# บทที่ 5

# อภิปรายและสรุปผล

ในบทนี้จะแบ่งเนื้อหาต่าง ๆ ออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. สรุปผลการทดลอง
   1) การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปัจจัยในการระบายอากาศ
   2) การเปรียบเทียบรูปทรงอาคาร
   3) สรุปผลการทดลองทั้ง 2 การทดลอง
2. ข้อสังเกตเพื่อการออกแบบ
3. การนำไปใช้
4. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลอง ทำการสรุปโดยการอ้างอิงจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัย อันเป็นปัญหาที่มีความร้ายแรงต่อการสะสมก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะบริเวณใต้ทางยกระดับ

2. ศึกษารูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับบริเวณที่คาดว่าจะมีการสะสมของมลพิษ

### 5.1.1 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

การทดลองที่ 4.1 ศึกษาการระบายอากาศแบบจำลองของกรณีศึกษา ด้วยการคำนวณของโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล จากนั้น จึงได้นำผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี multiple regression เพื่อเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน ของปัจจัยที่มีผลต่อการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

| ตัวแปรต้น | สัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta) |
|---|---|
| ความสูงของอาคาร | 0.687 |
| ระยะร่น | -0.816 |
| ความหนาแน่นของอาคารรอบข้าง | 0.269 |
| ความสูงทางยกระดับ | -0.343 |

จากตารางที่ 5.1 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน เพื่อเรียงลำดับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากมากไปหาน้อย และสามารถสรุปหลักการเกี่ยวกับการระบายอากาศที่สอดคล้องกับตัวแปรต้นที่ทำการศึกษาได้ ดังนี้

1. ระยะร่นของอาคาร

การเพิ่มระยะร่นของอาคาร เป็นการเพิ่มระยะห่างระหว่างอาคาร ซึ่งมีผลต่อการเบี่ยงตัวของลมและอาคารจะเป็นกับดักของอากาศสกปรกและฝุ่นละออง (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2545) หรืออีกนัยหนึ่ง คือ การลดความหนาแน่นของกลุ่มอาคาร และยังเป็นการลดความดันอากาศ เนื่องจากการที่ลมปะทะอาคารจะทำให้เกิดแรงดัน ซึ่งเปรียบได้กับห้องที่มีทางให้ลมเข้าแต่ไม่มีทางให้ลมออก และที่ความสูงอาคารเท่ากัน ระยะห่างระหว่างอาคารที่เพิ่มมากขึ้น จะยิ่งทำให้กระแสลมพัดลงมาระบายมลพิษระหว่างอาคารได้มากขึ้น

ระยะร่นของอาคาร เป็นระยะที่มีข้อกำหนดไว้โดยกฎหมายอาคาร แม้ว่า การเพิ่มระยะร่นของอาคารจะให้ประโยชน์กับทางด้านทัศนียภาพของอาคาร การป้องกันไฟ และการระบายอากาศ แต่โดยทั่วไปผู้ออกแบบ และเจ้าของโครงการ มักจะออกแบบอาคารให้มีระยะน้อยที่สุดตามข้อกำหนดของกฎหมาย เนื่องจากเหตุผลทางความคุ้มค่าในการลงทุน แต่การเพิ่มระยะร่นเพื่อลดการสะสมของมลพิษก็จะไม่ทำให้เสียพื้นที่ในการก่อสร้างมากนัก เนื่องจากการเพิ่มระยะร่นเพียง 1 เมตร สามารถทำให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงไปได้ 5-7% (ดังภาคผนวก ฉ)

2. ความสูงของอาคาร

การลดความสูงของอาคาร คือ การลดสิ่งกีดขวางทิศทางลม และลดระยะที่จะทำให้ลมมีความเร็วเท่ากับความเร็วลมเริ่มต้น ความเร็วของลมด้านหลังอาคาร จะเท่ากับความเร็วลมตั้งต้น

ต่อเมื่ออาคารอยู่ห่างกันเป็น 7 เท่าของความสูงอาคาร (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2543) ยิ่งอาคารมีความสูงเพิ่มขึ้น จะทำให้กระแสลมระบายอากาศบริเวณใกล้พื้นดินได้ยากขึ้น เกิดมลพิษสะสมในลักษณะของลมหมุนเวียน (eddy) ระหว่างตึกต่าง ๆ (พรชัย รณธรรม, 2534) และทำให้การระบายของมลพิษยิ่งเป็นไปยากขึ้น

พื้นที่ธุรกิจของกรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการติดต่อทำธุรกิจ เนื่องจากมีระบบสาธารณูปโภคครบครันจึงทำให้เป็นพื้นที่ที่มีราคาสูง ดังนั้น เพื่อให้คุ้มค่าผู้ลงทุนจึงมักสร้างอาคารให้มีความสูงมากที่สุด เท่าที่กฎหมายกำหนด การลดความสูงของอาคารลง 20 เมตร จะลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลงได้ 6-10% (ดังภาคผนวก ช)

3. ความสูงของทางยกระดับ

การเพิ่มความสูงของทางยกระดับ คือ การลดความดันอากาศที่เป็นแรงต้านการระบายอากาศ พื้นที่ที่มีทางยกระดับจะมีความดันของอากาศมาก เนื่องจากอากาศไหลเวียนไม่สะดวก

การออกแบบทางยกระดับ เป็นไปตามข้อกำหนด ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความสูงของทางยกระดับจาก 5 เมตร เป็น 10 เมตร ก็สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 9-14% (ดังภาคผนวก ช)

4. ความหนาแน่นของอาคาร

การลดความหนาแน่นของอาคารรอบข้าง อีกนัยหนึ่ง คือ การเพิ่มระยะระหว่างอาคาร ระยะห่างระหว่างอาคาร มีความสำคัญกับกระแสลมที่จะเข้ามาระบายอากาศ เพราะสามารถช่วยควบคุมทิศทางและปริมาณกระแสลมได้ (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2543)

การเปลี่ยนความหนาแน่นของอาคารรอบข้าง จากระยะระหว่างอาคารที่น้อยที่สุดตามที่กฎหมายกำหนด เป็นการเพิ่มระยะโดยรอบอาคารเป็น 2 เท่าของระยะที่น้อยที่สุดที่กฎหมายกำหนด ทำให้สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ของอาคารกลุ่มกรณีศึกษาลงได้ถึง 6 - 11% (ดังภาคผนวก ฌ)

จะเห็นได้ว่า การเพิ่มระยะร่นของอาคารเป็นการเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่ครอบคลุมทุกหลักการ ของปัจจัยการระบายอากาศอื่น ๆ ทั้ง ความสูงของอาคาร ความสูงของทางยกระดับ และความหนาแน่นของอาคารรอบข้าง จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มระยะร่นเป็นปัจจัยการระบายอากาศที่มีอิทธิพลสูงที่สุดต่อการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บริเวณใต้ทางยกระดับ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า บางครั้งผู้ออกแบบอาคารไม่สามารถควบคุมลักษณะของสิ่งแวดล้อมรอบข้างอาคารที่จะทำการก่อสร้างได้ เช่น ความสูงของทางยกระดับ เพราะเป็นการศึกษา

ออกแบบของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย เป็นต้น ดังนั้น ผู้ออกแบบอาคารจึงจำเป็นจะต้องปรับลักษณะและระยะต่าง ๆ ของอาคาร เพื่อลดการสะสมของมลพิษ โดยอาศัยการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยวิธีทางสถิติสามารถวิเคราะห์ตัวแปรต้นที่ทำการศึกษา ได้ค่าสัมประสิทธิ์ออกมา (ดังตารางที่ 5.2) ซึ่งสามารถนำมาพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้โดยการสร้างสมการ multiple regression ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) มาแทนค่าในสมการเชิงเส้น รูปแบบของสมการเชิงเส้นคือ

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

ตารางที่ 5.2

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของปัจจัยที่มีผลต่อการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

| ตัวแปรต้น | สัมประสิทธิ์การถดถอย (B) |
|---|---|
| ความสูงของอาคาร | 0.016 |
| ระยะร่น | - 0.143 |
| ความหนาแน่นของอาคารรอบข้าง | 0.238 |
| ความสูงทางยกระดับ | - 0.061 |
| ค่าคงที่ | 3.264 |

นำค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาแทนค่าลงในสมการเชิงเส้นจะได้สมการใหม่ ดังนี้

$$Y = 3.264 + 0.016\,X_1 - 0.143\,X_2 + 0.238\,X_3 - 0.061\,X_4 \qquad \text{(สมการที่ 2)}$$

เมื่อกำหนดให้

Y = ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)

A = ค่าคงที่จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในที่นี้เท่ากับ 3.264

$X_1$ = ความสูงของอาคาร (เมตร)

$X_2$ = ระยะร่น (เมตร)

$X_3$ = ความหนาแน่นของอาคาร

ความหนาแน่นมากแทนค่า = 1

ความหนาแน่นน้อยแทนค่า = 0

$X_4$ = ความสูงของทางยกระดับ (เมตร)

$B_1$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของความสูงของอาคาร

$B_2$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของระยะร่น

$B_3$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของความหนาแน่นของอาคาร

$B_4$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของความสูงของทางยกระดับ

ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยสมการที่ 2 จะพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถบอกทิศทางการพัดพาของกระแสลม หรือจุดที่เกิดการสะสมมลพิษได้ ดังนั้น เพื่อความแม่นยำควรจะใช้ควบคู่ไปกับการคำนวณของโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

5.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับการลดการสะสมของมลพิษ

จากการทดลองการเปรียบเทียบรูปแบบอาคารที่เหมาะสมกับการลดการสะสมมลพิษในการทดลองที่ 2 ได้ผลดังนี้

1. การเปรียบเทียบรูปแบบอาคาร กลุ่มอาคารสูง 40 เมตร (ดังตารางที่ 5.3)

ตารางที่ 5.3

การเปรียบเทียบรูปแบบอาคาร กลุ่มอาคารสูง 40 เมตร

| รูปแบบอาคาร | ความเข้มข้น CO(ppm) |
|---|---|
| กลุ่ม A ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส | 1.278 |
| กลุ่ม B ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 3.130 |
| กลุ่ม C ทรงพื้นที่ว่างล้อมรอบ | 1.341 |
| กลุ่ม D ทรง Tower and Podium | 2.577 |
| กลุ่ม E ทรง L-Shape | 0.854 |

การศึกษารูปแบบอาคารนี้ เป็นการคัดเลือกจากสภาพการณ์ที่แย่ที่สุดของกลุ่มอาคารสูง 40 เมตร มาทำการทดสอบรูปทรงอาคาร ดังนั้น สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา คือ ระยะร่นของอาคาร 6 เมตร ความสูงของทางยกระดับ 5 เมตร และอาคารรอบข้างหนาแน่นมาก จากตารางที่ 5.3 สามารถเรียงลำดับรูปแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายมลพิษที่ดีที่สุดไปหาที่แย่ที่สุด ดังนี้

1) อาคารทรง L-shape ระบายมลพิษได้ดีที่สุด มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพียง 0.853 ppm เนื่องมาจากผังอาคารมีลักษณะเปิดทำให้มลพิษไหลผ่านออกไปตามแนวอาคารได้สะดวก

2) อาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพียง 1.278 ppm เพราะเป็นอาคารที่มีขนาดด้านกว้างคูณด้านยาวน้อยกว่าอาคารรูปทรงอื่น ๆ ทำให้กระแสลมพัดพามลพิษออกไปได้สะดวก ระบายมลพิษได้ดีเป็นอันดับ 2

3) อาคารทรงสี่เหลี่ยมพื้นที่ว่างล้อมรอบ มีขนาดด้านกว้างคูณด้านยาวของอาคารมากกว่าทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.341 ppm ประสิทธิภาพการระบายมลพิษเป็นอันดับ 3

4) อาคารทรง Tower and Podium มีขนาดด้านกว้างคูณด้านยาวของอาคารเท่ากับทรงสี่เหลี่ยมพื้นที่ว่างล้อมรอบ แต่ที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.577 ppm มากเป็นอันดับที่ 4 เนื่องมาจาก ด้านบนของอาคารส่วนที่เป็น tower มีความยาว และกีดขวางกระแสลมมากกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมพื้นที่ว่างล้อมรอบ

5) อาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปทรงอาคารพื้นฐานที่ได้ทำการทดลองไปในการทดลองที่ 1 มีการสะสมมลพิษมากที่สุดคือ 3.130 ppm เพราะว่าอาคารมีความยาวมากที่สุด และวางด้านยาวของอาคารตั้งฉากกับทิศทางลม ทำให้พื้นที่ด้านหลังอาคารเกิดพื้นที่อับลมได้มากกว่ารูปทรงอื่น

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากการทดลองที่ 1 ของอาคารที่มีความสูง 40 เมตร สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษาแบบเดียวกัน คือ ความสูงทางยกระดับ 5 เมตร อาคารรอบข้างมีความหนาแน่นมาก โดยรูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่นต่าง ๆ กันได้ดังนี้

ตารางที่ 5.4

ผลการทดลองเมื่อความสูงของทางยกระดับ 5 เมตร อาคารรอบข้างมีความหนาแน่นมาก

| ระยะร่น (เมตร) | ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm) |
|---|---|
| 6 | 3.130 |
| 7 | 3.015 |
| 8 | 2.862 |
| 9 | 2.702 |
| 10 | 2.565 |
| 11 | 2.361 |

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 5.3 และ 5.4 มาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า

1) อาคารทรง L-shape ที่ระยะร่น 6 เมตร มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.853 ppm น้อยกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 11 เมตร คือ 2.361 ppm

2) อาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ระยะร่น 6 เมตร มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.278 ppm น้อยกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 11 เมตร คือ 2.361 ppm

3) อาคารทรงสี่เหลี่ยมพื้นที่ว่างล้อมรอบ ที่ระยะร่น 6 เมตร มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.341 ppm น้อยกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 11 เมตร คือ 2.361 ppm

4) อาคารทรง Tower and Podium ที่ระยะร่น 6 เมตร มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 2.577 ppm เท่ากับอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 10 เมตร คือ 2.565 ppm

2. การเปรียบเทียบรูปแบบอาคาร กลุ่มอาคารสูง 60 เมตร (ดังตารางที่ 5.5)

ตารางที่ 5.5

การเปรียบเทียบรูปแบบอาคาร กลุ่มอาคารสูง 60 เมตร

| รูปแบบอาคาร | ความเข้มข้น CO(ppm) |
|---|---|
| กลุ่ม 1 ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส | 1.466 |
| กลุ่ม 2 ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 3.537 |
| กลุ่ม 3 ทรง Tower and Podium | 1.766 |

การศึกษารูปแบบอาคารนี้เป็นการคัดเลือกจากสภาพการณ์ที่แย่ที่สุดของกลุ่มอาคารสูง 60 เมตร สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา ได้แก่ ระยะร่นของอาคาร 6 เมตร ความสูงทางยกระดับ 5 เมตร และอาคารรอบข้างมีความหนาแน่นมาก สามารถเรียงลำดับรูปแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการระบายมลพิษที่ดีที่สุดไปหาที่แย่ที่สุดได้ดังนี้

1) อาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นอาคารที่มีขนาดด้านกว้างคูณด้านยาวน้อยกว่าอาคารรูปทรงอื่น ๆ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยที่สุดเพียง 1.466 ppm เพราะให้กระแสลมสามารถพัดพามลพิษออกไปได้สะดวก

2) อาคารทรง Tower and Podium มีขนาดด้านกว้างคูณด้านยาวของอาคารมากกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.766 ppm

3) อาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปทรงอาคารพื้นฐานที่ได้ทำการทดลองไปในการทดลองที่ 1 มีการสะสมมลพิษมากที่สุดคือ 3.537 ppm เนื่องมาจากอาคารมีความยาวมากที่สุด และวางด้านยาวของอาคารตั้งฉากกับทิศทางลม ทำให้พื้นที่ด้านหลังอาคารเกิดพื้นที่อับลมมากกว่ารูปทรงอื่น

เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการทดลองที่ 1 ของอาคารที่มีความสูง 60 เมตร สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษาแบบเดียวกัน (ความสูงของทางยกระดับ 5 เมตร อาคารรอบข้างมีความหนาแน่นมาก) โดยรูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ระยะร่นต่าง ๆ (ดังตารางที่ 5.6)

ตารางที่ 5.6

ผลการทดลองเมื่อความสูงของทางยกระดับ 5 เมตร อาคารรอบข้างมีความหนาแน่นมาก

| ระยะร่น (เมตร) | ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm) |
|---|---|
| 6 | 3.537 |
| 7 | 3.224 |
| 8 | 3.012 |
| 9 | 2.861 |
| 10 | 2.704 |
| 11 | 2.496 |

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 5.5 และ 5.6 มาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า

1) อาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะร่น 6 เมตร มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็น 1.466 ppm น้อยกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 11 เมตร คือ 2.496 ppm

2) อาคารทรง Tower and Podium ระยะร่น 6 เมตร ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.766 ppm น้อยกว่าอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ระยะร่น 11 เมตร คือ 2.496 ppm

5.1.3 <u>สรุปผลการทดลองทั้ง 2 การทดลอง</u>

จากการทดลองทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การออกแบบรูปทรงอาคารที่เหมาะสม จะสามารถช่วยในการลดการสะสมของมลพิษได้มากกว่าการเพิ่มระยะร่นของอาคาร ดังนั้น สามารถสรุปลำดับปัจจัยที่มีผลต่อการลดการสะสมของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีประสิทธิภาพที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ใหม่ ดังนี้

1. การเปลี่ยนรูปทรงอาคาร
2. การเพิ่มระยะร่นของอาคาร
3. การลดความสูงของอาคาร
4. การเพิ่มความสูงของทางยกระดับ
5. การลดความหนาแน่นของกลุ่มอาคารรอบข้าง

เมื่อใช้สมการ multiple regression คำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์แล้ว พบว่าเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (2538) ควรเปลี่ยนรูปทรงของอาคารก่อนเป็นอันดับแรก ถ้าหากปริมาณมลพิษยังเกินจากค่ามาตรฐานอยู่ จึงควรเพิ่มระยะร่นของอาคาร และลดความสูงของอาคารตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านความสูงของทางยกระดับ และความหนาแน่นของกลุ่มอาคารรอบข้าง ทั้งสองปัจจัยนี้อาจยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากผู้ออกแบบอาคารไม่เกี่ยวข้องกับการกำหนดความสูงของทางยกระดับ และพื้นที่รอบข้างบางพื้นที่ไม่ได้เป็นที่โล่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ก็มีมาก่อนแล้ว แต่สมการคำนวณนี้จะสามารถเป็นแนวทางการวางผัง และกำหนดพื้นที่ให้กับบริเวณพื้นที่โล่งที่ยังไม่มีอาคารก่อสร้างต่อไปในอนาคตได้ ดังนั้น หากพื้นที่รอบข้างมีความหนาแน่นมาก อาจจำเป็นจะต้องเลี่ยงไปแก้ปัญหา โดยการเพิ่มความสูงของอาคาร หรือเพิ่มระยะร่นแทน

## 5.2 ข้อสังเกตเพื่อการออกแบบ

จากการทดลองการที่ 2 ทดสอบรูปทรงอาคารความสูง 40 เมตร และ 60 เมตร สามารถสังเกตเห็นปัจจัยบางประการ ที่อาจช่วยในการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหาการสะสมมลพิษ ดังนี้

1. อาคารที่มีขนาดฐาน (footprint) ของอาคารเล็ก เช่น อาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดฐาน 30 x 30 เมตร สามารถระบายมลพิษได้ดีกว่าอาคารทรงเดียวกันที่มีฐานใหญ่กว่า

2. การวางผังอาคารที่เหมาะสม คือ การวางด้านแคบของอาคารขนานไปกับแนวถนน และวางด้านยาวของอาคารตั้งฉากไปกับแนวถนน ยิ่งอาคารมีด้านแคบเท่าไร ก็จะยิ่งลดการสะสมของมลพิษได้เท่านั้น

3. อาคารที่มีผังอาคารแบบเปิด เช่นอาคารทรง L-shape จะสามารถระบายมลพิษได้ดีกว่าผังอาคารแบบปิด เช่นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4. ทิศทางการวางผังอาคาร ก็มีความสำคัญต่อการระบายมลพิษ อาคารทรง L-shape สามารถระบายมลพิษได้ดี เนื่องมาจากวางอาคารให้ด้านสั้นของอาคารอยู่ติดริมถนน แต่ถ้าวางอาคารให้ด้านกว้างอยู่ติดริมถนน ประสิทธิภาพในการระบายอากาศอาจลดลง

## 5.3 การนำไปใช้

จากผลการทดลองและข้อสังเกต ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบรูปทรงอาคารที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพในการระบายมลพิษ โดยออกแบบลักษณะอาคารตามที่ได้จากการสังเกตการทดลองทั้งหมด มีหลักในการออกแบบดังนี้

1. จากการทดลอง พบว่า อาคารทรง L-shape มีการระบายมลพิษได้ดีที่สุด จึงนำมาใช้ในการออกแบบอาคารตัวอย่าง นอกจากนั้น ยังได้ทำการออกแบบอาคารให้มีความสูงลดหลั่นกัน เพื่อไม่ให้ความสูงของอาคารเป็นอุปสรรคในการระบายอากาศ เพราะอาคารสูงที่มากจะยิ่งขวางทิศทางลมมากตามไปด้วย

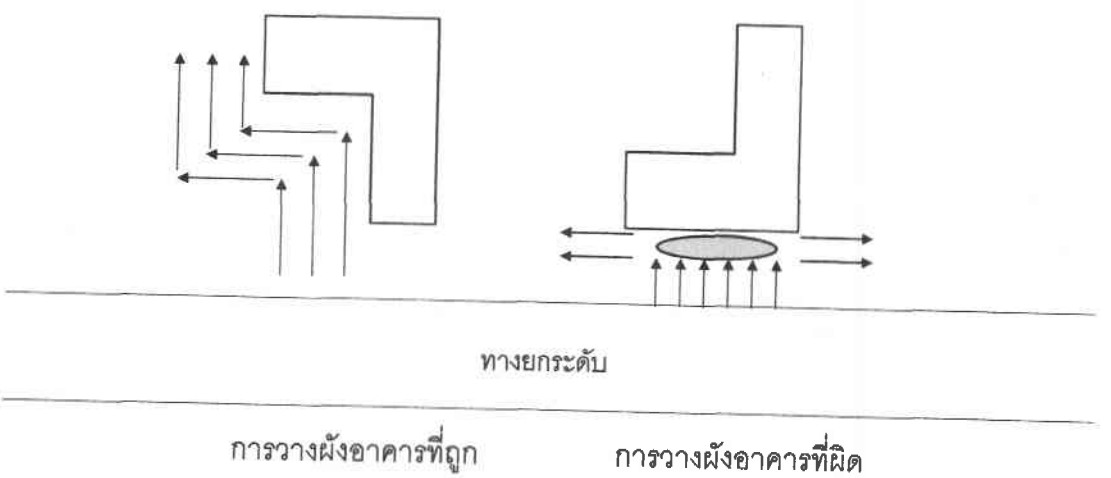
2. ทิศทางการวางผังอาคาร ทิศที่ถูก คือ วางอาคารให้เปิดออกสู่ถนน เพราะมลพิษจากการจราจรถูกระบายออกไปตามแนวเปิดของอาคาร แต่หากวางผังอาคารโดยหันด้านปิดของอาคารออกสู่ถนนจะเป็นการวางผังที่ทำให้อาคารเสียประสิทธิภาพในการระบายมลพิษไป เพราะมลพิษจะระบายออกไปทางด้านข้างอาคารเพียงเล็กน้อยส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ด้านหน้าอาคาร

ภาพที่ 5.1

รูปด้านอาคารตัวอย่าง

ภาพที่ 5.2

การวางผังอาคารตัวอย่าง




การวางผังอาคารที่ถูก การวางผังอาคารที่ผิด

3. การนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาและแบบจำลองการศึกษาการระบายมลพิษบริเวณใต้ทางยกระดับไปใช้กับพื้นที่อื่น เนื่องจากแต่ละพื้นที่จะมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันไป มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงและทำการปรับก่อนใช้แบบจำลอง ดังนี้

1) ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการจราจร ควรใช้ค่าที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันเพื่อความถูกต้อง โดยการคำนวณจากบทที่ 2 แต่การคำนวณในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงอุณหภูมิของ

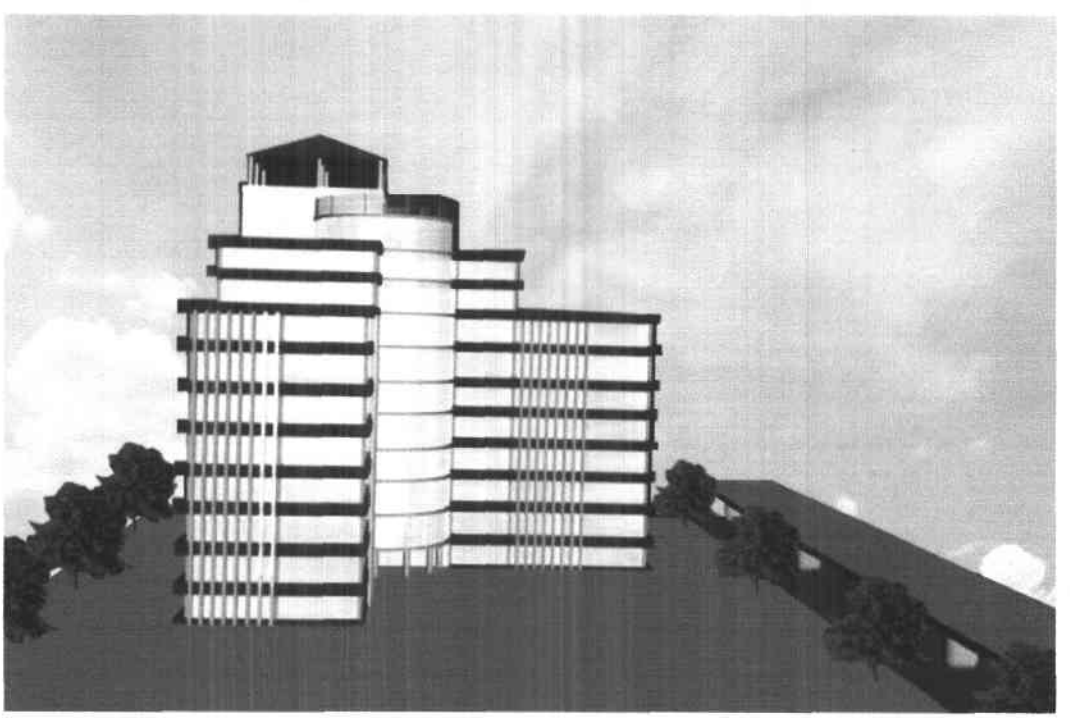
ประเทศไทยในวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2548 เวลา 14: 00 น. ซึ่งเป็นเวลาเก็บข้อมูล เท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ดังนั้น การปรับใช้แบบจำลองนี้ที่ประเทศอื่นจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิด้วย ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ ใช้ค่าที่มีบันทึกไว้โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบได้ ซึ่งในประเทศไทยคือ กรมควบคุมมลพิษ

2) การใส่ความเร็วลมในแบบจำลอง การศึกษานี้มีกรณีศึกษาคือ กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเขตเมืองที่มีอาคารสูง ดังนั้น การคำนวณความเร็วลมตามสมการ Power Law (รายละเอียดการคำนวณในบทที่ 2) จึงใช้ค่าดัชนีความเสียดทานที่พื้นผิว ($\alpha$) เท่ากับ 0.40 ถ้าหากเป็นภูมิภาคอื่นหรือมีสภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ต้องเปลี่ยนค่าดังกล่าวเป็น 0.16 ส่วนจังหวัดที่เป็นพื้นที่เขตชานเมืองจะใช้ค่า 0.28

3) ความหนาแน่นและระยะห่างระหว่างอาคาร ถ้าสภาพแวดล้อมจริงที่ทำการศึกษาแตกต่างจากแบบจำลองมาก ควรมีการปรับแบบจำลองก่อนนำไปใช้ ส่วนสมการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีข้อกำหนดด้านความหนาแน่นของอาคาร เพราะแบ่งระดับความหนาแน่นออกเป็น 2 ระดับเท่านั้น ถ้าความหนาแน่นของอาคารที่ศึกษาแตกต่างออกไป ผลการคำนวณที่ได้อาจไม่ถูกต้องเท่าที่ควร

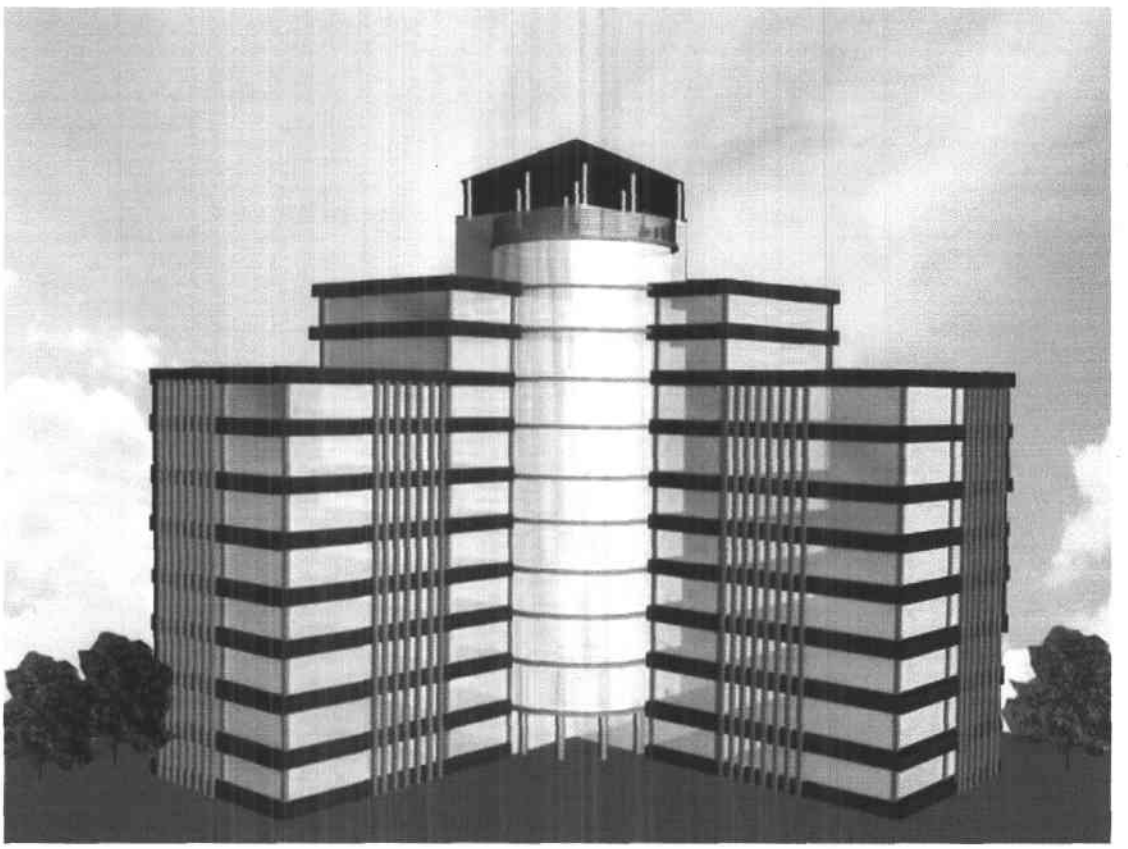
ภาพที่ 5.3

ทิศทางการวางผังอาคารตัวอย่าง



ภาพที่ 5.4

รูปทัศนียภาพอาคารตัวอย่าง



## 5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเลือกรูปแบบอาคาร เพื่อทำการทดสอบจากการสำรวจอาคารที่พบได้มากในปัจจุบัน ดังนั้น จึงไม่ครอบคลุมรูปแบบอาคารที่พบได้น้อย และรูปแบบอาคารที่มีความเป็นไปได้แบบอื่น ๆ จึงควรทำการศึกษารูปแบบอาคารที่มีความเป็นไปได้ให้มากขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบต่อไป

2. การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดให้ทิศทางลมเข้ามาจากด้านหลังอาคารที่ศึกษาเท่านั้น แต่ความเป็นจริง ลมที่มาจากทิศต่าง ๆ จะทำให้พฤติกรรมและการสะสมของมลพิษแตกต่างกันไป การศึกษาในอนาคตจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาลมที่มาจากทิศทางต่าง ๆ กัน เพื่อให้ถูกต้องตามความเป็นจริงมากขึ้น

3. ความหนาแน่นของกลุ่มอาคารที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีความหนาแน่นแค่ 2 ระดับ คือ หนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย อีกทั้งรูปแบบการจัดกลุ่มอาคารก็มีเพียงลักษณะเดียว จึงควร

ทำการแบ่งระดับความหนาแน่นออกเป็นหลายระดับมากกว่านี้ และมีเกณฑ์การแบ่งกลุ่มที่ชัดเจน รวมถึงควรทำการทดสอบรูปแบบการวางผังกลุ่มอาคารให้มีความหลากหลายมากขึ้นด้วย

4. ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการจราจร และปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ และความเร็วลม เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา สำหรับการใช้งานจริง ควรใช้ค่าที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อการพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ถูกต้อง

5. ความกว้างของทางยกระดับ น่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์บริเวณใต้ทางยกระดับ เพื่อความถูกต้อง จึงควรทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยนี้ต่อไปในอนาคต