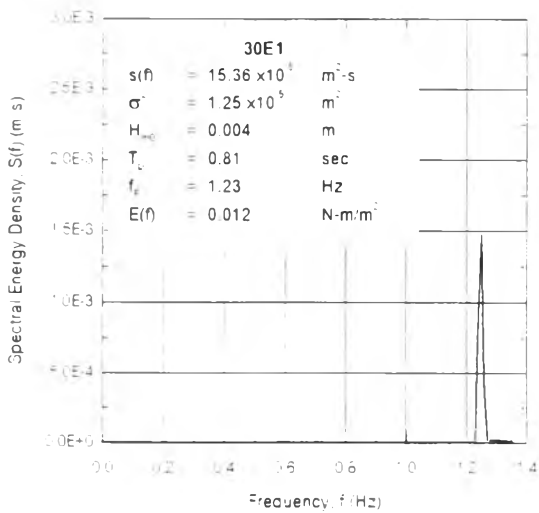
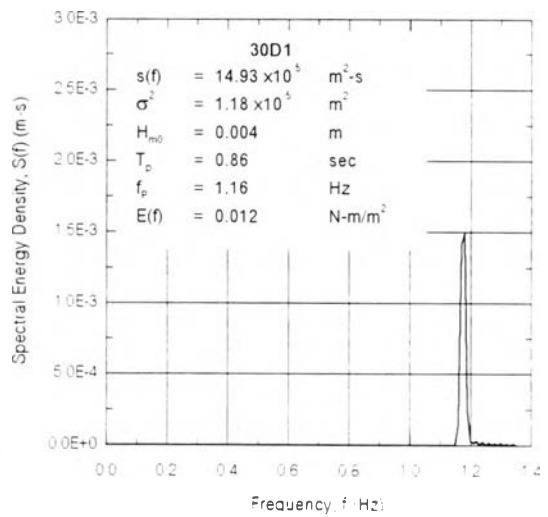
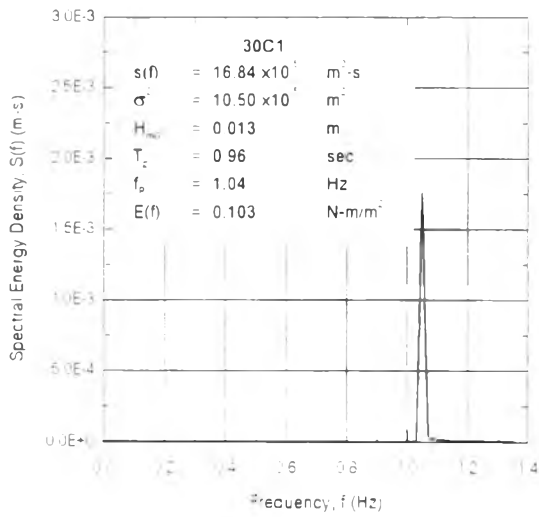
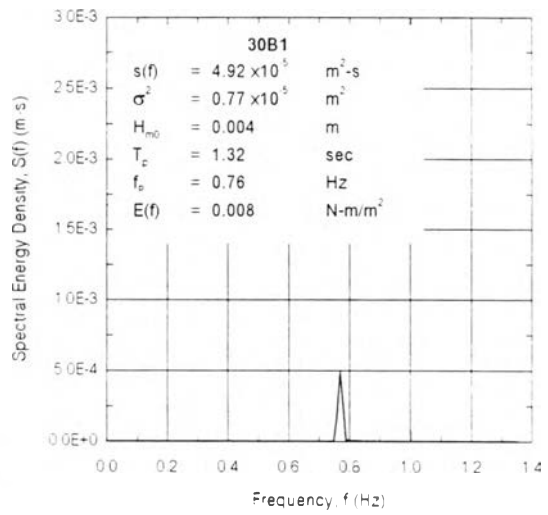
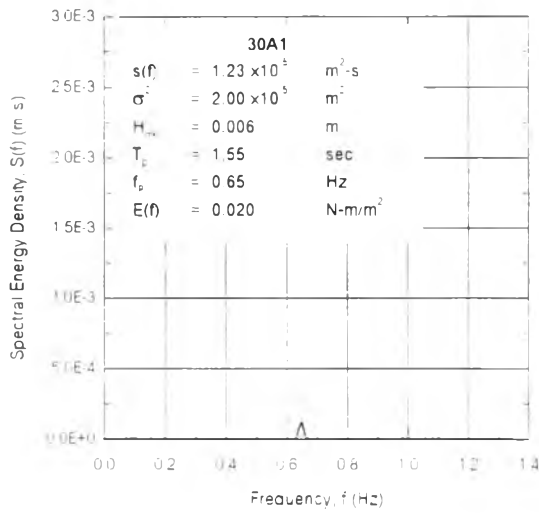
Run No.	30A1	30B1	30C1	30D1	30E1	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right)$
Effective spacing, G' (m)	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	$C_g = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right) = \frac{L_g}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	30	30	30	30	30	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E} C_g = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	798	681	934	1.044	1.111	$S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.013	0.023	0.040	0.041	0.039	$\sigma^2 = \int S(f) df = m$
Significant wave period, T_c (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	$H_s = 4\sigma$
Wave length, L_g (m.)	2.775	2.242	1.376	1.133	1.012	$T = \frac{1}{f}$
Wave celerity, C_g (m/s)	1.791	1.699	1.434	1.317	1.249	$E(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int S(f) df = \rho g \frac{1}{2\pi}$
Wave steepness, H_g/L_g	0.005	0.010	0.029	0.036	0.039	$L = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_g (N-m/m)	0.207	0.648	1.961	2.060	1.864	$H_s = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_g (N-m/s per m. of wave crest)	0.185	0.551	1.406	1.357	1.165	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_D , $S(f)$ ($\times 10^5 m^2 \cdot s$)	1.23	4.92	16.84	14.93	15.36	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^6 m^2$)	0.65	0.77	10.50	1.18	1.25	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.003	0.004	0.013	0.004	0.004	
Peak spectra period, T_D (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Peak frequency f_D (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.16	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m)	0.006	0.008	0.103	0.012	0.012	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Wave length, L_g (m)	3.750	2.719	1.438	1.154	1.024	
Wave height, H. (m.)	0.014	0.025	0.042	0.042	0.040	
Wave steepness, H_g/L_g	0.004	0.009	0.029	0.037	0.039	

ตาราง ง-1 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (30A1 ถึง 30E1)

Run No.	30A1	30B1	30C1	30D1	30E1	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m)	0.071	0.073	0.081	0.086	0.093	$L_{env} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{env}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.268	1.085	0.805	0.728	0.700	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.818	0.822	0.838	0.846	0.864	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{env}}\right)$
Shoaling coef. , K_s	1.241	1.151	1.003	0.963	0.941	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	9.733	6.088	8.807	10.116	11.157	$H_{env} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef. , K_r	0.937	0.955	0.958	0.959	0.961	$\bar{E}_{env} = \frac{\rho g H_{env}^2}{8}$
Energy flux , \bar{P}_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.268	0.772	1.696	1.590	1.382	$\bar{P}_{env} = \bar{E}_{env} C_{env}$
(rate of energy per unit crest width)						$T_{gap} = \bar{P}_{env} G' = \bar{P}_{env} (G \cos \alpha_c)$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.259	0.746	1.638	1.536	1.335	$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3(H_0/L_0)^{1/3}}$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.950	1.443	0.982	0.912	0.894	$\frac{d_b}{H_b} = 1.22 \quad (\text{Munk})$
Breaking height, H_b (m)	0.027	0.036	0.042	0.039	0.036	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{aH_b}{gT^2} \quad (\text{Weggel})$
Breaking depth, d'_b (m)	0.035	0.047	0.053	0.049	0.046	$a = 43.75(1 - 0.56e^{-0.55m})$
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	2.090	1.675	1.213	1.163	1.150	$b = \frac{0.56}{(1 + e^{-0.55m})}$
Breaking height, H_b (m)	0.029	0.042	0.051	0.049	0.046	$T_{gap} = \bar{P}_{env} G$
d'_b/H_b	0.664	0.682	0.736	0.754	0.759	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}}$
Breaking depth, d'_b (m)	0.020	0.029	0.038	0.037	0.035	$**K_r = \left[\frac{\cos \alpha_c}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m)	1.012	1.021	1.025	1.046	1.084	
Bay depth, S (m)	0.152	0.201	0.206	0.207	0.235	
Beach slope, 1: n_1	1.68	1.62	1.71	1.69	1.69	
Beach slope, 1: n_2	1.59	1.53	1.66	1.67	1.73	
Beach slope, 1: n_3	1.62	1.56	1.56	1.69	1.71	
Avg beach slope, 1: n	1.63	1.57	1.64	1.68	1.71	
Bottom slope, m	1.226	1.192	1.227	1.235	1.227	
Breaking depth, d'_b (m)	0.021	0.022	0.026	0.028	0.026	
a_b (m)	0.170	0.150	0.330	0.380	0.390	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.259	0.746	1.638	1.536	1.335	
Avg energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.256	0.731	1.598	1.469	1.231	
(N-m/s per m. of beach lengths)						

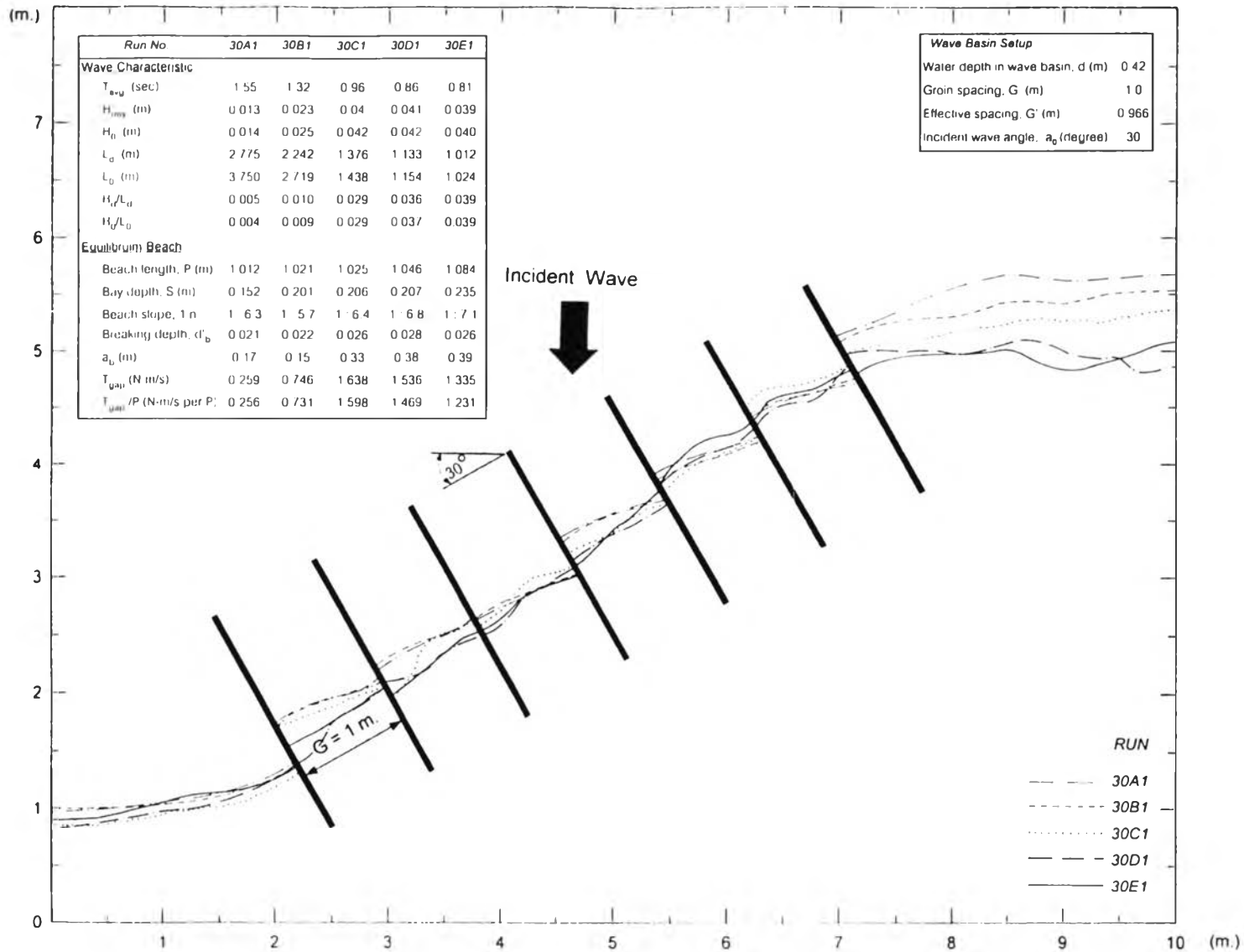


รูป ง-1 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 30A1 ถึง 30E1

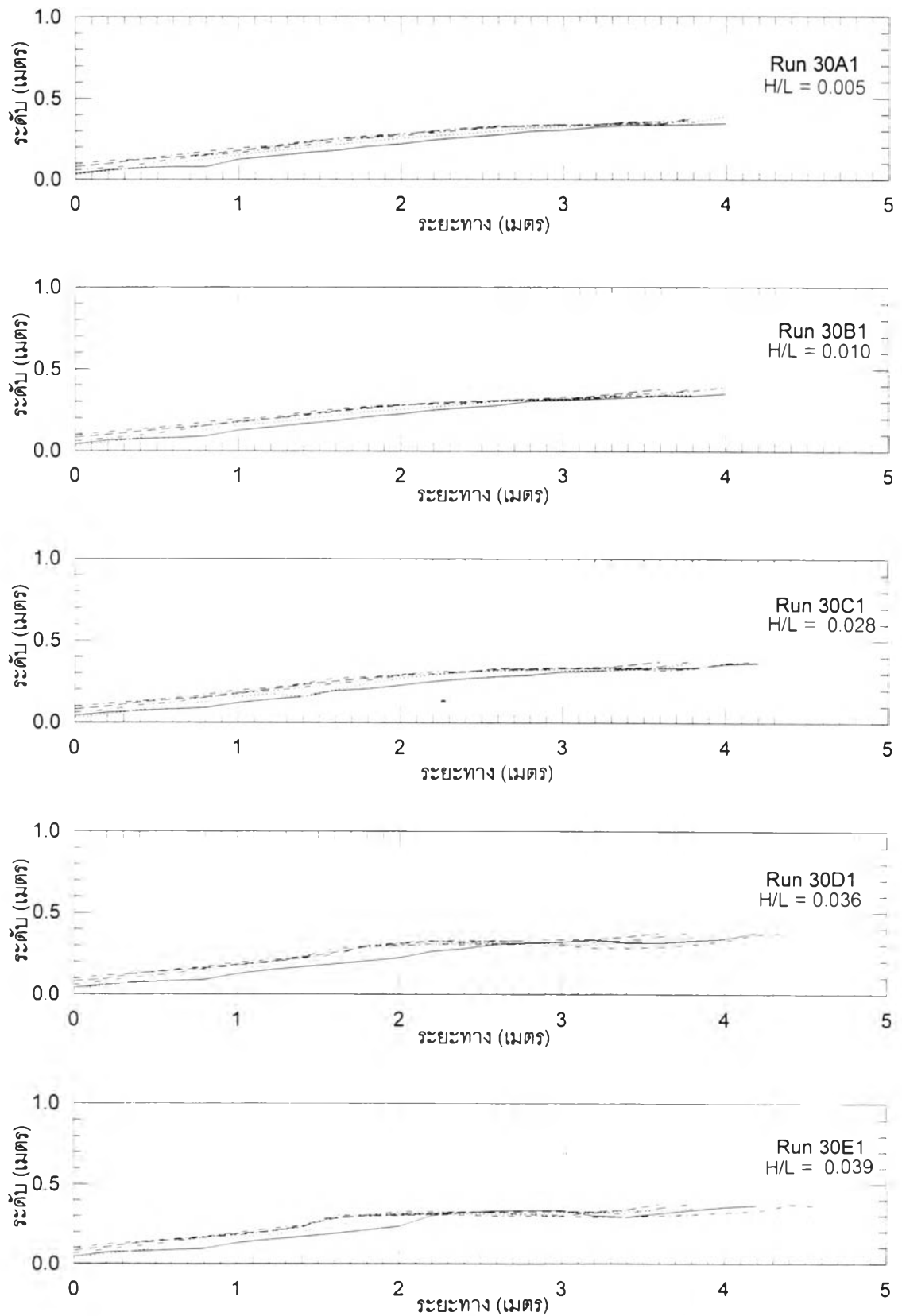


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	30	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Groin spacing, G	1.0	m			
	30A1	30B1	30C1	30D1	30E1
H_{rms}	0.013	0.023	0.040	0.041	0.039
T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81
H/L	0.005	0.010	0.029	0.036	0.039

รูป ง-2 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 30A1 ถึง 30E1



รูป ง-3 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (30A1 ถึง 30E1)



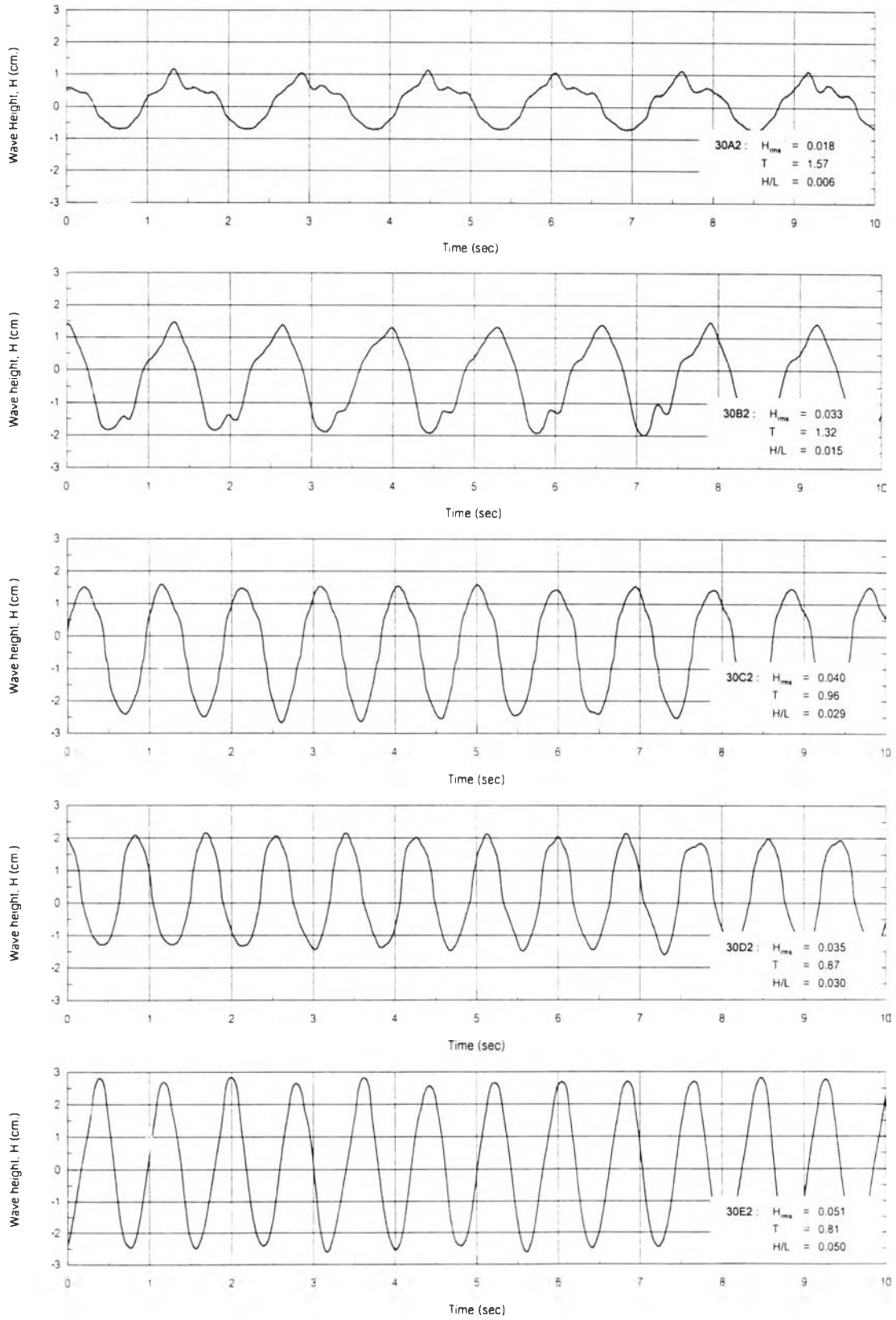
รูป ง-4 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 30A1 ถึง 30E1

ตาราง ง-2 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (30A2 ถึง 30E2)

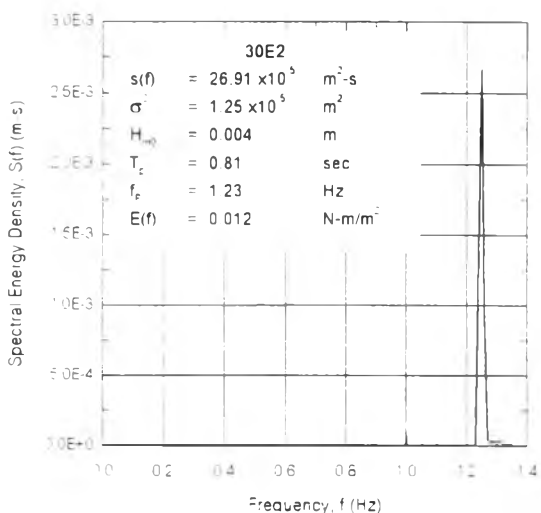
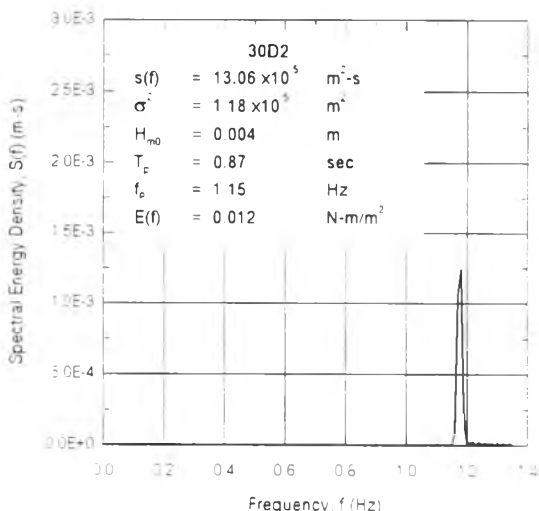
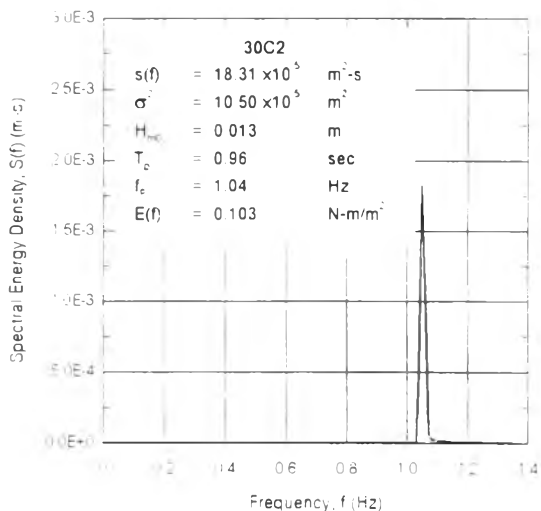
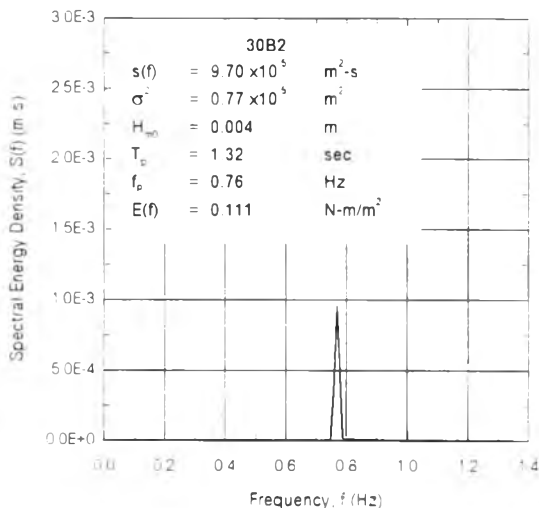
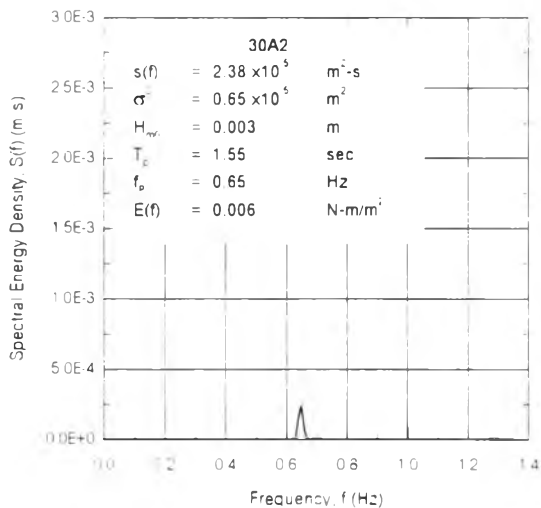
Run No.	30A2	30B2	30C2	30D2	30E2	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right)$
Effective spacing, G' (m)	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	$C_g = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right) = \frac{L_g}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	30	30	30	30	30	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1200	1200	1200	1200	1200	$\bar{P} = \bar{E} C_g = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	572	681	934	1045	1112	$S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{n+\Delta} \frac{a_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.018	0.033	0.040	0.035	0.051	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_0$
Significant wave period, T_s (sec)	1.57	1.32	0.96	0.87	0.81	$H_{rms} = 4\sigma$
Wave length, L_g (m.)	2.816	2.237	1.376	1.155	1.012	$T_s = \frac{1}{f_s}$
Wave celerity, C_g (m/s)	1.793	1.695	1.434	1.328	1.249	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$
Wave steepness H_g/L_g	0.006	0.015	0.029	0.030	0.050	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_g (N-m/m ²)	0.397	1.335	1.961	1.502	3.188	$H_g = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_g (N-m/s per m. of wave crest)	0.356	1.131	1.406	0.997	1.991	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_D , $S(f)$ ($\times 10^{-6} m^2 \cdot s$)	2.38	9.70	18.31	13.06	26.91	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^{-6} m^2$)	0.65	0.77	10.50	1.18	1.25	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.003	0.004	0.013	0.004	0.004	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Peak frequency, f_D (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.15	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.006	0.008	0.103	0.012	0.012	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Wave length, L_0 (m.)	3.750	2.719	1.438	1.181	1.024	
Wave height, H_0 (m)	0.019	0.036	0.042	0.036	0.052	
Wave steepness H_0/L_0	0.005	0.013	0.029	0.031	0.051	

ตาราง ง-2 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0 = 30^\circ$ และ $G = 2.00$ เมตร (30A2 ถึง 30E2)

Run No.	30A2	30B2	30C2	30D2	30E2	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.083	0.081	0.101	0.098	0.095	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.384	1.140	0.885	0.778	0.706	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.882	0.863	0.922	0.895	0.871	$C_o = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef. , K_s	1.206	1.127	0.971	0.951	0.939	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_o) \sin \alpha_0$	5.532	6.413	9.824	10.670	11.272	$H_{ent} = H_o K_s K_r$
Refraction coef. , K_r	0.954	0.955	0.959	0.960	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Energy flux , \bar{P}_{ent} (N-m/s per m. of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.542	1.601	1.751	1.205	2.375	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.046	3.093	3.383	2.328	4.589	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_c)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_o	1.750	1.279	0.982	0.967	0.817	$\frac{d_b}{L_c} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.034	0.046	0.042	0.035	0.043	$\frac{d_b}{L_c} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.044	0.059	0.053	0.045	0.055	
Weggele (1972)						
Breaker height index, H_b/H_o	1.925	1.400	1.213	1.213	1.100	$a = 43.75(1 - e^{-0.15m})$ $b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})}$
Breaking height, H_b (m.)	0.037	0.051	0.051	0.044	0.057	
d'_b/H_b	0.668	0.694	0.736	0.739	0.788	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.025	0.035	0.038	0.033	0.045	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh \frac{2\pi d}{L}}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m)	2.040	2.048	2.070	2.082	2.128	$**K_r = \left[\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Bay depth, S (m.)	0.398	0.408	0.494	0.464	0.596	
Beach slope, 1: n_1	1.61	1.62	1.71	1.82	1.67	
Beach slope, 1: n_2	1.60	1.64	1.66	1.74	1.69	
Beach slope, 1: n_3	1.54	1.61	1.74	1.67	1.77	
Avg beach slope, 1: n	1.58	1.62	1.70	1.74	1.71	
Bottom slope, m	1.237	1.362	1.24	1.218	1.21	
Breaking depth, d'_b (m)	0.021	0.021	0.028	0.030	0.028	
a_b (m)	0.190	0.160	0.310	0.440	0.430	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.046	3.093	3.383	2.328	4.589	
Avg energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m. of beach lengths)	0.513	1.510	1.634	1.118	2.156	

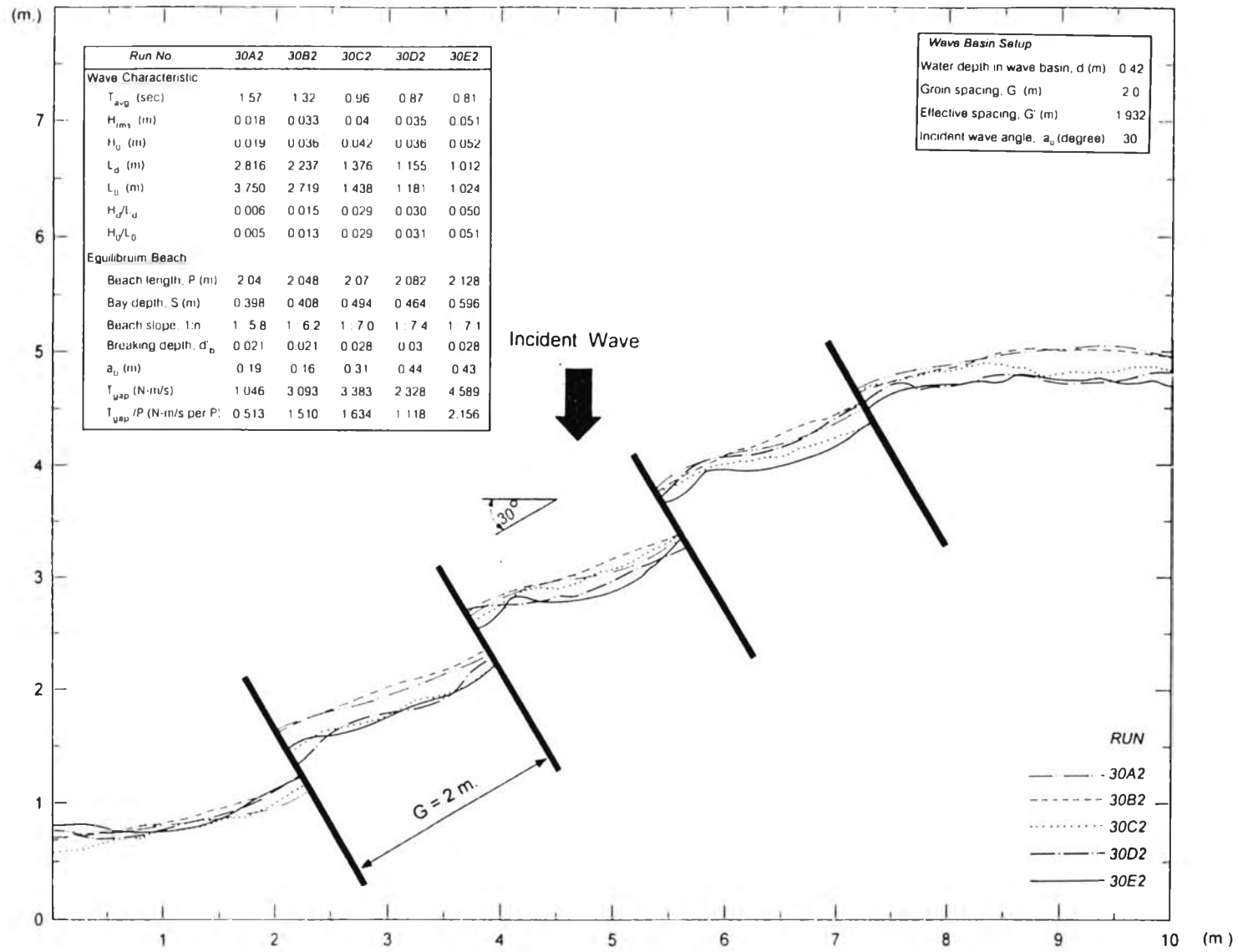


รูป ง-5 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 30A2 ถึง 30E2

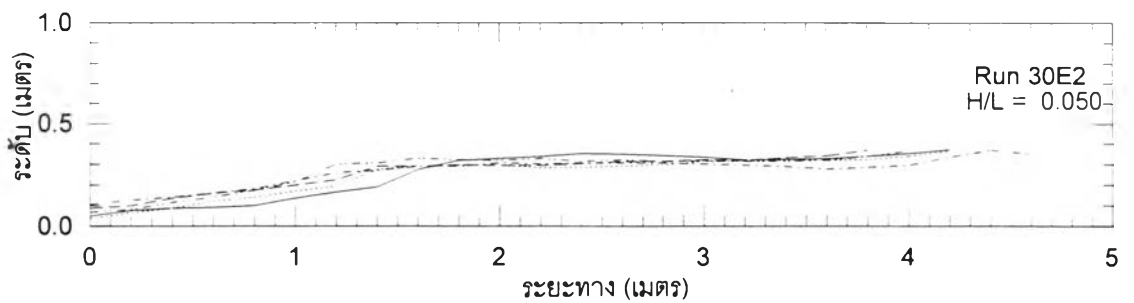
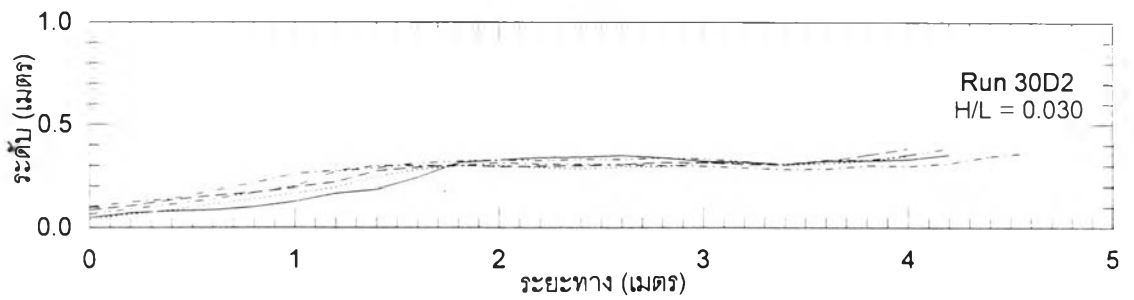
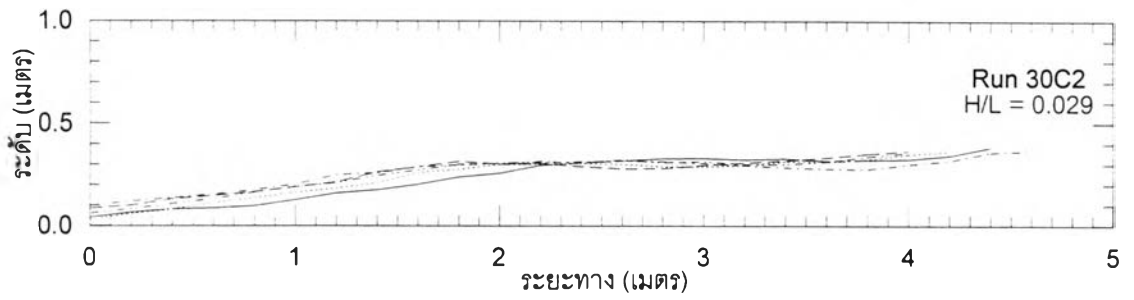
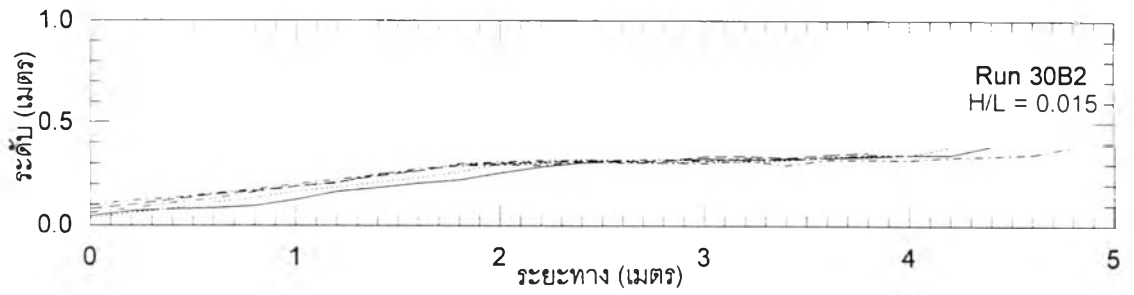
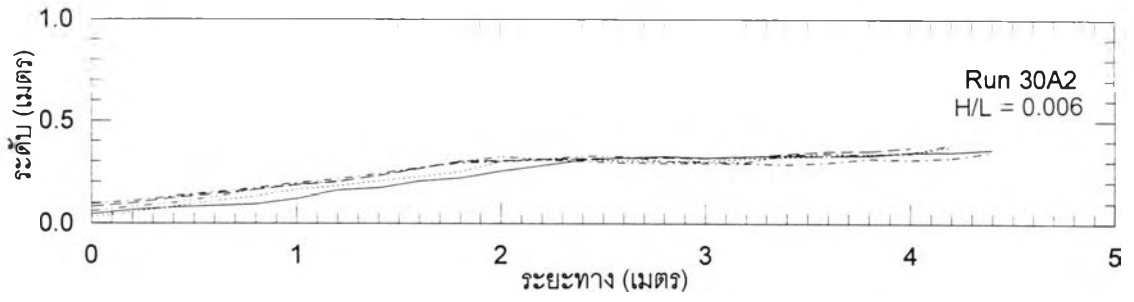


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	30		Degree		
Water depth, d	0.42		m		
Groin spacing, G	2.0		m		
	30A2	30B2	30C2	30D2	30E2
H_{rms}	0.018	0.033	0.040	0.035	0.051
T (sec)	1.57	1.32	0.96	0.87	0.81
H/L	0.006	0.015	0.029	0.030	0.050

รูป ง-6 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 30A2 ถึง 30E2



รูป ง-7 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (30A2 ถึง 30E2)



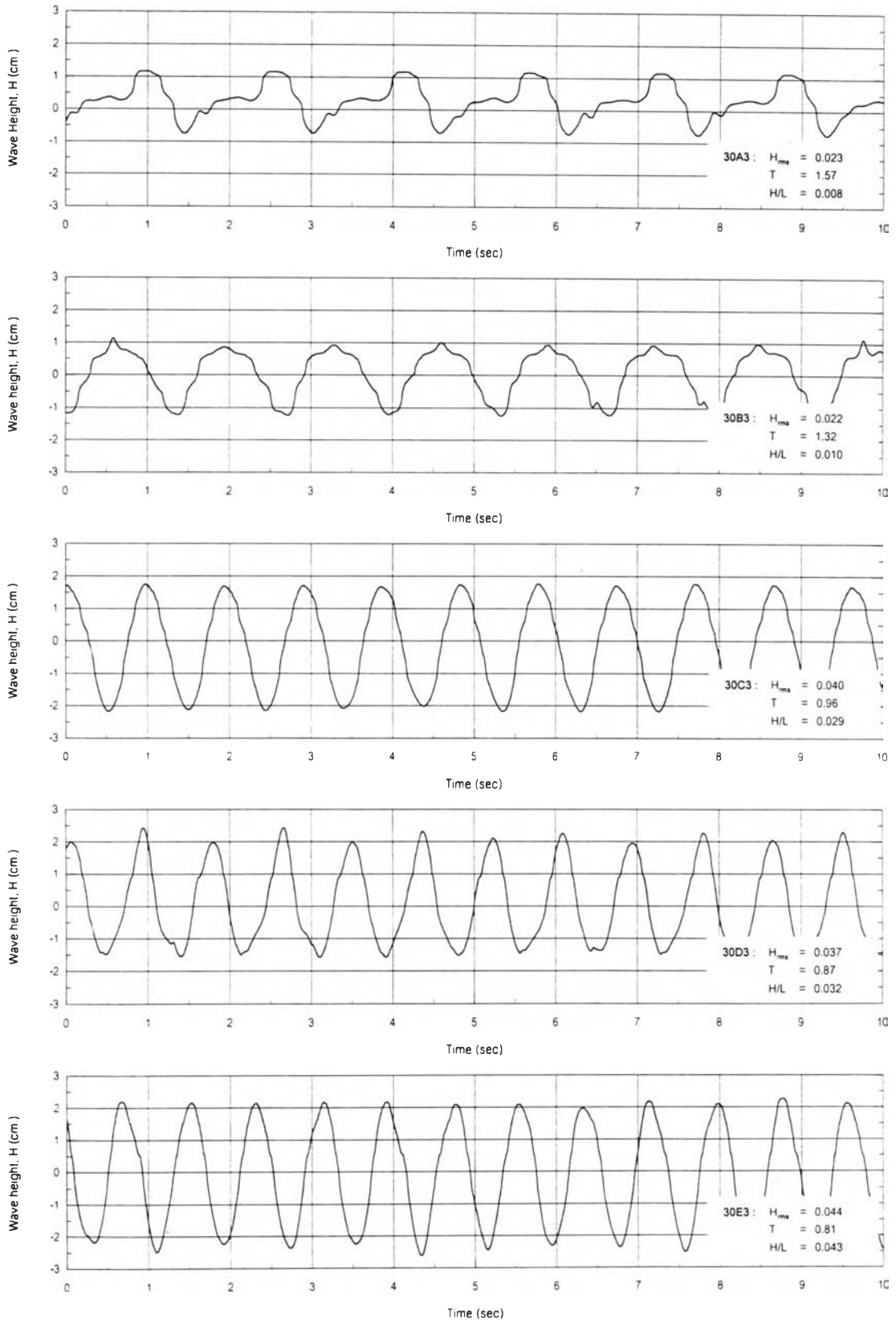
รูป ง-8 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 30A2 ถึง 30E2

ตาราง ง-3 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (30A3 ถึง 30E3)

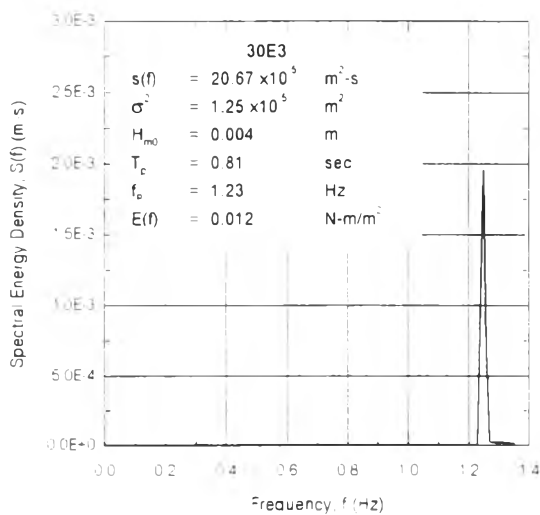
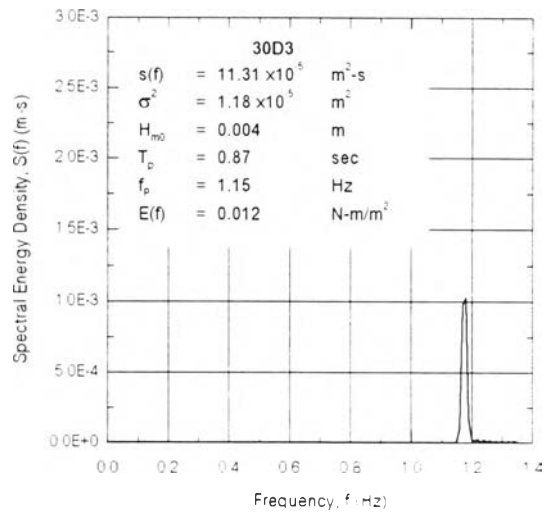
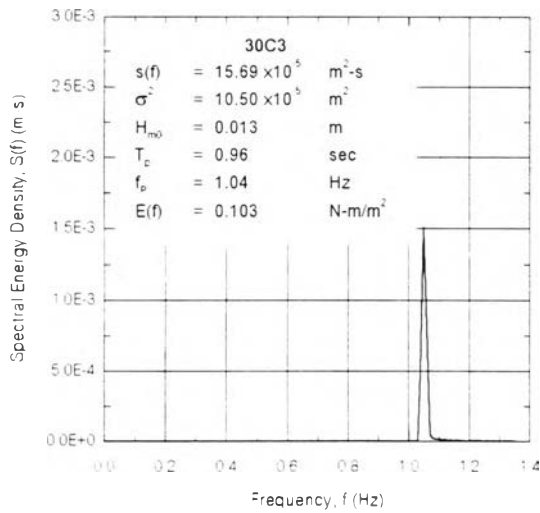
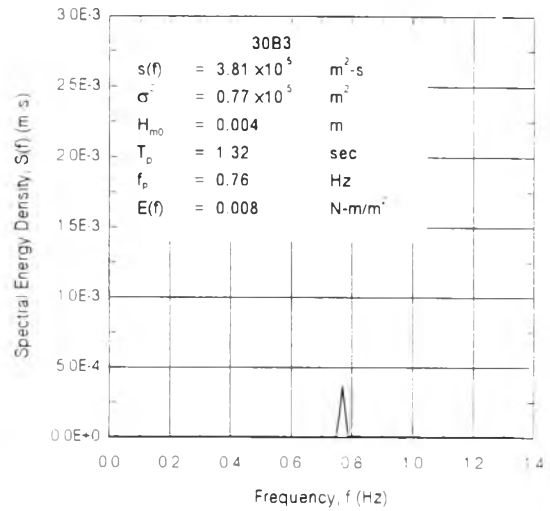
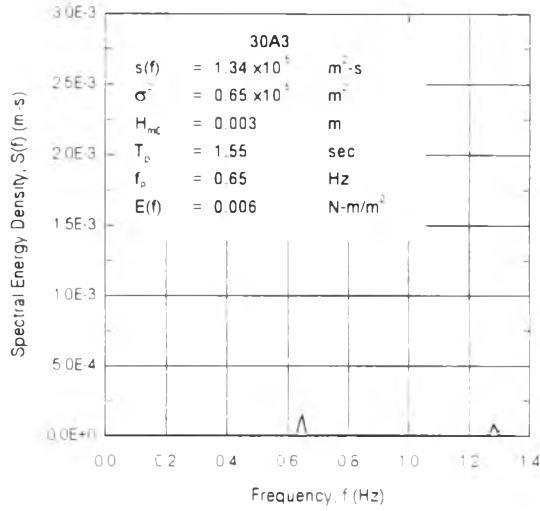
Run No.	30A3	30B3	30C3	30D3	30E3	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right)$
Effective spacing, G' (m)	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	$C_o = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) = \frac{L_o}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	30	30	30	30	30	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E} C_o = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	572	688	934	1.045	1.112	$S(f)\Delta f = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.023	0.022	0.040	0.037	0.044	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f)df = m_0$
Significant wave period, T_s (sec)	1.57	1.32	0.96	0.87	0.81	$H_s = 4\sigma$
Wave length, L_d (m)	2.803	2.241	1.376	1.156	1.012	$T_s = \frac{1}{L_s}$
Wave celerity, C_d (m/s)	1.785	1.698	1.433	1.329	1.250	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int S(f)df = \rho g \frac{H_s^2}{16}$
Wave steepness, H_d/L_d	0.008	0.010	0.029	0.032	0.043	$L_c = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_d (N-m/m ²)	0.648	0.593	1.961	1.678	2.373	$H_o = \frac{H}{K_1}$
Energy flux, P_d (N-m/s per m. of wave crest)	0.579	0.504	1.405	1.115	1.483	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^{-5} m^2 \cdot s$)	1.34	3.81	15.69	11.31	20.67	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^{-4} m^2$)	0.65	0.77	10.50	1.18	1.25	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.003	0.004	0.013	0.004	0.004	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.15	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.006	0.008	0.103	0.012	0.012	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Wave length, L_0 (m.)	3.750	2.719	1.438	1.181	1.024	
Wave height, H_0 (m.)	0.025	0.024	0.042	0.038	0.045	
Wave steepness, H_0/L_0	0.007	0.009	0.029	0.032	0.044	

ตาราง ง-3 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (30A3 ถึง 30E3)

Run No.	30A3	30B3	30C3	30D3	30E3	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg water depth, d_{ent} (m.)	0.082	0.090	0.088	0.084	0.088	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m)	1.376	1.197	0.834	0.731	0.684	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.877	0.907	0.869	0.840	0.845	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef., K_s	1.209	1.104	0.990	0.969	0.947	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	5.499	6.759	9.178	9.888	10.856	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef., K_r	0.954	0.955	0.958	0.959	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.883	0.717	1.716	1.308	1.737	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
(rate of energy per unit crest width)						$T_{obs} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	2.558	2.078	4.973	3.791	5.033	$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3(H_0/L_0)^{1/3}}$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.613	1.464	0.982	0.950	0.859	$\frac{d_b}{H_0} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m)	0.040	0.035	0.042	0.036	0.039	$\frac{d_b}{H_0} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m)	0.051	0.045	0.053	0.047	0.049	$a = 43.75(1 - e^{-19m})$
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.775	1.650	1.213	1.250	1.013	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-18.5m})}$
Breaking height, H_b (m)	0.044	0.040	0.051	0.048	0.046	$T_{obs} = P_{ent} G$
d'_b/H_b	0.673	0.680	0.736	0.743	0.771	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh \frac{2\pi d}{L}}}$
Breaking depth, d'_b (m)	0.030	0.027	0.038	0.036	0.035	$*K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	3.100	3.120	3.171	3.221	3.261	
Bay depth, S (m)	0.640	0.750	0.905	0.664	1.145	
Beach slope, 1: n_1	1.69	1.63	1.63	1.83	1.10	
Beach slope, 1: n_2	1.70	1.69	1.69	1.80	1.82	
Beach slope, 1: n_3	1.62	1.64	1.62	1.118	1.75	
Avg beach slope, 1: n	1.67	1.65	1.65	1.91	1.85	
Bottom slope, m	1.247	1.352	1.271	1.265	1.454	
Breaking depth, d'_b (m)	0.019	0.018	0.027	0.027	0.027	
a_b (m)	0.160	0.170	0.460	0.500	0.490	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	2.558	2.078	4.973	3.791	5.033	
Avg energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.825	0.666	1.568	1.177	1.543	
(N-m/s per m. of beach lengths)						

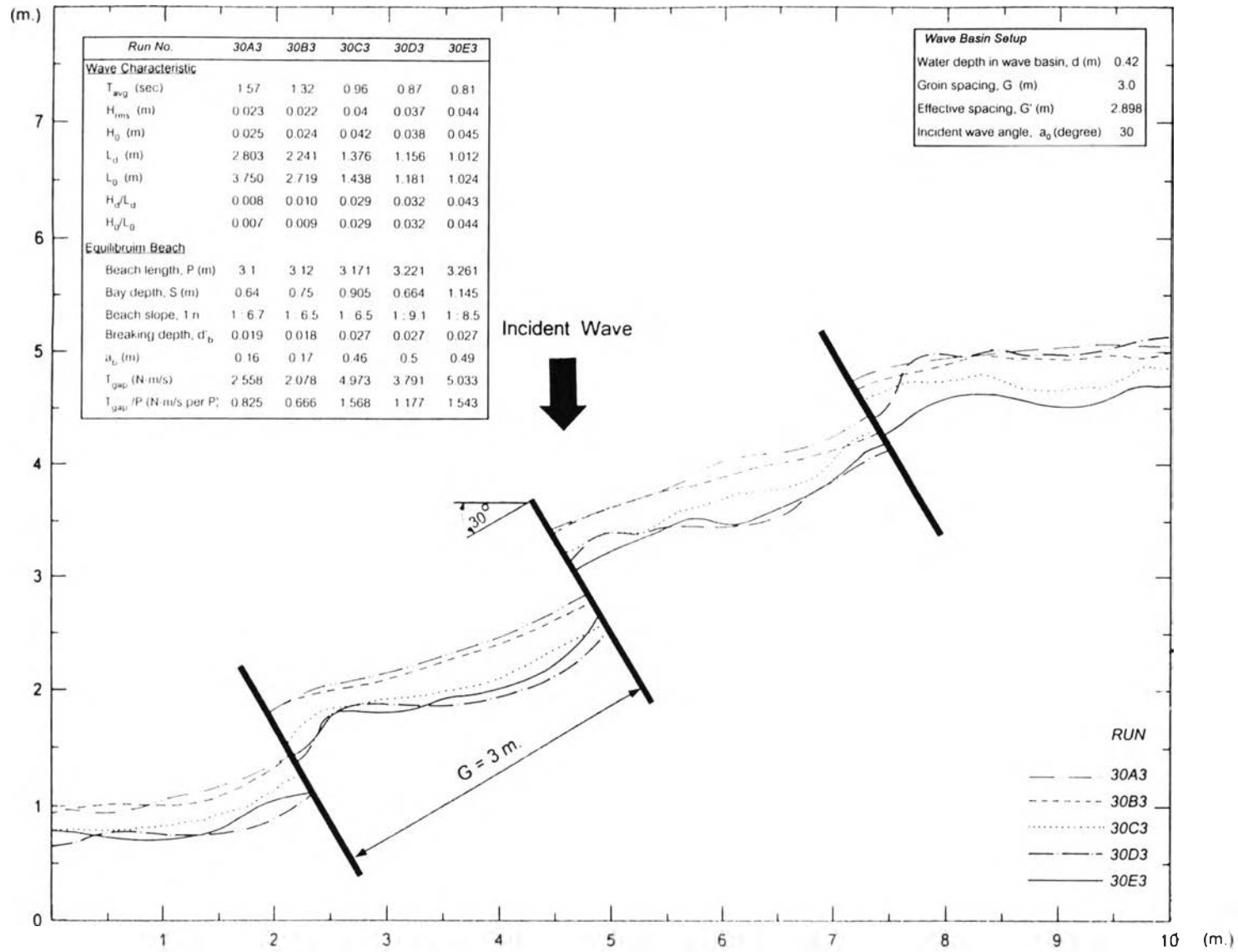


รูป ง-9 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 30A3 ถึง 30E3

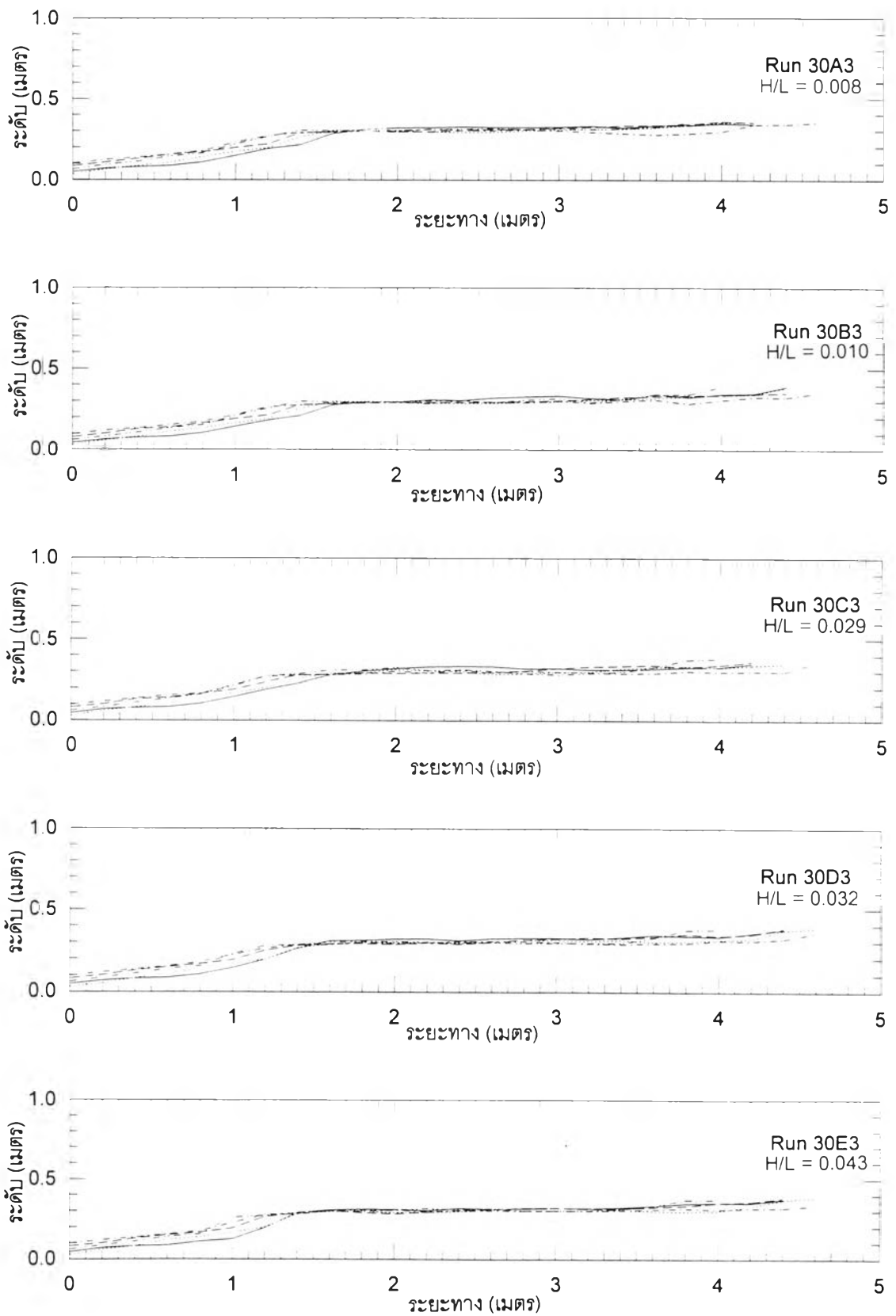


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α .	30	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Groin spacing, G	3.0	m			
	30A3	30B3	30C3	30D3	30E3
H_{rms}	0.023	0.022	0.040	0.037	0.044
T (sec)	1.57	1.32	0.96	0.87	0.81
H/L	0.008	0.010	0.029	0.032	0.043

รูป ง-10 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 30A3 ถึง 30E3



รูป ง-11 แนวชายฝั่งสมดุกล กรณี $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (30A3 ถึง 30E3)



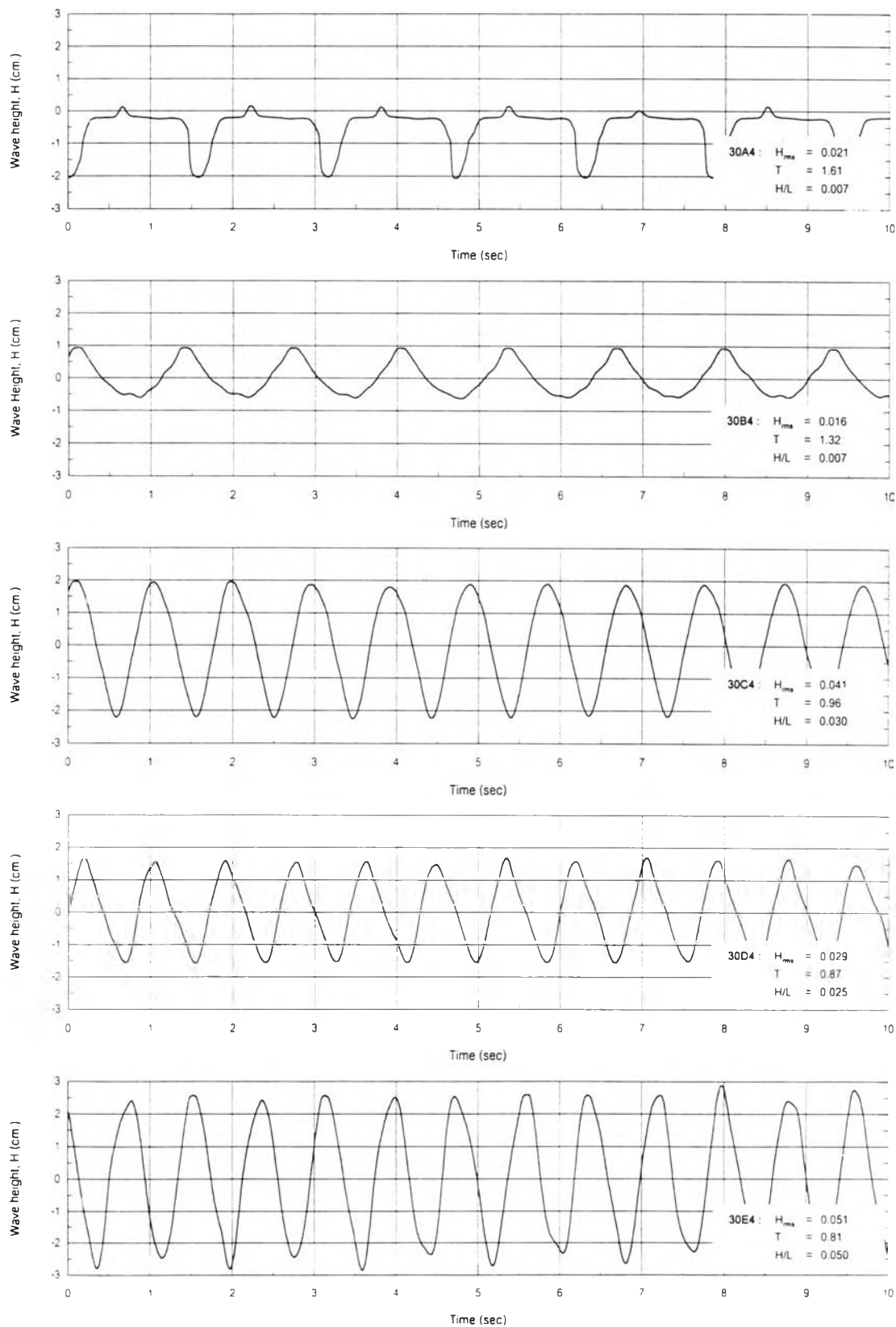
รูป ง-12 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 30A3 ถึง 30E3

ตาราง ง-4 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (30A4 ถึง 30E4)

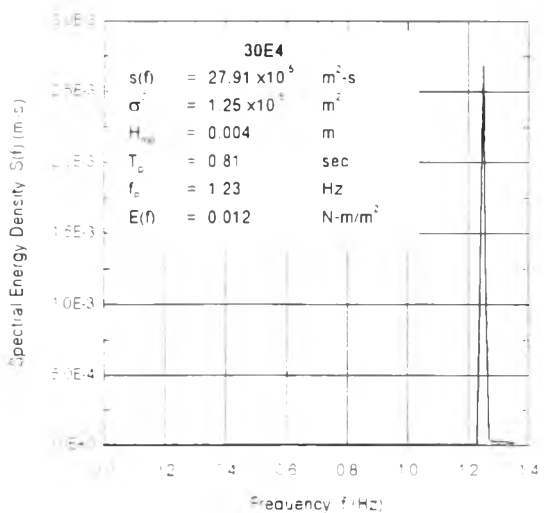
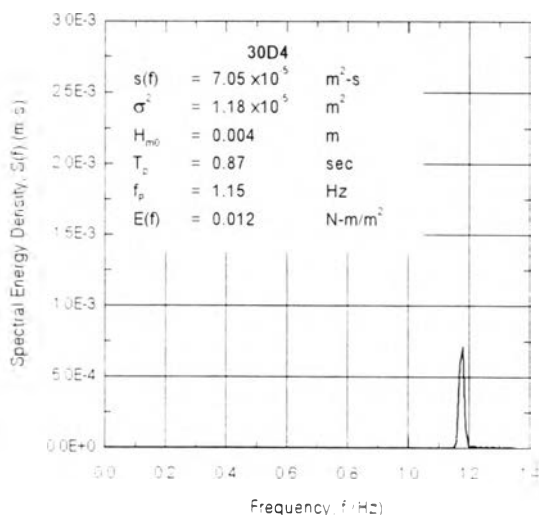
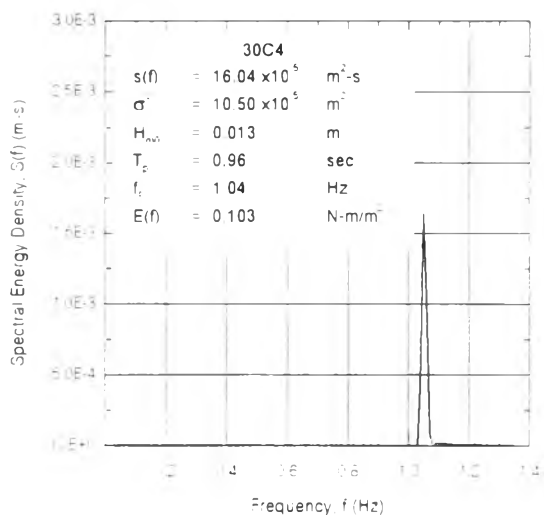
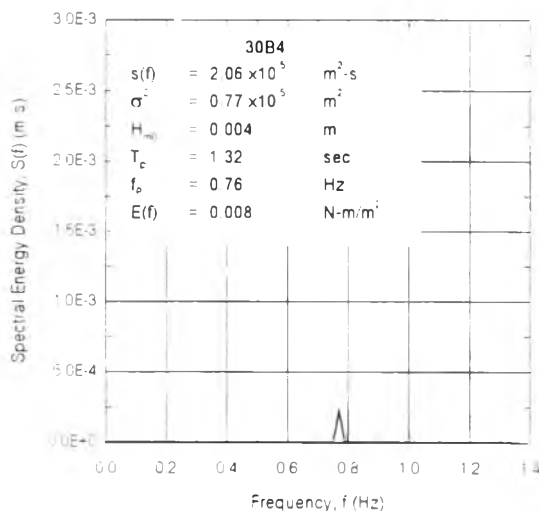
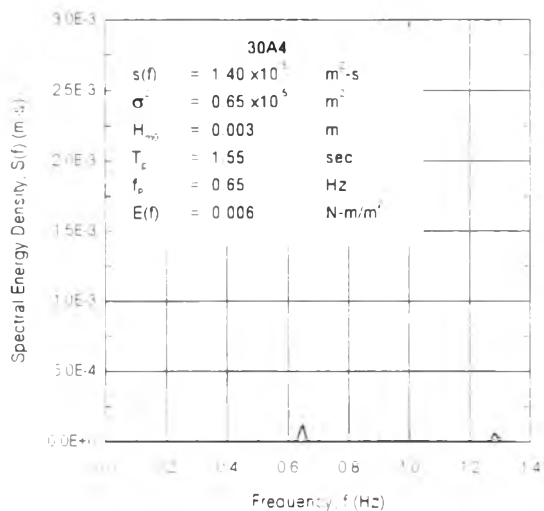
Run No.	30A4	30B4	30C4	30D4	30E4	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	$H_{ms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right)$
Effective spacing, G' (m)	3.864	3.864	3.864	3.864	3.864	$C_g = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right) = \frac{L_g}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	30	30	30	30	30	
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.42 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E}C_g = \frac{1}{2}\bar{E}C$
Numbers of wave data	529	683	933	1.045	1.112	$S(f)\Delta f = \sum_{\frac{t-\Delta t}{2}}^{\frac{t+\Delta t}{2}} \frac{\eta^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.021	0.016	0.041	0.029	0.051	$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S(f)df = m_0$
Significant wave period, T_s (sec)	1.61	1.32	0.96	0.87	0.81	$H_{ms} = 4\sigma$
Wave length, L_g (m.)	2.895	2.241	1.376	1.156	1.012	$T_s = \frac{1}{f_s}$
Wave celerity, C_g (m/s)	1.798	1.698	1.433	1.329	1.250	
Wave steepness, H_g/L_g	0.007	0.007	0.030	0.025	0.050	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_{-\infty}^{\infty} S(f)df = \rho g \frac{1}{T_s}$
Wave energy, E_g (N-m/m ²)	0.541	0.314	2.060	1.031	3.188	$L_s = \frac{gT^2}{2\pi}$
Energy flux, P_g (N-m/s per m. of wave crest)	0.486	0.266	1.477	0.685	1.993	$H_s = \frac{H}{K_s}$
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_D , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	1.40	2.06	16.04	7.05	27.91	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^5$ m ²)	0.65	0.77	10.50	1.18	1.25	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.003	0.004	0.013	0.004	0.004	
Peak spectra period, T_D (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Peak frequency, f_D (Hz)	0.65	0.76	1.04	1.15	1.23	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.006	0.008	0.103	0.012	0.012	
Deep Water (calculated)						
Wave period T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.87	0.81	
Wave length, L_D (m.)	3.750	2.719	1.438	1.181	1.024	
Wave height, H_D (m.)	0.023	0.018	0.043	0.030	0.052	
Wave steepness, H_D/L_D	0.006	0.006	0.030	0.025	0.051	

ตาราง ง-4 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (30A4 ถึง 30E4)

Run No.	30A4	30B4	30C4	30D4	30E4	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.087	0.108	0.108	0.102	0.103	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.454	1.302	0.910	0.791	0.728	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.903	0.986	0.948	0.909	0.899	$H_{ent} = H_0 K_1 K_2$
Shoaling coef. , K_s	1.207	1.066	0.962	0.946	0.932	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^3}{8}$
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0) \sin \alpha_0$	5.672	7.401	10.156	10.882	11.726	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Refraction coef. , K_r	0.954	0.956	0.960	0.961	0.962	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
Energy flux , P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.755	0.385	1.862	0.832	2.413	$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3(H_b/L_0)^{1/3}}$
(rate of energy per unit crest width)						$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	2.918	1.488	7.194	3.216	9.322	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Wegge)
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.663	1.629	0.974	1.030	0.817	$a = 43.75(1 - e^{-19.5m})$
Breaking height, H_b (m.)	0.038	0.029	0.042	0.031	0.043	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})}$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.048	0.037	0.054	0.040	0.055	$T_{gap} = P_{ent} G$
Wegge (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.613	1.710	1.150	1.138	0.875	$*K_1 = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh \frac{2\pi d}{L}}}$
Breaking height, H_b (m.)	0.037	0.030	0.050	0.034	0.046	$*K_2 = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
d'_b/H_b	0.671	0.673	0.738	0.726	0.787	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.025	0.020	0.037	0.025	0.036	
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	4.180	4.170	4.266	4.221	4.331	
Bay depth, S (m.)	1.086	1.070	1.293	1.225	1.375	
Beach slope, 1: n_1	1.68	1.61	1.68	1.75	1.74	
Beach slope, 1: n_2	1.70	1.81	1.70	1.78	1.70	
Beach slope, 1: n_3	1.78	1.82	1.69	1.78	1.76	
Avg. beach slope, 1: n	1.72	1.73	1.72	1.77	1.73	
Bottom slope, m	1.496	1.348	1.379	1.495	1.625	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.015	0.020	0.027	0.027	0.025	
a_b (m.)	0.170	0.220	0.500	0.630	0.550	
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	2.918	1.488	7.194	3.216	9.322	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.698	0.357	1.686	0.762	2.152	
(N-m/s per m. of beach lengths)						

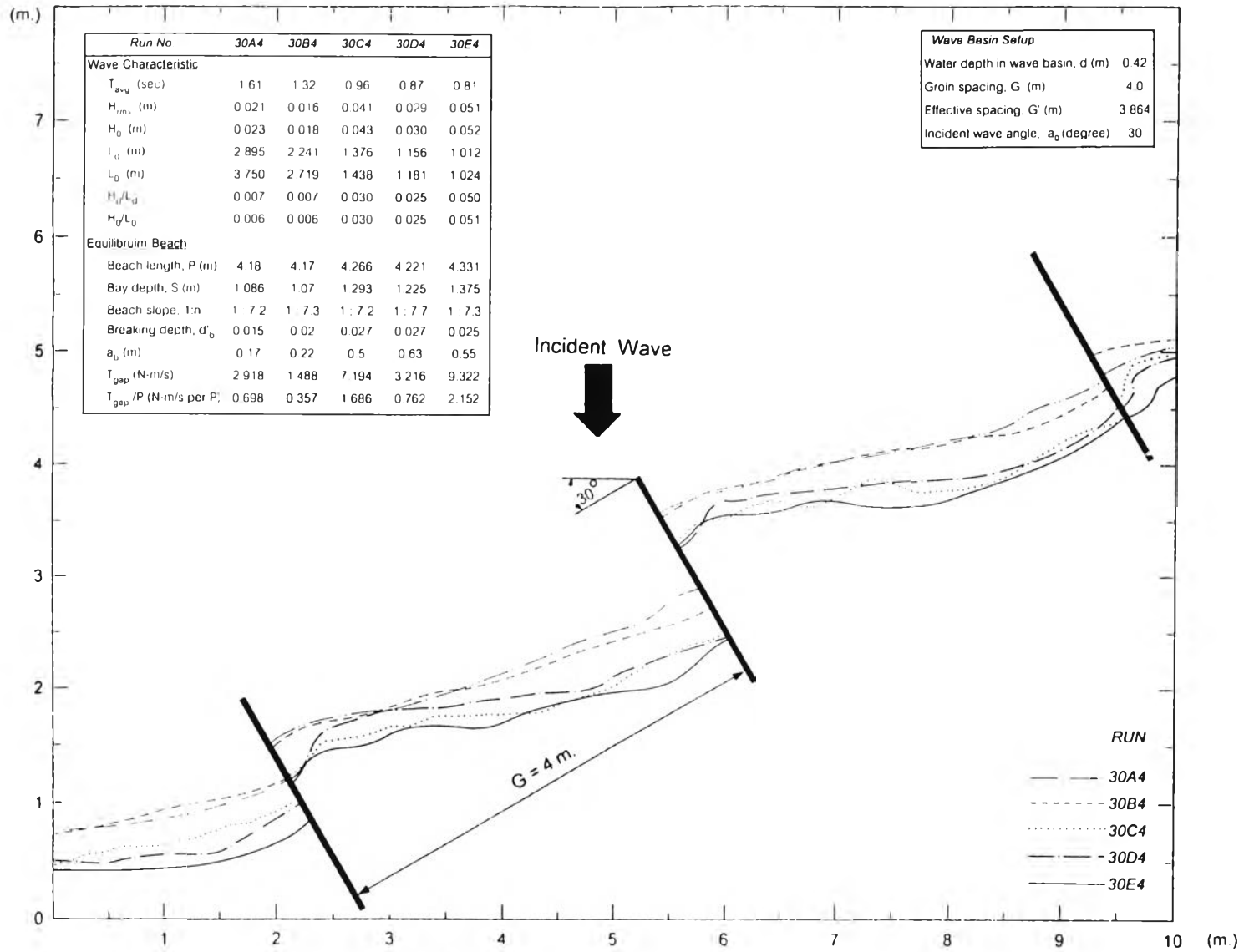


รูป ง-13 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 30A4 ถึง 30E4

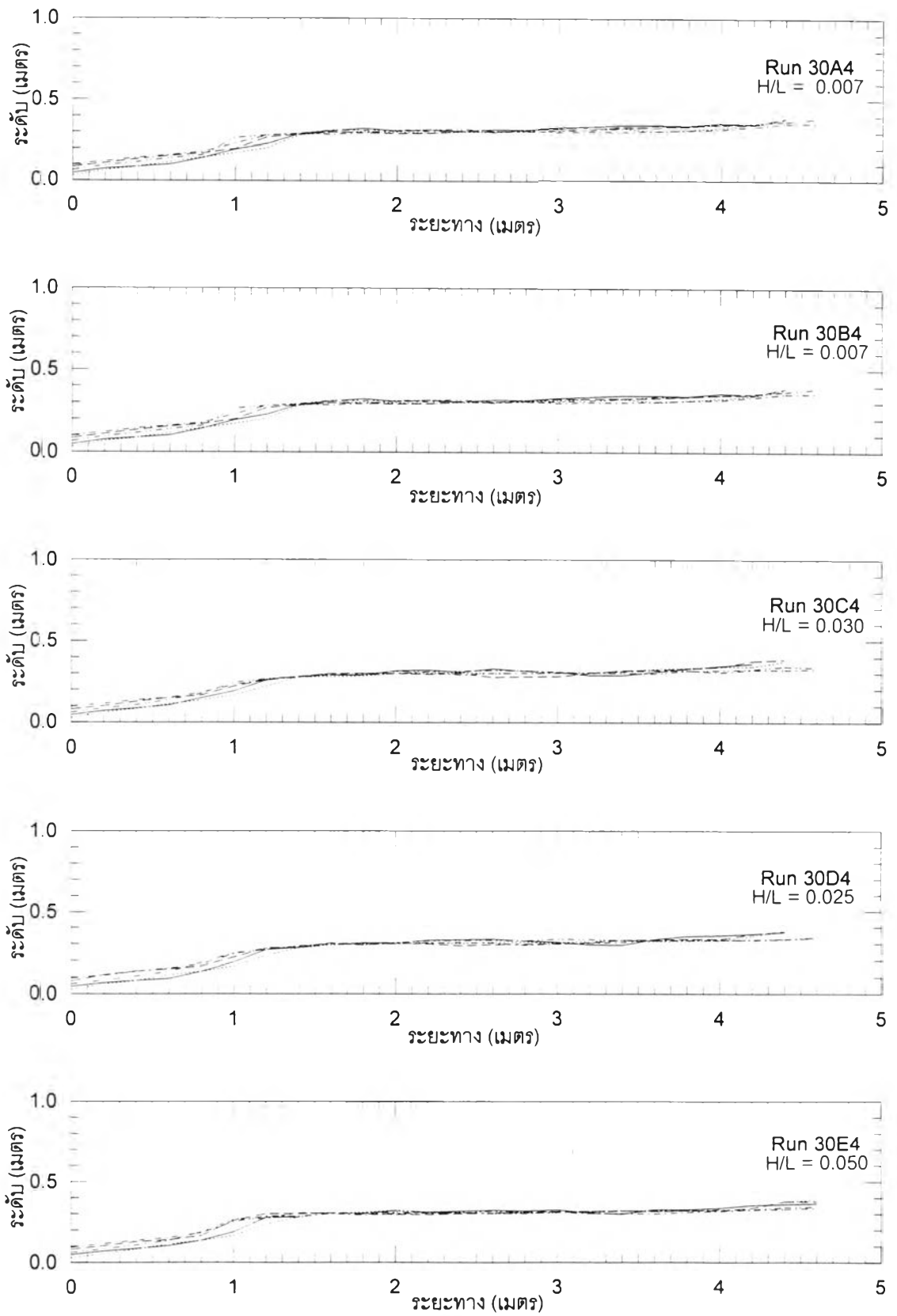


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α .	30	Degree			
Water depth, d	0.42	m			
Groin spacing, G	4.0	m			
	30A4	30B4	30C4	30D4	30E4
H_{ms}	0.021	0.016	0.041	0.029	0.051
T (sec)	1.61	1.32	0.96	0.87	0.81
H-L	0.007	0.007	0.030	0.025	0.050

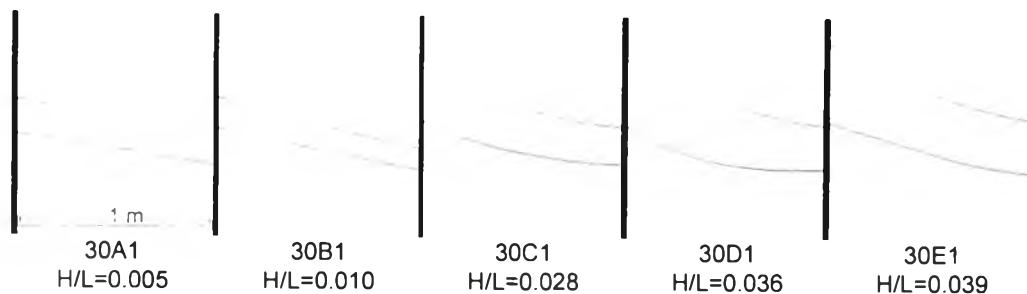
รูป ง-14 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 30A4 ถึง 30E4



รูป ง-15 แนวชายฝั่งสมมูล กรณี $\alpha_0=30^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (30A4 ถึง 30E4)



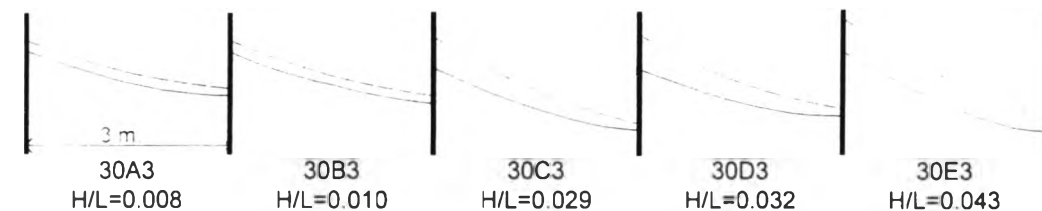
รูป ง-16 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 30A4 ถึง 30E4



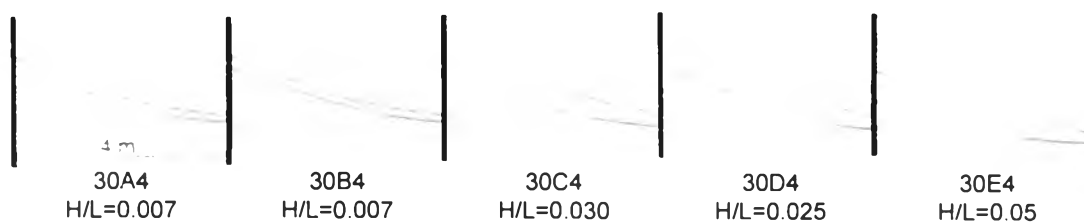
ก) กรณี $G = 1.00$ ม.



ข) กรณี $G = 2.00$ ม.



ค) กรณี $G = 3.00$ ม.



ง) กรณี $G = 4.00$ ม.

--- Breaking line
 — Still water level line

รูป ง-17 แนวชายฝั่งสมดุลงเคตีย กรณีย $\alpha_0 = 30^\circ$

ภาคผนวก จ

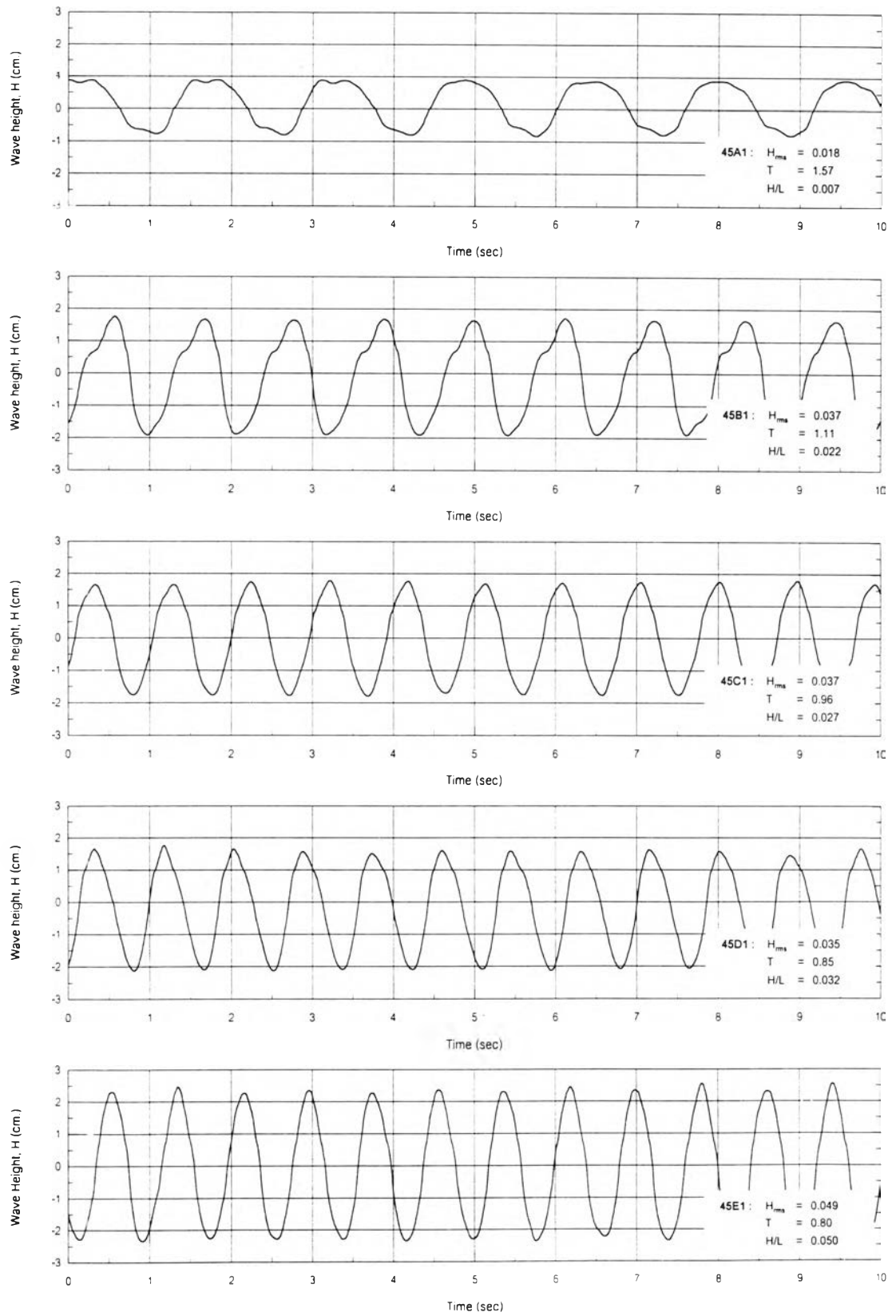
ผลการศึกษากรณิศทางคลื่น 45°

ตาราง จ-1 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (45A1 ถึง 45E1)

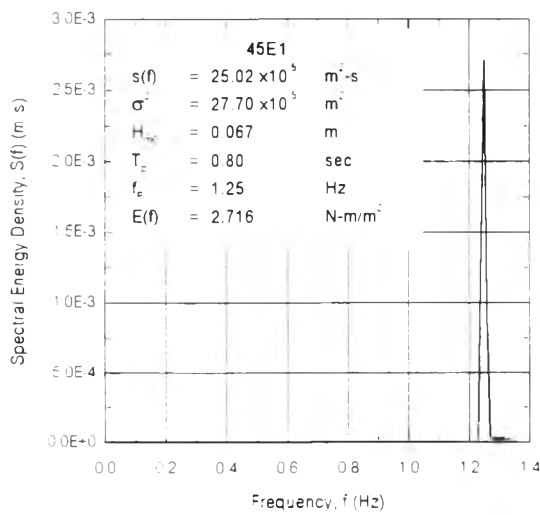
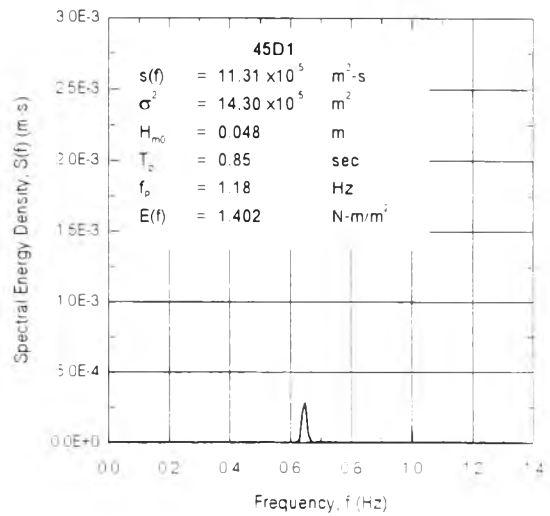
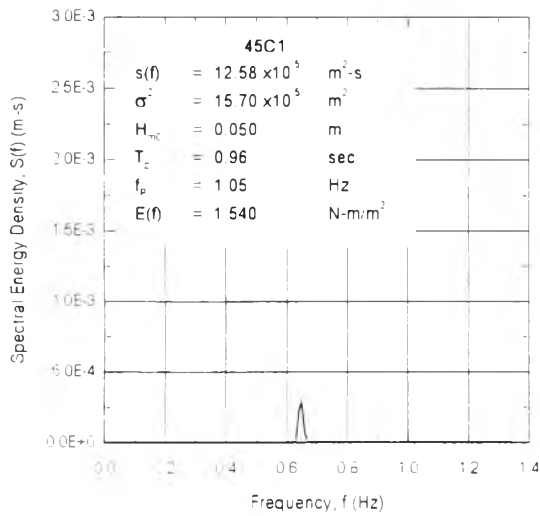
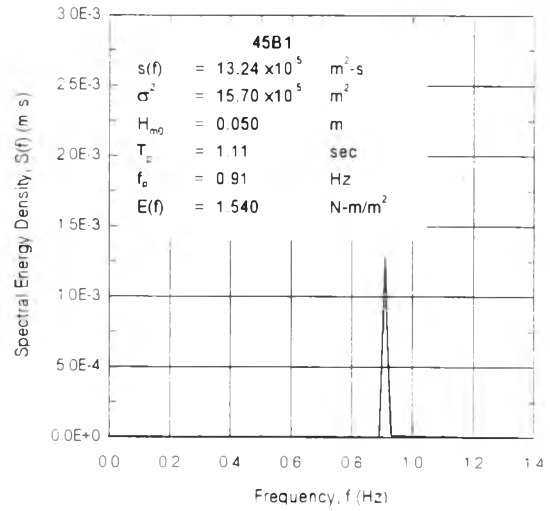
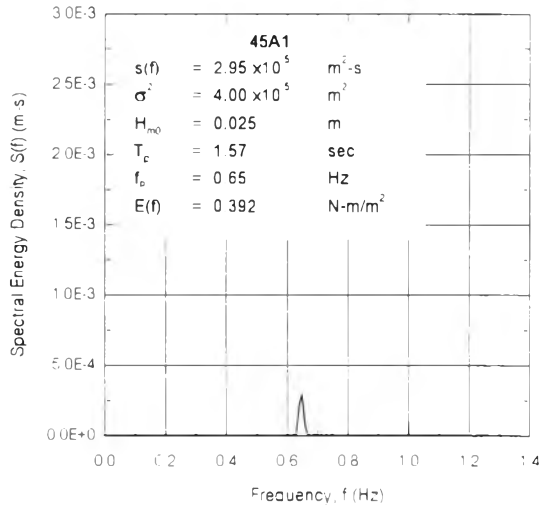
Run No.	45A1	45B1	45C1	45D1	45E1	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	$L_d = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right)$
Effective spacing, G' (m)	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right) = \frac{L_d}{T}$
Incident wave angle, α_n (degree)	45	45	45	45	45	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.39 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	$\bar{P} = \bar{E} C_d = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Numbers of wave data	570	807	934	1,047	1,113	$S(f)\Delta f = \sum_{i=1}^{+\Delta f} \frac{a_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.018	0.037	0.037	0.035	0.049	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f)df = m_0$
Significant wave period, T_s (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.80	$H_{rms} = 4\sigma$
Wave length, L_d (m)	2.746	1.715	1.362	1.102	0.985	$T_s = \frac{1}{f_s}$
Wave celerity, C_d (m/s)	1.749	1.545	1.419	1.296	1.232	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f)df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$
Wave steepness H_d/L_d	0.007	0.022	0.027	0.032	0.050	$L_d = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_c (N-m/m ²)	0.397	1.678	1.678	1.502	2.943	$H_0 = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_d (N-m/s per m of wave crest)	0.347	1.297	1.191	0.973	1.812	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^6$ m ² -s)	2.95	13.24	12.58	11.31	25.02	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^6$ m ²)	4.00	15.70	15.70	14.30	27.70	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.025	0.050	0.050	0.048	0.067	
Peak spectra period, T_D (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.80	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.91	1.05	1.18	1.25	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.392	1.540	1.540	1.402	2.716	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.80	
Wave length, L_0 (m)	3.847	1.923	1.438	1.128	0.999	
Wave height, H_0 (m)	0.019	0.040	0.039	0.036	0.050	
Wave steepness H_0/L_0	0.005	0.021	0.027	0.032	0.050	

ตาราง จ-1 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (45A1 ถึง 45E1)

Run No.	45A1	45B1	45C1	45D1	45E1	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.091	0.067	0.079	0.083	0.088	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.446	0.867	0.796	0.707	0.674	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.921	0.781	0.829	0.832	0.843	$C_e = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef. K_s	1.182	1.092	1.007	0.965	0.944	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	15.416	6.933	8.700	10.058	10.988	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef. K_r	0.856	0.956	0.958	0.959	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest)	0.433	1.691	1.465	1.154	2.152	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
(rate of energy per unit crest width)						$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	0.418	1.633	1.415	1.115	2.079	$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3(H_b/L_0)^{1/3}}$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.769	1.099	1.006	0.952	0.821	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.034	0.044	0.040	0.035	0.041	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Wegge)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.044	0.057	0.051	0.044	0.053	$a = 43.75(1 - e^{-19m})$
Wegge (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.775	1.200	1.175	1.100	1.013	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-18.5m})}$
Breaking height, H_b (m.)	0.034	0.048	0.046	0.040	0.051	$T_{gap} = P_{ent} G$
d'_b/H_b	0.668	0.722	0.748	0.762	0.830	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}}$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.023	0.035	0.035	0.030	0.042	$**K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	1.054	1.065	1.036	1.037	1.040	
Bay depth, S (m.)	0.302	0.329				
Beach slope, 1: n_1	1.69	1.65	1.74	1.97	1.109	
Beach slope, 1: n_2	1.67	1.64	1.74	1.88	1.97	
Beach slope, 1: n_3	1.71	1.59	1.73	1.62	1.58	
Avg. beach slope, 1: n	1.69	1.63	1.74	1.79	1.82	
Bottom slope, m	39.7	47.4	38.1	43.5	46.6	
Breaking depth, d'_b (m)	0.029	0.024	0.028	0.028	0.031	
a_b (m)	0.180	0.220	0.470	0.490	0.440	
Total energy passing gap, E_{gap} (N-m/s)	0.418	1.633	1.415	1.115	2.079	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P	0.396	1.534	1.366	1.075	1.999	
(N-m/s per m. of beach lengths)						

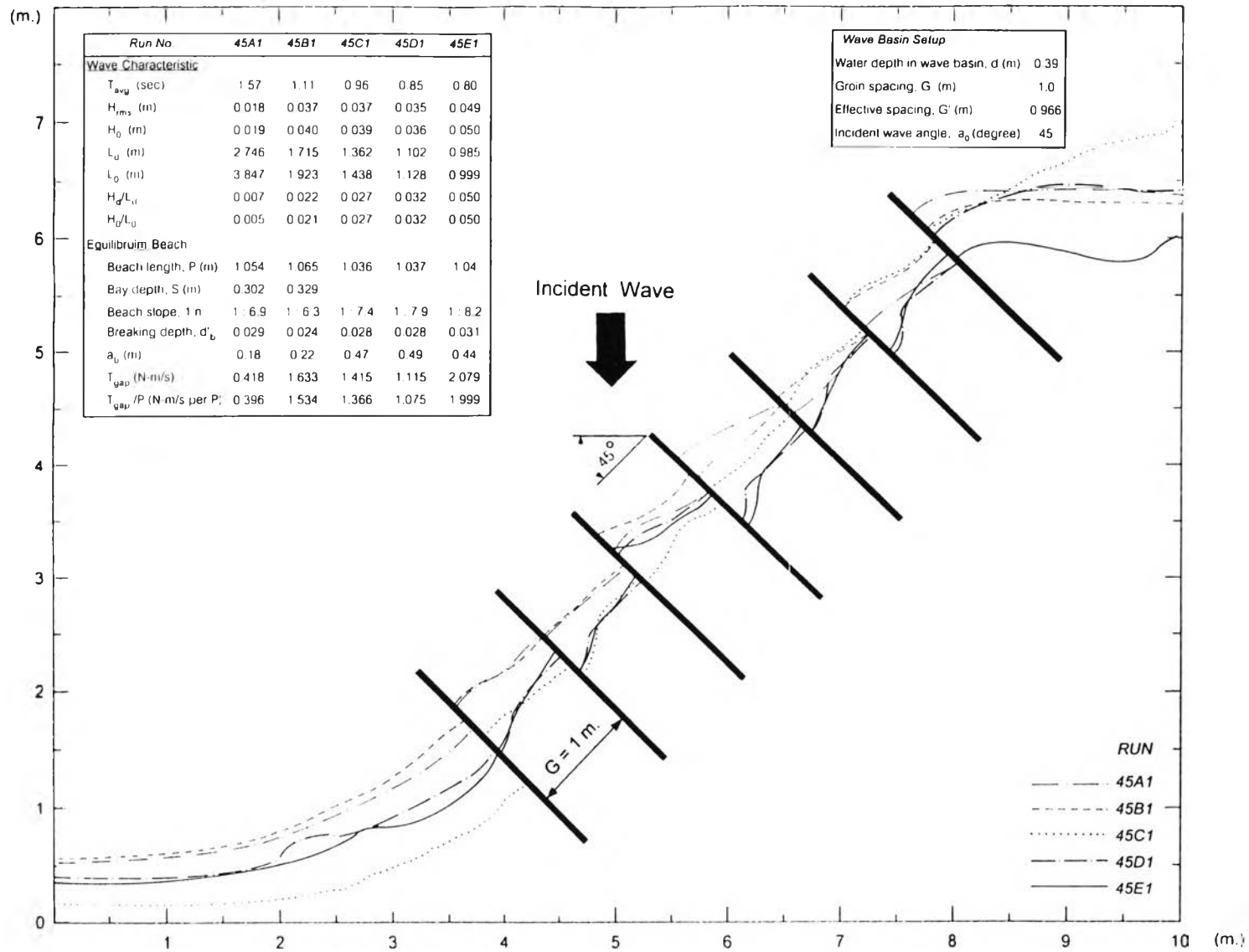


รูป จ-1 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 45A1 ถึง 45E1

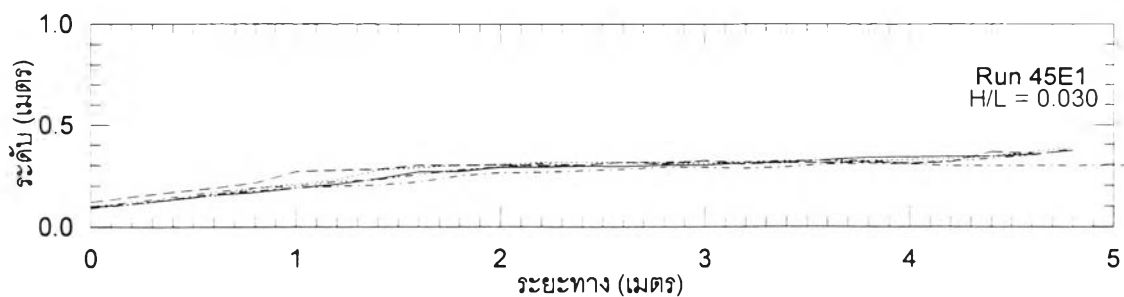
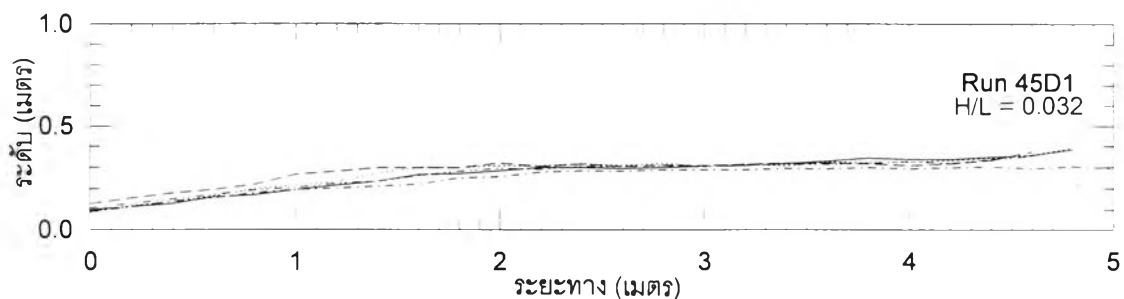
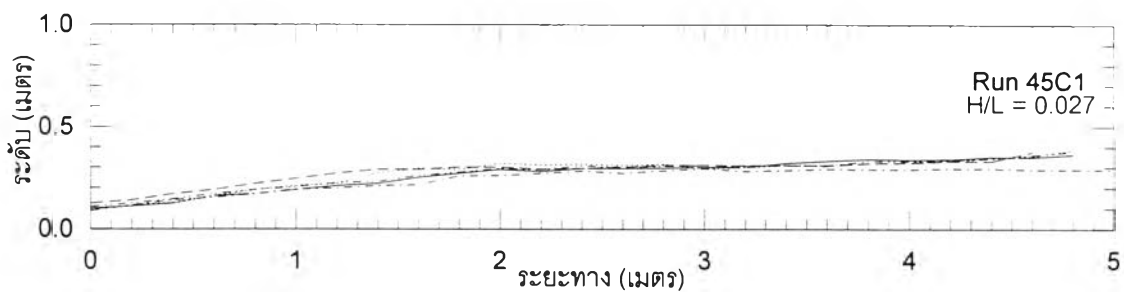
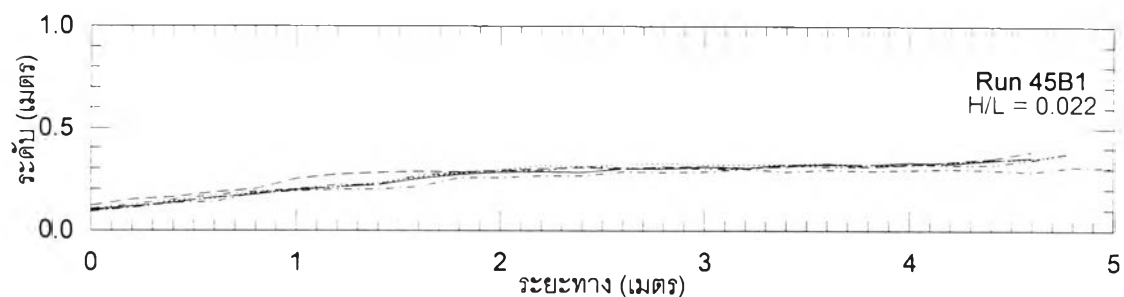
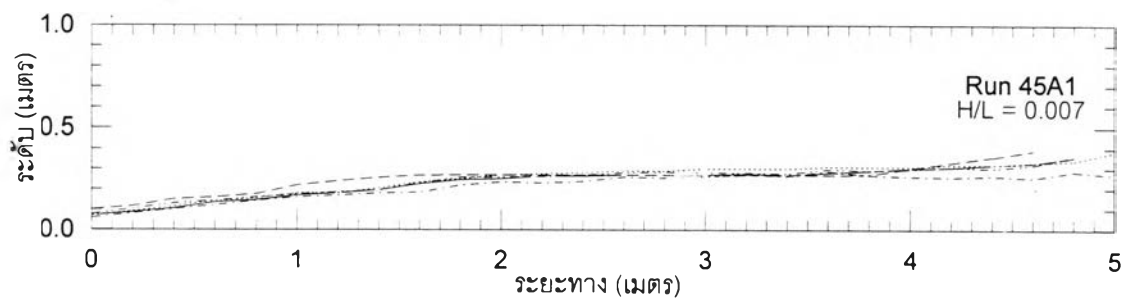


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	45	Degree			
Water depth, d	0.39	m			
Groin spacing, G	1.0	m			
	45A1	45B1	45C1	45D1	45E1
H_{rms}	0.018	0.037	0.037	0.035	0.049
T (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.80
H/L	0.007	0.022	0.027	0.032	0.050

รูป จ-2 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 45A1 ถึง 45E1



รูป จ-3 แนวชายฝั่งสมดุลง กรณี $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=1.00$ เมตร (45A1 ถึง 45E1)



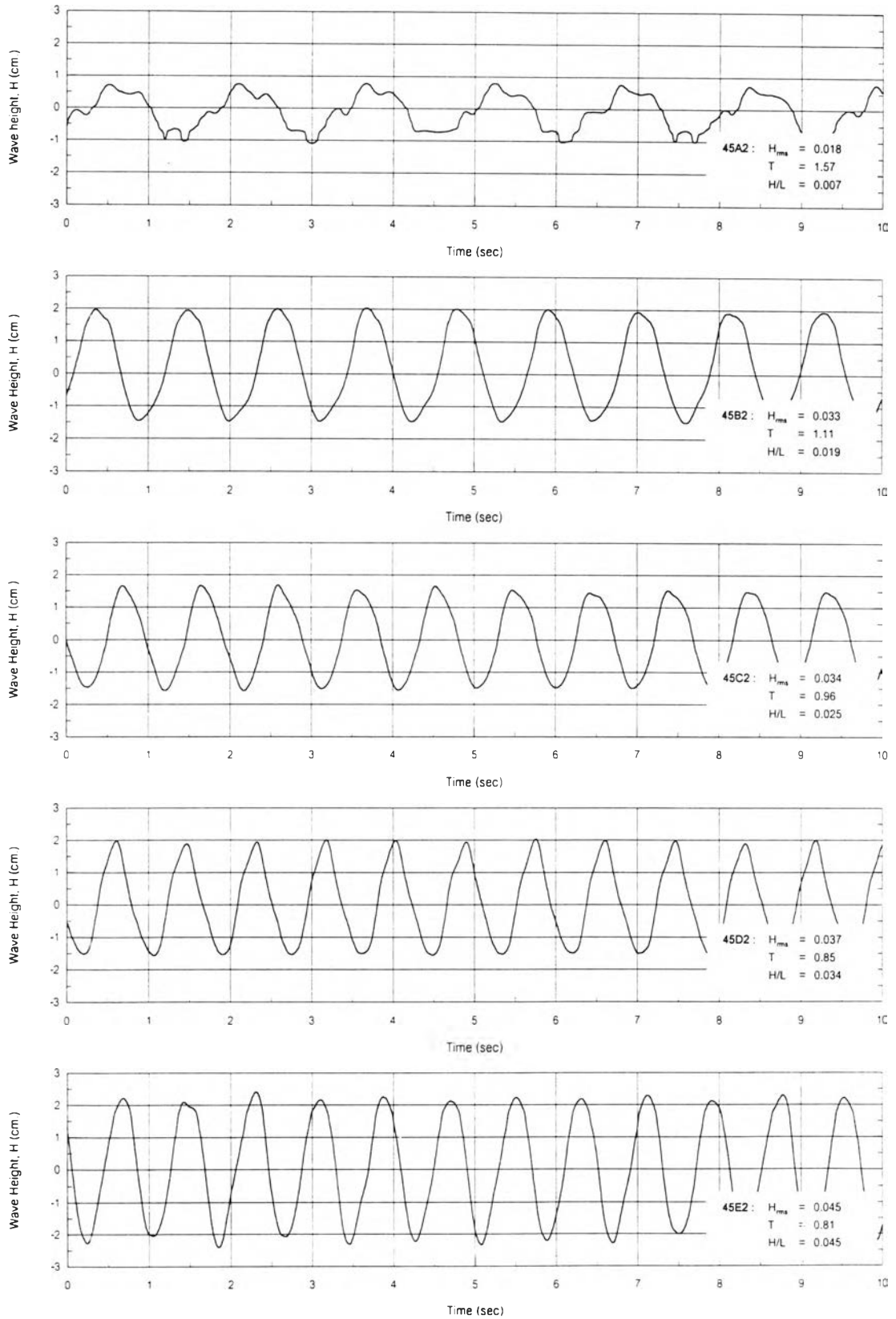
รูป จ-4 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 45A1 ถึง 45E1

ตาราง จ-2 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (45A2 ถึง 45E2)

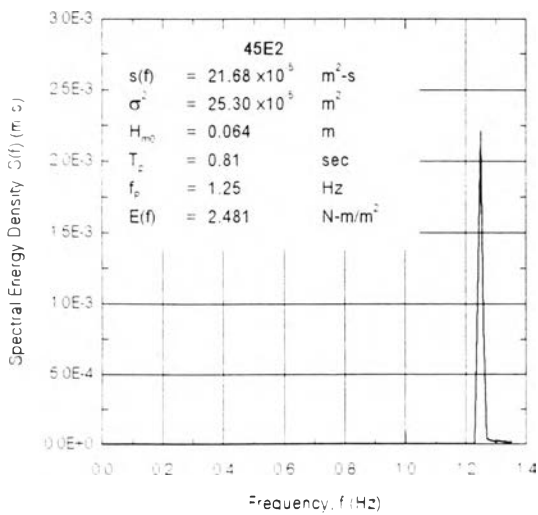
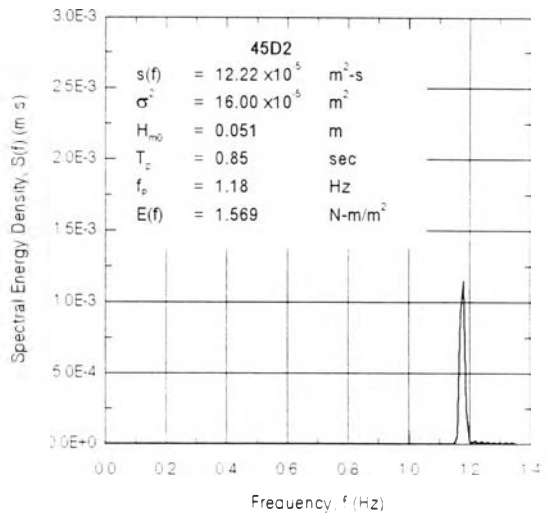
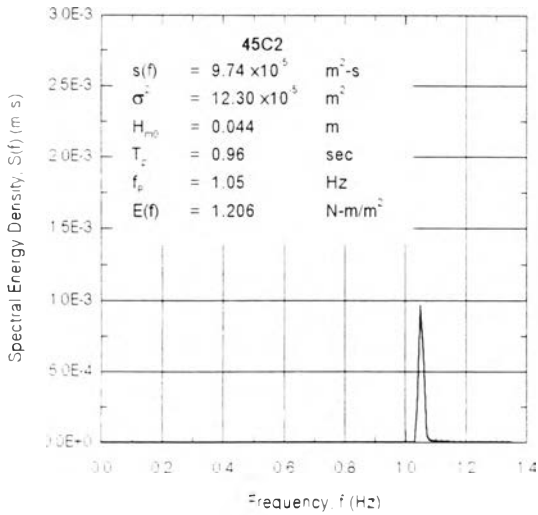
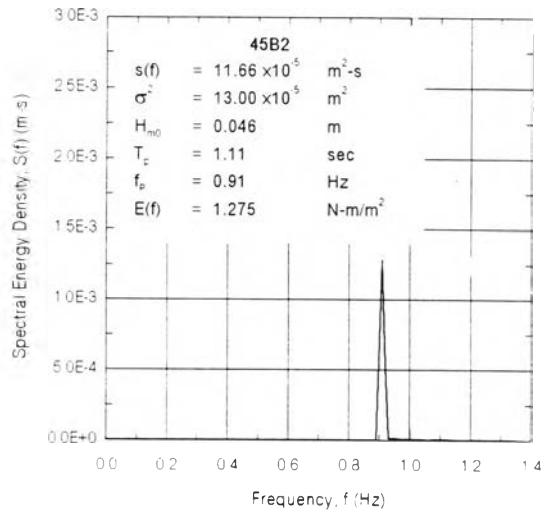
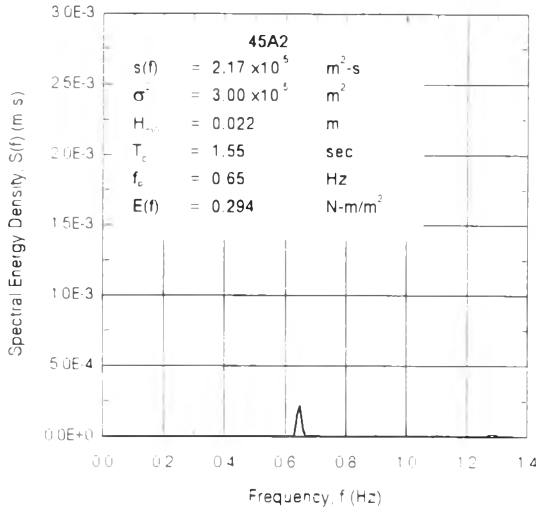
Run No.	45A2	45B2	45C2	45D2	45E2	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$ $L_d = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right)$ $C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right) = \frac{L_d}{T}$ $\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$ $\bar{P} = \bar{E} C_d = \frac{1}{2} \bar{E} C_d$ $S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{i+\Delta f} \frac{a_i^2}{2}$ $\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_c$ $H_{rms} = 4\sigma$ $\bar{E} = \frac{1}{8} \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{rms}^2}{16}$ $L_c = \frac{gT^2}{2\pi}$ $H_o = \frac{H}{K_s}$
Groin spacing, G (m)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Effective spacing, G' (m)	1.932	1.932	1.932	1.932	1.932	
Incident wave angle, α_0 (degree)	45	45	45	45	45	
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.39 m.)						
Time of the record (sec)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
Numbers of wave data	381	536	622	696	741	
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.018	0.033	0.034	0.037	0.045	
Significant wave period, T_s (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.81	
Wave length, L_d (m.)	2.756	1.719	1.362	1.103	1.009	
Wave celerity, C_d (m/s)	1.756	1.548	1.418	1.297	1.246	
Wave steepness, H_d/L_d	0.007	0.019	0.025	0.034	0.045	
Wave energy, E_T (N-nv/m ²)	0.410	1.335	1.417	1.678	2.482	
Energy flux, P_D (N-m/s per m. of wave crest)	0.360	1.033	1.005	1.088	1.546	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_D , $S(f)$ ($\times 10^8$ m ² -s)	2.17	11.66	9.74	12.22	21.68	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^8$ m ²)	3.00	13.00	12.30	16.00	25.30	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.022	0.046	0.044	0.051	0.064	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.11	0.96	0.85	0.81	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.91	1.05	1.18	1.25	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.294	1.275	1.206	1.569	2.481	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.11	0.96	0.85	0.81	
Wave length, L_D (m.)	3.750	1.923	1.438	1.128	1.024	
Wave height, H_D (m.)	0.020	0.036	0.036	0.038	0.046	
Wave steepness, H_D/L_D	0.005	0.019	0.025	0.034	0.045	

ตาราง จ-2 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (45A2 ถึง 45E2)

Run No.	45A2	45B2	45C2	45D2	45E2	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.069	0.096	0.071	0.085	0.085	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.267	1.020	0.759	0.714	0.675	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.807	0.919	0.791	0.841	0.833	$C_d = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef. , K_s	1.256	1.023	1.025	0.962	0.951	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	5.045	8.296	8.249	10.177	10.671	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef. , K_r	0.954	0.957	0.957	0.960	0.960	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^3}{8}$
Energy flux , P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.551	1.392	1.223	1.293	1.821	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.064	2.690	2.362	2.499	3.518	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_c)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.743	1.142	1.034	0.935	0.851	$\frac{d_b}{H_0} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.034	0.041	0.037	0.036	0.039	$\frac{d_b}{H_0} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.044	0.052	0.048	0.046	0.050	
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.813	1.300	1.225	1.138	1.075	$a = 43.75/(1 - e^{-1.5m})$
Breaking height, H_b (m.)	0.036	0.047	0.044	0.044	0.050	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-1.93m})}$
d'_b/H_b	0.669	0.719	0.743	0.775	0.818	$T_{gap} = P_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.024	0.034	0.033	0.034	0.041	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh \frac{2\pi d}{L}}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	2.092	2.114	2.128	2.162	2.168	$**K_r = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Bay depth, S (m.)	0.552	0.630	0.688	0.684	0.712	
Beach slope, 1 : n_1	1 : 7.7	1 : 7.2	1 : 10.5	1 : 8.3	1 : 11.3	
Beach slope, 1 : n_2	1 : 8.2	1 : 6.3	1 : 7.7	1 : 8.1	1 : 10.1	
Beach slope, 1 : n_3	1 : 6.5	1 : 7.2	1 : 9.5	1 : 6.3	1 : 8.4	
Avg. beach slope, 1 : n	1 : 7.4	1 : 6.9	1 : 9.1	1 : 7.5	1 : 9.8	
Bottom slope, m	35.2	32.6	28.4	33.7	32.1	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.018	0.036	0.025	0.028	0.027	
a_c (m.)	0.160	0.230	0.370	0.520	0.530	
Total energy passing gap, E_{gap} (N-m/s)	1.064	2.690	2.362	2.499	3.518	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m. of beach lengths)	0.508	1.272	1.110	1.156	1.623	

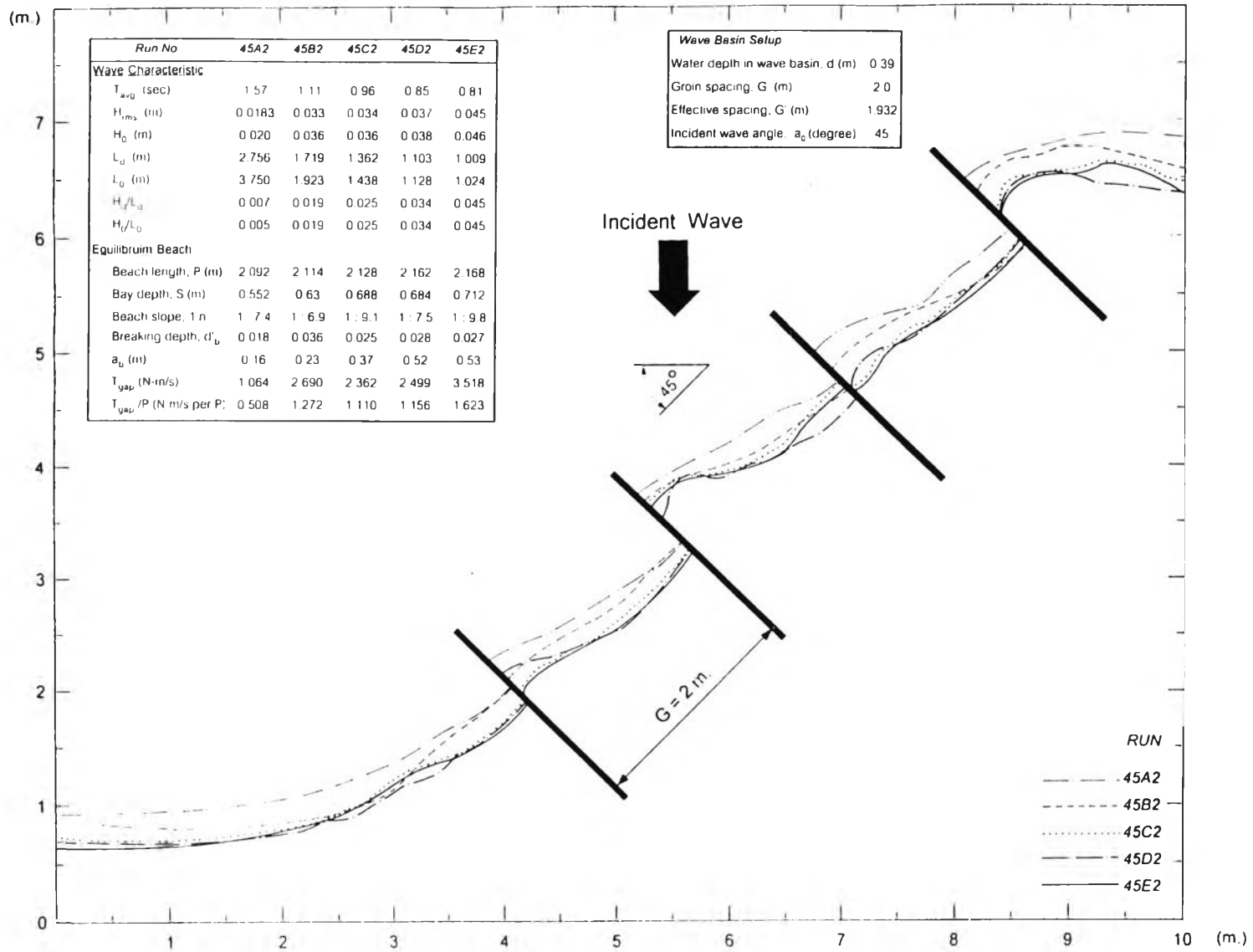


รูป จ-5 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 45A2 ถึง 45E2

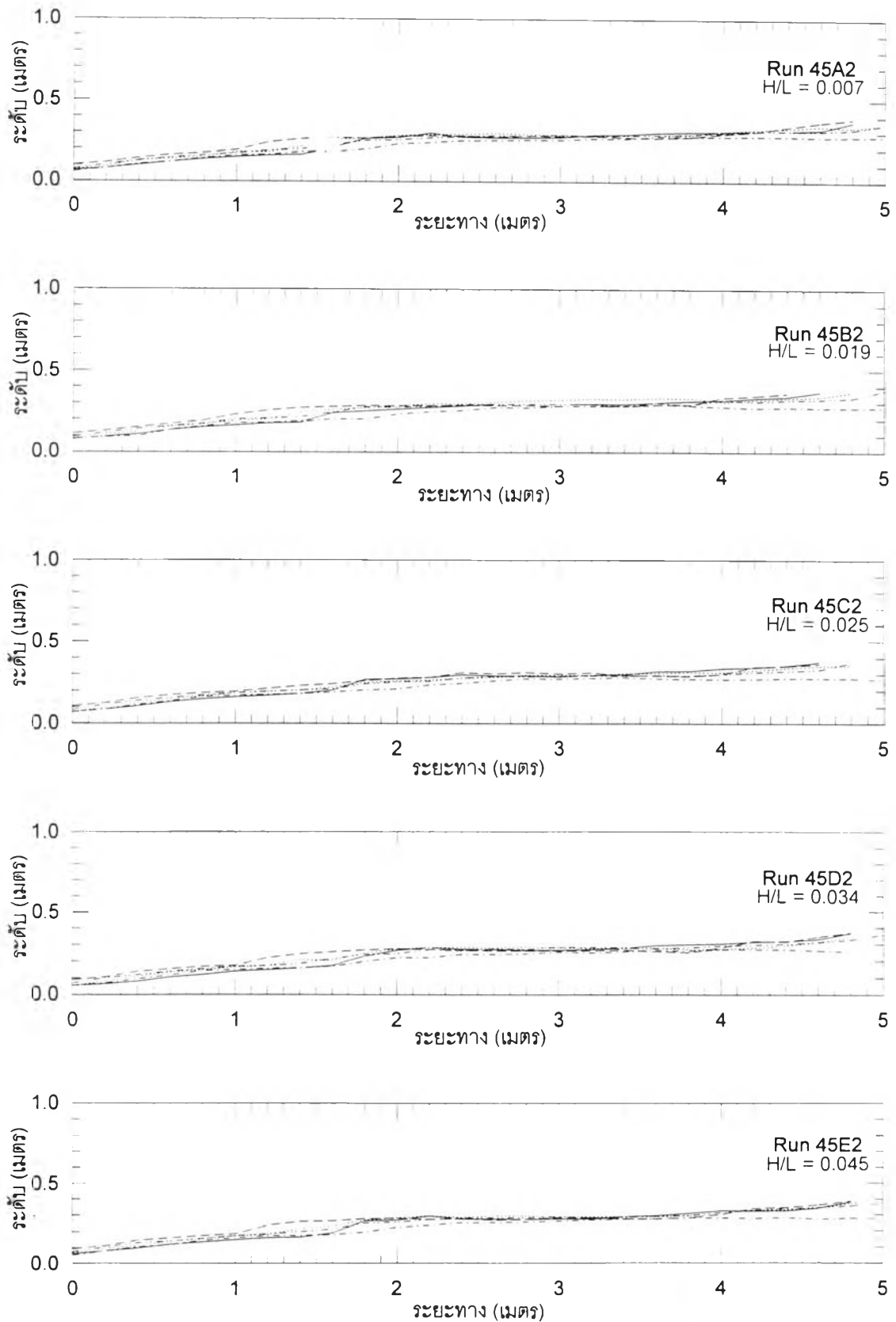


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	45	Degree			
Water depth, d	0.39	m			
Groin spacing, G	2.0	m			
	45A2	45B2	45C2	45D2	45E2
H_{rms}	0.018	0.033	0.034	0.037	0.045
T (sec)	1.57	1.11	0.96	0.85	0.81
H/L	0.007	0.019	0.025	0.034	0.045

รูป จ-6 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 45A2 ถึง 45E2



รูป จ-7 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=2.00$ เมตร (45A2 ถึง 45E2)



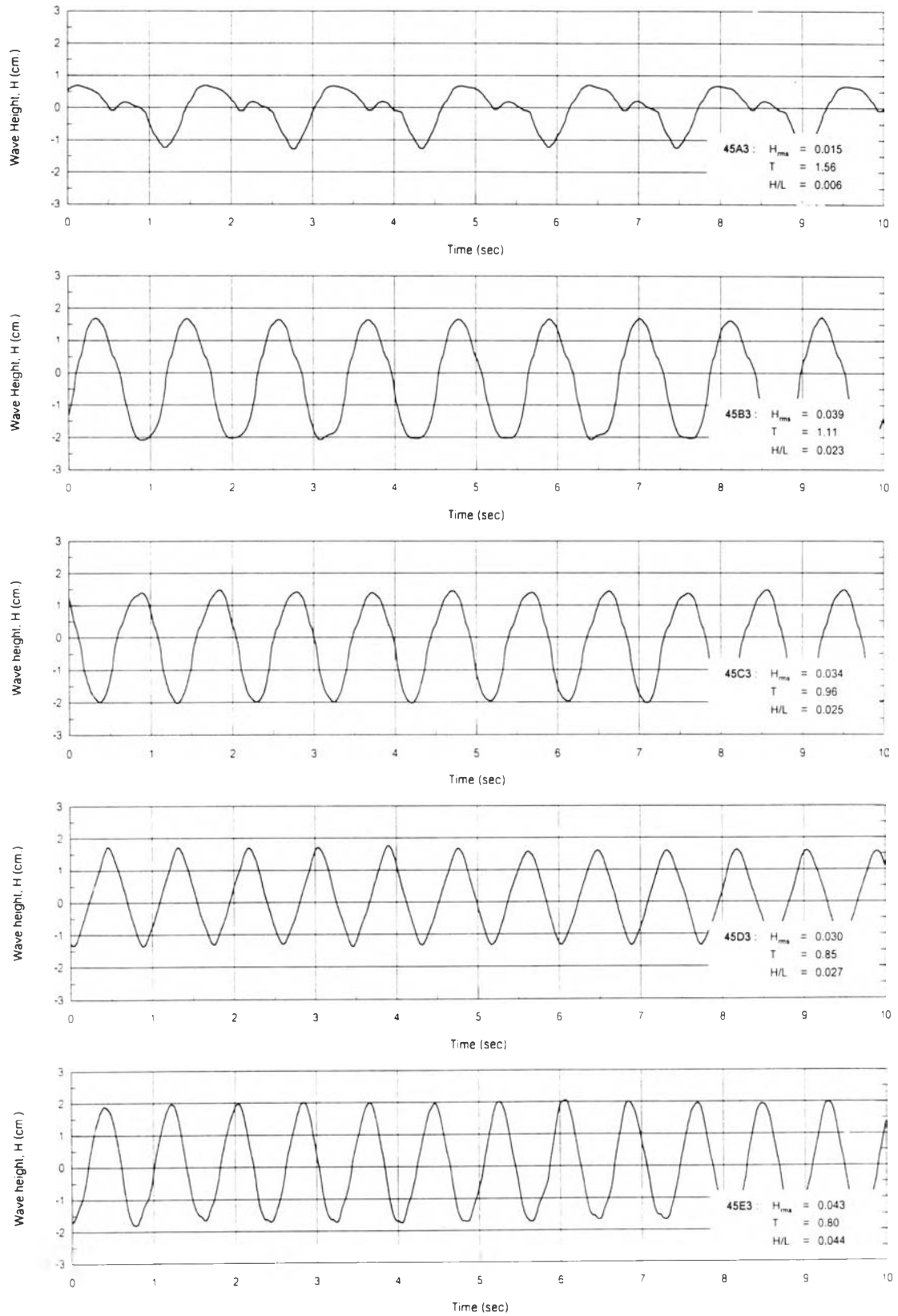
รูป ๙-๘ รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 45A2 ถึง 45E2

ตาราง จ-3 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (45A3 ถึง 45E3)

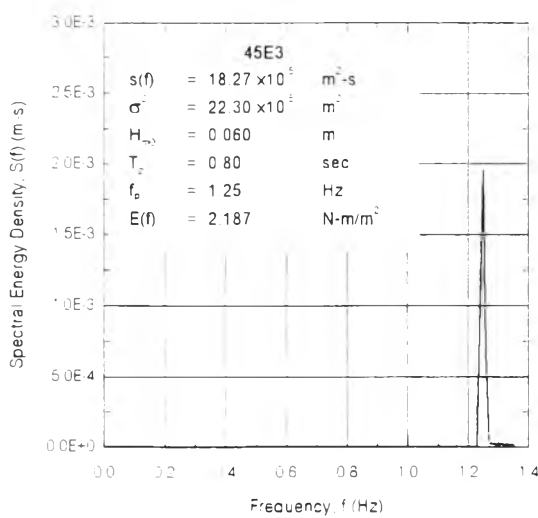
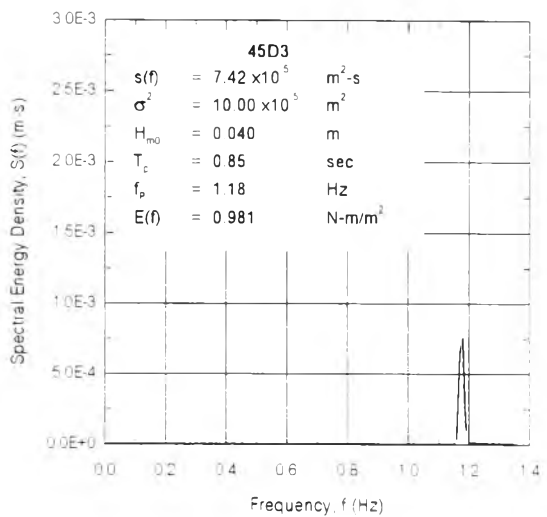
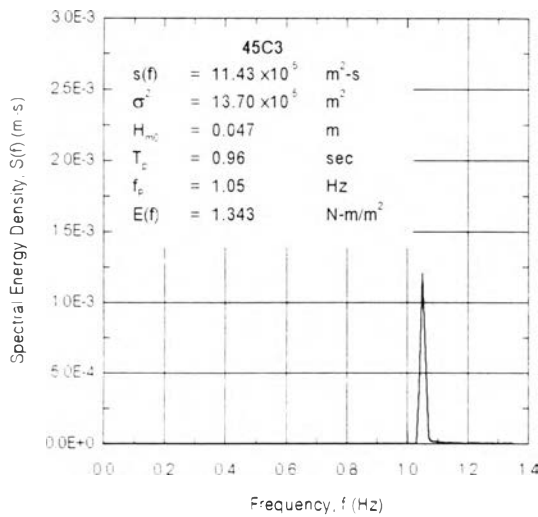
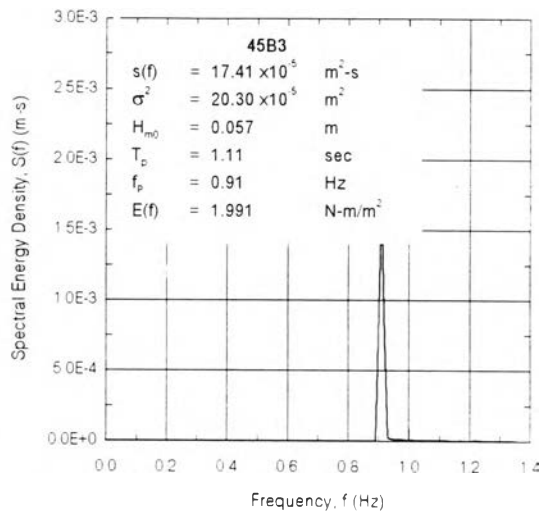
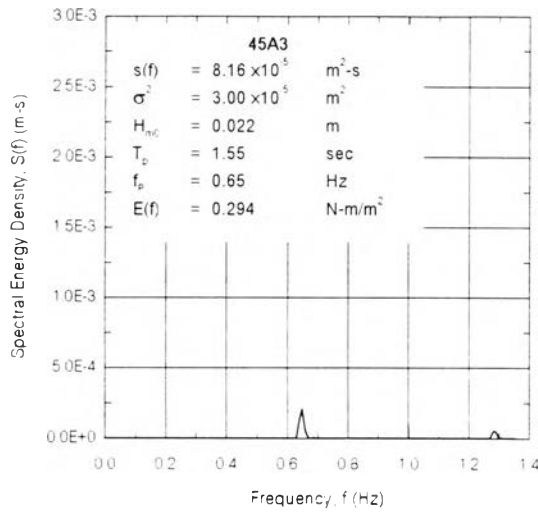
Run No.	45A3	45B3	45C3	45D3	45E3	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth, wave basin, d (m)	0.39	0.39	0.40	0.39	0.40	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right)$
Effective spacing, G' (m)	2.898	2.898	2.898	2.898	2.898	$C_g = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_g}\right) = \frac{L_g}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	45	45	45	45	45	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.39 m.)						
Time of the record (sec)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	$\bar{P} = \bar{E} C_g = \frac{1}{2} \bar{E} C_g$
Numbers of wave data	835	807	934	1,047	1,112	$S(f)\Delta f = \sum_{i=1}^{N+1} \frac{\Delta_i^2}{2}$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.015	0.039	0.034	0.030	0.043	$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df = m_0$
Significant wave period, T_s (sec)	1.56	1.11	0.96	0.85	0.80	$H_s = 4\sigma$
Wave length, L_g (m.)	2.727	1.718	1.365	1.102	0.986	$T_s = \frac{1}{f_s}$
Wave celerity, C_g (m/s)	1.748	1.547	1.421	1.297	1.232	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int S(f) df = \rho g \frac{H_s^2}{16}$
Wave steepness, H_s/L_g	0.006	0.023	0.025	0.027	0.044	$L_g = \frac{gT^2}{2\pi}$
Wave energy, E_g (N-m/m ²)	0.276	1.864	1.417	1.103	2.266	$H_s = \frac{H}{K_s}$
Energy flux, P_g (N-m/s per m. of wave crest)	0.241	1.442	1.007	0.715	1.397	
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^{-6} m^2 \cdot s$)	8.16	17.41	11.43	7.42	18.27	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^{-6} m^2$)	3.00	20.30	13.70	10.00	22.30	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.022	0.057	0.047	0.040	0.060	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.11	0.96	0.85	0.80	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.91	1.05	1.18	1.25	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.294	1.991	1.343	0.981	2.187	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.11	0.96	0.85	0.80	
Wave length, L_0 (m.)	3.750	1.923	1.438	1.128	0.999	
Wave height, H_0 (m.)	0.016	0.042	0.036	0.031	0.044	
Wave steepness H_0/L_0	0.004	0.022	0.025	0.028	0.044	

ตาราง ๑-3 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (45A3 ถึง 45E3)

Run No.	45A3	45B3	45C3	45D3	45E3	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth d_{ent} (m.)	0.073	0.082	0.087	0.096	0.093	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)}$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.293	0.951	0.830	0.751	0.689	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.829	0.857	0.865	0.884	0.862	$C_o = \frac{gT}{2\pi \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)}$
Shoaling coef. K_s	1.236	1.052	0.992	0.948	0.939	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_o)\sin\alpha_0$	5.187	7.671	9.125	10.810	11.293	$H_{ent} = H_o K_s K_r$
Refraction coef. K_r	0.954	0.956	0.958	0.961	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux, P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.369	1.914	1.251	0.871	1.674	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.068	5.545	3.625	2.523	4.850	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_r)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_o	1.863	1.080	1.035	1.003	0.857	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.030	0.046	0.037	0.031	0.038	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.038	0.059	0.048	0.040	0.048	
Weggel (1972)						
Breaker height index, H_b/H_o	1.825	1.213	1.630	1.220	1.138	$a = 43.75(1 - e^{-12.5m})$
Breaking height, H_b (m.)	0.029	0.051	0.059	0.038	0.050	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})}$
d'_b/H_b	0.664	0.728	0.784	0.754	0.826	$T_{gap} = P_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m.)	0.020	0.037	0.046	0.029	0.041	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh\frac{2\pi d}{L}}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	3.241	3.291	3.221	3.211	3.311	
Bay depth, S (m.)	1.135	1.233	1.020	1.032	1.175	
Beach slope, 1: n_1	1: 5.4	1: 7.6	1: 9.2	1: 12.0	1: 14.2	
Beach slope, 1: n_2	1: 9.0	1: 7.7	1: 7.2	1: 8.1	1: 7.6	
Beach slope, 1: n_3	1: 7.4	1: 6.5	1: 7.5	1: 5.7	1: 6.3	
Avg. beach slope 1: n	1: 7.0	1: 7.2	1: 7.9	1: 7.8	1: 8.3	
Bottom slope, m	43.2	37.8	1: 26.4	1: 28.1	1: 20.3	
Breaking depth, d'_b (m.)	0.019	0.029	0.030	0.028	0.030	
a_b (m.)	0.210	0.350	0.450	0.560	0.520	
Total energy passing gap, E_{gap} (N-m/s)	1.068	5.545	3.625	2.523	4.850	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m. of beach lengths)	0.330	1.685	1.125	0.786	1.465	$*K_r = \left[\frac{\cos \alpha_r}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$

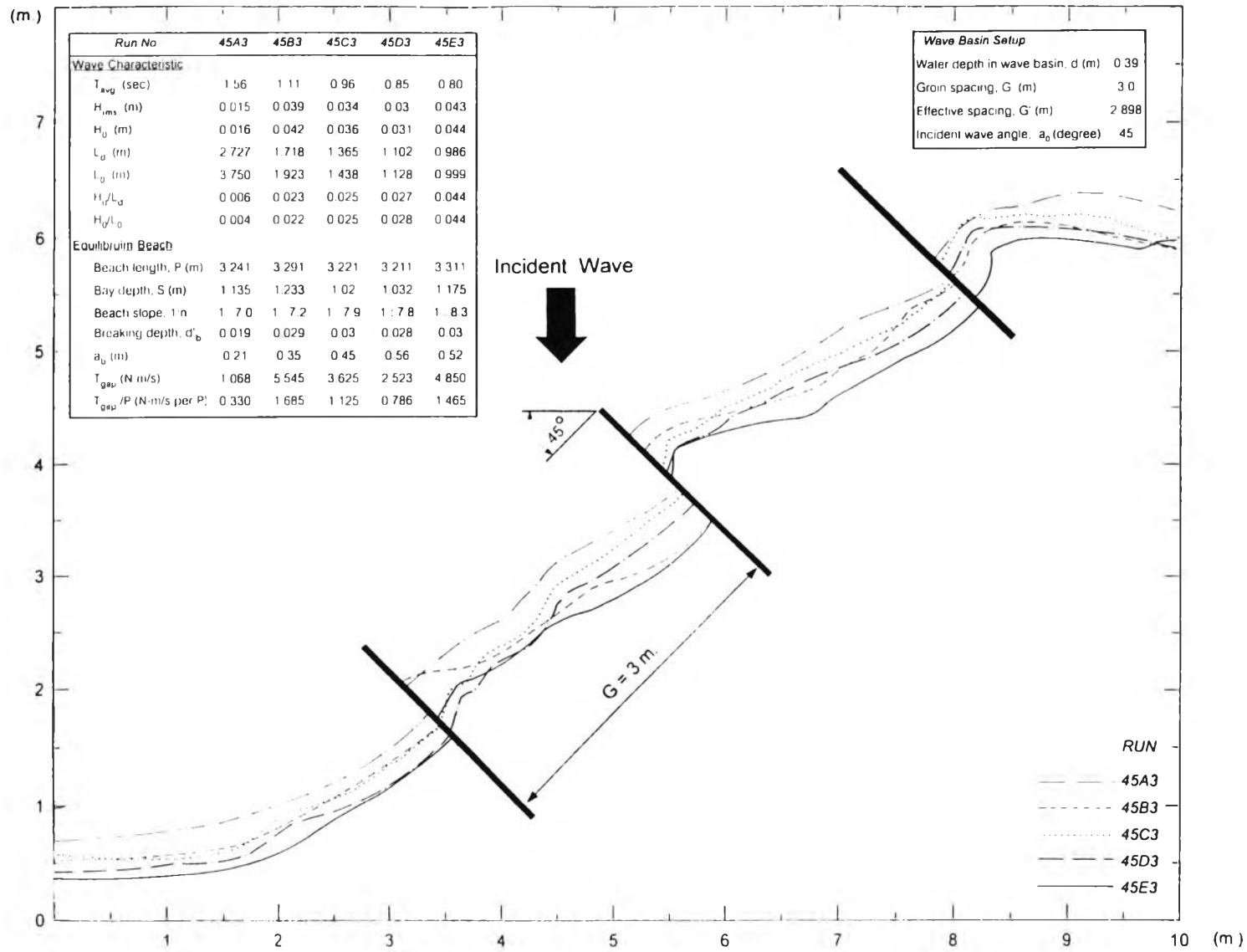


รูป ๑-๙ ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 45A3 ถึง 45E3

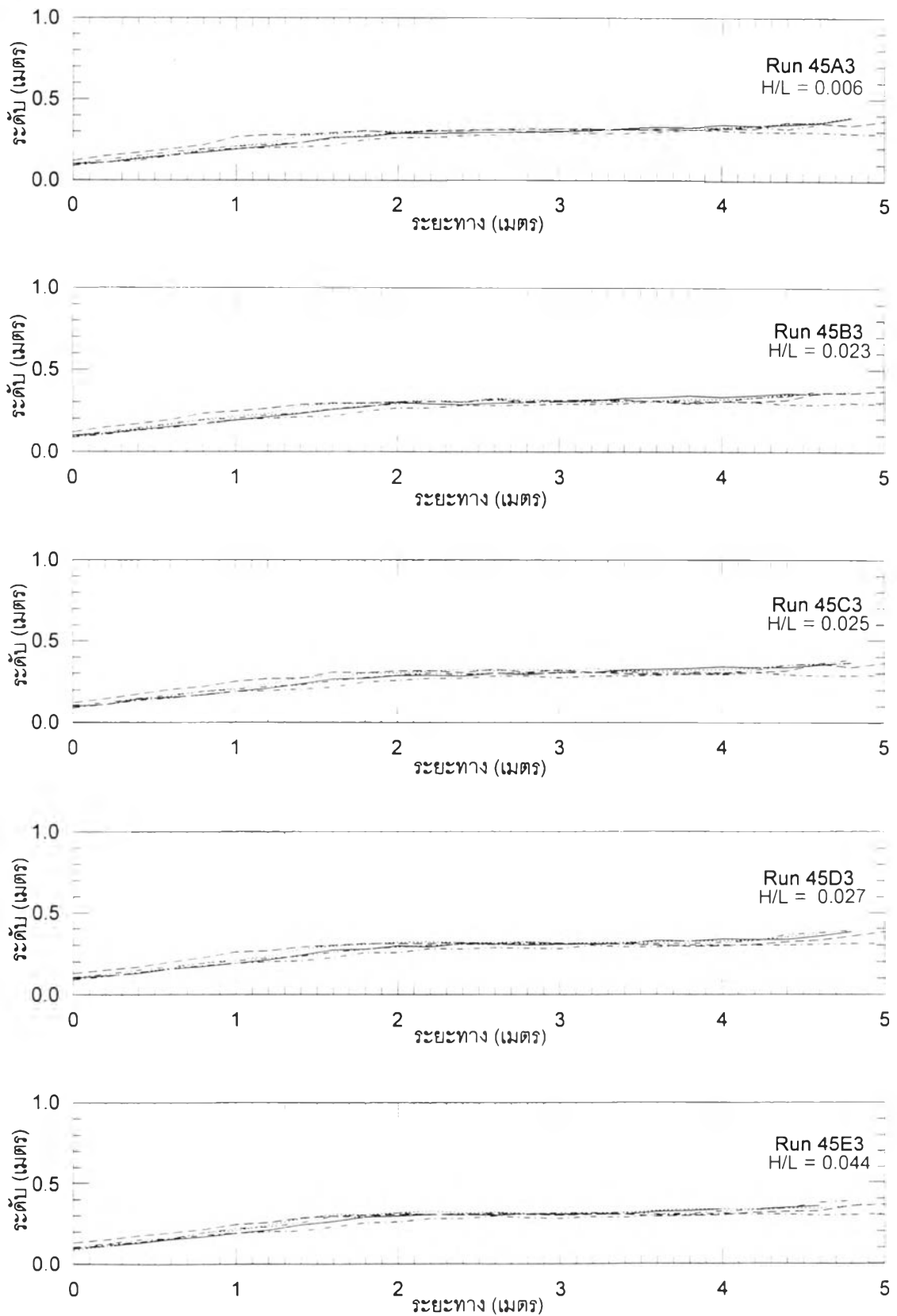


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α_i	45		Degree		
Water depth, d	0.39		m		
Groin spacing, G	3.0		m		
	45A3	45B3	45C3	45D3	45E3
H_{rms}	0.015	0.039	0.034	0.030	0.043
T (sec)	1.56	1.11	0.96	0.85	0.80
H/L	0.006	0.023	0.025	0.027	0.044

รูป จ-10 พลังงานคลื่นจากการวิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 45A3 ถึง 45E3



รูป จ-11 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=3.00$ เมตร (45A3 ถึง 45E3)



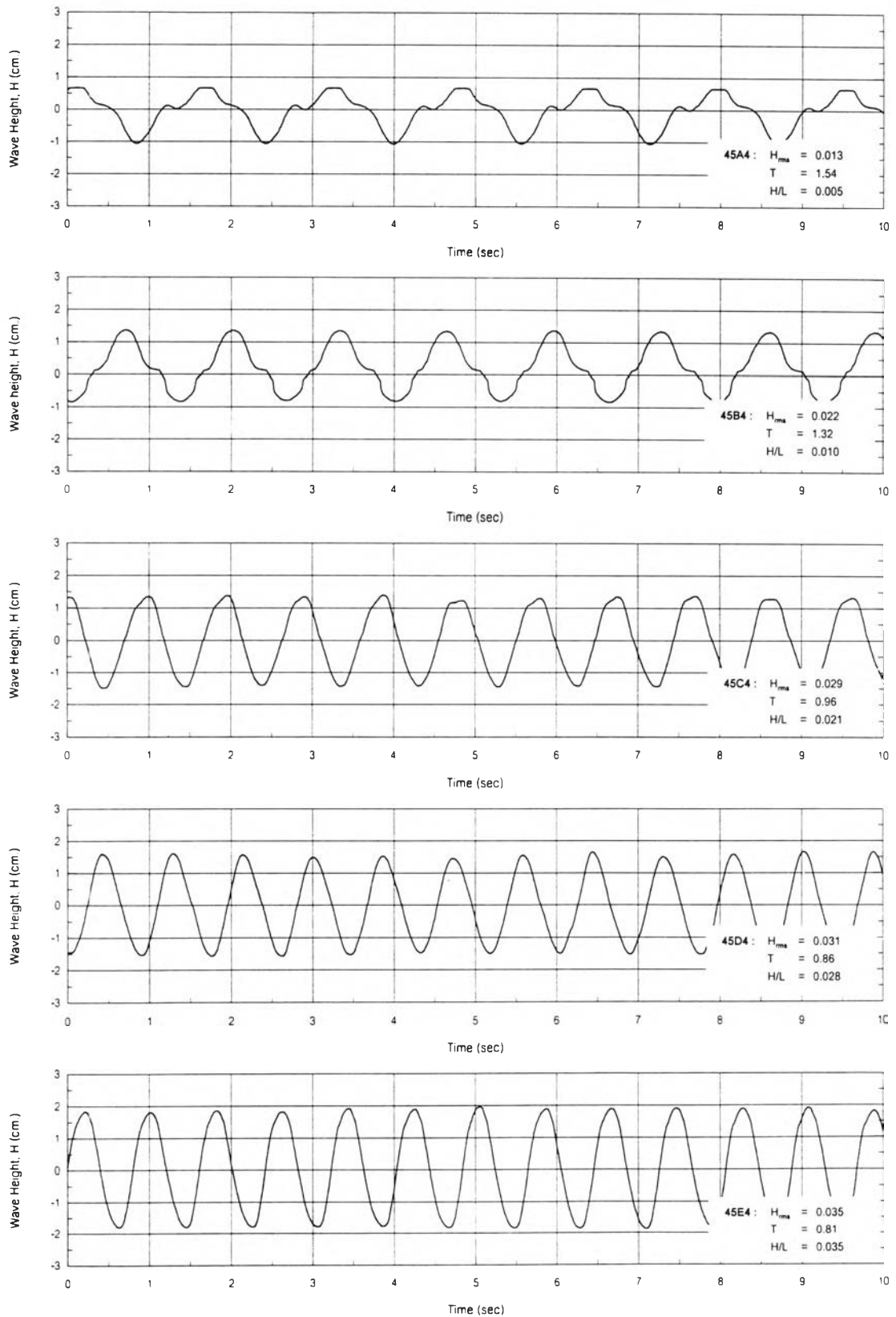
รูป ๙-12 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 45A3 ถึง 45E3

ตาราง ๑-4 สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (45A4 ถึง 45E4)

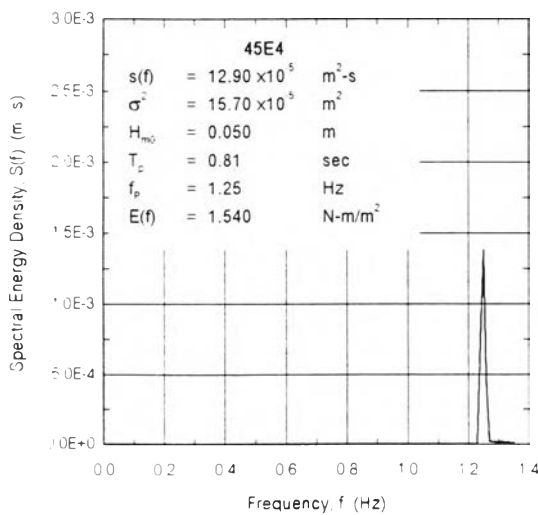
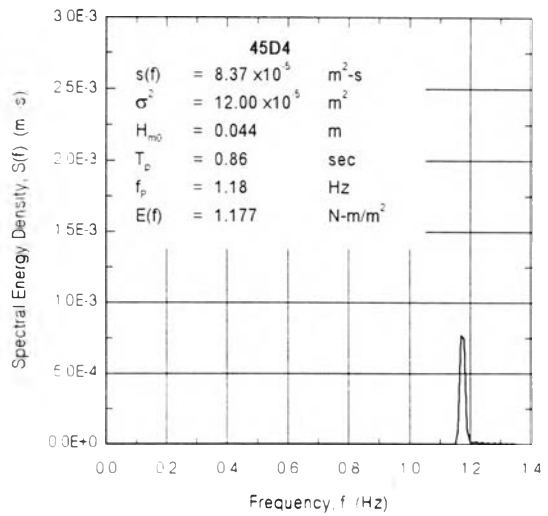
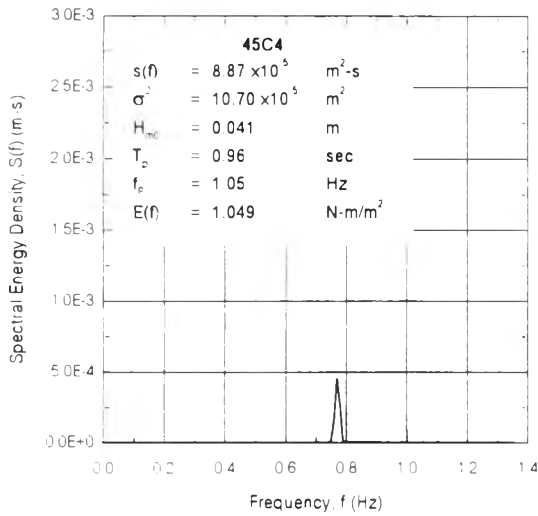
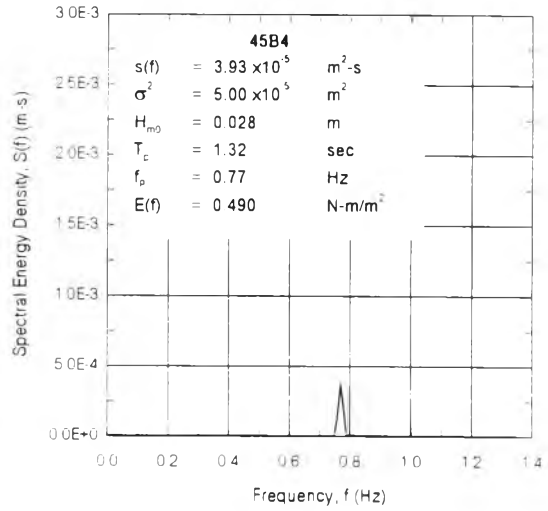
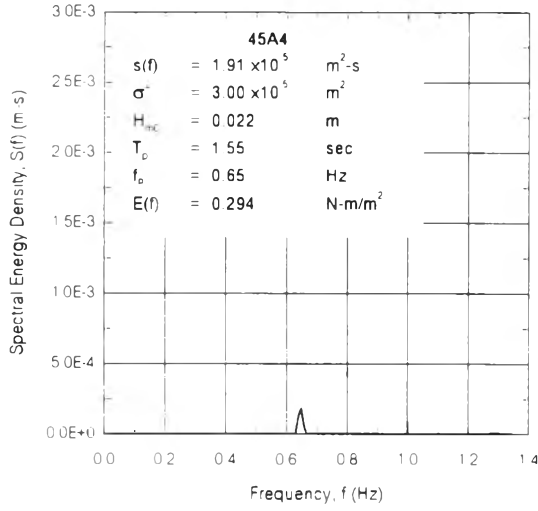
Run No.	45A4	45B4	45C4	45D4	45E4	Remark
Setup Condition						
Groin Setup						
Water depth in wave basin, d (m)	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H^2}$
Groin spacing, G (m)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	$L_d = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi d}{L_d} \right)$
Effective spacing, G' (m)	3.864	3.864	3.864	3.864	3.864	$C_d = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{tanh} \left(\frac{2\pi d}{L_d} \right) = \frac{L_d}{T}$
Incident wave angle, α_0 (degree)	45	45	45	45	45	
Wave Characteristics						
Transitional Water at Mid Basin (recorder, d = 0.39 m.)						
Time of the record (sec)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	$\bar{E} = \frac{\rho g H_{rms}^2}{8}$
Numbers of wave data	824	682	934	1,044	1,111	$\bar{P} = \bar{E} C_d = \frac{1}{2} \bar{E} C$
Statistic Analysis (Time Domain)						
Root mean square wave height, H_{rms} (m)	0.013	0.022	0.029	0.031	0.035	$S(f) \Delta f = \sum_{i=1}^{i+\Delta f} \frac{a_i^2}{2}$
Significant wave period, T_s (sec)	1.54	1.32	0.96	0.86	0.81	$\sigma^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_0$
Wave length, L_d (m.)	2.691	2.202	1.363	1.126	1.009	$H_{ms} = 4\sigma$
Wave celerity, C_d (m/s)	1.747	1.669	1.420	1.309	1.245	$T_s = \frac{1}{f_b}$
Wave steepness, H_d/L_d	0.005	0.010	0.021	0.028	0.035	$\bar{E}(f) = \rho g \sigma^2 = \rho g \int_0^\infty S(f) df = \rho g \frac{H_{ms}^2}{16}$
Wave energy, E_d (N-m/m ²)	0.207	0.593	1.031	1.178	1.502	$L_c = \frac{gT^2}{2\pi}$
Energy flux, P_d (N-m/s per m. of wave crest)	0.181	0.495	0.732	0.771	0.935	$H_0 = \frac{H}{K_s}$
Spectral Analysis (Frequency Domain)						
Spectral energy density at f_p , $S(f)$ ($\times 10^5$ m ² -s)	1.91	3.93	8.87	8.37	12.90	
Spectral variance, s^2 ($\times 10^5$ m ²)	3.00	5.00	10.70	12.00	15.70	
Zeroth-moment wave height, H_{m0} (m)	0.022	0.028	0.041	0.044	0.050	
Peak spectra period, T_p (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Peak frequency, f_p (Hz)	0.65	0.77	1.05	1.18	1.25	
Wave energy, $E(f)$ (N-m/m ²)	0.294	0.490	1.049	1.177	1.540	
Deep Water (calculated)						
Wave period, T (sec)	1.55	1.32	0.96	0.86	0.81	
Wave length, L_0 (m.)	3.750	2.719	1.438	1.154	1.024	
Wave height, H_0 (m.)	0.014	0.024	0.031	0.032	0.036	
Wave steepness, H_0/L_0	0.004	0.009	0.021	0.028	0.035	

ตาราง จ-4 (ต่อ) สรุปข้อมูลการทดลอง กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (45A4 ถึง 45E4)

Run No.	45A4	45B4	45C4	45D4	45E4	Remark
Wave Characteristics (cont.)						
At Entrance						
Avg. water depth, d_{ent} (m.)	0.089	0.083	0.090	0.091	0.095	$L_{ent} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Wave length, L_{ent} (m.)	1.402	1.153	0.843	0.745	0.706	
Wave celerity, C_{ent} (m/s)	0.911	0.873	0.878	0.866	0.871	$C_a = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_{ent}}\right)$
Shoaling coef. , K_s	1.178	1.122	0.987	0.956	0.939	
$\alpha = \sin^{-1}(C/C_0)\sin\alpha_0$	5.723	6.492	9.281	10.405	11.272	$H_{ent} = H_0 K_s K_r$
Refraction coef. , K_r	0.954	0.955	0.958	0.960	0.961	$\bar{E}_{ent} = \frac{\rho g H_{ent}^2}{8}$
Energy flux , P_{ent} (N-m/s per m. of wave crest) (rate of energy per unit crest width)	0.276	0.712	0.916	0.931	1.128	$\bar{P}_{ent} = \bar{E}_{ent} C_{ent}$
Total energy passing gap, T_{gap} (N-m/s)	1.068	2.750	3.539	3.596	4.357	$T_{gap} = \bar{P}_{ent} G' = \bar{P}_{ent} (G \cos \alpha_0)$
At Breaking						
Munk (1949)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.954	1.465	1.091	0.999	0.925	$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$ (Munk)
Breaking height, H_b (m.)	0.027	0.035	0.034	0.032	0.033	$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b^2}{gT^2}\right)}$ (Weggel)
Breaking depth, d'_b (m.)	0.035	0.045	0.043	0.041	0.043	
Weggle (1972)						
Breaker height index, H_b/H_0	1.815	1.625	1.250	1.150	1.083	$a = 43.75(1 - e^{-15.5m})$
Breaking height, H_b (m.)	0.025	0.039	0.039	0.037	0.039	$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-15.5m})}$
d'_b/H_b	0.661	0.685	0.728	0.748	0.772	$T_{gap} = P_{ent} G$
Breaking depth, d'_b (m)	0.017	0.027	0.028	0.028	0.030	$*K_s = \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \frac{(4\pi d/L)}{\sinh(4\pi d/L)}\right] \tanh \frac{2\pi d}{L}}}$
Beach Formation						
Equilibrium Bays						
Beach length, P (m.)	4.311	4.341	4.441	4.561	4.521	$**K = \left[\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}\right]^{1/2}$
Bay depth, S (m.)	1.415	1.490	1.645	1.755	1.775	
Beach slope, 1: n_1	1: 8.2	1: 5.7	1: 6.7	1: 12.3	1: 10.5	
Beach slope, 1: n_2	1: 6.5	1: 6.2	1: 8.3	1: 9.7	1: 10.8	
Beach slope, 1: n_3	1: 7.2	1: 7.0	1: 7.1	1: 5.7	1: 6.7	
Avg. beach slope, 1: n	1: 7.2	1: 6.3	1: 7.3	1: 8.3	1: 8.9	
Bottom slope, m	1: 59.8	1: 41.9	1: 33	1: 38.4	1: 41.4	
Breaking depth, d'_b (m)	0.020	0.020	0.028	0.031	0.027	
a_b (m)	0.210	0.230	0.310	0.630	0.510	
Total energy passing gap, E_{gap} (N-m/s)	1.068	2.750	3.539	3.596	4.357	
Avg. energy per beach lengths, T_{gap}/P (N-m/s per m. of beach lengths)	0.248	0.634	0.797	0.789	0.964	

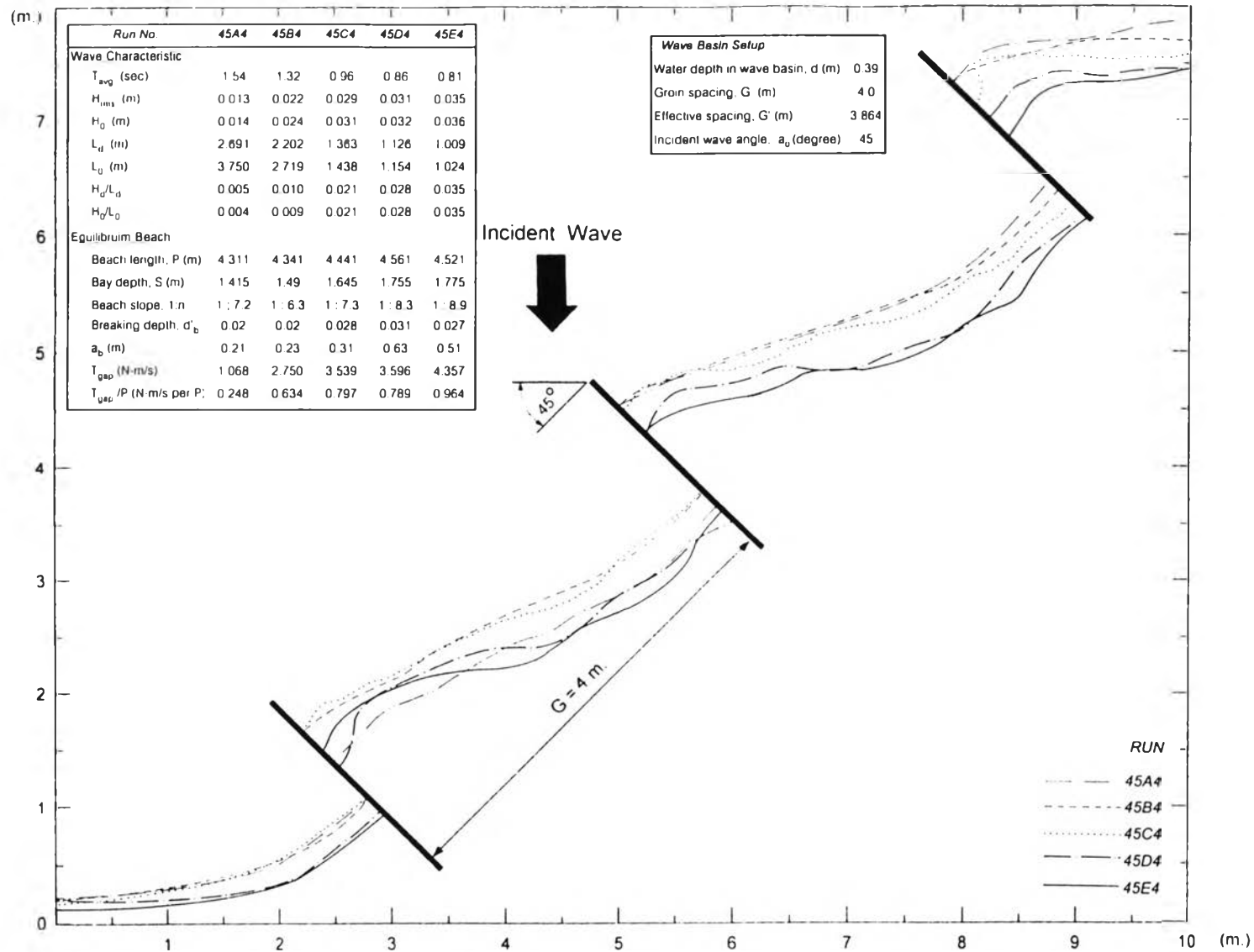


รูป จ-13 ตัวอย่างข้อมูลคลื่น (A,B,C,D,E) จากการบันทึก ชุดการทดลอง 45A4 ถึง 45E4

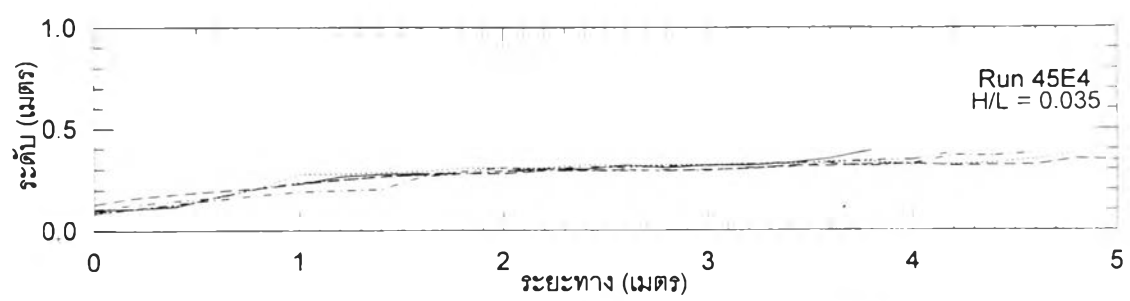
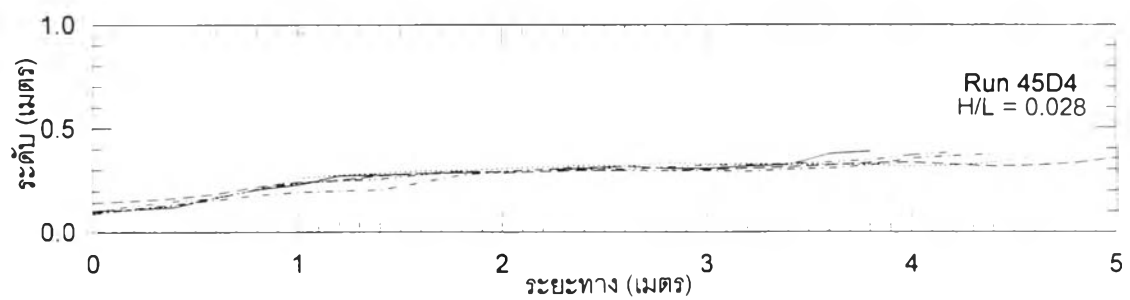
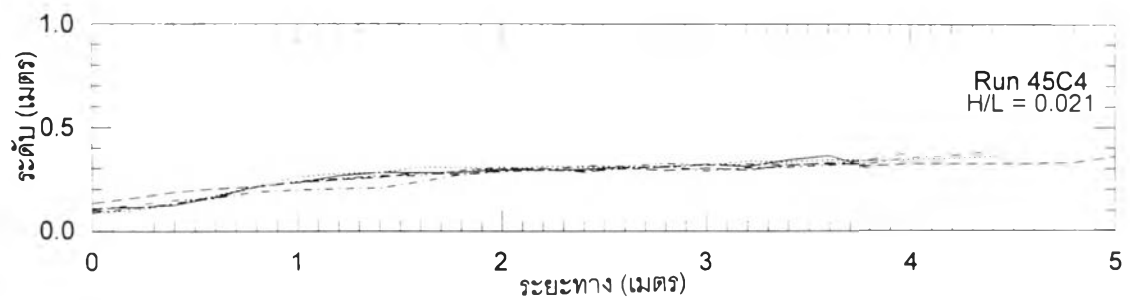
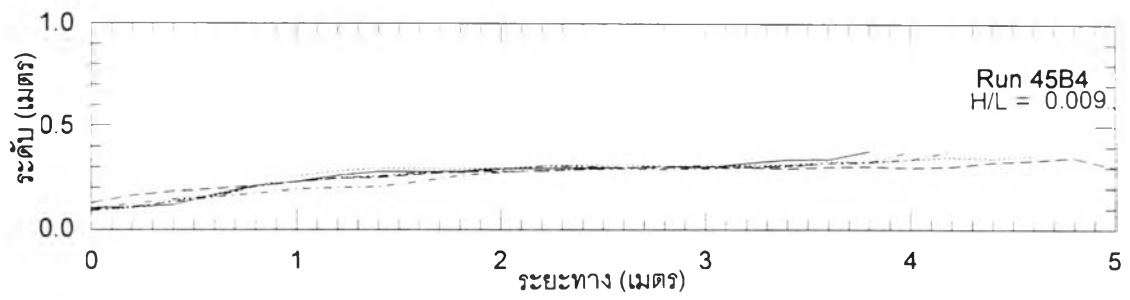
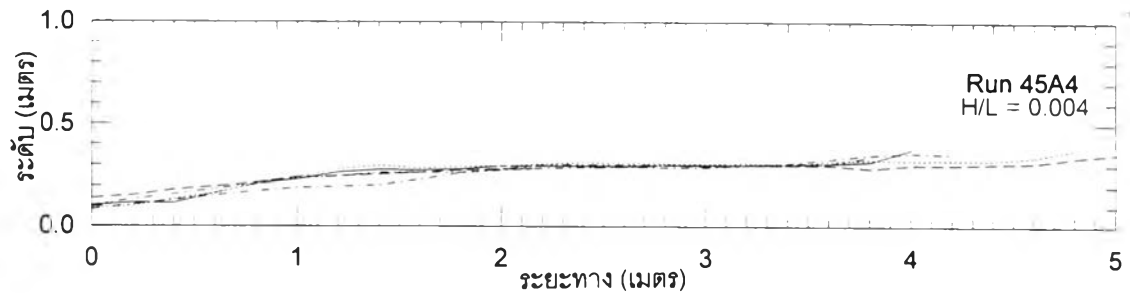


Wave Basin Setup					
Incident wave angle, α ,	45	Degree			
Water depth, d	0.39	m			
Groin spacing, G	4.0	m			
	45A4	45B4	45C4	45D4	45E4
H_{rms}	0.013	0.022	0.029	0.031	0.035
T (sec)	1.54	1.32	0.96	0.86	0.81
H/L	0.005	0.010	0.021	0.028	0.035

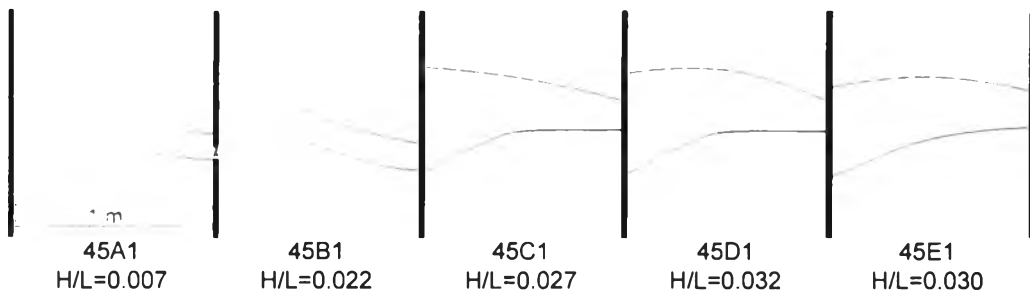
รูป จ-14 พลังงานคลื่นจากกราววิเคราะห์ความถี่ ชุดการทดลอง 45A4 ถึง 45E4



รูป จ-15 แนวชายฝั่งสมดุล กรณี $\alpha_0=45^\circ$ และ $G=4.00$ เมตร (45A4 ถึง 45E4)



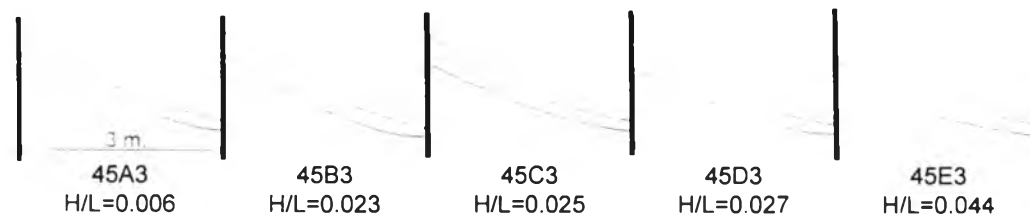
รูป จ-16 รูปตัดตามยาวชายฝั่ง ชุดการทดลอง 45A4 ถึง 45E4



ก) กรณี $G = 1.00$ ม.



ข) กรณี $G = 2.00$ ม.



ค) กรณี $G = 3.00$ ม.



ง) กรณี $G = 4.00$ ม.

--- Breaking line
 - - - Still water level line

รูป จ-17 แนวชายฝั่งสมดุลงเฉลี่ย กรณี $\alpha_0 = 45^\circ$

ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ของตัวแปรออกแบบ
และชายฝั่งสมดุลโดยวิธีไร้หน่วย

ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ของตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุลโดยวิธีไร้หน่วย

เมื่อทำการทดลองจนครบทุกกรณีศึกษาแล้ว นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ ซึ่งในการนำผลการศึกษาที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบจริง ต้องอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธีตัวแปรไร้หน่วย เพื่อสามารถนำไปวิเคราะห์หาขนาดมิติต่าง ๆ ในสภาพจริงได้ สำหรับในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาตัวแปรดังต่อไปนี้

จ.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1) ตัวแปรสภาพการณ์คลื่น (wave climate variable) คือลักษณะคลื่นที่ใช้ในการทดลองและการศึกษา เช่น ความสูงคลื่น (H) คาบเวลาของคลื่น (T) ความยาวคลื่น (L) ความชันคลื่น (H/L) และมุมที่แนวคลื่นกระทำต่อแนวชายฝั่ง สำหรับลักษณะคลื่นในการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยวิธีไร้หน่วยนี้ แยกการพิจารณาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ลักษณะคลื่นในน้ำลึก (deep water)
- ลักษณะคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว (entranced)
- ลักษณะคลื่นบริเวณคลื่นแตกตัว (breaker zone)

2) ตัวแปรออกแบบ (design variable) มีตัวแปรที่พิจารณาดังนี้

- ความยาวของโครงสร้างคันดักตะกอน (l)
- ระยะห่างระหว่างโครงสร้าง (G)

3) รูปร่างชายฝั่งสมดุล (equilibrium shape of shoreline)

- ระยะเว้าของชายฝั่ง (S)
- ความยาวของชายฝั่ง (P)
- ความลาดชันชายฝั่งภายในอ่าว (1:n)
- ระดับน้ำบริเวณทางเข้าอ่าว (d_{ent})
- ระยะคลื่นแตกตัว (a_b)

จ.2 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นในน้ำลึกกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุ

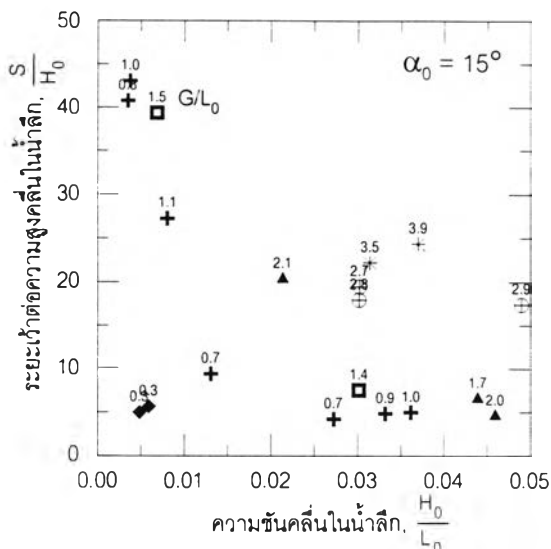
ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะคลื่นในน้ำลึกกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุโดยวิธีไร่น่วยดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับระยะเว้าต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-1
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับระยะเว้าต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-2
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-3
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-4
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับระยะคลื่นแตกตัวต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-5
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับระยะคลื่นแตกตัวต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-6
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าวต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-7
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าวต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก แสดงในรูป จ-8

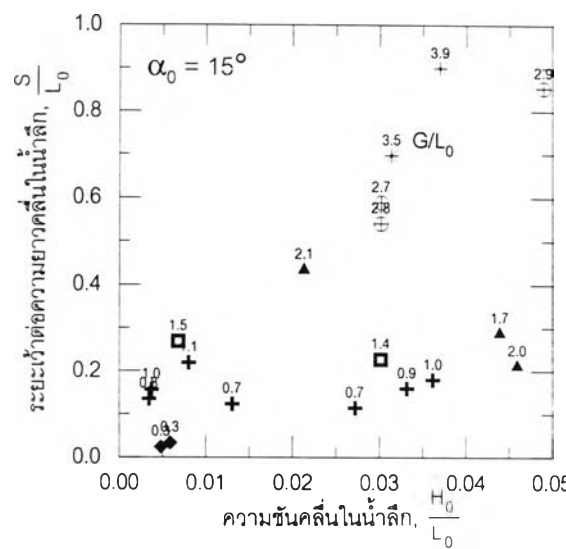
จ.2 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุ

ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะคลื่นกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุโดยวิธีไร่น่วย ดังต่อไปนี้

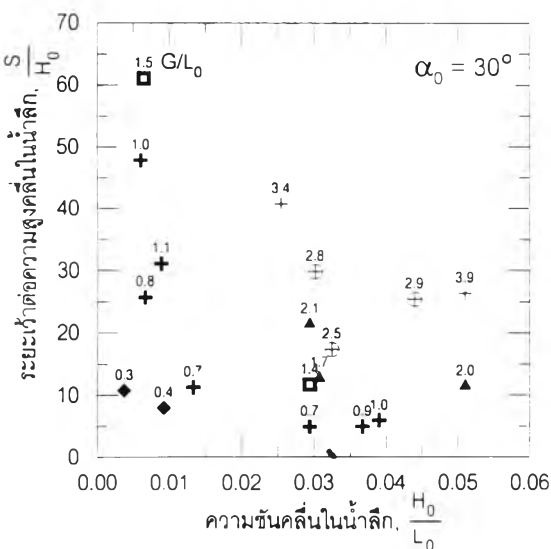
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับระยะเว้าต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-9
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับระยะเว้าต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-10
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-11
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-12



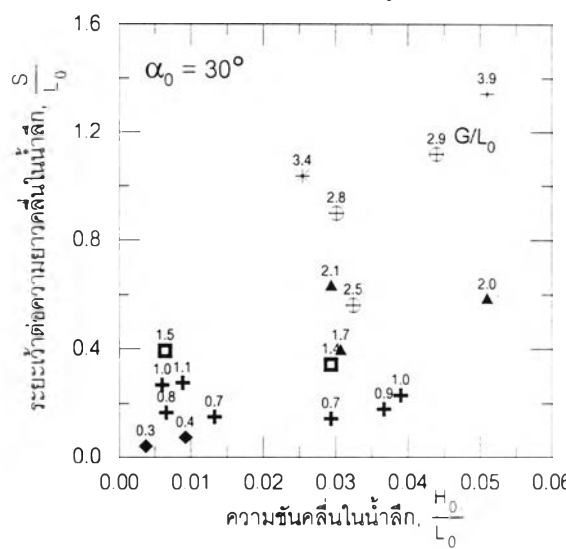
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



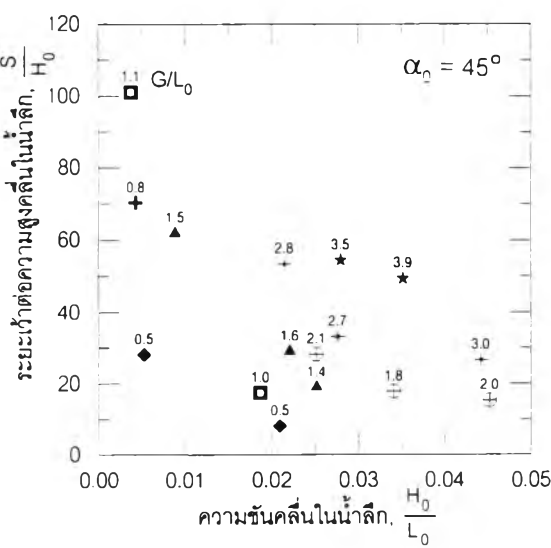
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



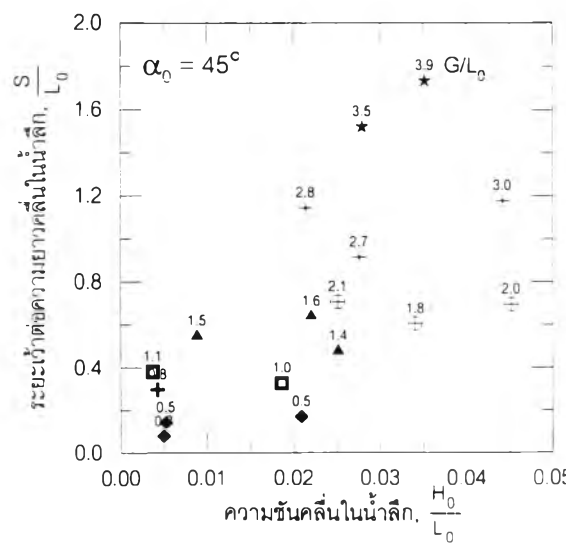
ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



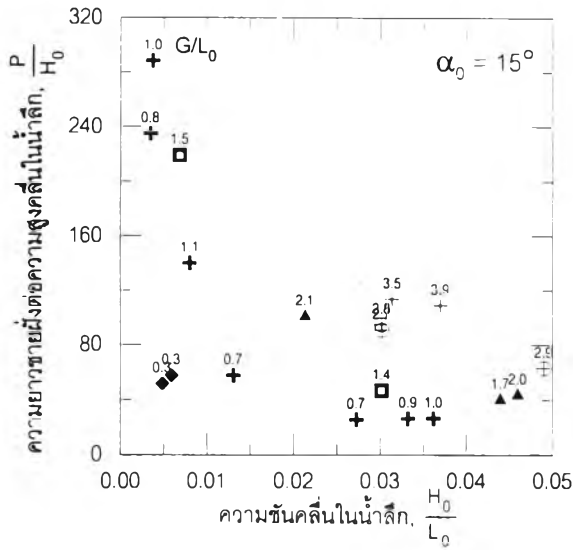
ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$



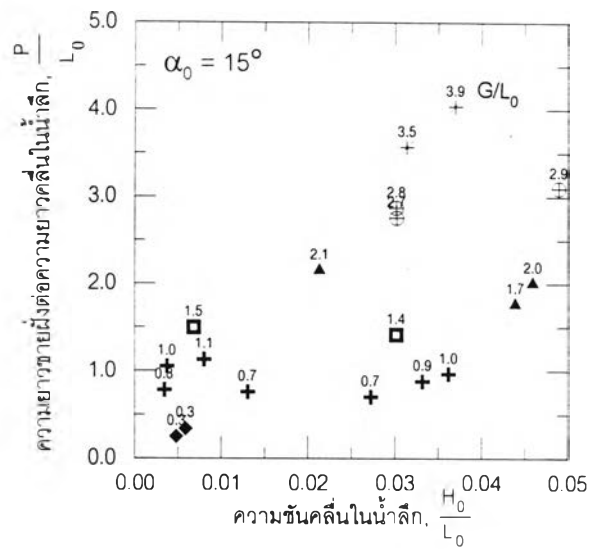
ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$

รูป จ-1 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับ ระยะเว้าต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก

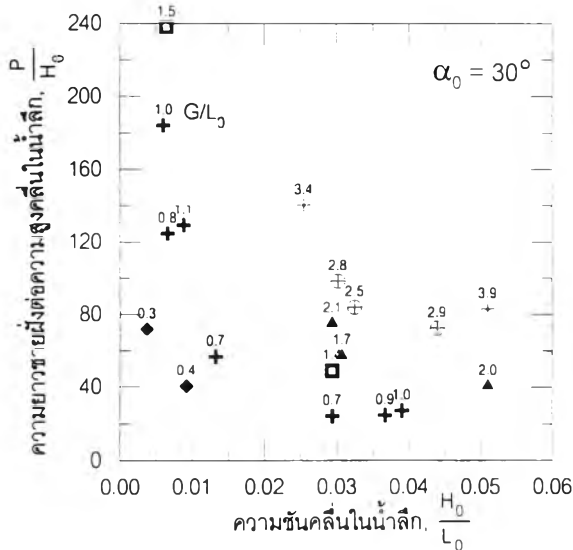
รูป จ-2 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับ ระยะเว้าต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก



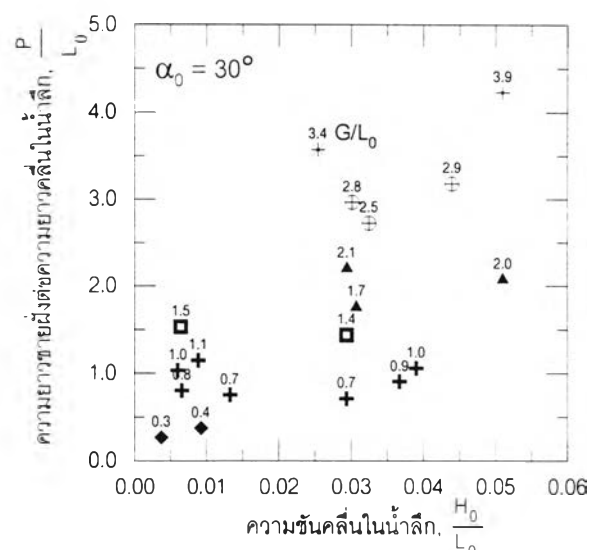
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



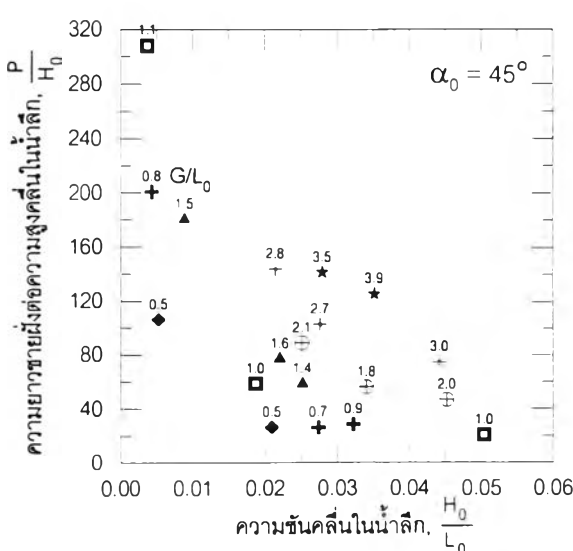
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



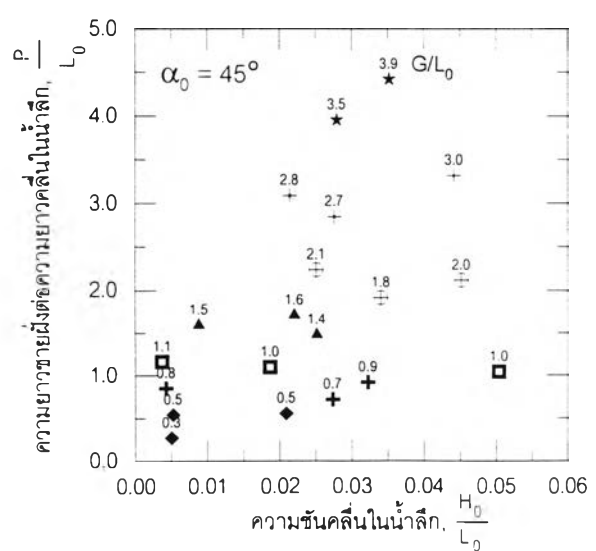
ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



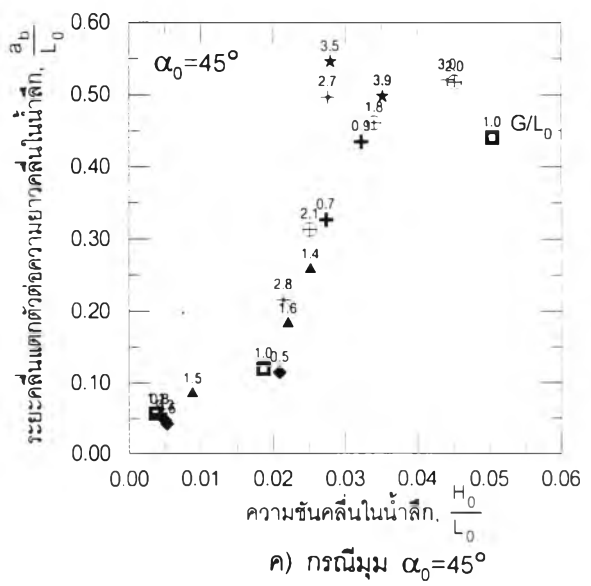
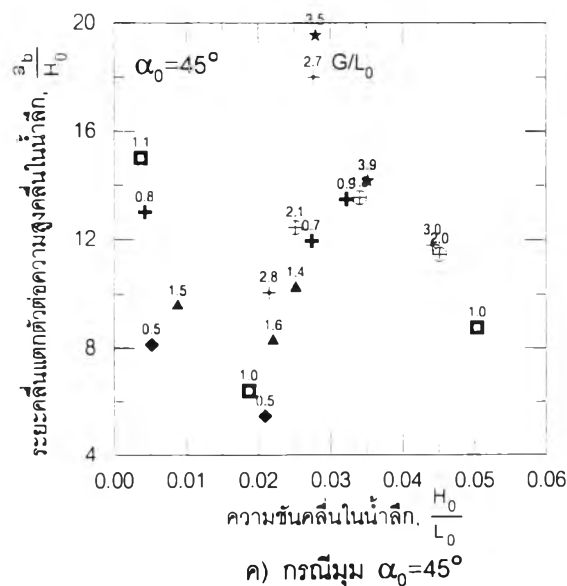
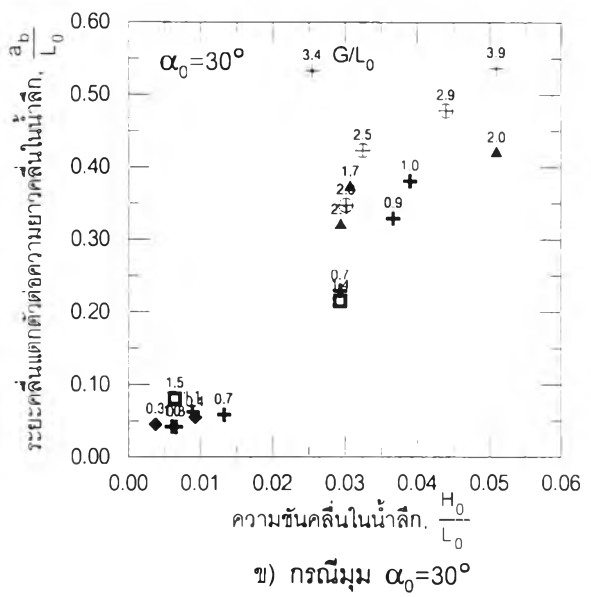
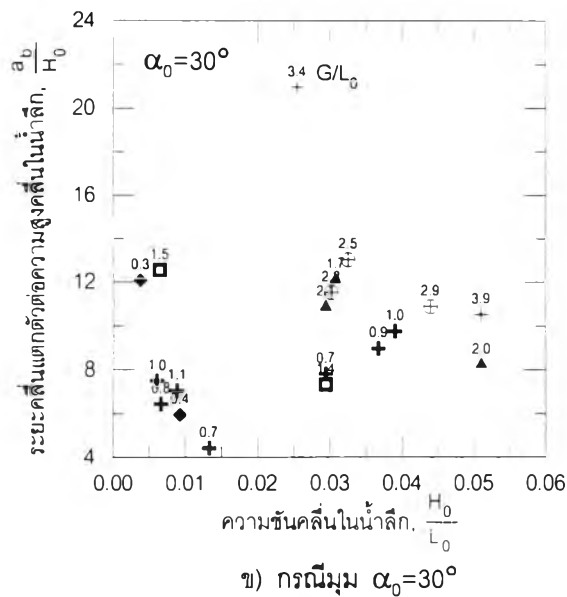
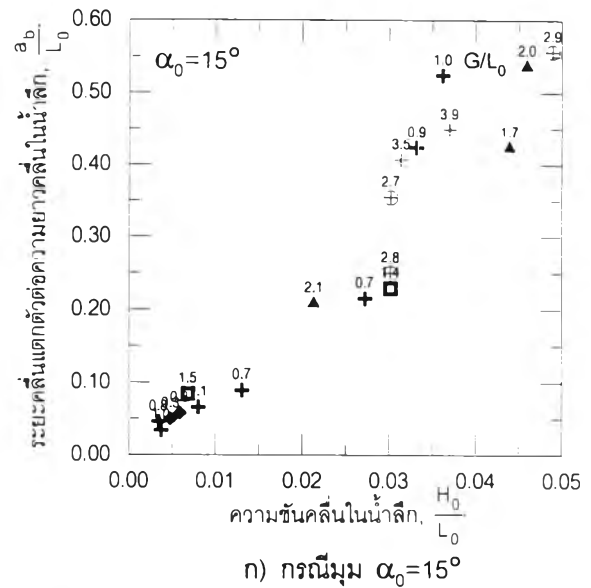
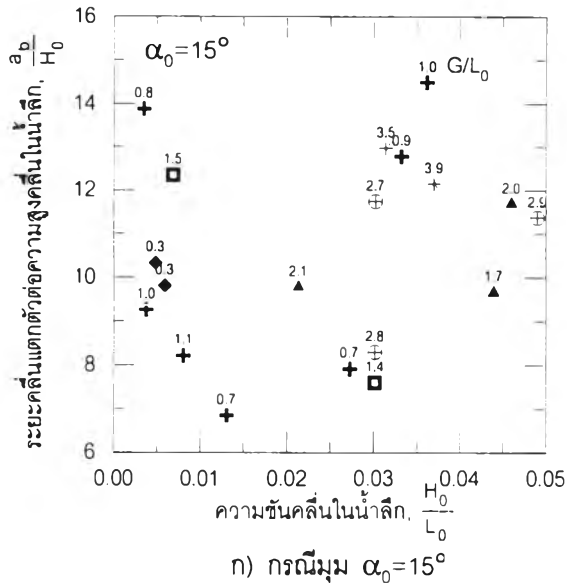
ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$



ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$

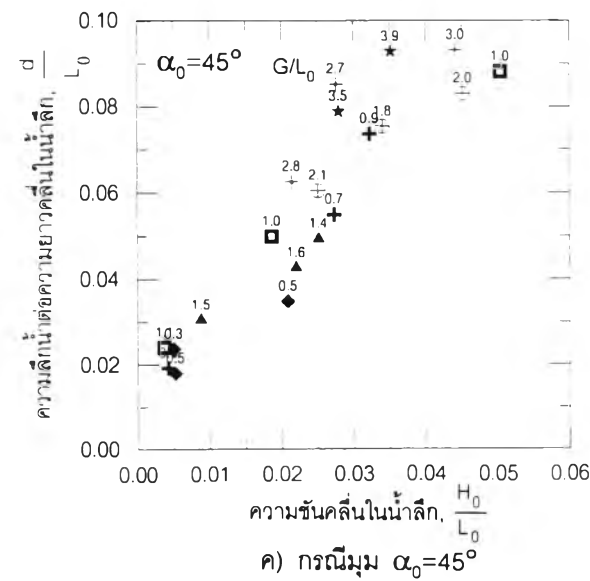
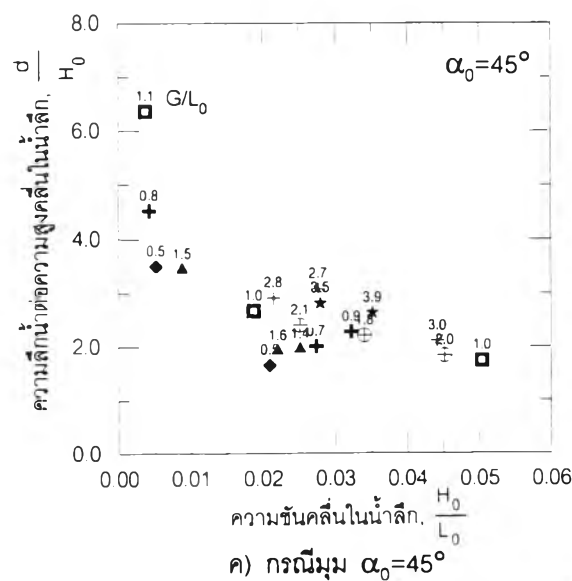
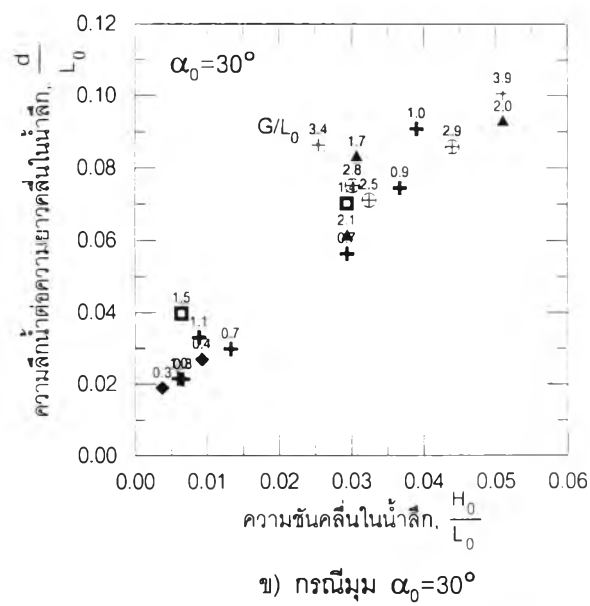
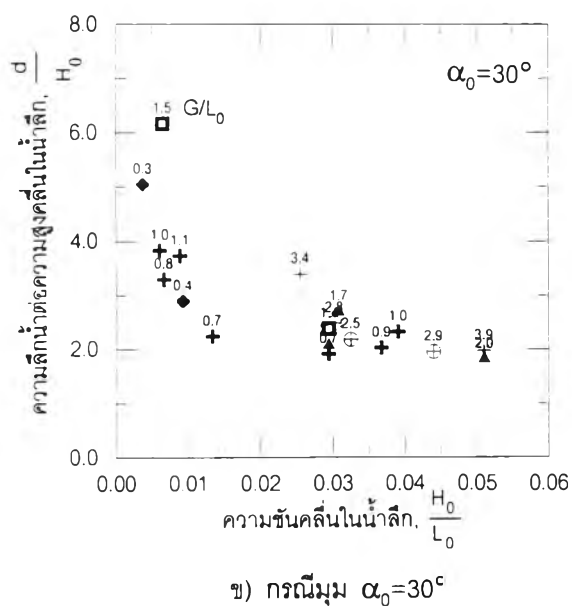
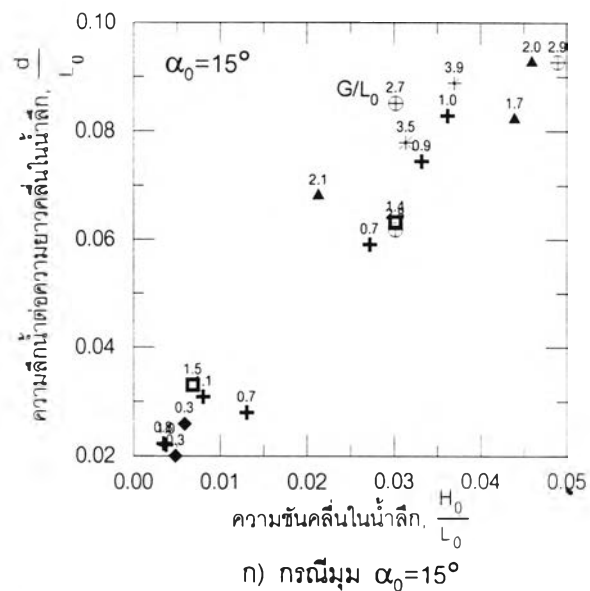
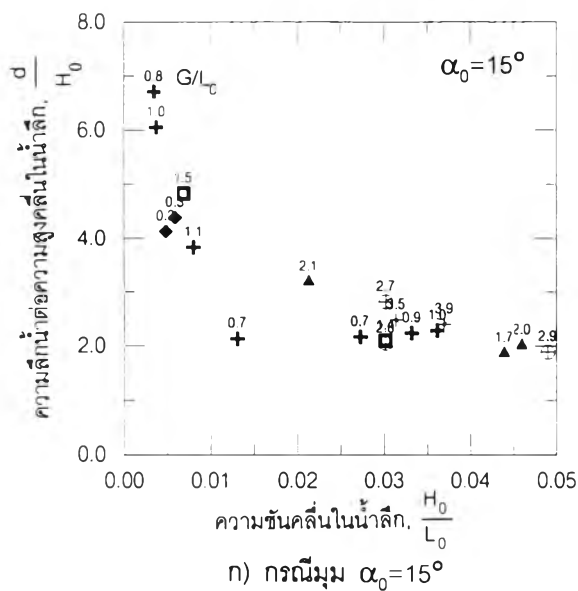
รูป จ-3 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก

รูป จ-4 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก



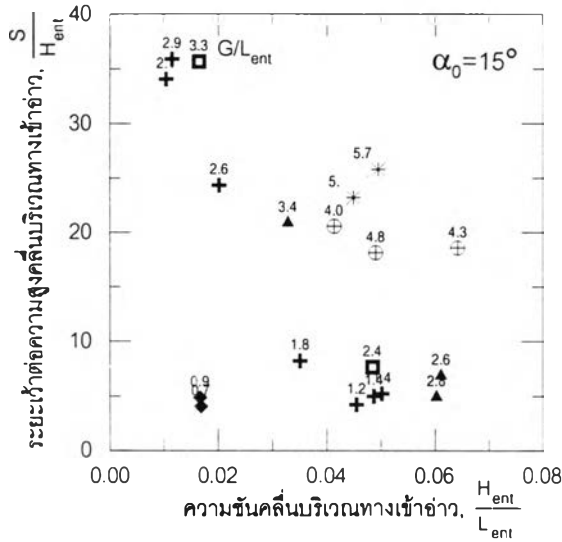
รูป จ-5 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับ ระยะเวลาสั้นแตกตัวต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก

รูป จ-6 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับ ระยะเวลาสั้นแตกตัวต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก

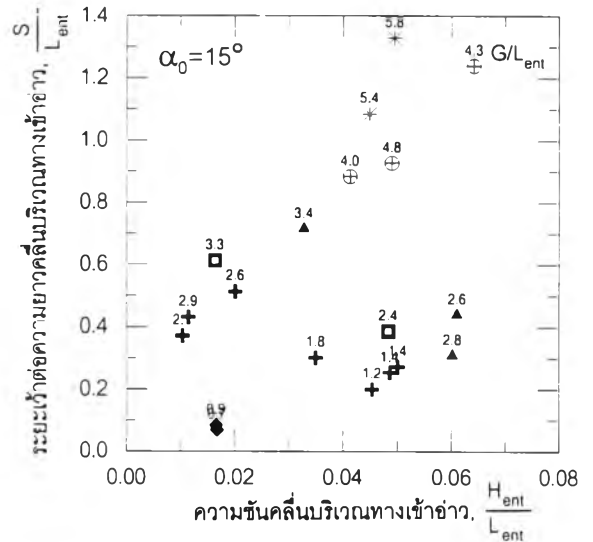


รูป จ-7 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความลึกน้ำ บริเวณทางเข้าอ่าวต่อความสูงคลื่นในน้ำลึก

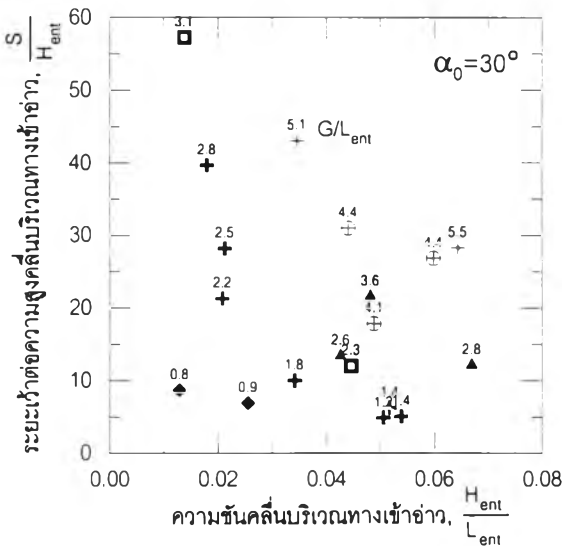
รูป จ-8 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นในน้ำลึกกับความลึกน้ำ บริเวณทางเข้าอ่าวต่อความยาวคลื่นในน้ำลึก



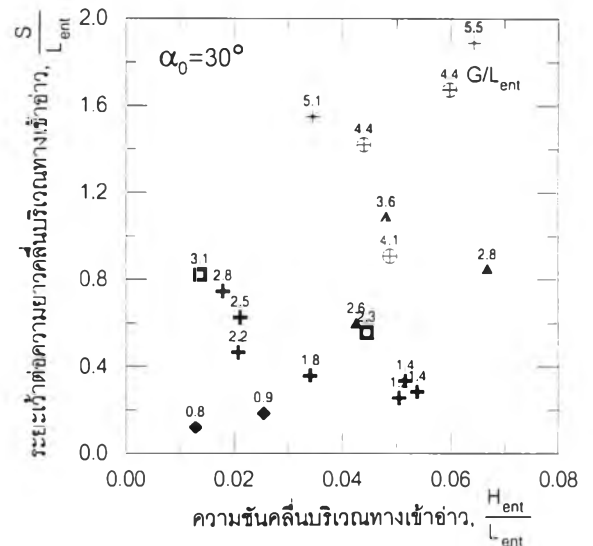
ก) กรณีมุม $\alpha_0 = 15^\circ$



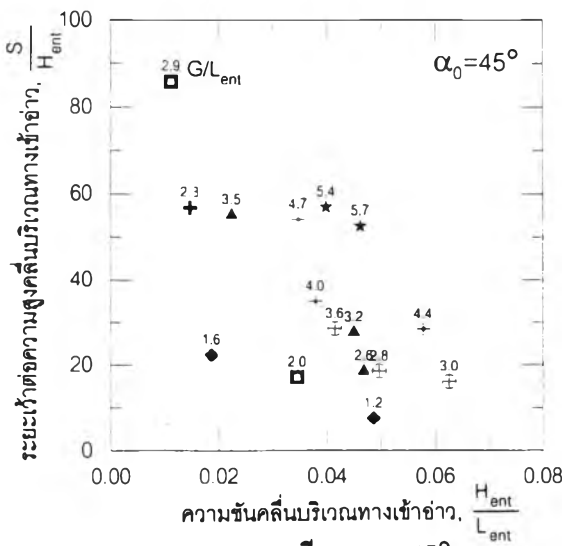
ก) กรณีมุม $\alpha_0 = 15^\circ$



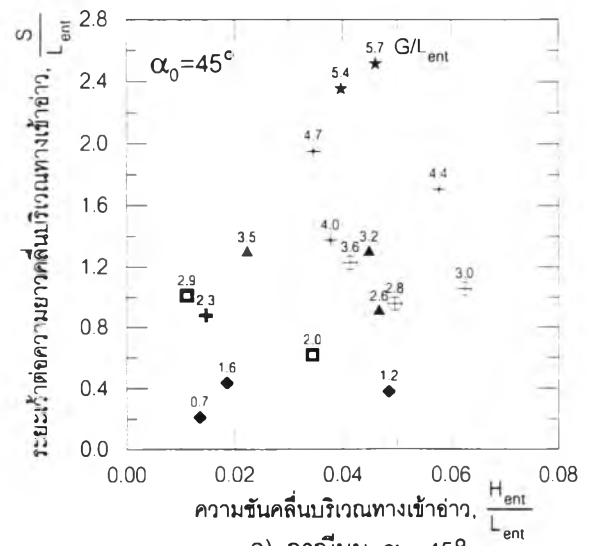
ข) กรณีมุม $\alpha_0 = 30^\circ$



ข) กรณีมุม $\alpha_0 = 30^\circ$



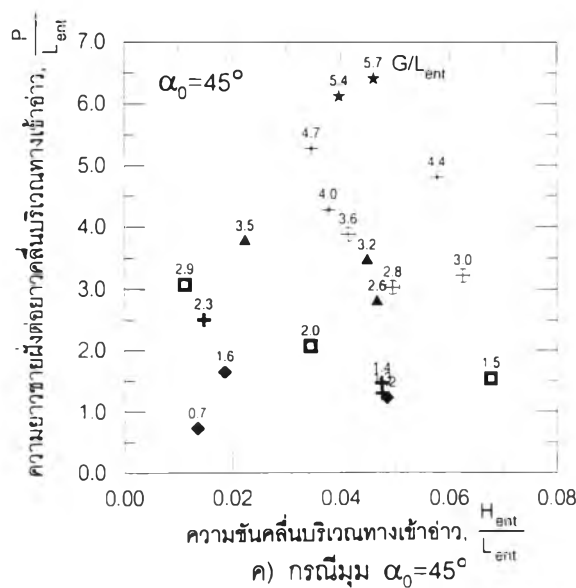
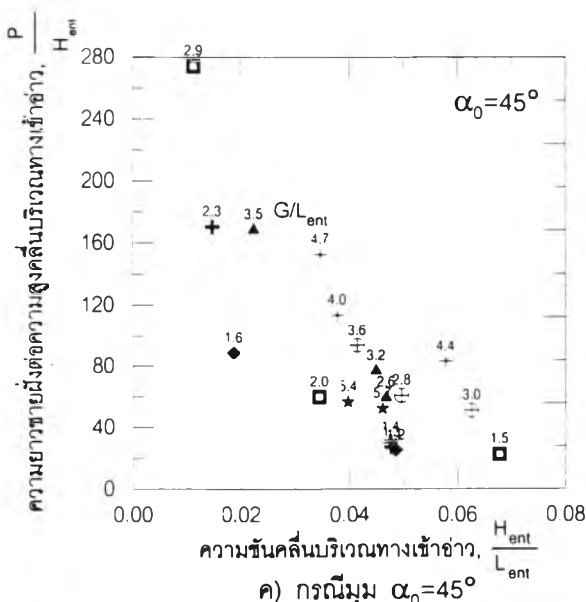
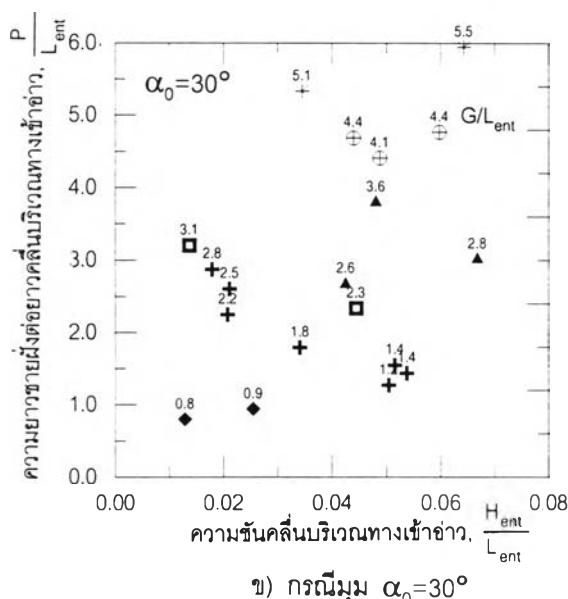
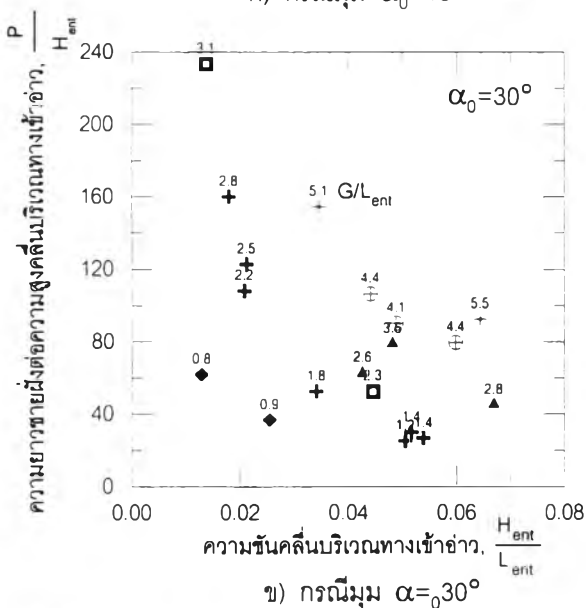
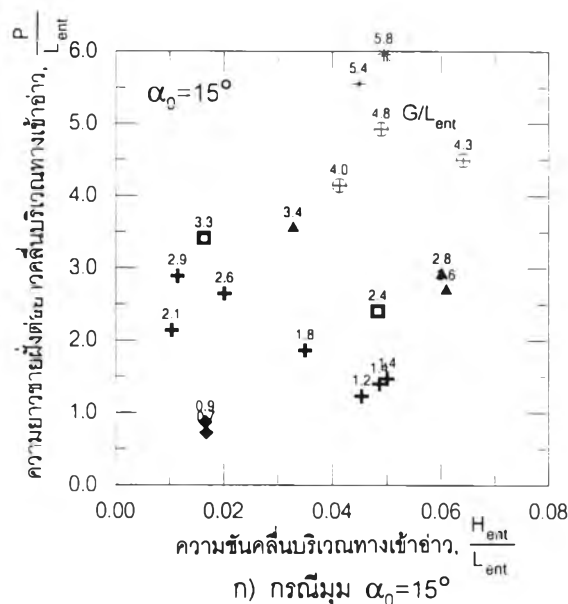
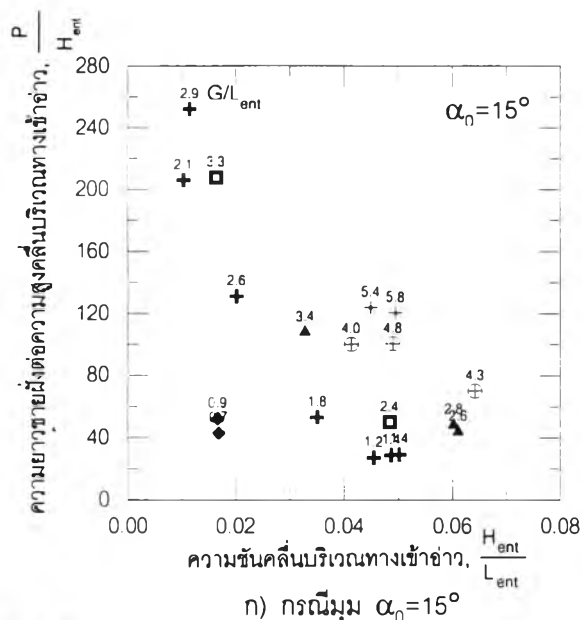
ค) กรณีมุม $\alpha_0 = 45^\circ$



ค) กรณีมุม $\alpha_0 = 45^\circ$

รูป ๑-9 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว กับระยะเว้าต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

รูป ๑-10 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับ ระยะเว้าต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว



รูป ๑-11 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

รูป ๑-12 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับระยะเว้าต่อความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-13
- ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับความยาวชายฝั่งต่อความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-14

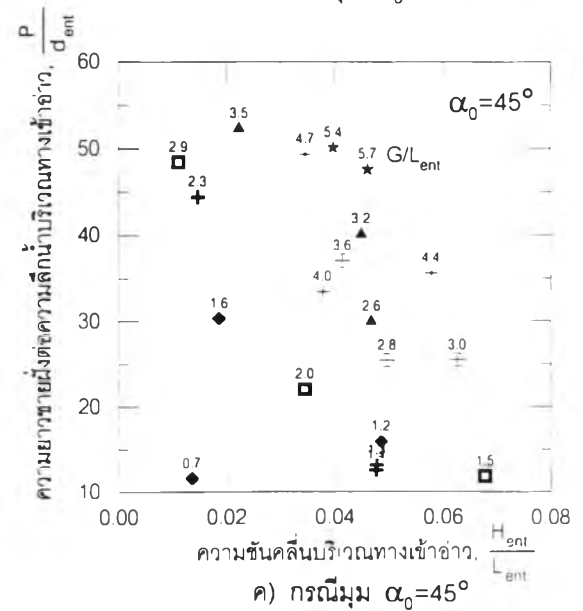
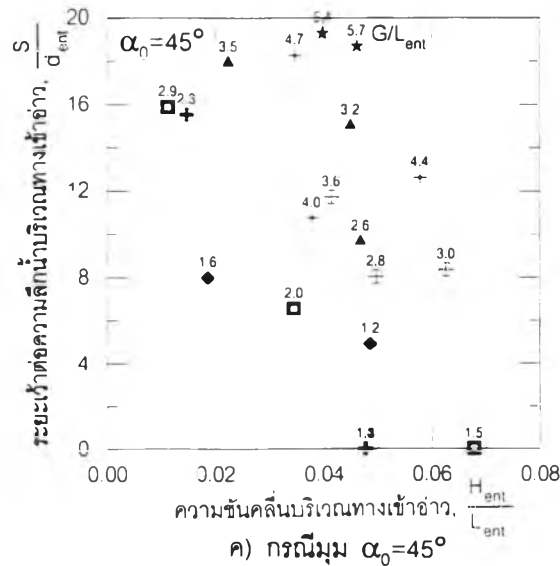
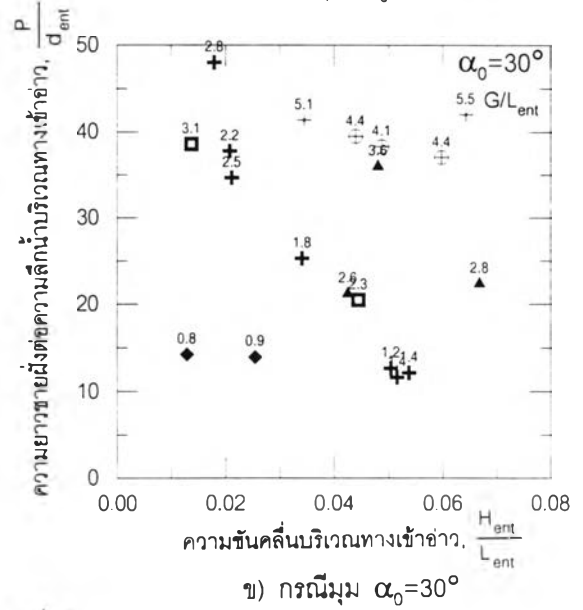
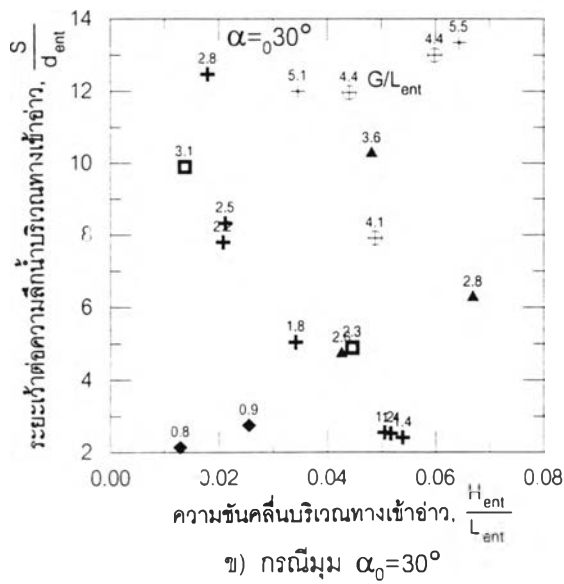
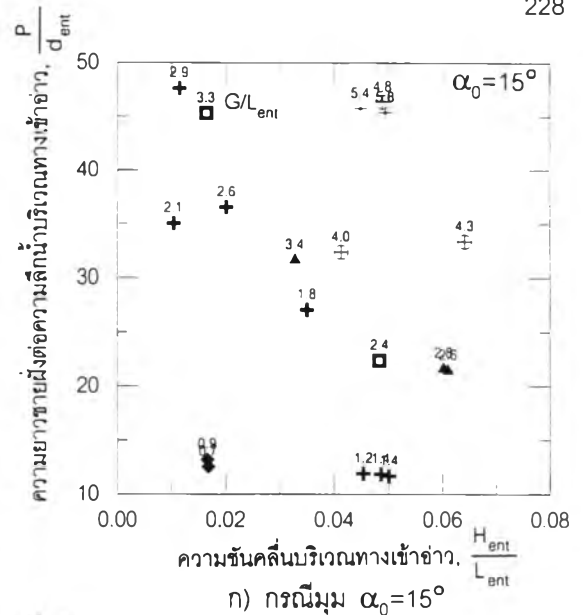
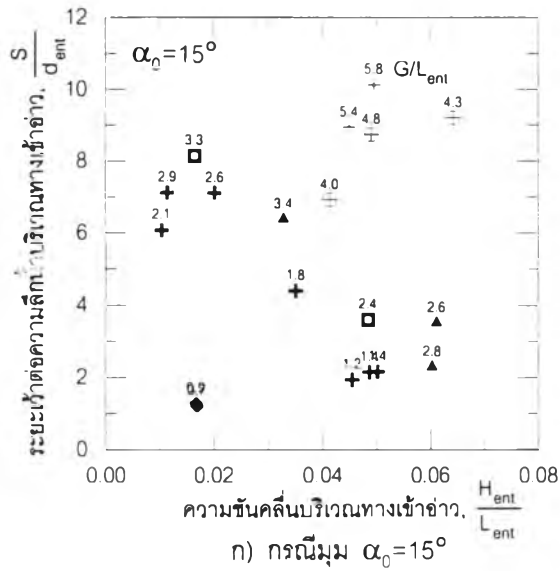
นอกจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะคลื่นกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุแล้ว พลังงานคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวก็เป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งพลังงานคลื่นมีสัมพันธ์กับความสูงคลื่นกำลังสอง เมื่อทำเป็นตัวแปรไร้มิติจึงอยู่ในรูปของความสูงคลื่นกำลังสองต่อความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าวกำลังสอง ซึ่งความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้มิติกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุมีดังนี้

- ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้มิติกับระยะเว้าต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-15
- ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้มิติกับระยะเว้าต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-16
- ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้มิติกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-17
- ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้มิติกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว แสดงในรูป จ-18

จ.4 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุ

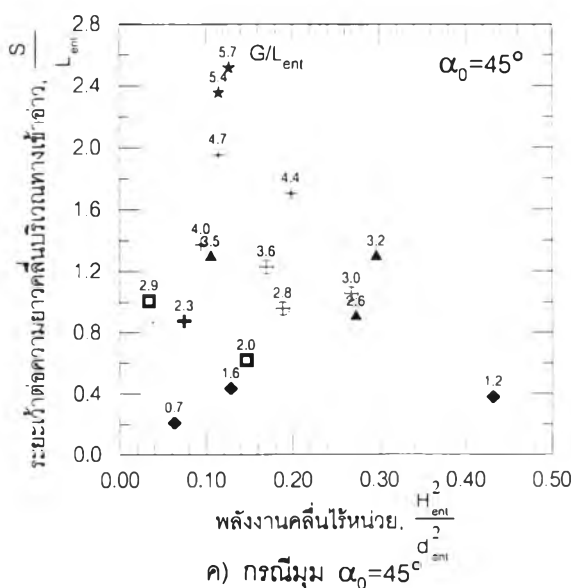
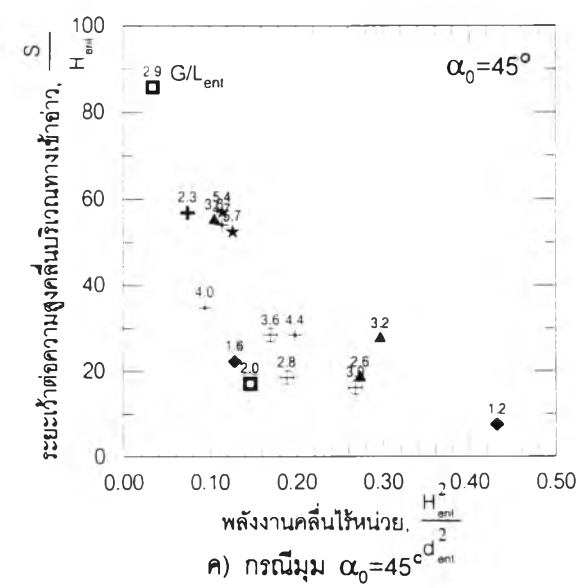
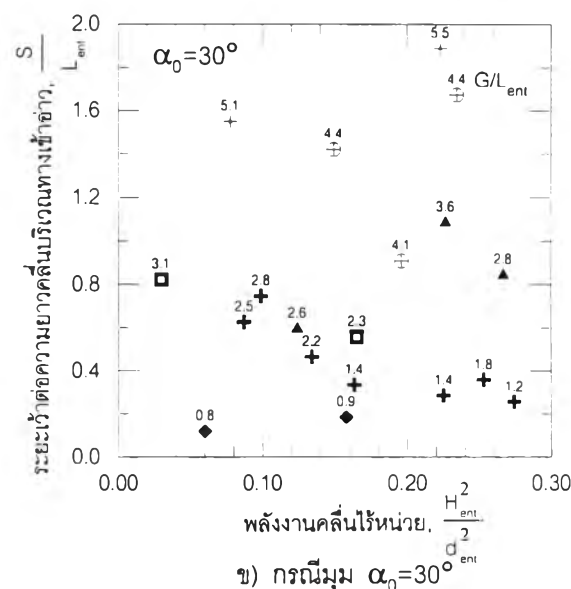
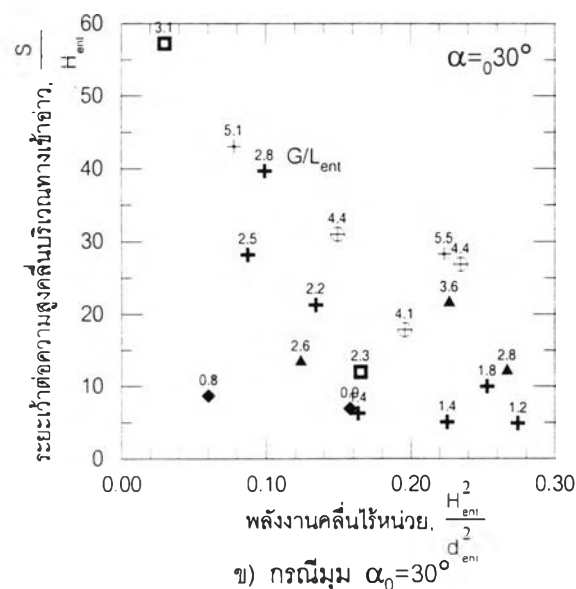
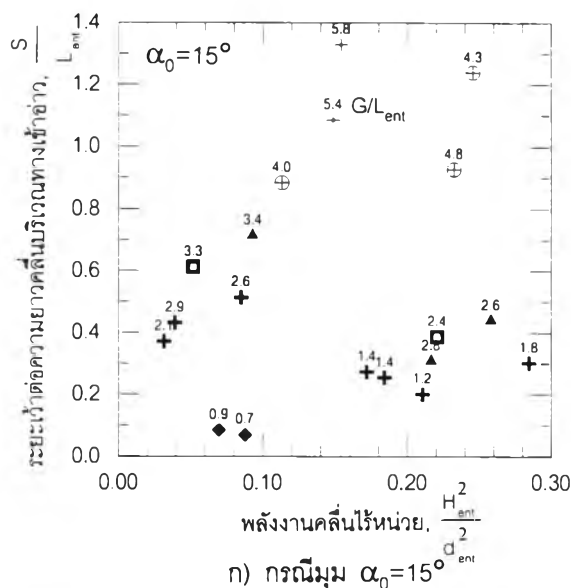
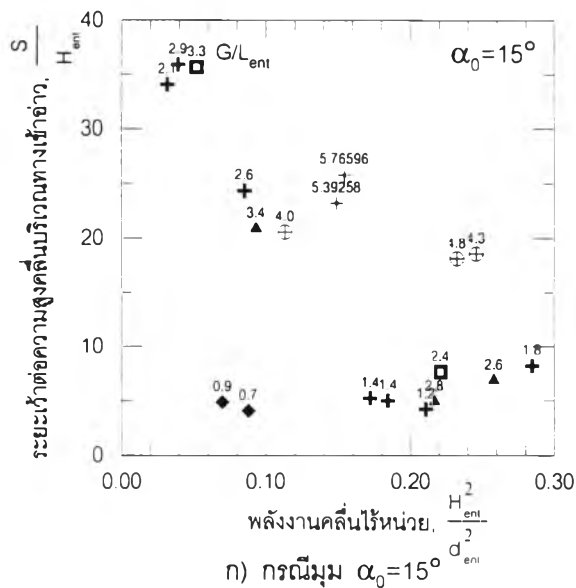
ลักษณะคลื่นแตกตัวเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องพิจารณาความสัมพันธ์กับตัวแปรออกแบบและชายฝั่งสมดุ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับระยะเว้าต่อความสูงคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-19
- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับระยะเว้าต่อความยาวคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-20
- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-21
- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-22



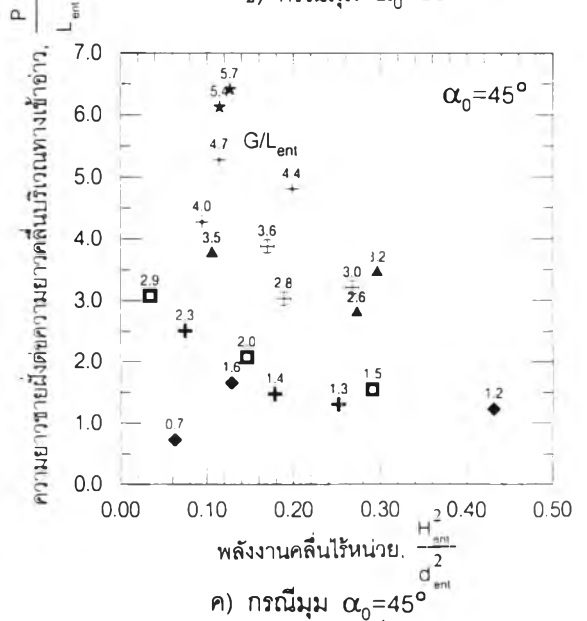
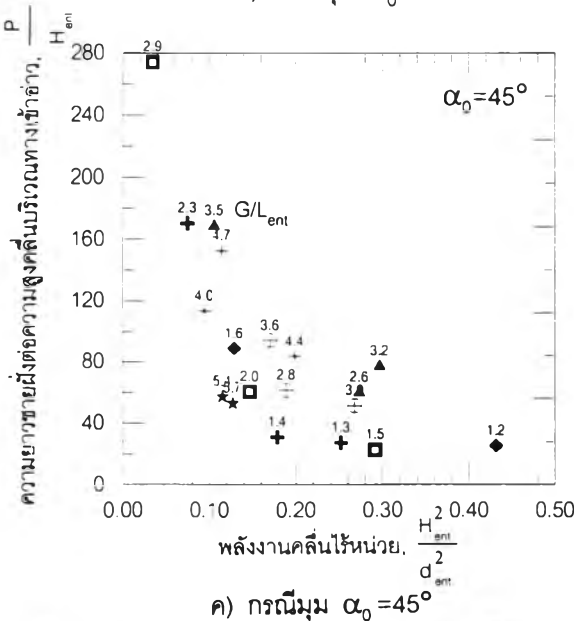
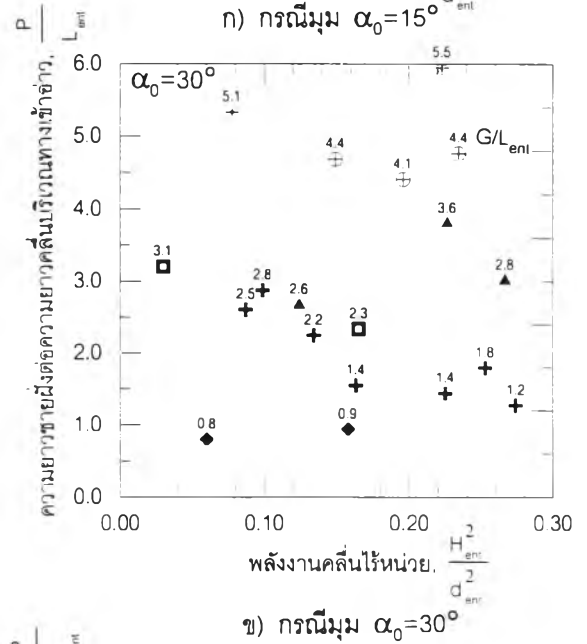
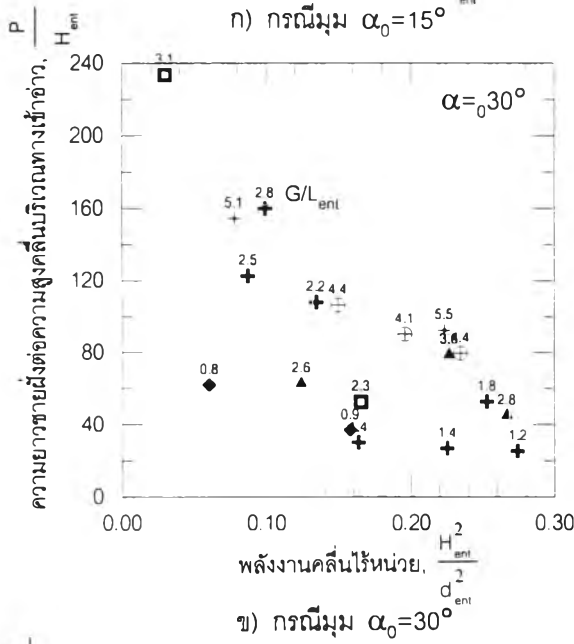
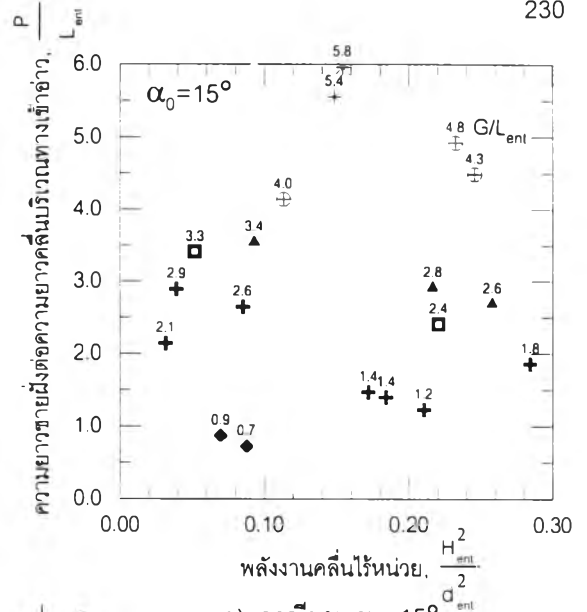
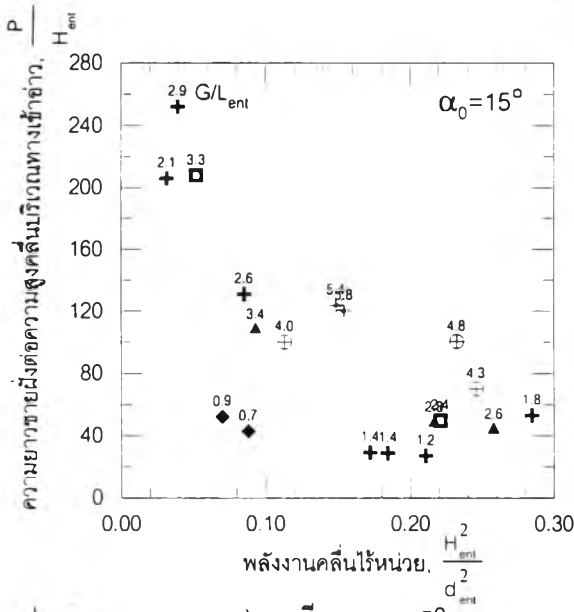
รูป จ-13 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับ ระยะเว้าต่อความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าว

รูป จ-14 ความสัมพันธ์ความชันคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าวกับ ความยาวชายฝั่งต่อความลึกน้ำบริเวณทางเข้าอ่าว



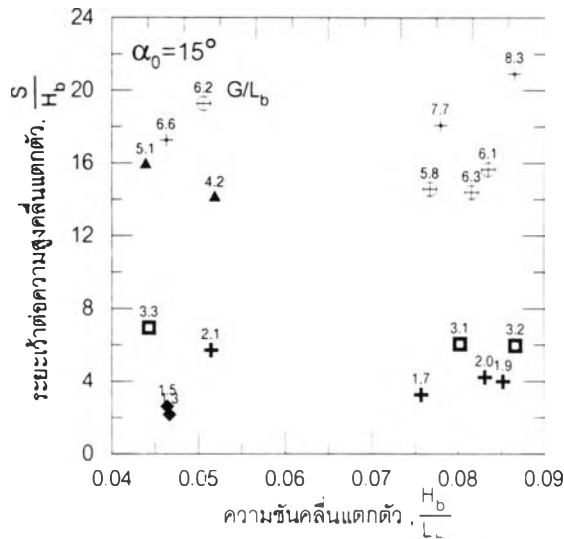
รูป ข-15 ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้หน่วยกับ
ระยะเว้าต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

รูป ข-16 ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้หน่วยกับ
ระยะเว้าต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

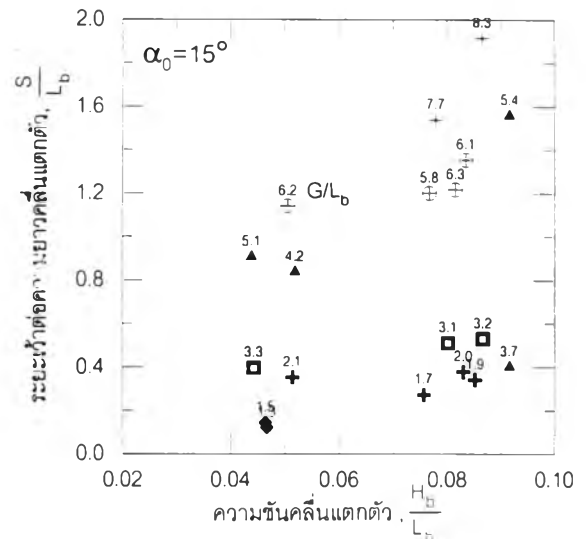


รูป จ-17 ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้หน่วยกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว

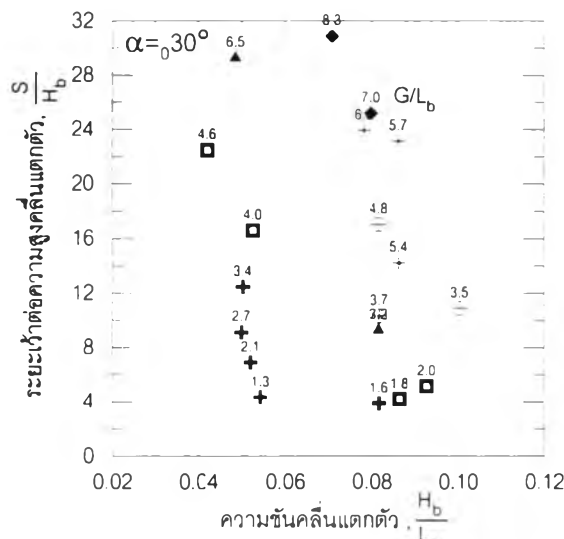
รูป จ-18 ความสัมพันธ์พลังงานคลื่นไร้หน่วยกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นบริเวณทางเข้าอ่าว



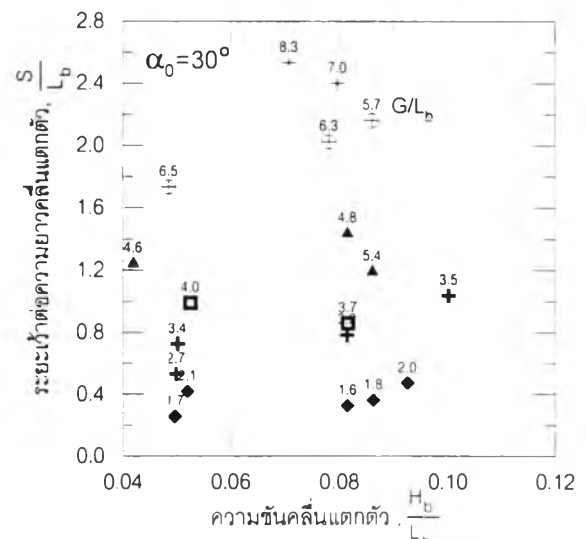
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



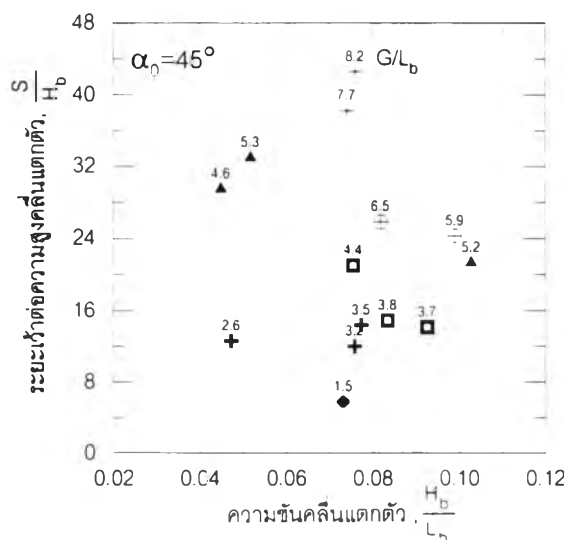
ก) กรณีมุม $\alpha_0=15^\circ$



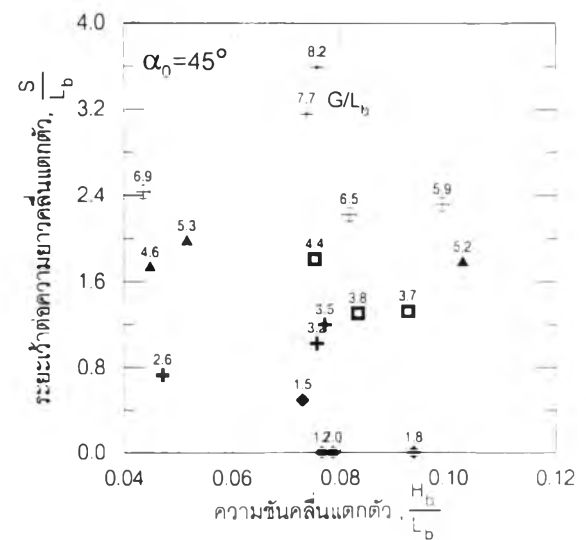
ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



ข) กรณีมุม $\alpha_0=30^\circ$



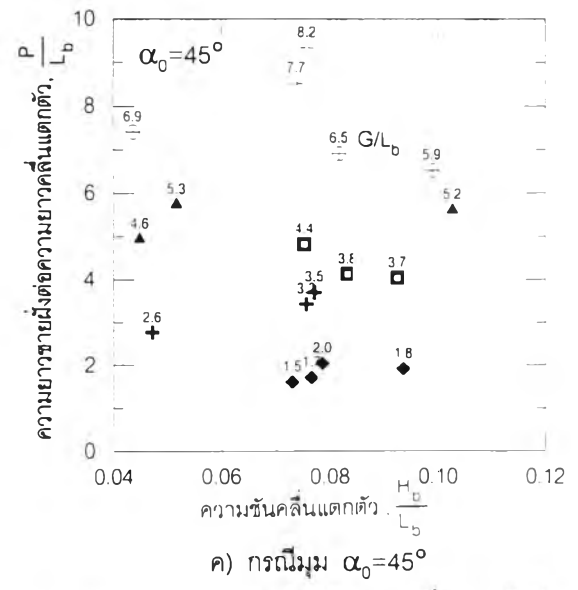
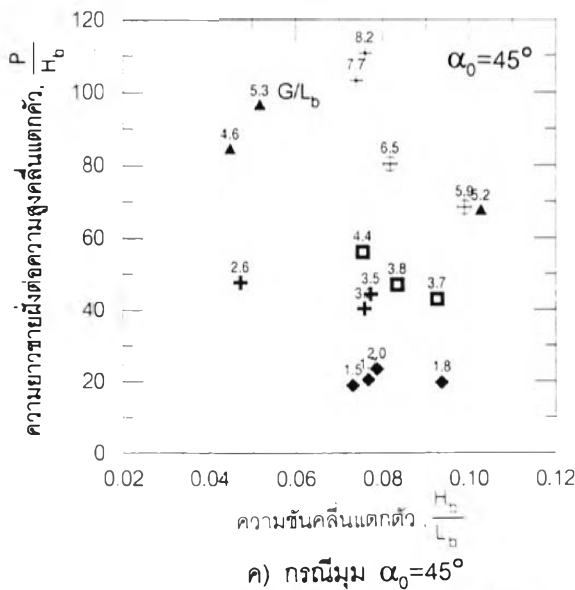
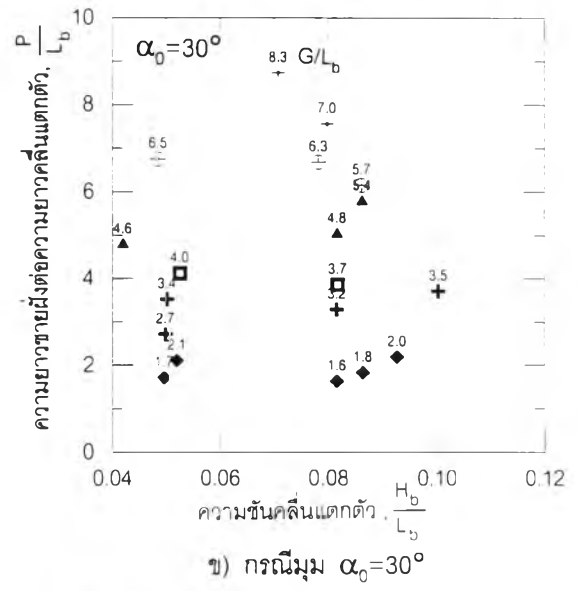
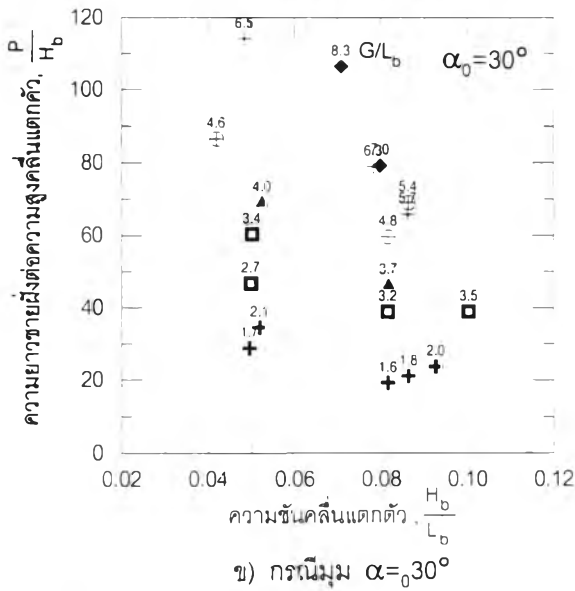
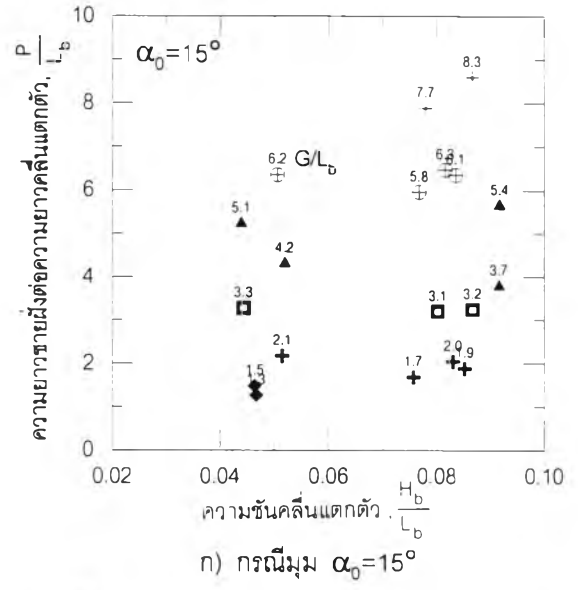
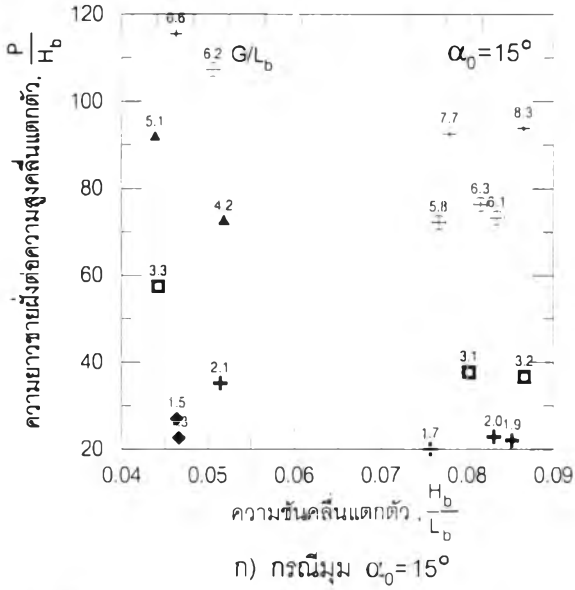
ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$



ค) กรณีมุม $\alpha_0=45^\circ$

รูป จ-19 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับ
ระยะเว้าต่อความสูงคลื่นแตกตัว

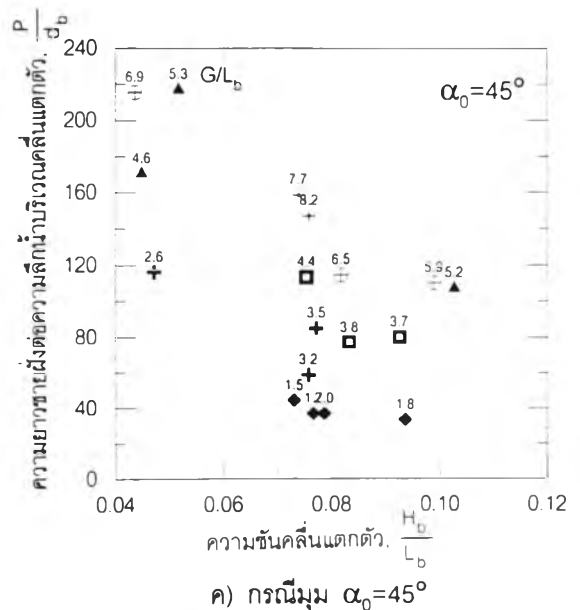
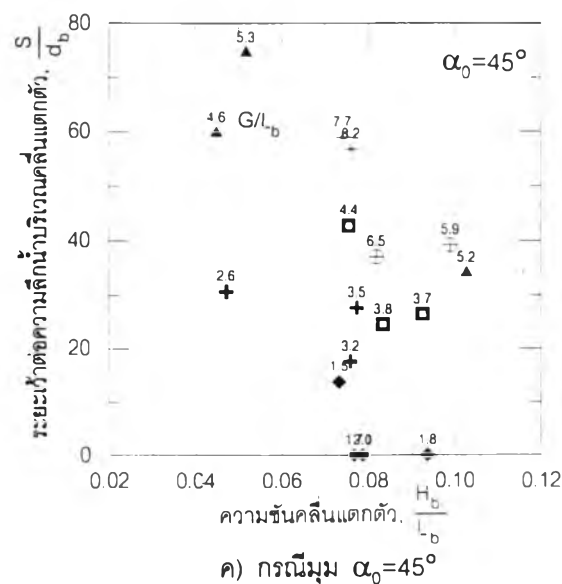
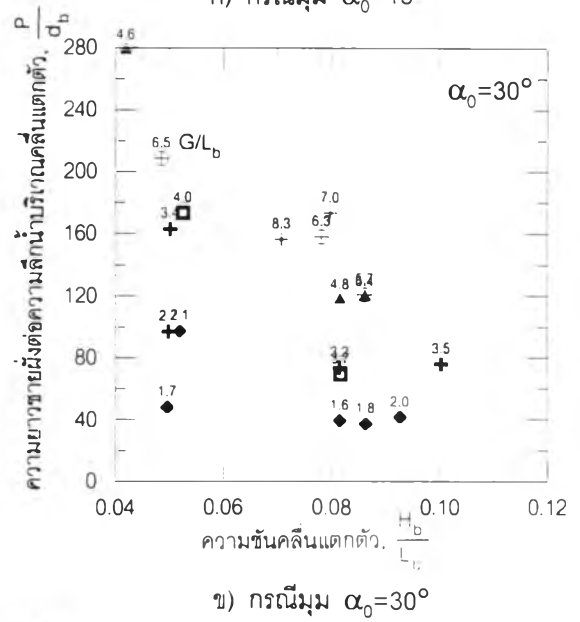
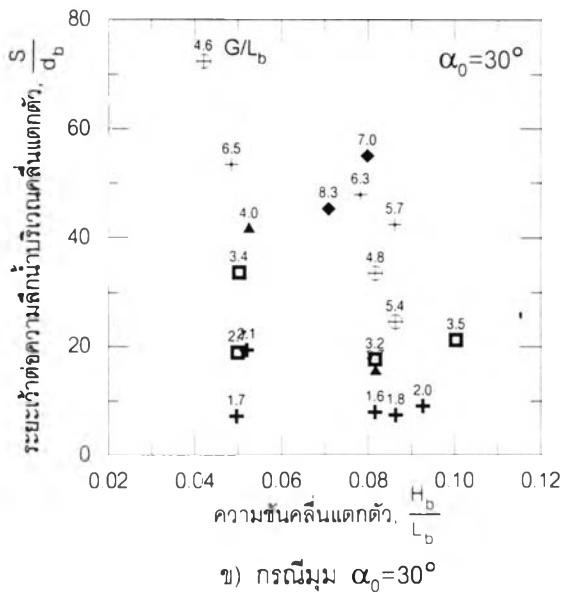
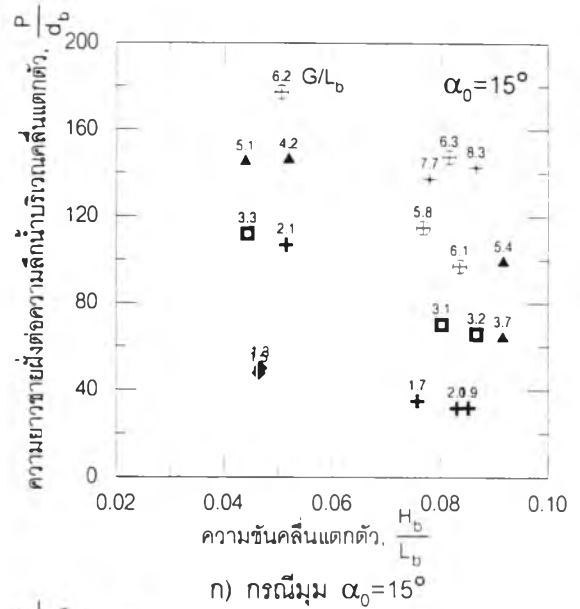
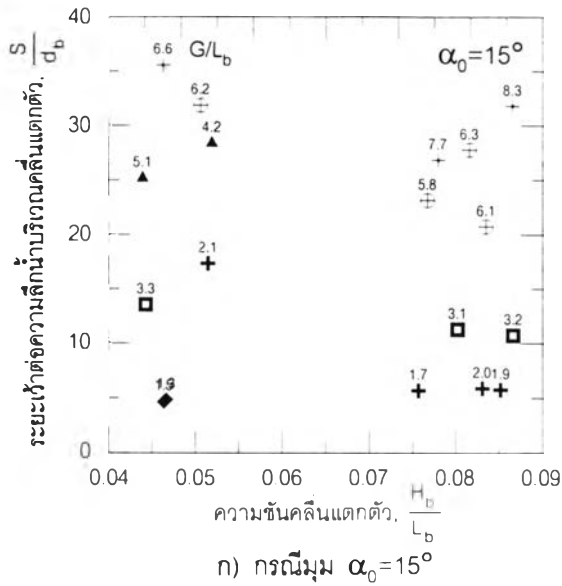
รูป จ-20 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับ
ระยะเว้าต่อความยาวคลื่นแตกตัว



รูป จ-21 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความสูงคลื่นแตกตัว

รูป จ-22 ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความยาวคลื่นแตกตัว

- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับระยะเว้าต่อความความลึกน้ำบริเวณคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-23
- ความสัมพันธ์ลักษณะคลื่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความความลึกน้ำบริเวณคลื่นแตกตัว แสดงในรูป จ-24



รูป จ-23 ความสัมพันธ์ลักษณะคั่นแตกตัวกับระยะหัวต่อความความลึกน้ำบริเวณคั่นแตกตัว

รูป จ-24 ความสัมพันธ์ลักษณะคั่นแตกตัวกับความยาวชายฝั่งต่อความความลึกน้ำบริเวณคั่นแตกตัว

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นางสาวบุศวรรณ โพธิทอง

เกิด 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515 จ. นครนายก



การศึกษา พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาศึกษาศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.ทรัพยากรน้ำ) ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2539 เข้าศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ 2538-2539 ทำงานในตำแหน่ง วิศวกรโยธาทรัพยากรน้ำ
ของ บริษัท วอเตอร์ ดีเวลอปเมนต์ คอนซัลแตนท์ จำกัด
2540 - 2541 ได้รับทุนผู้ช่วยสอน ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2541 - 2542 ได้รับทุนวิจัย ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย