บทที่ 4

การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กต้านพายุ-กรณีศึกษา

4.1 บทนำ

ในบทนี้ จะทำการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีศึกษา 2 อาคาร คือ โรงเรียนตามมาตรฐานกระทรวงศึกษาธิการ (แบบ สปช.2/28) และหอพัก 8 ชั้น โดยสมมุติให้ตั้งอยู่ในภาคใต้ในถิ่นที่ได้รับอิทธิพลจากลมพายุไต้ฝุ่น และทำการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างในส่วนของโครงสร้าง โดยพิจารณาหาปริมาณวัสดุที่ต้องใช้ในการก่อสร้าง ในส่วนโครงสร้างหลักของอาคาร (ไม่คิดงานสถาปัตยกรรม เช่น ผนังก่ออิฐ งานปูพื้น ฯลฯ) แต่ละหลังจะคำนวณแยกตามกรณี คือ

กรณีที่ 1 พิจารณาอาคารที่ออกแบบตามแบบก่อสร้างเดิม

กรณีที่ 2 พิจารณาออกแบบอาคารให้ต้านทานลมตามกฎกระทรวงฯ โดยใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและ แรงลม

กรณีที่ 3 พิจารณาออกแบบอาคารให้ต้านทานลมพายุไต้ฝุ่น ตามมาตรฐาน NBC 1990 ของประเทศแคนาดา โดยใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

การรวมผลน้ำหนักบรรทุก (Load Combination) กระทำ 3 กรณีคือ

ก. 1.7D+2.0L

ข. 0.75(1.7d+2.0L+2.0W)

ค. 0.9D+0.75(2.0W)

โดยที่ D = ผลจากน้ำหนักบรรทุกคงที่

L = ผลจากน้ำหนักบรรทุกจร

W = ผลจากแรงลม

4.2 ข้อกำหนดวัสดุในการออกแบบ

ข้อกำหนดวัสดุที่ใช้ในการออกแบบอาคารในกรณีศึกษามีดังนี้

ก. กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (รูปทรงกระบอก) ที่ใช้ในการออกแบบมีค่าเท่ากับ 200 กก./ซม^2 สำหรับโรงเรียน สปช. 2/28

ข. เหล็กเสริมหลักในคานและเสาจะใช้เหล็กกลมผิวเรียบ เกรด SR 24 สำหรับโรงเรียน สปช. 2/28

ค. กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (รูปทรงกระบอก) ที่ใช้ในการออกแบบในคาน มีค่าเท่ากับกับ 240 กก./ซม^2 และในเสามีค่าเท่ากับ 280 กก./ซม^2 สำหรับหอพัก 8 ชั้น

ง. เหล็กเสริมหลักในคานและเสาจะใช้เหล็กผิวข้ออ้อยเกรด SD 40 ส่วนเหล็กเสริมรับแรงเฉือนและเหล็กรัดรอบเสาใช้เหล็กกลมผิวเรียบ เกรด SR 24 สำหรับหอพัก 8 ชั้น

4.3 รายละเอียดของแบบอาคารในกรณีศึกษา

จากการศึกษาแบบก่อสร้างของอาคารทั้งสองหลัง (ในภาคผนวก ข และ ค) โดยละเอียดมีข้อมูลที่น่าสนใจดังนี้

4.3.1 อาคารหลังที่ 1 (แบบ สปช. 2/28)

รายละเอียดสำหรับอาคารหลังที่ 1 สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

ก. เป็นอาคารโรงเรียนสูง 3 ชั้น มีลักษณะสมมาตรในแนวแกน y

ข. โครงข้อแข็งของอาคารที่วางตัวในแนวแกน y มีจำนวน 15 โครงสร้างแบ่งออกเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนกัน 3 รูปแบบโดยที่แต่ละโครงสร้างวางตัวห่างกัน 4 เมตร

- รูปแบบที่ 1 ได้แก่ โครงข้อแข็ง A1 ดังรูปที่ ง-1 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 2 ได้แก่ โครงข้อแข็ง A2 ดังรูปที่ ง-2 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 3 ได้แก่ โครงข้อแข็ง A3 ดังรูปที่ ง-2 ในภาคผนวก ง

ค. โครงข้อแข็งรูปแบบที่ 1ไม่มีคานยึดหัวเสา จึงคิดเสมือนว่าขื่อของโครงหลังคาเป็นตัวยึดหัวเสาและพิจารณาสภาพที่ปลายหัวเสา เป็นจุดหมุนภายใน (Interior Hinge)

ง. โครงสร้างในรูปแบบที่ 2 และ 3 มีคานยึดรั้งหัวเสาชั้นบนสุด ซึ่งเป็นจุดรองรับโครงหลังคา

จ. โครงข้อแข็งทางด้านข้าง ซึ่งวางตัวในแนวแกน x ซึ่งจะพิจารณาให้โครงสร้างริมรับ

แรงลม มี 1 รูปแบบ ได้แก่ โครงข้อแข็ง B1 ดังรูปที่ ง-3 ในภาคผนวก ง

4.3.2 อาคารหลังที่ 2 (แบบหอพัก 8 ชั้น)

รายละเอียดสำหรับอาคารหลังที่ 2 สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

ก. โครงข้อแข็งของอาคารที่วางตัวในแนวแกน y มีจำนวน 19 โครงสร้างแบ่งออกเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนกัน 6 รูปแบบดังนี้

- รูปแบบที่ 1 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C1 ดังรูปที่ ง-4 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 2 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C2 ดังรูปที่ ง-4 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 3 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C3 ดังรูปที่ ง-5 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 4 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C4 ดังรูปที่ ง-6 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 5 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C5 ดังรูปที่ ง-7 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 6 ได้แก่ โครงข้อแข็ง C6 ดังรูปที่ ง-8 ในภาคผนวก ง

ข. โครงข้อแข็งทางด้านข้าง ซึ่งวางตัวในแนวแกน x จะพิจารณาเพียง 2 โครงสร้างที่มีความชะลูด มี 2 รูปแบบดังนี้

- รูปแบบที่ 1 ได้แก่ โครงข้อแข็ง D1 ดังรูปที่ ง-9 ในภาคผนวก ง
- รูปแบบที่ 2 ได้แก่ โครงข้อแข็ง D2 ดังรูปที่ ง-10 ในภาคผนวก ง

4.4 แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง

การพิจารณาแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง โดยพิจารณาองค์อาคารที่ยื่นออกจากโครงสร้างหลักไม่ได้มีส่วนต้านทานแรงลมด้านข้าง ดังนั้นจึงทำการตัดส่วนต่าง ๆ ขององค์อาคารเหล่านี้ออก แต่จะพิจารณานำเอาแรงปฏิกิริยาจากองค์อาคารเหล่านั้น มาเป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างหลัก ส่วนโครงสร้างหลังคาเหล็กจะถูกแยกนำไปวิเคราะห์ต่างหาก แล้วนำเอาค่าแรงปฏิกิริยาที่ได้คิดเป็นแรงกระทำเป็นจุด บนหัวเสา จุดต่อต่าง ๆ ขององค์อาคารจะพิจารณาเป็นจุดยึดแข็ง (Rigid Joint) ทั้งหมด ยกเว้นบริเวณจุดต่อระหว่างขื่อกับเสา ส่วนบริเวณฐานรากของอาคาร จะพิจารณาเป็นจุดยึดหมุนภายนอกสำหรับเสาเข็มต้นเดียว และเป็นจุดรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support) สำหรับเสาเข็ม 2 ต้น ในโครงข้อแข็ง A1-A3 ส่วนโครงข้อแข็ง B1 บริเวณฐานรากของอาคารจะพิจารณาเป็นจุดยึดหมุนภายนอก (Hinge Support) ทั้งหมด และโครงข้อแข็งของอาคารหลังที่ 2 บริเวณฐานรากพิจารณาเป็นจุดรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support) ถ้าในทิศทางที่พิจารณาที่ฐานรากนั้น มีเสาเข็มมากกว่า 1 ต้น และเป็นแบบจุดยึดหมุนภายนอก (Hinge Support) ถ้าในทิศทางที่พิจารณาที่ฐานรากมีเสาเข็ม 1 ต้น

การพิจารณาแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับ การวิเคราะห์โครงหลังคาของอาคารหลังที่ 1 มีข้อสังเกตเพิ่มเติมดังนี้

ก. โครงหลังคาสำหรับโครงข้อแข็ง A1 และ A2 มีเสารองรับสองแห่ง โดยพิจารณาให้เป็นจุดรองรับแบบขึดหมุน (Hinge Support) และจุดรองรับแบบลูกกลิ้ง (Roller Support) ดังรูปในภาคผนวก ง

ข. โครงหลังคาสำหรับโครงข้อแข็ง A3 และ A4 มีเสารองรับสี่แห่ง โดยพิจารณาให้เป็นจุดรองรับแบบขึดหมุน (Hinge Support) และจุดรองรับแบบลูกกลิ้ง (Roller Support) ดังรูปในภาคผนวก ง

ค. โครงหลังคาของอาคารหลังที่ 1 มีส่วนที่เกิดเป็นช่องสี่เหลี่ยมตรงบริเวณรอยต่อระหว่างชายคากับโครงหลัก (แบบ สปช. 2/28) ซึ่งผิดไปจากสมมุติฐานของโครงถัก ดังนั้นจึงต้องพิจารณาแบบจำลองอย่างง่าย สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง โดยแยกส่วนของชายคาออกเป็นโครงขื่นที่มีจุดขึดหมุนรองรับ 2 แห่ง ดังรูปที่ ง-11 ในภาคผนวก ง แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างของอาคารทั้งสองหลังแสดงในภาคผนวก ง

ข้อสมมุติฐานเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบ

-ในอาคารที่ทำการศึกษาทั้ง 2 หลัง สำหรับการออกแบบจะออกแบบเฉพาะ เสาและคานหลักเท่านั้น ส่วน พื้น.บันได และส่วนอื่น ๆ จะยึดถือตามแบบเดิม

-ในการออกแบบต้านทานแรงลมจะให้ เสาและคานหลักรับแรงลม ไม่คิดในส่วนผนังรับแรงเฉือน

-ในการออกแบบจะทำการตรวจสอบฐานรากและเสาเข็มที่ออกแบบไว้เดิมถ้าฐานรากและเสาเข็มเดิม สามารถรับแรงที่เกิดขึ้นได้จะใช้ตามแบบเดิม ถ้าหากฐานรากและเสาเข็มตามแบบเดิมรับแรงได้ไม่เพียงพอ จะทำการออกแบบใหม่

-ในการออกแบบจะใช้ตัวคูณน้ำหนัก ดังนี้

1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

-ในการหาค่าหน่วยแรงลมที่กระทำกับอาคาร จะสมมุติรูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.5 ข้อมูลน้ำหนักที่กระทำบนโครงสร้าง

ข้อมูลน้ำหนักที่กระทำบนโครงสร้างดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

4.5.1 อาคารหลังที่ 1

น้ำหนักบรรทุกจากส่วนต่าง ๆ ของอาคารหลังที่ 1 ซึ่งใช้ในการคำนวณมีดังนี้

ก. **น้ำหนักบรรทุกคงที่ขององค์อาคาร** คิดตามหน้าตัดเดิมตามแบบที่ได้รับ โดยคิดความหนาแน่นของคอนกรีตเท่ากับ 2,400 กก./ลบ.ม.

ข. **น้ำหนักบรรทุกคงที่เนื่องจากส่วนตกแต่งพื้น เท่ากับ 100 กก./ตร.ม.**

ค. **น้ำหนักบรรทุกจร เท่ากับ 300 กก./ตร.ม.**

ง. **น้ำหนักลูกกรง,ม้านั่ง และระเบียง เท่ากับ 200 กก./ตร.ม.**

จ. **ผนังคอนกรีตบล็อก เท่ากับ 200 กก./ตร.ม.**

ฉ. **กำแพงก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เท่ากับ 180 กก./ตร.ม.**

ช. แปรับกระเบื้อง เท่ากับ 10 กก./ตร.ม.

ซ. น้ำหนักโครงหลังคา เท่ากับ 20 กก./ตร.ม.

ฌ. วัสดุมุงหลังคา เท่ากับ 15 กก./ตร.ม.

ญ. วัสดุยึดรั้ง (Bracing) เท่ากับ 30 กก./ตร.ม.

ฎ. วัสดุในการต่อยึดโครงหลังคา เท่ากับ 15 กก./ตร.ม.

ฏ. น้ำหนักบรรทุกจรบนหลังคา เท่ากับ 50 กก./ตร.ม.

4.5.2 อาคารหลังที่ 2

น้ำหนักบรรทุกจากส่วนต่าง ๆ ของอาคารหลังที่ 2 ซึ่งใช้ในการคำนวณมีดังนี้

ก. น้ำหนักบรรทุกคงที่ขององค์อาคาร คิดตามหน้าตัดเดิมตามแบบที่ได้รับ โดยคิดความหนาแน่นของคอนกรีตเท่ากับ 2400 กก./ลบ.ม.

ข. น้ำหนักบรรทุกคงที่เนื่องจากส่วนตกแต่งพื้น เท่ากับ 200 กก./ตร.ม.

ค. น้ำหนักบรรทุกจร เท่ากับ 200 กก./ตร.ม.

ง. กำแพงก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เท่ากับ 180 กก./ตร.ม

จ. กำแพงก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนเรียบ เท่ากับ 360 กก./ตร.ม

4.6 การวิเคราะห์โครงสร้าง

ในการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างของอาคารทั้ง 2 หลัง โดยอาศัยโปรแกรม RC-AID (ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์และธีรพงษ์ โชติวรรณพฤกษ์ 2540) เพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิงข้อมูล ได้กำหนดชื่อโครงข้อแข็งที่ทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

อาคาร 1

- โครงข้อแข็ง A ได้แก่ โครงข้อแข็ง (Frame) ที่วางอยู่ในแนวแกน y
- โครงข้อแข็ง B ได้แก่ โครงข้อแข็ง (Frame) ที่วางอยู่ในแนวแกน x

อาคาร 2

- โครงข้อแข็ง C ได้แก่ โครงข้อแข็ง (Frame) ที่วางอยู่ในแนวแกน y
- โครงข้อแข็ง D ได้แก่ โครงข้อแข็ง (Frame) ที่วางอยู่ในแนวแกน x

ในแต่ละโครงข้อแข็ง (Frame) ที่ทำการวิเคราะห์ จะแยกวิเคราะห์ตามสภาพของแรงกระทำที่เกิดขึ้น เช่น กรณีน้ำหนักบรรทุกคงที่ , กรณีน้ำหนักบรรทุกจร , กรณีแรงลมตามกฎกระทรวงฯ และกรณีแรงลมตาม NBC 1990 ซึ่งน้ำหนักที่กระทำบนโครงข้อแข็งแสดงในภาคผนวก จ แล้วจึงนำผลที่ได้ไปทำการรวมผลน้ำหนักบรรทุก (Load Combination) โดยคูณด้วยตัวคูณน้ำหนักต่อไป

4.7 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้าง

ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม RC-AID ในส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างจะให้ค่าของโมเมนต์ลบและแรงเฉือนที่ปลายของทุกชิ้นส่วน ซึ่งจะใช้ค่ามากที่สุด สำหรับโมเมนต์บวก , โมเมนต์ลบ และแรงเฉือน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นส่วน ตัวอย่างผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ช

4.7.1 แรงภายในคาน

ก. หาค่าโมเมนต์บวกมากที่สุด

เมื่อพิจารณาชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่ง จะเห็นว่ามีค่าโมเมนต์ลบและแรงเฉือนที่กระทำที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนหลายค่า (ซึ่งมาจากการรวมน้ำหนักบรรทุกหลาย ๆ กรณีนั่นเอง) จากค่าเหล่านี้เราสามารถเขียนรูปไดอะแกรมของแรงเฉือน (Shear Force Diagram) และไดอะแกรมของ

โมเมนต์ดัด (Bending Moment Diagram) ในแต่ละกรณีได้ แล้วจึงพิจารณานำค่าโมเมนต์บวกมากที่สุดมาใช้ในการออกแบบต่อไป

ข. หาค่าโมเมนต์ลบและแรงเฉือนที่มากที่สุด

พิจารณาที่ชิ้นส่วนใด ๆ จากการรวมน้ำหนักบรรทุก (Load Combination) หลาย ๆ กรณี จะได้ค่าโมเมนต์ลบและแรงเฉือนที่มากที่สุด ซึ่งกระทำที่ปลายชิ้นส่วนมาใช้ในการออกแบบ

4.7.2 แรงภายในเสา

เหมือนกับกรณีในคานเราจะได้ค่า โมเมนต์ที่ปลายบนและปลายล่างของเสา และได้ค่าแรงอัดตามแนวแกน ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำในกรณีต่าง ๆ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปทำการออกแบบ

4.8 การตรวจสอบความถูกต้องของการใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง โดยใช้โปรแกรม RC-AID จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องทำการตรวจสอบผลที่ได้ว่ามีความถูกต้องเพียงใด ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้ นอกจากการตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบสภาวะสมดุลของโครงสร้างด้วย ดังแสดงในภาคผนวก ช

4.9 การตรวจสอบความสามารถในการรับแรงลมของโครงสร้างหลังคา

สำหรับอาคารหลังที่ 1 เพื่อจะให้สอดคล้องกับแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง ในการคำนวณหาค่าหน่วยแรงลมที่กระทำกับหลังคา แสดงในภาคผนวก ฉ ส่วนรายการคำนวณตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ฎ

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างของโครงหลังคา จะได้แรงอัดและแรงดึงมากที่สุดในแต่ละชิ้นส่วนของโครงหลังคาดังต่อไปนี้

- จันทัน (Upper Chord)	แรงดึง = 3.91 ตัน	กรณี 0.9D+1.5W
	แรงอัด = 9.68 ตัน	กรณี 1.7D+2.0L
- ชื่อ (Lower Chord)	แรงดึง = 9.17 ตัน	กรณี 1.7D+2.0L
	แรงอัด = 3.39 ตัน	กรณี 0.9D+1.5W
- ชิ้นส่วนตั้ง (Vertical Member)	แรงดึง = 1.85 ตัน	กรณี 0.9D+1.5W

	แรงอัด = 4.76 ตัน	กรณี	1.7D+2.0L
- ชิ้นส่วนทแยง (Diagonal Member)	แรงดึง = 8.28 ตัน	กรณี	1.7D+2.0L
	แรงอัด = 3.14 ตัน	กรณี	0.9D+1.5W

จากผลการตรวจสอบปรากฏว่า หน้าตัดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนเดิม มีความสามารถต้านทานลมพายุได้ฝุ่นได้อยู่แล้ว จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นส่วน

4.10 การออกแบบเสาและคาน

ในการออกแบบจะใช้ขนาดหน้าตัดตามแบบเดิมมาคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริม ยกเว้นกรณีที่พบว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักขององค์อาคาร หรือขนาดหน้าตัดเดิมใหญ่เกินไป จึงอาจลดขนาดหรือเพิ่มขนาดแล้วแต่ความเหมาะสม

ในกรณีที่หน้าตัดเดิมมีขนาดไม่พอ จะเลือกเพิ่มขนาดหน้าตัดแทนการเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เนื่องจากมาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างจังหวัดยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นจึงเลือกเพิ่มขนาดหน้าตัดแทนการเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

โรงเรียน สปช. 2/28 ตามแบบเดิมมีการออกแบบที่ไม่เพียงพอโดยเฉพาะในเสาออกแบบต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะไม่ได้คำนึงถึงผลของโมเมนต์ดัดที่มากระทำร่วมกับแรงในแนวแกน ซึ่งตามพฤติกรรมจริง ๆ จะต้องมีโมเมนต์กระทำร่วมกับแรงในแนวแกน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบใหม่ โดยพิจารณาเฉพาะน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร (ไม่คิดผลของแรงลม)

ในการออกแบบใช้โปรแกรม RC-AID ในการหาปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาปริมาณเหล็กเสริมมากที่สุด เพื่อใช้สำหรับชิ้นส่วนนั้นต่อไป ตัวอย่างการคำนวณการออกแบบคานและเสา แสดงในภาคผนวก ฌ และ ญ ตามลำดับ

4.11 การตรวจสอบการรับน้ำหนักของฐานรากและเสาเข็ม

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างจะได้แรงปฏิกิริยาที่ฐานซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบฐานรากและตรวจสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ผลปรากฏว่า อาคารหลังที่ 1 ฐานรากเดิมเสริมเหล็กไม่เพียงพอ และเสาเข็มมีกำลังการรับน้ำหนักประลัยได้ไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มขนาดเสาเข็มให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากเสาเข็มอัดแรงรูปตัวไอขนาด $0.26 \times 0.26 \times 21$ เมตร รับน้ำหนักปลอดภัย 25 ตันต่อต้น เป็นเสาเข็มอัดแรงรูปตัวไอขนาด $0.3 \times 0.3 \times 21$ เมตร รับน้ำหนักปลอดภัย 43 ตันต่อต้น

ส่วนอาคารหลังที่ 2 ฐานรากและเสาเข็มเดิมออกแบบไว้ดีอยู่แล้ว จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด รายละเอียดตัวอย่างการออกแบบฐานราก แสดงในภาคผนวก ฎ

4.12 ปริมาณวัสดุที่พิจารณาในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

ปริมาณวัสดุที่พิจารณาในการประมาณราคาค่าก่อสร้างในอาคารกรณีศึกษา

ก. คอนกรีตในเสา,คาน,พื้น,ฐานราก และบันได (ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ถ้ามี)

ข. คอนกรีตหยาบและทรายหยาบรองใต้ฐานราก

ค. ปริมาณเหล็กเสริมที่ใช้ใน เสา,คาน,พื้น,ฐานราก และบันได

ง. ปริมาณไม้แบบที่ใช้ใน เสา,คาน,พื้น,ฐานราก และบันได

จ. ลวดผูกเหล็ก

ฉ. เสาเข็ม

ช. ปริมาณงานดิน

ซ. ปริมาณแผ่นเหล็กที่ใช้ (สำหรับโรงเรียน)

ฌ. เหล็กรูปพรรณที่ใช้ประกอบโครงหลังคา (สำหรับโรงเรียน)

จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง โดยที่ราคาค่าก่อสร้างจะหมายถึง ผลรวมของราคาวัสดุ , ราคาค่าแรง และราคาค่าดำเนินการ ซึ่งราคาค่าวัสดุและราคาค่าแรงที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 หลัง จะอ้างอิงจากตารางแสดงราคาวัสดุทั้งโครงการตามแบบหอพัก 8 ชั้นเดิม

4.13 ผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

การหาปริมาณสูงสุดที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร ได้จากการถอดแบบและการคำนวณส่วนของโครงสร้างหลักของอาคาร ไม่รวมงานสถาปัตยกรรม ส่วนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้จาก ผลรวมของราคาวัสดุก่อสร้าง , ราคาค่าแรง และราคาค่าดำเนินการ ซึ่งสำหรับโครงการนี้คิด 15 % ของผลรวมราคาวัสดุและราคาค่าแรงในการก่อสร้าง ข้อมูลแสดงปริมาณวัสดุ ราคาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เป็นดังนี้

4.13.1 ผลแสดงปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้างของอาคารหลังที่ 1

ผลแสดงปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้างของอาคารหลังที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

ก. อาคารหลังที่ 1 ตามแบบ สปช. 2/28 (ไม่คิดผลของแรงลม) ปริมาณวัสดุ ราคาวัสดุ และราคาค่าแรงที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ ฒ-1 ในภาคผนวก ฒ

ข. อาคารหลังที่ 1 พิจารณาผลของลมพายุไต้ฝุ่น โดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม ปริมาณวัสดุ , ราคาวัสดุและราคาค่าแรง ที่ใช้ในส่วนโครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ฒ-2 ในภาคผนวก ฒ

ค. อาคารหลังที่ 1 พิจารณาผลของลมพายุไต้ฝุ่นโดยใช้แรงลมตาม NBC 1990 ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม ปริมาณวัสดุ , ราคาวัสดุและราคาค่าแรง ที่ใช้ในส่วนโครงสร้างดังแสดงใน ตารางที่ ฒ-3 ในภาคผนวก ฒ

4.13.2 แสดงปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้างของอาคารหลังที่ 2

ผลแสดงปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้างของอาคารหลังที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

ก. อาคารหลังที่ 2 ตามแบบหอพัก 8 ชั้น
ปริมาณวัสดุ,ราคาวัสดุและราคาค่าแรงที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ ฒ-4 ในภาคผนวก ฒ

ข. อาคารหลังที่ 2 พิจารณาผลของลมพายุไต้ฝุ่นโดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลมปริมาณวัสดุ , ราคาวัสดุและราคาค่าแรง ที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ ฒ-5 ในภาคผนวก ฒ

ค. อาคารหลังที่ 2 พิจารณาผลของลมพายุไต้ฝุ่น โดยใช้แรงลมตาม NBC 1990 ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม ปริมาณวัสดุ,ราคาวัสดุและราคาค่าแรง ที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ ฒ-6 ในภาคผนวก ฒ

4.14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุ

ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุของอาคารกรณีศึกษาซึ่งจะเปรียบเทียบปริมาณ คอนกรีต ไม้แบบ และ เหล็กในเสา , คานและฐานราก มีรายละเอียดดังนี้

4.14.1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุ ของอาคารหลังที่ 1 (แบบ สปช. 2/28)

ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุของอาคารหลังที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ถึง 4-3

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารตามแบบ สปช. 2/28 (ที่แก้ไขให้ถูกแล้ว) (ไม่คิดผลของแรงลม) กับอาคารที่ออกแบบ โดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

	แบบ (ไม่คิดผลของแรงลม)				แรงลมกฎกระทรวงฯ				ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)
เสา	49.5	14.71	544	0.297	49.5	14.77	544	0.298	0.00	0.41	0.00
คาน	112.6	26.9	1411	0.239	112.6	41.01	1411	0.364	0.00	52.45	0.00

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารตามแบบ สปช. 2/28 (ที่แก้ไขให้ถูกแล้ว) (ไม่คิดผลของแรงลม) กับอาคารที่ออกแบบต้านทานลมพายุไต้ฝุ่น โดยใช้แรงลมไต้ฝุ่น ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

	แบบ (ไม่คิดผลของแรงลม)					แรงลมไต้ฝุ่น			ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)
เสา	49.5	14.71	544	0.297	49.5	15.4	544	0.311	0.00	4.69	0.00
คาน	112.6	26.9	1411	0.239	112.6	42.63	1411	0.379	0.00	58.48	0.00

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารที่ออกแบบ โดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ กับอาคารที่ใช้แรงลมไต้ฝุ่น ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม (สปช.2/28)

		แรงลมกฎกระทรวงฯ				แรงลมไต้ฝุ่น			ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)	ที่เพิ่มขึ้น (%)
เสา	49.5	14.77	544	0.298	49.5	15.4	544	0.311	0.00	4.27	0.00
คาน	112.6	41.01	1411	0.364	112.6	42.63	1411	0.379	0.00	3.95	0.00

4.14.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุของอาคารหลังที่ 2

ผลการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุของอาคารหลังที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4-4 ถึง 4-6

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารหอพัก 8 ชั้นตามแบบเดิม กับอาคารที่ออกแบบ โดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

		แบบเดิม				แรงลมกฎกระทรวงฯ			ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)
เสา	267.0	50.109	2916	0.188	266.2	37.962	2916	0.143	-0.30	-24.24	0.00
คาน	630.5	96.179	7467	0.153	589.1	85.875	7158	0.146	-6.57	-10.71	-4.14

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารหอพัก 8 ชั้นตามแบบเดิม กับอาคารที่ออกแบบต้านทานลมพายุไต้ฝุ่น โดยใช้แรงลมไต้ฝุ่น ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

	แบบเดิม				แรงลมไต้ฝุ่น				ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)
เสา	267.0	50.109	2916	0.188	266.2	40.616	2916	0.153	-0.30	-18.94	0.00
คาน	630.5	96.179	7467	0.153	589.1	92.249	7158	0.157	-6.57	-4.09	-4.14

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุระหว่างอาคารที่ออกแบบ โดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ กับอาคารที่ใช้แรงลมไต้ฝุ่น ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม (หอพัก 8 ชั้น)

	แรงลมกฎกระทรวงฯ				แรงลมไต้ฝุ่น				ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ	เหล็กคอนกรีต	คอนกรีต	เหล็ก	ไม้แบบ
	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ตัน)	(ตร.ม.)	(ตัน/ลบ.ม.)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)	ที่ลดลง(%)
เสา	266.2	39.56	2916	0.149	266.2	40.616	2916	0.153	0.00	2.67	0.00
คาน	589.1	85.875	7158	0.146	589.1	92.249	7158	0.157	0.00	7.42	0.00

4.15 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาคารกรณีศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.15.1 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของอาคารหลังที่ 1

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

กรณีเปรียบเทียบกับอาคารตามแบบ สปช. 2/28 ที่แก้ไขใหม่

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในส่วนโครงสร้างเพื่อ
ต้านทานลมพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 = 106,477 บาท
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับส่วนโครงสร้าง = 2.7 %

ข. กรณีเปรียบเทียบกับอาคารที่ออกแบบแรงลมตามกฎกระทรวงฯ

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในส่วนโครงสร้างเพื่อ
ต้านทานลมพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 = 35,625 บาท
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับส่วนโครงสร้าง = 0.9 %

4.15.2 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของอาคารหลังที่ 2 (หอพัก 8ชั้น)

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

ก. กรณีเปรียบเทียบกับอาคารหอพัก 8 ชั้นเดิม โดยใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในส่วนโครงสร้างเพื่อ
ต้านทานลมพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 = -410,521 บาท
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับส่วนโครงสร้าง = -2.1 %
คิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด = -0.9 %

ข. กรณีเปรียบเทียบกับอาคารที่ออกแบบแรงลมตามกฎกระทรวงฯ โดยใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และ 2.0 สำหรับน้ำหนักบรรทุกจรและแรงลม

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในส่วนโครงสร้างเพื่อ
ต้านทานลมพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 = 129,324 บาท
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับส่วนโครงสร้าง = 0.7 %
คิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด = 0.3 %

ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุและค่าก่อสร้าง (ส่วนโครงสร้าง) ของอาคารโรงเรียน สปช. 2/28 ของการออกแบบประเภทต่าง ๆ

	ราคา พื้นที่ใช้สอย (บาท/ตร.ม.)	ปริมาณคอนกรีต พื้นที่ใช้สอย (ลบ.ม./ตร.ม.)	ปริมาณเหล็ก ปริมาณคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ในส่วนโครงสร้าง (บาท)
อาคารตามแบบ สปช 2/28 (ไม่คิดผลของแรงลม)	2,530	0.23	184	3,988,936
อาคารออกแบบโดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 และ 2.0	2,570	0.230	197	4,059,788
อาคารออกแบบต้านพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 และ 2.0	2,590	0.23	203	4,095,413

หมายเหตุ พื้นที่ใช้สอยของอาคาร = 1,579 ตร.ม.

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุและค่าก่อสร้าง(ส่วนโครงสร้าง) ของอาคารหอพัก 8 ชั้น ของการออกแบบประเภทต่าง ๆ

	ราคา / พื้นที่ใช้สอย (บาท/ตร.ม.)	ปริมาณคอนกรีต / พื้นที่ใช้สอย (ลบ.ม./ตร.ม.)	ปริมาณเหล็ก / ปริมาณคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างในส่วนโครงสร้าง (บาท)
อาคารตามแบบหอพัก 8 ชั้น	2,330	0.25	132	19,409,016
อาคารออกแบบแรงลมตามกฎกระทรวงฯ ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 และ 2.0	2,260	0.24	124	18,869,171
อาคารออกแบบต้านพายุได้ฝุ่นตาม NBC 1990 ใช้ตัวคูณน้ำหนัก 1.7 และ 2.0	2,280	0.24	128	18,998,495

หมายเหตุ พื้นที่ใช้สอยของอาคาร = 8,340 ตร.ม.

4.16 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง

การก่อสร้างเพื่อต้านทานลมพายุได้ฝุ่น ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีบทบาทสำคัญในการต้านทานแรงลม คือ คานและเสา (ในการศึกษานี้จะไม่คิดถึงผลของผนังรับแรงเฉือน) ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของคานและเสา เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเหล็กเสริม ซึ่งพบว่า

ก. เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างในส่วนโครงสร้าง สำหรับโรงเรียน สปช. 2/28 ระหว่างกรณีซึ่งออกแบบอาคารให้ต้านทานลมพายุได้ฝุ่นเทียบกับแบบที่ทำการแก้ไขใหม่ ราคาค่าก่อสร้างจะเพิ่มขึ้น 2.7%

ข. หอพัก 8 ชั้น ตามแบบเดิมมีการออกแบบที่ดีอยู่แล้ว สำหรับการต้านทานลมพายุได้ฝุ่นราคาค่าก่อสร้างจึงไม่มีการเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบแบบเดิม อาจเนื่องมาจากประสบการณ์ของผู้ออกแบบ ซึ่งเล็งเห็นความสำคัญของโครงสร้างของอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงได้ทำการออกแบบอย่างดีเยี่ยม

ค. เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างในส่วนโครงสร้าง ระหว่างการออกแบบต้านทานลมพายุไต้ฝุ่น กับการออกแบบโดยใช้แรงลมตามกฎกระทรวงฯ พบว่า ราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 0.9% และ 0.7% สำหรับโรงเรียน สปช. 2/28 และหอพัก 8 ชั้น ตามลำดับ และเป็น 0.3% สำหรับหอพัก 8 ชั้น เมื่อเทียบกับราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด ราคาค่าก่อสร้างจะเพิ่มขึ้นน้อยมาก อาจเนื่องมาจากในเสาส่วนใหญ่น้ำหนักเนื่องจากแรงในแนวดิ่งจะเป็นตัวควบคุมในการออกแบบ ส่วนในคานเหล็กเสริมที่ใช้จะแตกต่างกันตรงบริเวณจุดต่อระหว่างคานกับเสา

4.17 ข้อแนะนำ

ก. แรงลมที่กระทำกับโครงสร้างหลังคา นอกจากจะมีผลโดยตรงต่อกระเบื้องมุงหลังคาและส่วนอื่น ๆ ของหลังคาแล้ว ยังอาจทำให้เกิดแรงดึงในเสาต้นบน ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกน้อยซึ่งต้องคำนึงถึงด้วย

ข. แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากไต้ฝุ่นจะมีค่าสูง ต้องพิจารณาในการออกแบบเสาและฐานราก

ค. สำหรับโรงเรียน สปช. 2/28 เหล็กปลอกที่ใช้ในคานและเสา เมื่อออกแบบต้านทานพายุไต้ฝุ่นจะใช้มากกว่าแบบเดิม 139% เมื่อคิดเป็นราคาค่าก่อสร้างในส่วนโครงสร้างจะเพิ่มขึ้น 3.8% เมื่อเทียบกับแบบเดิม ซึ่งเหล็กปลอกที่ใช้ในเสาจะทำหน้าที่รัดเหล็กยืนไม่ให้เกิดการโก่งเดาะ ช่วยรัดแกนคอนกรีตที่อยู่ภายในไม่ให้วิบัติโดยทันทีเมื่อคอนกรีตที่หุ้มผิวหลุดออกและช่วยรับแรงเฉือน ส่วนที่เกินที่ไม่สามารถรับโดยคอนกรีตเมื่อเสารับแรงอัดมาก ๆ คอนกรีตจะขยายตัวทางด้านข้าง ถ้าใช้เหล็กปลอกขนาดเล็กและห่างกันอาจทำให้เหล็กปลอกยืดจนขาดจากกัน ทำให้เหล็กยืนโก่งเดาะเกิดการวิบัติแบบเปราะ ดังนั้นการใส่เหล็กปลอกควรใส่ตามมาตรฐาน ACI เพราะจะทำให้ชิ้นส่วนมีความเหนียวไม่ทำให้เกิดการวิบัติแบบเปราะ