บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ในบทนี้จะเสนอผลการวิเคราะห์ทั้งแบบเชิงเส้น และแบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตของแบบจำลองโครงสร้างเสาสายส่ง DA1 ในกรณีศึกษา ภายใต้แรงที่กระทำบนแบบจำลองโดยใช้ข้อกำหนดทั้งสองที่กล่าวมาในบทที่แล้ว

5.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเสาสายส่งแบบเชิงเส้น

ในการวิเคราะห์เสาสายส่งแบบเชิงเส้น ได้พิจารณากรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้าและกรณีที่ติดตั้งสายไฟฟ้าแล้ว ชิ้นส่วนที่นำเสนอเป็นชิ้นส่วนที่มีแรงภายในเกิดขึ้นค่อนข้างมาก โดยเลือกจากแรงภายในสูงสุดของแต่ละสภาพรับน้ำหนักบรรทุก รูปที่ 5.1 แสดงค่าแรงลมที่กระทำบนเสาสายส่งโดยรวมผลของตัวคูณน้ำหนักบรรทุก ในกรณีที่แรงลมกระทำในทิศตั้งฉากและขนานสายไฟ เมื่อคิดแรงตามข้อกำหนดทั้งสอง จะเห็นว่า เมื่อแรงลมกระทำในทิศตั้งฉากสายไฟ แรงเฉือนและโมเมนต์ที่ฐานเมื่อคิดแรงตามข้อกำหนดเวสเทิร์นออนตาริโอ จะมีค่าสูงกว่าค่าจากข้อกำหนดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ 25 และ 37% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแรงลมกระทำในทิศขนานสายไฟ พบว่าแรงเฉือนที่ฐานเมื่อใช้ข้อกำหนดทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่โมเมนต์ที่ฐานจากข้อกำหนดเวสเทิร์นออนตาริโอจะมีค่าสูงกว่าในอีกข้อกำหนดหนึ่งราว 8%

ตารางที่ 5.1 และ 5.2 แสดงค่าแรงอัดและแรงดึงโดยใช้ข้อกำหนดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ตามลำดับ โดยให้ EGAT1 และ EGAT2 แทนผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ไม่ติดตั้งสายไฟและติดตั้งสายไฟตามลำดับ ส่วนตารางที่ 5.3 และ 5.4 แสดงค่าแรงอัดและแรงดึงจากการวิเคราะห์ด้วยข้อกำหนดเวสเทิร์นออนตาริโอ โดยที่ UWO1 และ UWO2 หมายถึงผลการวิเคราะห์ในกรณีคล้ายกับ EGAT1 และ EGAT2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสัดส่วนแรงภายในที่เกิดขึ้นต่อกำลังของชิ้นส่วน ในกรณีที่เป็นแรงอัดและแรงดึง พบว่าค่าสัดส่วนสูงสุดในกรณีแรงอัด จะสูงกว่าในกรณีแรงดึงเกือบทุกชิ้นส่วนในทั้งสองข้อกำหนด ทั้งในสภาพที่ไม่ติดตั้งสายไฟและติดตั้งสายไฟแล้ว เนื่องจากกำลังรับแรงอัดมีค่าน้อยกว่ากำลังรับแรงดึง และจะใช้เป็นตัวกำหนดขนาดหน้าตัด สำหรับในบางชิ้นส่วนที่มีค่าสัดส่วนแรงอัดต่ำกว่าค่าสัดส่วนแรงดึงในบางกรณีนั้น ก็ล้วนแต่มีค่าสัดส่วนสูดสุดไม่เกิน 70% จึงไม่นำมาพิจารณา

รูปที่ 5.2-5.4 แสดงแผนภูมิแท่งของแรงอัดเทียบกับกำลังของชิ้นส่วนสำหรับกลุ่มชิ้นส่วนขา กลุ่มชิ้นส่วนทแยงในหน้าที่ขวาง (Transverse) กับแนวสายไฟ และกลุ่มชิ้นส่วนทแยงในหน้าที่ขนานกับแนวสายไฟตามลำดับ จะเห็นว่า ในกรณีของข้อกำหนดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ชิ้นส่วนที่วิกฤติที่สุดจะเป็นชิ้นส่วนทแยง โดยที่ในกรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า (EGAT1) ชิ้นส่วนวิกฤติคือ P9T ซึ่งจะมีสัดส่วนแรงอัดเท่ากับ 71.6% ของกำลังรับแรงอัดสูงสุด และเกิดขึ้นในสภาพรับน้ำหนักที่แรงลมสูงกระทำในทิศตั้งฉากกับแนวสายไฟฟ้า สำหรับกรณีที่ติดตั้งสายไฟฟ้าแล้ว (EGAT2) ชิ้นส่วนวิกฤติคือ T1AL และสัดส่วนจะเป็น 127.7% เกิดขึ้นในสภาพรับน้ำหนักที่สายไฟเส้นกลางซ้ายขาดร่วมกับแรงลมปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า มีชิ้นส่วนทแยงถึง 6 ชิ้นส่วน (ดูตาราง 5.1) ที่แรงอัดเกินกำลังของหน้าตัด ในขณะที่ชิ้นส่วนขาเพียงชิ้นส่วนเดียวที่แรงอัดมีค่าเกินกำลังของชิ้นส่วน สาเหตุที่สัดส่วนแรงอัดต่อกำลังของหน้าตัดมีค่าเกิน 100% ทั้งๆ ที่เสาสายส่งนี้ได้ออกแบบโดยใช้ข้อกำหนดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ เนื่องจาก

ก) ค่าแรงดันลมที่กระทำต่อเสาสายส่งในกรณีแรงลมสูง แรงลมปานกลาง และแรงลมที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ในการวิจัยนี้ใช้ค่า 169, 108 และ 34 กก/ตร.ม ตามลำดับ และเป็นค่าที่คำนวณถูกต้องตามทฤษฎี แต่ในการออกแบบของบริษัท เอส เอ อี ได้ใช้ค่าแรงดันลมเท่ากับ 153, 96 และ 31 กก/ตร.ม ตามลำดับ จึงทำให้แรงภายในใหม่มีค่าสูงขึ้นประมาณ 10-13%

ข) ในการคำนวณค่ากำลังรับแรงอัดของบางชิ้นส่วน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนเครื่องหมายเดียวกัน (เช่น F3F, F3G และ T1AL เป็นต้น) ที่มีความยาวในแต่ละเอเลเมนต์ไม่เท่ากัน ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้เอเลเมนต์ที่มีความยาวสูงสุด แต่บริษัท เอส เอ อี บางครั้งมิได้ใช้เอเลเมนต์ที่ความยาวมากที่สุดในการคำนวณ ผลก็คืองานวิจัยนี้ ได้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงถึง 13 และ

27% ในกลุ่มชิ้นส่วนขา และกลุ่มชิ้นส่วนทแยงตามลำดับ

สำหรับกรณีของข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ พบว่าชิ้นส่วนที่วิกฤติที่สุดเป็นชิ้นส่วนขา ทั้งกรณีที่มีและไม่มีสายไฟฟ้า คือ ในกรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า (UWO1) ชิ้นส่วนวิกฤติคือ F1 มีสัดส่วนแรงอัดเท่ากับ 63.7% ของกำลังรับแรงอัดสูงสุด เกิดขึ้นในสภาพรับน้ำหนักที่ลมกระทำในทิศทำมุม 45 องศากับแนวตั้งฉากสายไฟฟ้า และสำหรับกรณีที่ติดตั้งสายไฟฟ้าแล้ว (UWO2) ชิ้นส่วนวิกฤติได้แก่ F3G ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากับ 151.5% และเกิดในสภาพรับน้ำหนักแรงแพชโหลดในทิศตั้งฉากแนวสายไฟ และน่าสังเกตว่า ชิ้นส่วนขาเกือบทั้งหมด (ดูตาราง 5.3) ล้วนมีแรงอัดเกินกำลังรับแรงของหน้าตัด และในกลุ่มชิ้นส่วนทแยง มีเพียง 7% เท่านั้นที่แรงอัดมีค่าเกินกำลังรับแรง

เมื่อได้สัดส่วนแรงอัดและกำลังรับแรงอัดสูงสุดของชิ้นส่วนวิกฤติในแต่ละข้อกำหนดที่ใช้ออกแบบ ในกรณีที่มีและไม่มีสายไฟฟ้าแล้ว จะสามารถนำไปใช้หาความเร็วลมวิกฤติ ที่ทำให้แรงภายในสูงสุดเท่ากับกำลังรับแรงอัดพอดี โดยที่ไม่คิดตัวคูณน้ำหนักบรรทุกบนแรงลมที่กระทำกับโครงสร้าง

ผลการวิเคราะห์เสาสายส่งแบบเชิงเส้น สำหรับแต่ละข้อกำหนดและการติดตั้งสายไฟฟ้าบนเสาสายส่ง ได้สรุปแสดงไว้ในตารางที่ 5.5 ความเร็วลมวิกฤติที่ได้เมื่อวิเคราะห์ด้วยข้อกำหนดที่กำหนดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และข้อกำหนดที่เสนอโดยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ เท่ากับ 46.5 และ 47.3 เมตร/วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า และเท่ากับ 34.7 และ 30.1 เมตร/วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ติดตั้งสายไฟแล้ว

เมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า จะได้ว่าความเร็วลมวิกฤติของทั้งสองข้อกำหนดล้วนสูงกว่าความเร็วลมเทียบเท่าพายุไต้ฝุ่นเกย์ทั้งสิ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.5 เมตร/วินาที นั่นคือ เสาสายส่งไม่น่าจะวิบัติในสภาพที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟภายใต้ไต้ฝุ่นเกย์ หรืออาจกล่าวได้ว่า ผลการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นไม่อาจใช้อธิบายการวิบัติของเสาสายส่งขณะที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า จึงจะต้องทำการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตเพิ่มเติม ดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

5.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเสาสายส่งแบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิต

สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างเสาสายส่งไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตนั้น จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่านั้น และจะวิเคราะห์โดยใช้ข้อกำหนดการออกแบบทั้งสองข้อกำหนด โดยในการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตนั้น จะเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าแรงโก่งเดาะวิกฤติ และคิดในกรณีที่แรงลมกระทำในทิศต่างๆ ซึ่งในที่นี้ แบ่งเป็น แรงลมกระทำในทิศตั้งฉากและขนานแนวสายไฟ และแรงลมกระทำในทิศทำมุม ψ กับแนวตั้งฉากสายไฟฟ้า เมื่อ ψ เท่ากับ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา จากค่าแรงโก่งเดาะวิกฤติ หรือแรงที่ทำให้โครงสร้างสูญเสียเสถียรภาพโดยรวม จะสามารถหาความเร็วลมซึ่งทำให้โครงสร้างวิบัติได้ ความเร็วลมวิกฤตินี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.5 สำหรับทิศทางต่างๆ ที่ลมกระทำ

จะเห็นว่า เมื่อทำการวิเคราะห์โดยคิดแรงบนโครงสร้างตามข้อกำหนดที่กำหนดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ความเร็วลมวิกฤติต่ำสุดมีค่า 38.4 เมตร/วินาที ในสภาพรับน้ำหนักที่แรงลมสูงกระทำในทิศทำมุม 60 องศากับแนวตั้งฉากสายไฟฟ้า และสำหรับการวิเคราะห์โดยคิดแรงบนโครงสร้างตามข้อกำหนดที่เสนอโดยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ จะได้ความเร็วลมวิกฤติมีค่า 28.9-39.3 เมตร/วินาที ขึ้นอยู่กับมุมกระทำของลม รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะการโก่งเดาะของเสาสายส่งเมื่อวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิต ซึ่งรูปนี้เป็นสภาพที่ลมกระทำในทิศขนานสายไฟฟ้า และเมื่อนำค่าความเร็วลมวิกฤติที่ได้จากทั้งสองข้อกำหนดไปเปรียบเทียบกับความเร็วลมเทียบเท่าไต้ฝุ่นเกย์ หรือ 37.5 เมตร/วินาที จะได้ว่าความเร็วลมวิกฤติจากการวิเคราะห์ด้วยข้อกำหนดการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีค่าสูงกว่าความเร็วลมเทียบเท่าไต้ฝุ่นเกย์ ส่วนความเร็ววิกฤติจากการวิเคราะห์ด้วยข้อกำหนดที่เสนอโดยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ มีค่าต่ำกว่าความเร็วลมเทียบเท่าไต้ฝุ่นเกย์

จากการวิบัติของเสาสายส่งในสภาพที่ยังไม่ติดตั้งสายไฟฟ้า ในช่วงที่เกิดพายุไต้ฝุ่นเกย์ แสดงว่า ความเร็วลมวิกฤติของโครงสร้างเสาสายส่งน่าจะมีค่าต่ำกว่าความเร็วลมเทียบเท่าไต้ฝุ่นเกย์ ซึ่งก็ตรงกันกับการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตของเสาสายส่งโดยใช้ข้อกำหนดที่เสนอโดยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นออนตาริโอ