บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

การศึกษาผลกระทบอันเนื่องมาจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวที่มีต่อโครงสร้างอาคาร ได้มีการศึกษาและพัฒนากันอย่างต่อเนื่องและมีการเสนอแนะแนวทางการออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหวแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศตามปรัชญาของการออกแบบและพฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้าง ดังเช่น Uniform Building Code (UBC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา National Building Code of Canada (NBC) ของประเทศแคนาดา เป็นต้น ช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยให้ความสนใจต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารอันเนื่องมาจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวเพราะมีการก่อสร้างอาคารสูงเพิ่มขึ้นมากในประเทศไทย แต่การคำนวณแรงลมและแรงแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบยังไม่สอดคล้องกับสภาพทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ในการศึกษานี้จึงพยายามรวบรวมงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา เพื่อนำมาปรับปรุงให้สามารถคำนวณหาแรงที่กระทำต่อโครงสร้างอาคารและให้ค่าการตอบสนองที่ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด

การคำนวณหาค่าแรงลมและแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสามารถแบ่งความสำคัญออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกหมายถึงข้อมูลของแรงที่เกิดขึ้นตามสภาพภูมิประเทศ แบ่งเป็นแรงลมและแรงแผ่นดินไหว แรงลมหมายถึงค่าความเร็วลมสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ แรงแผ่นดินไหวหมายถึงลักษณะของคลื่นความเร่งแผ่นดินไหวและค่าความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้น ส่วนที่สองคือวิธีการในการแปลงค่าความเร็วลมหรือค่าคลื่นความเร่งแผ่นดินไหวไปเป็นค่าแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับนำไปใช้ออกแบบ ซึ่งวิธีการหรือรูปแบบการหาค่าแรงสถิตเทียบเท่านี้มีแนวทางในการคำนวณหาแรงอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีที่คล้ายกันหรือเหมือนกัน ดังนั้นความแตกต่างที่สำคัญจึงอยู่ที่ข้อมูลส่วนแรกนั่นก็คือลักษณะทางธรรมชาติของแรงที่เกิดขึ้นตามแต่ละสภาพภูมิประเทศ และด้วยความแตกต่างนี้เองทำให้การคำนวณออกแบบโครงสร้างต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหวในประเทศไทยก็จำเป็นจะต้องใช้ลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง ซึ่งทำได้โดยนำข้อมูลของแรงหรือรูปแบบแรงที่มีการบันทึกข้อมูลเก็บไว้ในประเทศไทย มาเข้าสู่กระบวนการคำนวณให้เป็นค่าแรงสถิตสำหรับนำไปใช้ออกแบบอาคาร

อนึ่ง สำหรับการออกแบบต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหวในประเทศไทยที่ผ่านมา มีการพัฒนาโดยนำข้อกำหนดในการออกแบบจากต่างประเทศมาใช้ข้อมูลที่วัดได้ในประเทศไทย เช่น ค่าความเร็วลมสูงสุดที่วัดได้ในประเทศไทยมาคำนวณหาแรงลม สำหรับแรงแผ่นดินไหวก็ใช้ค่าความเร่งสูงสุดที่วัดได้ในประเทศไทยมาใช้ ซึ่งเป็นการพัฒนาเฉพาะส่วนแรกคือส่วนของข้อมูลของแรงตามสภาพพื้นที่ แต่ความเป็นจริงแล้วขั้นตอนที่สองคือวิธีการหรือรูปแบบการนำข้อมูลของแรงมาแปลงเป็นแรงสำหรับออกแบบก็ต้องใช้รูปแบบของแรงนั้นๆมาวิเคราะห์ด้วย ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมาจะยังไม่ได้พัฒนาในส่วนนี้โดยยังคงใช้วิธีการหรือรูปแบบในการคำนวณแรงตามข้อกำหนดของต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาในส่วนของวิธีการหาค่าแรงสถิตย์โดยใช้ข้อมูลของแรงที่ได้ในประเทศไทยเพื่อนำไปใช้คำนวณหาแรงที่ปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับการออกแบบ

การพัฒนาวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับการออกแบบต้านทานแรงลม และแรงแผ่นดินไหวดังกล่าวโดยอาศัยลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ให้ได้เป็นแรงสถิตสำหรับนำไปใช้ออกแบบจะทำให้ได้ค่าแรงที่สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย จึงทำให้การวิเคราะห์โครงสร้างต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยถูกต้องมากขึ้น

1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

1.2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับแรงลม

ในส่วนของแรงลม ข้อมูลของแรงลมได้มีการศึกษาจากข้อมูลที่จดบันทึกของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีการตั้งสถานีวัดความเร็วลมที่จังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย เพื่อเก็บข้อมูลความเร็วลมสูงสุดที่เกิดขึ้น และทิศทางของแรงลมโดยบันทึกที่ความสูงประมาณ 10 เมตร ในปี พ.ศ. 2533 อุทัย ฤกษ์ศิริรัตน์ [1] ได้ศึกษาค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ใช้สำหรับออกแบบโครงสร้างอาคารต้านทานแรงลมในกรุงเทพฯ โดยศึกษาข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากสถานีตรวจอากาศดอนเมือง เพื่อเสนอค่าความเร็วลมที่นำมาใช้หาค่าแรงลมสำหรับออกแบบโครงสร้างอาคารในกรุงเทพฯ โดยเลือกใช้การกระจายค่าปลายสุดแบบที่ I หาความเร็วลมสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในรอบ 50 ปี และ 100 ปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2537 นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ [2] ได้รวบรวมข้อมูลความเร็วลมทั่วประเทศและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมสูงสุดประจำปีโดยใช้หลักการทางสถิติของตัวแปรสุ่ม ใช้ค่าการกระจายค่าปลายสุดแบบที่ I เพื่อหาค่าความเร็วลมเกรเดียนท์สูงสุดเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมง สำหรับประเทศไทยพร้อมทั้งนำเสนอแผนที่ระดับชั้นของค่าความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบในประเทศไทยที่มีโอกาสเกิดขึ้นในรอบ 50 ปีและ 100 ปี ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่าความเร็วลมออกแบบที่เสนอโดย นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ [2] โดยเลือกใช้สภาพภูมิประเทศแบบเปิดโล่งเพื่อใช้เป็นข้อ

มูลในการหาค่าแรงลมสำหรับออกแบบในประเทศไทย อย่างไรก็ตามค่าความเร็วลมออกแบบที่วิเคราะห์สำหรับใช้ในประเทศไทยเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอสำหรับพัฒนาการออกแบบโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าให้สอดคล้องกับสภาพจริงที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีค่าสเปกตรัมความเร็วลมที่วัดได้ในประเทศไทยสำหรับใช้ในขั้นตอนการคำนวณหาแรงลม เพื่อออกแบบโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าและใช้ในการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ด้วย แต่ในปัจจุบันค่าสเปกตรัมความเร็วลมของประเทศไทยยังมีข้อมูลอยู่น้อยมากและยังไม่มีการเสนอเป็นสูตรที่จะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาแรงลมโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าเพื่อให้ได้ค่าแรงที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงของประเทศไทยได้ ดังนั้นในการออกแบบด้านทานแรงลมในประเทศไทยที่ผ่านมาจึงใช้ค่าสเปกตรัมความเร็วลมตามที่ใช้ในข้อกำหนดการออกแบบของประเทศอื่น เช่นในข้อกำหนดของ NBC [3] ในประเทศแคนาดา ANSI [4] ของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากประเทศไทย จึงยังไม่สามารถบอกได้ว่าสเปกตรัมที่ใช้ในข้อกำหนดดังกล่าวจะเหมาะสมกับประเทศไทยด้วยหรือไม่ ในปัจจุบันถึงแม้ว่ายังไม่มีค่าสเปกตรัมความเร็วลมของประเทศไทยโดยเฉพาะ แต่ในประเทศใกล้เคียงเช่นประเทศญี่ปุ่นมีการวัดค่าสเปกตรัมความเร็วลมและเสนอเป็นสูตรโดย Mikio Hino [5] ในปี ค.ศ. 1971 และในฮ่องกงก็มีการวัดค่าสเปกตรัมความเร็วลมและเสนอเป็นสูตรโดย Choi Cheong Chuen [6] ในปี ค.ศ. 1971 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำค่าสเปกตรัมที่เสนอทั้ง 2 สูตรมาวิเคราะห์เพื่อใช้กับประเทศไทยโดยอาศัยเหตุผลที่ว่าลักษณะของลมในภูมิภาคเดียวกันน่าจะมีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งน่าจะให้ความถูกต้องกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมากกว่าการใช้สเปกตรัมที่ใช้ในอเมริกา หรือ แคนาดา ซึ่งอยู่ต่างภูมิภาคกัน

ในส่วนของวิธีในการคำนวณหาแรงสถิตเทียบเท่าของแรงลมของข้อกำหนดต่างๆที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะมีพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันตรงค่าตัวประกอบบางตัวที่มีสมมติฐานบางอย่างที่แตกต่างกันออกไป การเปลี่ยนค่าความเร็วลมไปเป็นค่าแรงลมสำหรับออกแบบทำโดยการใช้สมการของเบอร์นูลีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม กับค่าความดันของแรงลมที่มาปะทะกับตัวอาคาร ลมเป็นของไหลชนิดหนึ่งที่มีค่าความเร็วของการไหลเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การใช้เพียงค่าความเร็วลมสูงสุดซึ่งเป็นค่าคงที่มาแปลงเป็นค่าแรงลมสำหรับออกแบบจึงยังไม่เพียงพอ เพราะตามสภาพความเป็นจริงแล้วความเร็วลมไม่ใช่ค่าคงที่ อีกทั้งลักษณะการตอบสนองของโครงสร้างอาคารต่อแรงลมก็ยังแตกต่างออกไปตามลักษณะของโครงสร้าง ตามรูปแบบการไหลของลมเมื่อพัดผ่านตัวโครงสร้างอาคาร เมื่อศึกษาให้ละเอียดลงไปจะพบว่ามีปัจจัยอีกหลายอย่างเกี่ยวกับพฤติกรรมของแรงลม แต่ปรัชญาในการออกแบบโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าเพื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติจะต้องเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป จึงมีการเสนอค่าตัวประกอบเพิ่มเข้าไปในการคำนวณ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลม (Drag force coefficient) และค่าตัวประกอบการกรรโชก (Gust factor) ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมเป็นค่าที่วัดได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมโดยมีค่าคงที่และเป็นค่าเฉพาะตามลักษณะรูปร่างของโครงสร้างอาคาร ค่าตัวประกอบการกรรโชกเป็นการรวม

ผลอันเนื่องมาจากลักษณะทางพลศาสตร์ของลม ความสัมพันธ์ของความเร็วลมแต่ละจุดที่ปะทะกับตัวอาคาร ความสัมพันธ์ของความเร็วลมระหว่างด้านปะทะลมของตัวอาคารกับด้านหลบลมของตัวอาคาร ซึ่งค่าตัวประกอบการกรรโชกนี้มีการเสนอแนวคิดที่แตกต่างกัน โดยในปี ค.ศ. 1967 Davenport [7] เสนอวิธีในการหาค่าตัวประกอบการกรรโชกโดยสมมติให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างในโหมดแรกเป็นเส้นตรง เสนอรูปร่างของโครงสร้างที่นำมา วิเคราะห์เป็นแบบเส้นตรง (Line-like structure) ใช้กฎยกกำลัง (Power law) ในการหาค่าความเร็วลมที่ความสูงต่าง ๆ และใช้สเปกตรัมความเร็วลมที่มีค่าขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของลมเพียงอย่างเดียว และเสนอให้ความสัมพันธ์ของความเร็วลมด้านปะทะกับตัวอาคารกับด้านหลบลมของตัวอาคารมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ คือมีค่าเป็นหนึ่ง ต่อมาในปี ค.ศ. 1968 Vellozzi และ Cohen เสนอให้ค่าการเคลื่อนตัวในโหมดที่หนึ่งเป็นแบบเส้นตรง รูปร่างของโครงสร้างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นแบบสามมิติ และเสนอให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมด้านปะทะลมกับด้านหลบลมไม่สัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ นอกนั้นสมมติฐานอย่างอื่นก็ใช้ลักษณะเดียวกับที่ Davenport เสนอ ในปี ค.ศ. 1969 Vickery [8] เสนอเพิ่มเติมจากแนวทางของ Davenport คือ เสนอให้การเคลื่อนตัวในโหมดแรกไม่เป็นเส้นตรง และรูปร่างของโครงสร้างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นลักษณะโครงสร้างแบบแผ่น (Plate-like structure) ต่อมาในปี ค.ศ. 1980 และในปี ค.ศ. 1982 Simiu และ Solari [9] ตามลำดับได้เสนอแนวทางที่คล้ายคลึงกันในการหาค่าตัวประกอบการกรรโชก โดยเสนอให้ลักษณะการเคลื่อนตัวในโหมดแรกเป็นแบบเส้นตรง รูปร่างของโครงสร้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นแบบสามมิติ ใช้กฎลอการิธึม (Logarithmic law) ในการคำนวณหาค่าความเร็วลมที่ความสูงต่างๆ ใช้สเปกตรัมของความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงขึ้นกับค่าความถี่ของลมและระดับความสูง ความสัมพันธ์ของความเร็วลมด้านปะทะลมกับด้านหลบลมไม่สัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ วิธีการคำนวณหาค่าตัวประกอบการกรรโชกของ Davenport เป็นที่นิยมใช้กันมากและนำไปใช้เสนอเป็นข้อกำหนดในการออกแบบต้านทานแรงลมของ NBC ในประเทศแคนาดา ANSI ของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น วิธีของ Simiu เป็นวิธีที่ละเอียดมากขึ้น มีข้อแตกต่างที่ชัดเจนจากวิธีของ Davenport คือการใช้ค่าสเปกตรัมความเร็วลมแตกต่างกัน ค่าความสัมพันธ์ของความเร็วลมต่างกัน และสูตรการหาค่าความเร็วลมที่ความสูงใด ๆ แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการคำนวณตามวิธีของ Simiu ค่อนข้างยุ่งยากกว่าในการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ

สำหรับการคำนวณหาแรงลมสำหรับออกแบบในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2533 อุทัย ฤกษ์ศิริรัตน์ [1] เสนอการหาค่าตัวประกอบการกรรโชกตามแนวทางของ Simiu โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของความเร็วลมด้านปะทะลมกับด้านหลบลมของตัวอาคารมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ เพื่อทำให้สามารถคำนวณหาค่าตัวประกอบการกรรโชกได้ง่ายขึ้น และในปี ค.ศ. 1995 อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พาณิชย์ [10] เสนอการหาค่าตัวประกอบการกรรโชกสำหรับประเทศไทยโดยใช้แนวทางของ Davenport และเสนอให้ค่าความสัมพันธ์ของความเร็วลมด้านปะทะลมกับด้านหลบ

ลมเป็นแบบไม่สมบูรณ์โดยใช้สมการแสดงความสัมพันธ์เช่นเดียวกับที่เสนอใช้ในวิธีของ Simiu การคำนวณหาค่าตัวประกอบการกรรโชกที่เสนอโดย อุทัย และ อรรถสิทธิ์ ต่างก็ใช้ค่าสเปกตรัมความเร็วลมตามที่เสนอใช้โดยวิธีของ Simiu และ Davenport ตามลำดับ ซึ่งอาจจะมีค่าสเปกตรัมไม่สอดคล้องกับลักษณะของลมในภาคพื้นเอเชีย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำค่าสเปกตรัมที่วัดได้ในประเทศญี่ปุ่นและในฮ่องกงมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าตัวประกอบการกรรโชก เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของลมในแถบเอเชียมากยิ่งขึ้น จากค่าตัวประกอบการกรรโชกที่เสนอแนะดังกล่าวนำมาคำนวณหาค่าแรงลมโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าและเปรียบเทียบค่าตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่าที่เสนอแนะกับค่าตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ โดยพิจารณาค่าแรงเฉือนตอบสนองที่ฐานของโครงสร้าง และค่าการเคลื่อนตัวตอบสนองของโครงสร้าง และใช้วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยในการนำวิธีที่เสนอแนะไปใช้คำนวณออกแบบโดยเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์

1.2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหว

ในด้านของแผ่นดินไหว ค่าข้อมูลความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นในประเทศไทยยังมีการบันทึกข้อมูลน้อยมาก แต่จากข้อมูลดังกล่าวประกอบกับข้อมูลความเร่งแผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นในบริเวณประเทศใกล้เคียง ทำให้สามารถสร้างแผนที่ค่าความเร่งแผ่นดินไหวในประเทศไทยได้ โดยในปี ค.ศ. 1985 ดร. ปริญญา นุตาลัย [11] ได้ทำการแบ่งพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 5 ° กับ 25 ° เหนือและลองติจูด 90 °กับ 110 ° ตะวันออก แบ่งเป็นค่าความเร่งแผ่นดินไหวออกเป็น 12 โซน ครอบคลุมพื้นที่บริเวณประเทศไทย อินโดนีเซีย บางส่วนของประเทศพม่าและจีนในปี ค.ศ. 1986 ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ [12] เสนอแผนที่ค่าความเร่งแผ่นดินไหวสูงสุดสำหรับประเทศไทยและเสนอวิธีใช้วิธีการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าตามแนวทางของ UBC ในปี ค.ศ. 1994 รศ. ดร. เป็นหนึ่ง วาณิชชัย และ Ade Litsantano [13] วิเคราะห์รูปแบบสมการการเกิดค่าความเร่งแผ่นดินไหวโดยอาศัยข้อมูลค่าความเร่งสูงสุดที่เคยมีการบันทึกไว้และเสนอแผนที่ค่าความเร่งแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบในประทศไทยโดยแบ่งเขตค่าความรุนแรงของค่าความเร่งแผ่นดินไหวเช่นเดียวกับลักษณะการแบ่งเขตความรุนแรงในข้อกำหนดของ UBC ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 นพดล คูหาทัสนะดีกุล [14] ใช้ข้อมูลความเร่งแผ่นดินไหวที่มีอยู่ในประเทศไทยและวิธีทางสถิติเสนอเส้นระดับชั้นความรุนแรงของค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย และเสนอค่าความเร่งสูงสุดสำหรับออกแบบที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.14g ค่าความเร่งสูงสุดสำหรับออกแบบดังกล่าว นำไปใช้ในการคำนวณหาค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ฐานโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า แต่สำหรับการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์สำหรับแรงแผ่นดินไหว ค่าความเร่งสูงสุดเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอ จะต้องใช้คลื่นความเร่งแผ่นดินไหวในการวิเคราะห์ แต่ข้อมูลที่เป็นคลื่นค่าความเร่งแผ่นดินไหวยังมีไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องแผ่นดินไหว

ที่ใช้วิธีพลศาสตร์ในการวิเคราะห์ที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยของ วิชัย กาญจนการุญ [15] ในปี พ.ศ. 2529 งานวิจัยของ สมชาย สุนทรวีระ ในปี พ.ศ. 2534 ซึ่งวิจัยเกี่ยวกับผลการตอบสนองของโครงสร้างต่อแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีพลศาสตร์ ก็ใช้คลื่นที่จำลองขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ในงานวิจัยของ นพดล ดูหาทัศนะดีกุล ได้จำลองคลื่นความเร่งแผ่นดินไหวตามสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย โดยมีคาบเด่นของคลื่นแตกต่างกันออกไปจำนวน 100 คลื่น การศึกษาในเรื่องแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่าคลื่นความเร่งแผ่นดินไหวจากจำนวน 100 คลื่นในงานวิจัยของ นพดล ดูหาทัศนะดีกุล มาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าการตอบสนองของโครงสร้างอาคารต่อแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีพลศาสตร์

การคำนวณหาแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าทำได้โดยการแปลงค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่มากระทำต่อโครงสร้างมาเป็นค่าแรงเฉือนที่ฐานของโครงสร้าง โดยนำค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นคูณกับน้ำหนักของโครงสร้าง จากนั้นจึงกระจายค่าแรงเฉือนที่ฐานดังกล่าวไปตามชั้นของโครงสร้างโดยกระจายตามน้ำหนักและความสูงของชั้น ในปี ค.ศ. 1969 Newmark และ Hall [16] ใช้วิธี Smooth elastic response spectrum สำหรับโครงสร้างที่มีระดับขั้นความเสรีเท่ากับหนึ่ง (Single degree of freedom) เพื่อให้ได้กราฟค่าความเร่งตอบสนองของโครงสร้างต่อคลื่นความเร่งแผ่นดินไหว เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว ในปีค.ศ. 1976 Seed, H.B. [17] ศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจำนวน 104 ข้อมูลที่เกิดขึ้นบนสภาพพื้นดินที่แตกต่างกันในประเทศสหรัฐอเมริกา และวิเคราะห์ค่ากราฟความเร่งตอบสนองของโครงสร้างต่อคลื่นความเร่งแผ่นดินไหวบนสภาพของพื้นดินที่แตกต่างกันและพบว่า สภาพของลักษณะดินที่อ่อนมีผลต่อการขยายขนาดความรุนแรงของค่าความเร่งแผ่นดินไหวให้มีค่าสูงขึ้น จากนั้นในปี 1978 Applied technology council [18] (ATC 3-06) นำงานวิจัยของ Seed, H.B. และงานวิจัยที่ผ่านมารวบรวมเพื่อเสนอเป็นข้อกำหนดในการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า โดยเสนอสูตรสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์แรงแผ่นดินไหวที่สอดคล้องกับค่าความเร่งตอบสนองของโครงสร้างต่อคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้จากงานวิจัยของ Seed, H.B. ข้อกำหนดในการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหวของ UBC ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางรวมทั้งในประเทศไทย ก็มีการพัฒนาวิธีในการออกแบบกันมาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในปีค.ศ. 1994 UBC [19] ก็กลับมาใช้แนวทางที่คล้ายคลึงกับที่เสนอโดย ATC 3-06 สำหรับประเทศไทยได้มีการนำข้อกำหนดของ UBC มาใช้โดยการเปลี่ยนมาใช้แผนที่ค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่พัฒนาขึ้นสำหรับออกแบบในประเทศไทย ซึ่งก็คือค่าความเร่งสูงสุดที่ใช้สำหรับคำนวณออกแบบ แต่ค่าสัมประสิทธิ์แรงแผ่นดินไหวซึ่งแสดงได้ด้วยกราฟค่าความเร่งตอบสนองของโครงสร้างต่อแรงแผ่นดินไหวที่มีค่าแปรเปลี่ยนขึ้นกับคาบของโครงสร้างก็ยังคงใช้รูปกราฟตามที่เสนอในข้อกำหนดของ UBC ซึ่งเป็นค่าตอบสนองของโครงสร้างอันเนื่องมาจากคลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศใกล้เคียงซึ่งอาจจะมีลักษณะของคลื่นแตกต่างจากคลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดในประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2539

นพดล ดูหาทัสนะดีกุล [14] ได้ใช้คลื่นที่จำลองตามสภาพภูมิประเทศที่อาจจะเกิดขึ้นในประเทศไทยจำนวน 100 คลื่น กระทำต่อโครงสร้างและเสนอกราฟค่าความเร่งตอบสนองของโครงสร้างอันเนื่องมาจากคลื่น 100 คลื่นดังกล่าว เพื่อใช้หาค่าความเร่งสูงสุดที่จะนำไปใช้ออกแบบโครงสร้างอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหวในประเทศไทยสำหรับโครงสร้างที่มีค่าคาบต่างๆ

1.3 เป้าหมายในงานวิจัย

เพื่อเสนอแนะวิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการออกแบบอาคารต้านทานแรงลม และแรงแผ่นดินไหว โดยเน้นที่การนำข้อมูลของความเร็วลม และความเร่งแผ่นดินไหวที่มีอยู่ในประเทศไทยจากงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องแรงลม และแรงแผ่นดินไหวในประเทศไทยที่ผ่านมา มาวิเคราะห์หารูปแบบในการคำนวณหาแรงโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าโดยนำค่าข้อมูลที่มีอยู่สำหรับประเทศไทยผ่านวิธีการหรือรูปแบบในการวิเคราะห์หาแรงสถิตเทียบเท่าเพื่อเสนอให้เป็นวิธีที่สอดคล้องกับลักษณะของแรงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย และพิจารณาความปลอดภัยของวิธีที่เสนอแนะโดยการเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยวิธีพลศาสตร์ เพื่อดูการตอบสนองของโครงสร้างแต่ละประเภทต่อแรงลม และแรงแผ่นดินไหว

1.4 แนวทางในการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ลักษณะโครงสร้างที่นำมาใช้ในงานวิจัย เป็นลักษณะโครงสร้างจริง ขนาด 10 ชั้น, 20 ชั้น, 30 ชั้น และ 40 ชั้น ที่มีความสูง 32 เมตร, 64 เมตร, 96 เมตร และ 168 เมตร ตามลำดับ เพื่อวิเคราห์การตอบสนองของโครงสร้าง และปรับค่าสติฟเนสของผนังรับแรงเฉือนให้มีค่าแตกต่างออกไป เพื่อเพิ่มตัวอย่างอีก 2 ตัวอย่าง ในแต่ละความสูงเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์กับคาบโครงสร้าง

1.4.2 พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างสติฟเนสของโครงสร้างกับคาบของโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีพลศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการประมาณหาค่าคาบของโครงสร้างโดยประมาณเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าต่อไป

1.4.3 พัฒนาแบบจำลองในการคำนวณหาแรงสถิตเทียบเท่าของแรงลมและแรงแผ่นดินไหว โดยการใช้ลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเข้าไปในกระบวนการวิเคราะห์หาแรงสถิตเทียบเท่าเพื่อให้ได้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าที่มีลักษณะทางธรรมชาติของแรงเป็นแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเพื่อความถูกต้องสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศในประเทศไทย

1.4.4 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่าที่เสนอแนะกับค่าการตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีพลศาสตร์ว่า วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ที่เสนอแนะมีความปลอดภัยในการนำไปใช้ออกแบบอาคารต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหวเพียงใด

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

การพัฒนาวิธีแรงสถิตเทียบเท่าสำหรับออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลของแรงลมและแรงแผ่นดินไหวจากงานวิจัยที่มีการศึกษาและเสนอแนะค่าความเร็วลมสำหรับออกแบบ และเสนอแนะค่าความเร่งแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบในประเทศไทย ข้อมูลบางอย่างที่ยังไม่มีการวัดในประเทศไทยหรือมีข้อมูลแต่มีในปริมาณน้อย ก็อาศัยข้อมูลที่วัดได้ในประเทศใกล้เคียง เช่นค่าสเปกตรัมความเร็วลม หรืออาศัยการจำลองขึ้น เช่นข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหว และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่ากับค่าการตอบสนองของโครงสร้างที่ได้จากวิธีพลศาสตร์โดยถือว่าวิธีการวิเคราะห์ในแบบพลศาสตร์ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง และเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAP90 เพื่อช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างในแบบพลศาสตร์

ในงานวิจัยนี้กำหนดให้โครงสร้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีคุณสมบัติเหมือนกันตลอดทั้งชิ้น (Prismatic Member) ฐานรากของโครงสร้างเป็นแบบยึดแน่น และมีพฤติกรรมการตอบสนองอยู่ในช่วงอิลาสติก