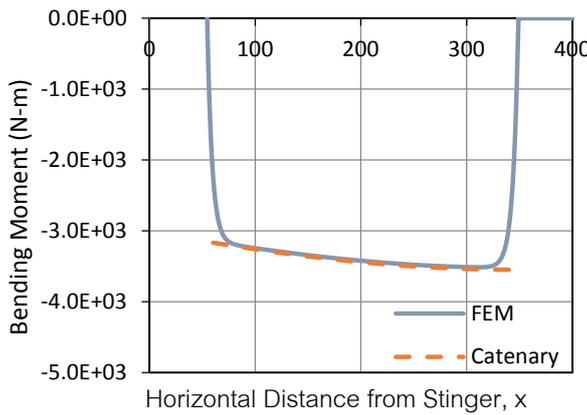
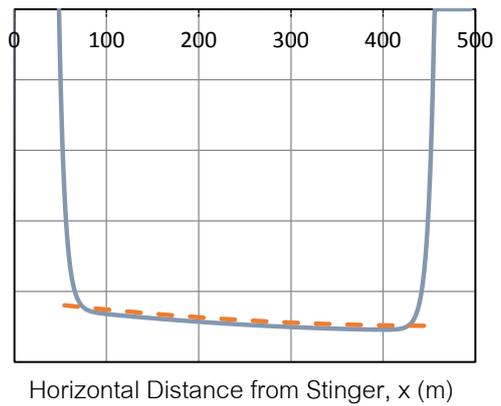


### 4.7 การกระจายตัวของโมเมนต์ตัดบริเวณโค้งหงาย

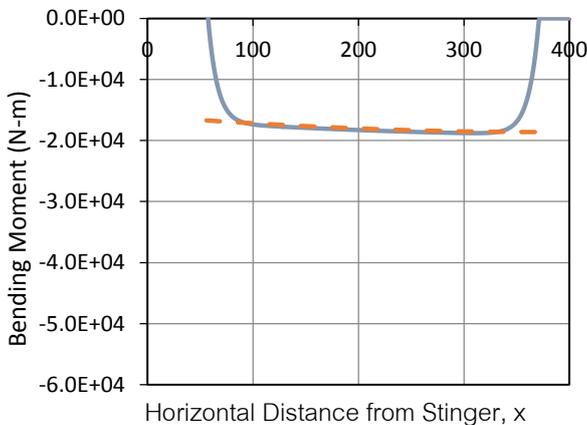
ผลการวิเคราะห์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีแคทีนารีได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาความแตกต่างของผลคำนวณการกระจายตัวของโมเมนต์ตัดต่อบริเวณโค้งหงาย เมื่อกำหนดช่วงการพิจารณาจากจุดสูงสุดคือจุดตัดกลับท่อดังจุดต่ำสุดคือจุดสัมผัสกับพื้นทะเล สำหรับท่อขนาด 6, 8, 10 และ 12 นิ้ว ที่ความลึกน้ำ 60 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.23



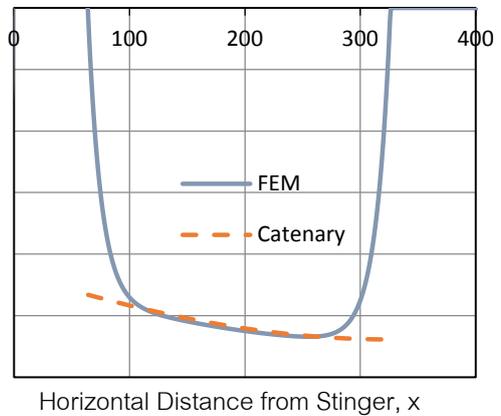
(ก) ท่อ 6 นิ้ว



(ข) ท่อ 8 นิ้ว



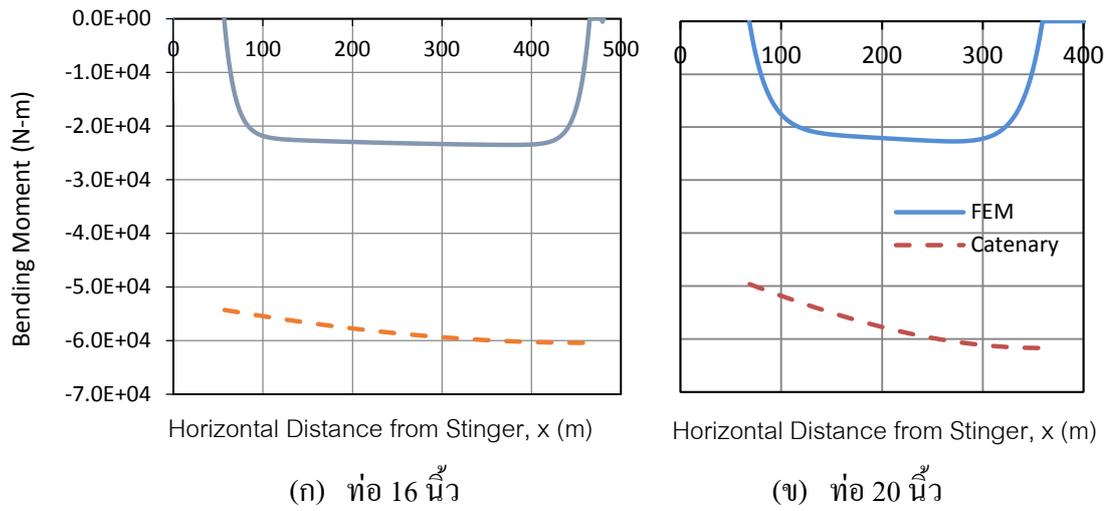
(ค) ท่อ 10 นิ้ว



(ง) ท่อ 12 นิ้ว

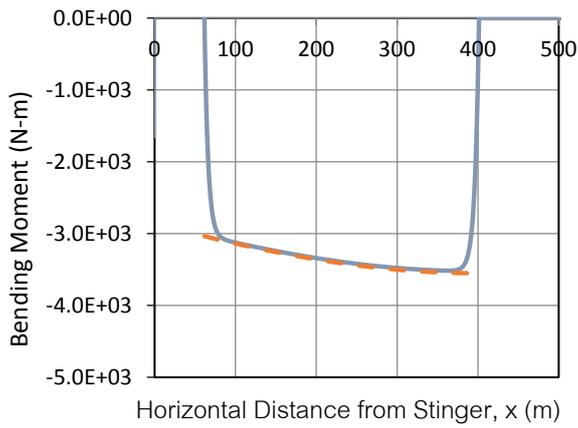
รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ตัดของท่อบริเวณโค้งหงาย ที่ความลึกน้ำ 60 เมตร (ก) ท่อ 6 นิ้ว (ข) ท่อ 8 นิ้ว (ค) ท่อ 10 นิ้ว (ง) ท่อ 12 นิ้ว

จากรูปที่ 4.23 พบว่าการกระจายตัวของโมเมนต์ช่วงโค้งหงาย สำหรับท่อขนาด 6, 8, 10 และ 12 นิ้ว ซึ่งคำนวณจากสมการแคทีนารีมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอย่างมาก

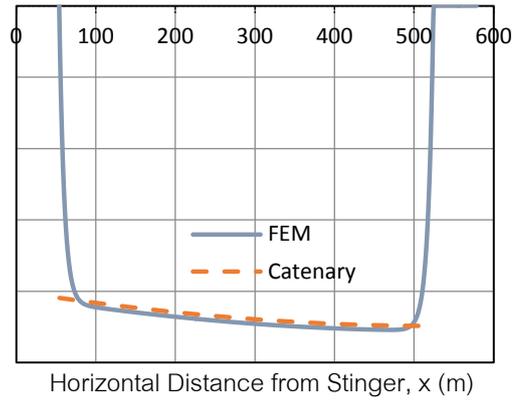


รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์คัตของท่อบริเวณโค้งหงาย ที่ความลึกน้ำ 60 เมตร (ก) ท่อ 16 นิ้ว (ข) ท่อ 20 นิ้ว

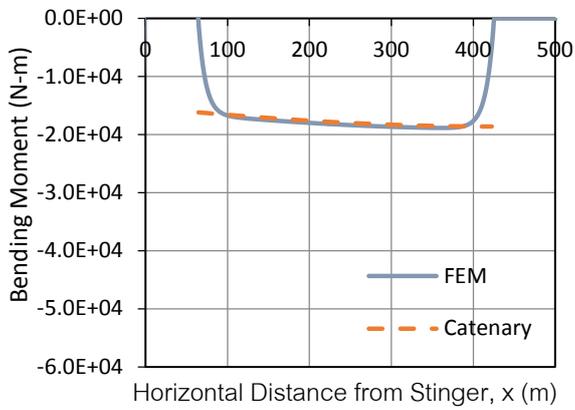
จากรูปที่ 4.24 จะเห็นได้ว่าท่อขนาด 16 และ 20 นิ้ว พบว่า การกระจายตัวของโมเมนต์ช่วงโค้งหงายที่คำนวณจากสมการแคทีนารีมีความแตกต่างกับผลที่ได้จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอย่างมาก



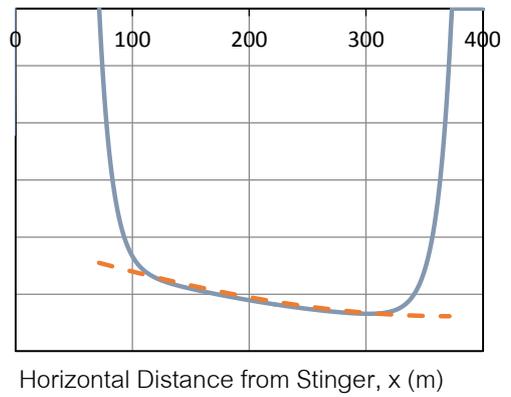
(ค) ท่อ 6 นิ้ว



(ง) ท่อ 8 นิ้ว



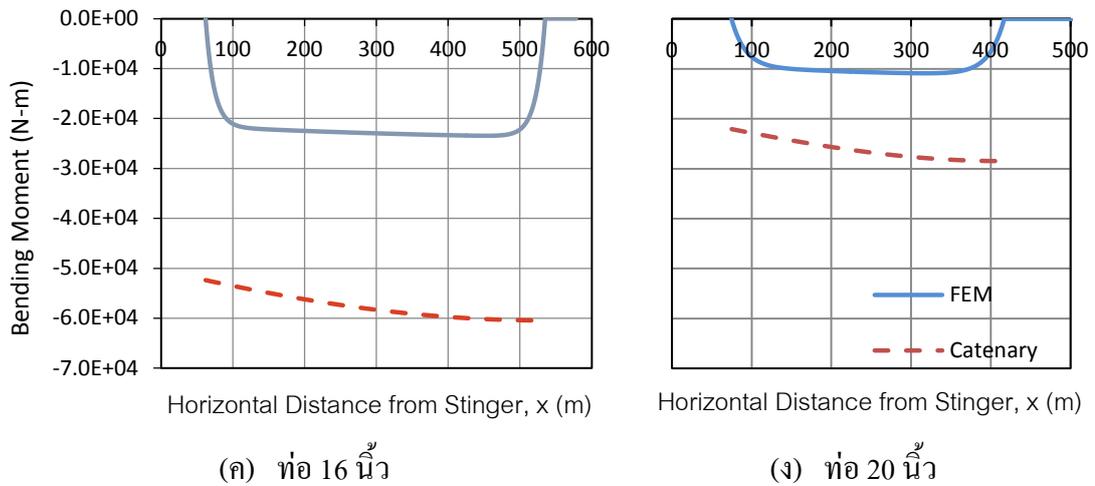
(ค) ท่อ 10 นิ้ว



(ง) ท่อ 12 นิ้ว

รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์คดของท่อบริเวณโค้งหงาย ที่ความลึกน้ำ 80 เมตร (ก) ท่อ 6 นิ้ว (ข) ท่อ 8 นิ้ว (ค) ท่อ 10 นิ้ว (ง) ท่อ 12 นิ้ว

จากรูปที่ 4.25 พบว่าการกระจายตัวของโมเมนต์ช่วงโค้งหงาย สำหรับท่อขนาด 6, 8, 10 และ 12 นิ้ว ซึ่งคำนวณจากสมการแคทีนารีมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอย่างมาก



**รูปที่ 4.26** การเปรียบเทียบค่าโมเมนต์คดของท่อบริเวณโค้งหงาย ที่ความลึกน้ำ 80 เมตร (ก) ท่อ 16 นิ้ว (ข) ท่อ 20 นิ้ว

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าท่อขนาด 16 และ 20 นิ้ว พบว่า การกระจายตัวของโมเมนต์ช่วงโค้งหงายที่คำนวณจากสมการแคทีนารีมีความแตกต่างกับผลที่ได้จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอย่างมาก

## 4.8 การวิเคราะห์แรงดึงที่จุดตัดกลับและตำแหน่งจุดตัดกลับของการวางท่อแบบรูปตัวเอส

ผลการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำมาคำนวณค่าความลึกที่จุดตัดกลับของท่อ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่จุดตัดกลับของท่อเมื่อแปรเปลี่ยนความลึกของระดับน้ำทะเล 2 ค่าคือ 60 และ 80 เมตร แล้วทำการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อ โดยกำหนดขนาดท่อที่ใช้ในการวิเคราะห์มีขนาดตั้งแต่ 6, 8, 10, 12, 16 นิ้ว และ 20 นิ้ว สามารถสรุปค่าแรงดึงที่จุดตัดกลับของท่อได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8 โดยตำแหน่งจุดตัดกลับและค่าแรงดึง ณ ตำแหน่งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการในการประมาณค่าแรงดึงที่ต้องการใช้ในการวางท่อแบบตัวเอสได้เช่นกัน

โปรแกรมสำเร็จรูป ABAQUS สามารถแสดงค่าพิกข์ของจุดบนเอลิเมนต์ตามความยาวของท่อ เมื่อนำผลโมเมนต์คดมาพิจารณาการกระจายค่าโมเมนต์คดแต่ละจุดบนเอลิเมนต์ พบว่าจุดที่โมเมนต์มีค่าเป็นศูนย์ที่พิกข์ (X,Z) ใดๆ จะได้ว่าค่าพิกข์ในแนวแกน Z คือค่าความลึกที่จุดตัดกลับของท่อ ส่งผลให้สามารถนำค่าความลึกที่จุดตัดกลับมาหาข้อสรุปโดยการประมาณการณ์จากผลค่าความลึกจุดตัดกลับเทียบกับความลึกน้ำทั้งหมดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

**ตารางที่ 4.8** ความลึกจุดตัดกลับท่อที่ความลึกน้ำ 60 เมตร

ความลึกน้ำ (m)	ขนาดท่อมาตรฐาน (in.)	ความลึกที่จุดตัดกลับท่อ (m)	ค่าแรงดึงที่จุดตัดกลับท่อด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (N)	เปอร์เซ็นต์จุดตัดกลับของความลึกน้ำ
60	6	7.75	1.25E+05	13%
	8	10.19	1.66E+05	17%
	10	10.85	2.13E+05	18%
	12	13.57	2.64E+05	23%
	16	9.44	2.64E+05	16%
	20	14.14	3.40E+05	24%

**ตารางที่ 4.9** ความลึกจุดตัดกลับท่อที่ความลึกน้ำ 80 เมตร

ความลึกน้ำ (m)	ขนาดท่อมาตรฐาน (in.)	ความลึกที่จุดตัดกลับท่อ (m)	ค่าแรงดึงที่จุดตัดกลับท่อด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (N)	เปอร์เซ็นต์จุดตัดกลับของความลึกน้ำ
80	6	9.68	1.28E+05	12%
	8	13.29	1.70E+05	17%
	10	13.90	2.17E+05	17%
	12	17.39	2.72E+05	22%
	16	11.67	2.66E+05	15%
	20	17.50	3.43E+05	22%

จากตารางที่ 4.9 พบว่าค่าความลึกที่จุดตัดกลับจากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับท่อ 6, 8, 10, 12, 16 และ 20 นิ้ว เทียบกับความลึกน้ำทะเล 60 เมตร มีค่าระหว่าง 13-24 เปอร์เซ็นต์ของความลึก และเมื่อเทียบกับความลึกน้ำทะเล 80 เมตรมีค่าระหว่าง 12-22 เปอร์เซ็นต์ของความลึก

เมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่างแรงดึงที่จุดตัดกับกับน้ำหนักทั้งหมดของท่อจะได้ค่า Top Tension Factor (TTF) ของท่อที่ความลึกน้ำ 60 และ 80 เมตร โดยน้ำหนักท่อทั้งหมดคำนวณจากท่อที่มีความยาวทั้งหมด 700 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.10

อัตราส่วนระหว่างแรงดึงที่จุดตัดกับกับน้ำหนักทั้งหมดของท่อ ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$TTF = \frac{T_{inf}}{W_{s^*} \cdot L} \quad (4.1)$$

จากตารางที่ 4.10 ค่าน้ำหนักไร้หน่วยคำนวณได้จากสมการ 4.2

$$W_{s^*} = \frac{W_s \cdot L^3}{EI} \quad (4.2)$$

เมื่อ  $W_{s^*}$  คือ น้ำหนักไร้หน่วย

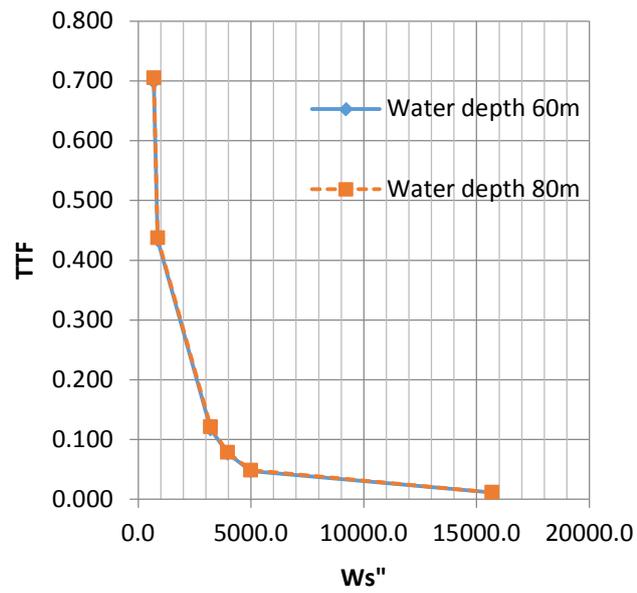
$L$  คือ ความยาวท่อทั้งหมด

$T_{inf}$  คือ แรงดึงที่จุดตัดกลับของท่อ

$W_s$  คือ น้ำหนักท่อในน้ำ

ตารางที่ 4.10 ค่า TTF ที่จุดตัดกลับท่อขนาดต่างๆ สำหรับท่อที่มีความยาวท่อ 700 เมตร

ความลึกน้ำ (m)	ขนาดท่อ (in)	น้ำหนักท่อเมื่อในน้ำ (N/m)	ความแข็งแรงเชิงตัด (N×m <sup>2</sup> )	น้ำหนักท่อในน้ำ (ไร้หน่วย)	ผลแรงดึงที่จุดตัดกลับท่อจากไฟไนต์เอลิเมนต์ (N)	TTF
60	6	142	3.1E+06	15686.3	1.25E+05	0.011
	8	104	7.1E+06	4995.0	1.66E+05	0.047
	10	211	1.8E+07	3964.0	2.13E+05	0.077
	12	354	3.8E+07	3212.4	2.64E+05	0.117
	16	195	7.7E+07	868.8	2.64E+05	0.434
	20	394	1.9E+08	695.0	3.40E+05	0.699
80	6	142	3.1E+06	15686.3	1.28E+05	0.012
	8	104	7.1E+06	4995.0	1.70E+05	0.049
	10	211	1.8E+07	3964.0	2.17E+05	0.078
	12	354	3.8E+07	3212.4	2.72E+05	0.121
	16	195	7.7E+07	868.8	2.66E+05	0.437
	20	394	1.9E+08	695.0	3.43E+05	0.705



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ของค่า TTF กับน้ำหนักท่อไร้หน่วย

จากรูปที่ 4.27 แสดงให้เห็นว่าค่า TTF จะมีค่าลดลงตามน้ำหนักท่อไร้หน่วยโดยอัตราการลดลงของค่า TTF มีมากเมื่อน้ำหนักท่อไร้หน่วยมีค่าน้อยกว่า 5000