

# ประวัติ

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มุขธรรม ภาควิฑูรย์



ท่านผู้อ่านคงทราบแล้วว่าตลอดประวัติศาสตร์ของการก่อสร้าง มนุษย์ต้องการความเป็นที่สุด เช่น ใหญ่ที่สุด ยาวที่สุด หรือสูงที่สุด เป็นต้น คนงานอียิปต์นับแสนคนก่อสร้างปิรามิดให้กับฟาโรห์ ทาสชาวอินเดียนับเป็นหมื่นคนยึนค้ำก่อสร้างทัชมาฮาลให้กับกษัตริย์ของพวกเขา และคนจีนเป็นล้านคนก่อสร้างกำแพงเมืองจีนป้องกันผู้รุกรานจากทางเหนือ ทั้งหมดเป็นการพิสูจน์ให้เห็นถึงอะไรกัน ถ้าไม่ต้องการความเป็นที่สุด

สิ่งหนึ่งที่จะกล่าวถึงในบทความนี้ คือความต้องการไปให้ถึงจุดสูงสุดของมนุษย์ นั่นคือตึกระฟ้าซึ่งส่วนหนึ่งเป็นสิ่งที่แสดงถึงแรงส่งของอารยธรรม ในยุควัฒนธรรมได้คิดขึงค้ำแผ่ของอาคารเว็คเทรคซิ่ง ตั้งตระหง่านเหนือกรุงนิวยอร์ก มีความสูง 415 เมตร ปัจจุบัน เหลือแค่ซากแล้ว

หลังจากปี ค.ศ.1800 ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้เราสามารถทะลวงกำแพง และอุปสรรคที่มองไม่เห็นของการก่อสร้าง คำถามที่ว่าเราสามารถไปได้สูงที่สุดเท่าไร ไม่ใช่คำถามที่มีจุดจบเลย

### สู้กับแรงโน้มถ่วง

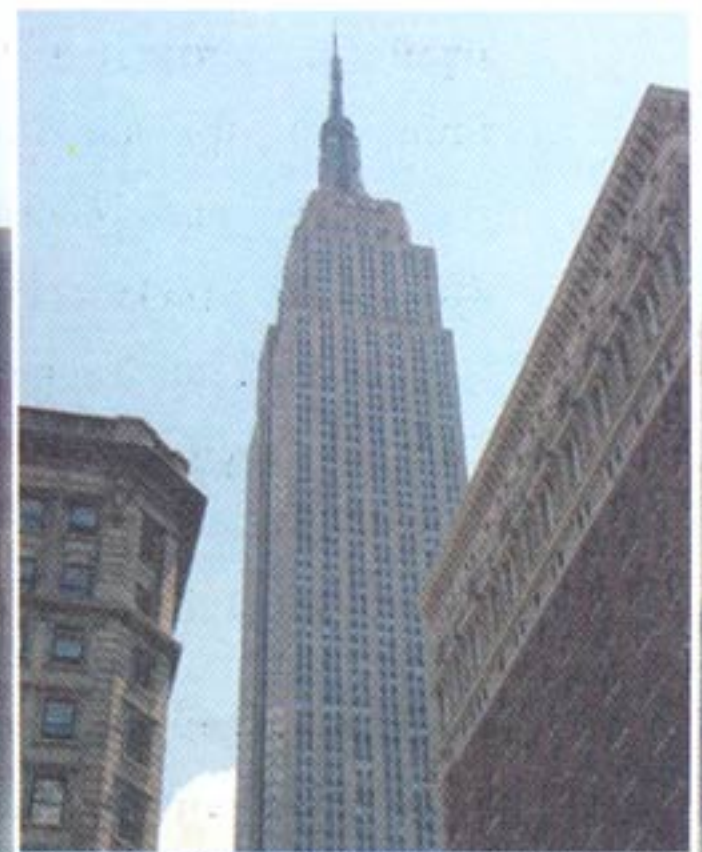
อุปสรรคสำคัญยิ่งของตึกระฟ้า คือ แรงโน้มถ่วง ลองคิดว่า ถ้าท่านต้องแบกเพื่อนคนหนึ่งไว้บนบ่า น้ำหนักเขาคงไม่เป็นปัญหาอะไร แต่ถ้ามีอีกคนหนึ่งขึ้นไปนั่งบนคนแรก (เหมือนกับการต่อดึกให้สูงขึ้น) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คนข้างล่างอาจจะไม่สามารถรับได้เพียงคนเดียว ต้องมีคนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยรับน้ำหนักไป น้ำหนักข้างบนยิ่งมาก ฐานก็ต้องยิ่งใหญ่

การต่อคนรูปทรงปิรามิดของเซิร์ล็คเตอร์ เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่สุด มันเป็นโครงสร้างที่คนในสมัยโบราณใช้ในการก่อสร้างมาตลอด ยิ่งต่อสูงขึ้นเท่าไร ฐานข้างล่างต้องใหญ่และกว้างมากขึ้นเท่านั้น เพราะทุกครั้งที่เพิ่มน้ำหนักขึ้นข้างบน ข้างล่างต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น

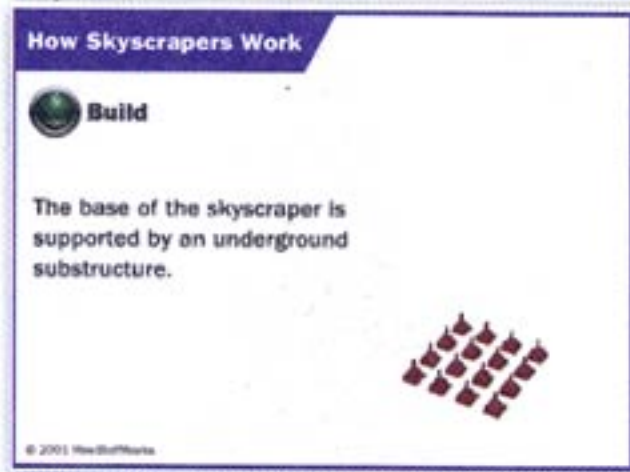
### ตึกเอ็มไพร์สเตทในกรุงนิวยอร์ก สูงตระหง่านสวยงามมาก

ตึกสมัยก่อนที่สร้างจากอิฐและปูน ถ้าท่านสร้างข้างบนให้สูงขึ้น ข้างล่างต้องหนาขึ้น นั่นก็หมายความว่า ห้องที่อยู่ข้างล่างจะไม่มีช่องว่างเหลือให้ใช้สอย ถ้าอย่างนั้นจึงมีคำถามต่อไปว่าเราจะสร้างให้ตึกสูงไปทำไมกันละ

ปี ค.ศ. 1800 ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักวิศวกรสามารถทะลวง



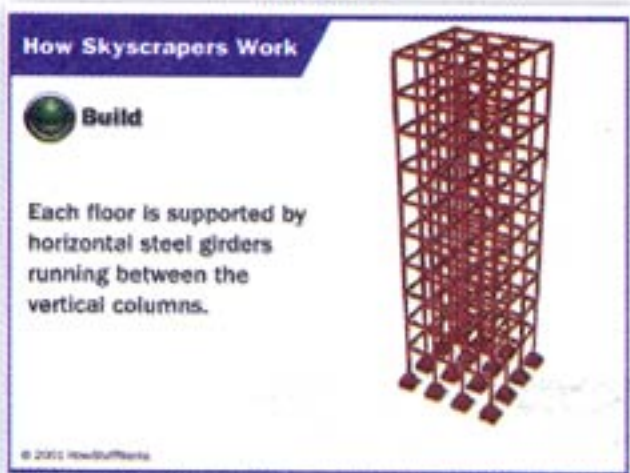
ข้อจำกัดเหล่านี้ได้ ตีกระฟ้าผุดขึ้นอย่างต่อเนื่อง กลางเมืองที่คนส่วนใหญ่ต้องการ มาทำธุรกิจและ เพื่อพักอาศัยอยู่ใกล้ที่ทำงาน เข้าชั้นไม่คั่งรึบดิน เหมือนพวกที่อยู่ ชานเมืองเพราะว่าภายในตัวเมือง ไม่มีเนื้อที่ พอดีสร้างที่อยู่อาศัยเพิ่มเติม หรือถ้ามีก็ ราคาแพงจนไม่อาจหาซื้อได้ ทางหนึ่งที่สามารถแก้ไขได้ คือ การสร้างสิ่งก่อสร้างขึ้นไปบนฟ้าแทนที่จะขยายออกไปในแนวกว้าง



ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2



ขั้นตอนที่ 3



ขั้นตอนที่ 4

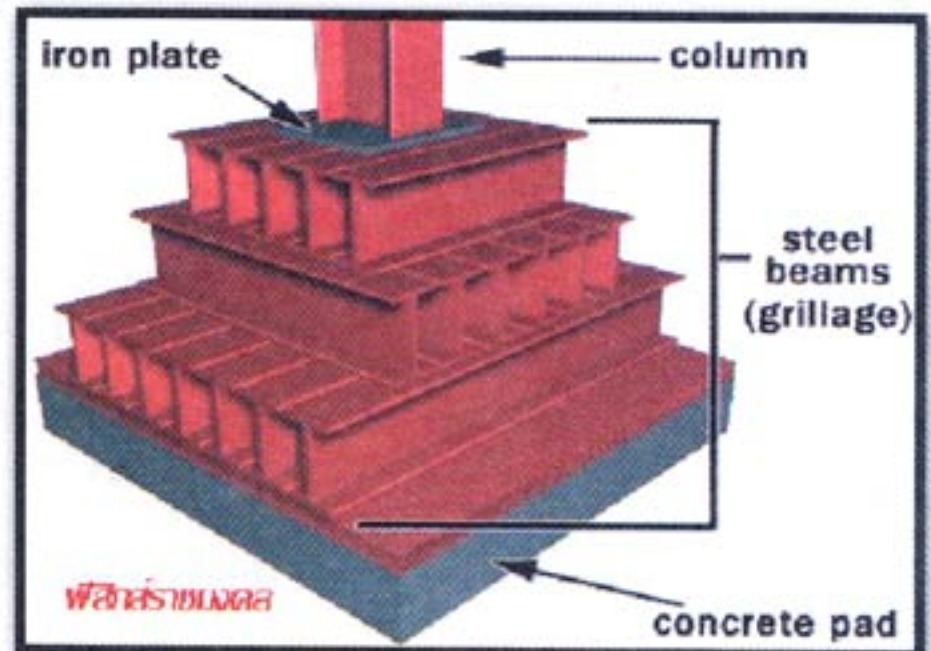
หัวใจสำคัญทางเทคโนโลยีที่ทำให้ตีกระฟ้าเป็นไปได้ คือ การพัฒนาเหล็กกล้า และเหล็กผสม ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กสามารถผลิตเหล็กเส้น เหล็กแท่ง และคานเหล็ก ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งมันเป็นส่วนประกอบของตึก เหล็กแท่ง และคานเหล็ก ที่มีขนาดเบากว่าเมื่อเทียบกับหิน อิฐและคอนกรีต ซึ่งช่วยให้ตึกสูง ขึ้น โดยมีเนื้อที่และช่องว่างเหลืออยู่ข้างล่างมาก และด้วยเทคโนโลยีการหล่อเหล็ก กล้าที่พัฒนาขึ้นทุก ๆ ปีทำให้เหล็กกล้ามีขนาดเบาแต่รับแรงได้มากขึ้นเรื่อย ๆ

### โครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่

โครงสร้างที่รับน้ำหนักของตึกกระฟ้า คือ โครงเหล็กที่เกิดจากการนำเหล็กเส้น และแท่งเหล็กวางตั้งในแนวตั้ง แต่ละชั้นของตึกใช้เหล็กแท่งในแนวระดับ เรียกว่า Girder เชื่อมต่อเข้ากับเหล็กในแนวตั้ง วิศวกรบางคนต้องการความแข็งแรง จึงใช้ แท่งเหล็กค้ำในแนวทแยงมุม เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างด้วย เมื่อโครงสร้างค้ำขึ้นเสร็จสมบูรณ์ น้ำหนักทั้งหมด จะกระจายออกไปตามโลหะ ที่วางในแนวตั้ง และส่งถ่ายแรงผ่านไปทางแนวตั้ง จนถึงฐานรากที่อยู่ใต้ดิน

### ขั้นตอน 4 ชั้น ในการสร้างตึกกระฟ้า

ฐานรากของตึกกระฟ้า มีลักษณะเหมือนกับดินเปิด ที่ขยายออกไปในแนว ระดับยกตัวอย่าง 1 ดิน ประกอบด้วย แท่งเหล็ก 1 อัน ในแนวตั้งวางอยู่บนแผ่นเหล็ก และวางอยู่บนกิลเลท (grillage) อีกที กิลเลทเป็นภาษาช่างที่เรียกคานเหล็กโดย การวางตั้งและซ้อนกันหลายชั้น มันยังช่วยกระจายน้ำหนักจากแท่งเหล็กด้านบน โครงสร้างทั้งหมดตั้งอยู่บนฐานคอนกรีตขนาดใหญ่ที่สร้างรอไว้แล้วใต้ดิน



ส่วนที่เป็นฐานรากของตึกกระฟ้า

ฐานรากมีลักษณะเหมือนกับปิรามิด โดยการกระจายแรงของแท่งเหล็กใน แนวตั้ง ออกแผ่ลงบนฐานที่มีขนาดใหญ่ ทำให้มันสามารถรับน้ำหนักได้มาก โดยเฉพาะถ้าฐานคอนกรีตวางอยู่บนชั้นหินของโลก มันสามารถรับน้ำหนักได้อย่าง มหาศาลทีเดียว

โครงสร้างเหล็กแบบนี้มีข้อดีมากมาย โดยเฉพาะผนังตึก วิศวกรสามารถใช้ กระจกบุได้โดยรอบ จึงดูไม่อึดอัดและผู้ที่เข้าภายในชอบบรรยากาศแบบโล่งมาก

### ทำให้ใช้งานได้

ความก้าวหน้าของโลหะ เป็นภาพเพียงครึ่งเดียวในความสำเร็จของตึกกระฟ้า ถ้าท่านสร้างตึกที่สูง เพียงห้าหรือหกชั้น นั่นคือ เป็นสิ่งพอเพียงที่ใช้ในการขึ้นและลง แต่ถ้าตึกมีความสูงสิบชั้นขึ้นไป เทคโนโลยีลิฟท์เป็นสิ่งสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่าโครงสร้างเหล็กเลย ลิฟท์ที่ใช้สำหรับขนคนขึ้นลงถูกคิดค้นครั้งแรกที่ห้างสรรพสินค้า กลางกรุงนิวยอร์กในปี ค.ศ.1857 ตั้งแต่นั้นมาลิฟท์เป็นส่วนหนึ่งของตึกกระฟ้า



ตึกเอ็มไพร์สเตทในกรุงนิวยอร์ก มีลิฟท์อยู่ 73 ตัว แต่ละตัวเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 183 ถึง 427 เมตรต่อนาที ด้วยความเร็วสูงสุด ท่านสามารถขึ้นจากชั้นแรกจนถึงชั้นที่ 80 ได้ภายในเวลาเพียง 80 วินาที

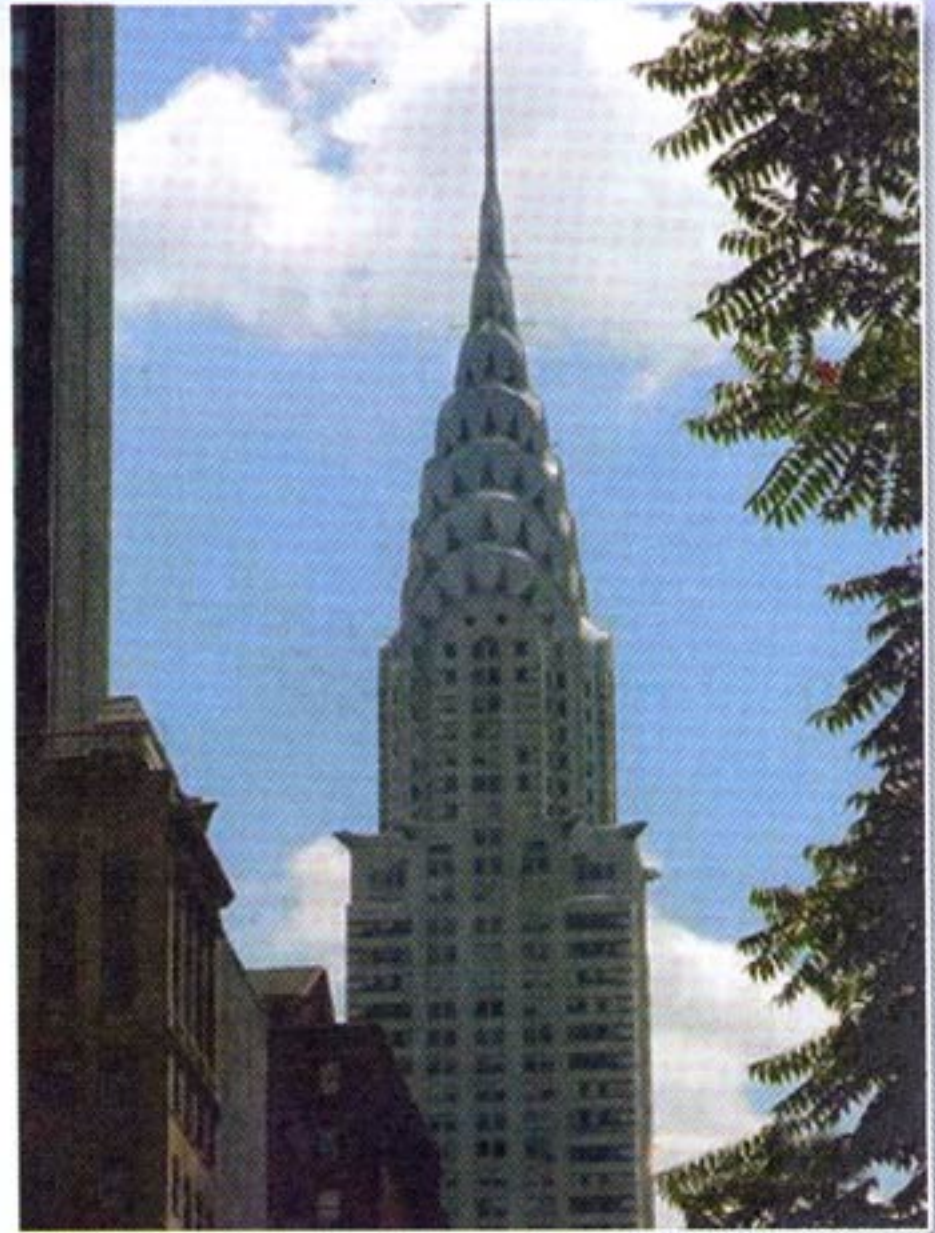
ท่านต้องตระหนักว่า ช่องลิฟท์กินเนื้อที่ของตึกไม่น้อย เพราะช่องลิฟท์ต้องผ่านทุกชั้น ยิ่งท่านมีลิฟท์หลายตัว ท่านก็ต้องใช้เนื้อที่ของตึกไปมาก ดังนั้นการออกแบบจำนวนของลิฟท์ และขนาดพื้นที่ใช้สอยของตึก เป็นศาสตร์ที่ต้องเขียนเพิ่มขึ้นมาอีกเล่มหนึ่งทีเดียว

ความปลอดภัยของตึกกระจ่าจะเลยไม่ได้เช่นเดียวกัน ถ้ามีไฟไหม้เกิดขึ้น เป็นอันตรายมาก ลองดูภาพยนตร์เรื่องตึกนรก ที่ไฟเผาตึกตั้งแต่ชั้นล่างขึ้นไป คนที่อยู่ข้างบนหนีกันลงมาไม่ได้ ผลเป็นอย่างไรคงไม่ต้องบรรยาย ในวันที่ ตึกกระจ่าทุกแห่งต้องมี สปริงเกอร์ เป็นหัวฉีดน้ำ ซึ่งทำงานเมื่อมีสัญญาณไฟไหม้ มันจะฉีดน้ำจนไฟในบริเวณนั้นดับลง

นักสถาปัตยกรรมตึกสูง เมื่อออกแบบตึกกระจ่าจะคำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในเป็นสำคัญ ตึกเอ็มไพร์สเตท ผู้พักสามารถเห็นหน้าต่างได้ในระยะ 8 เมตรจึงดูไม่อับเหมือนอยู่ในกล่อง ตึกกระจ่าสมัยใหม่บางแห่ง หน้าต่างสถาปนิกออกแบบเป็นสวนลอยฟ้า เพื่อให้ผู้ทำงานสามารถเห็นดอกไม้หรือใบไม้หลากสีสรรได้ในขณะทำงาน หายเครียดไปอีกแบบ

### ด้านกับลม

สำหรับวิศวกรที่ต้องสู้กับแรงโน้มถ่วงก็หืดขึ้นคอแล้ว ตึกกระจ่ายังต้องเจอกับอุปสรรคสำคัญยิ่งอีกประการหนึ่ง นั่นคือ แรงจากกระแสลม ตึกกระจ่ามีโครงสร้างไม่แตกต่างกับต้นไม้สูง เมื่อพายุพัดมาแรงๆ มันจะพลิ้วและสั่นไปตามลม ตึกกระจ่าที่ดี ควรออกแบบให้มีโครงสร้างที่ยึดหยุ่น เพื่อให้สั่นไหวไปตามกระแสลมได้โดยไม่แตกหัก อย่างไรก็ตามการสั่นที่มากเกินไปย่อมทำให้คนที่อาศัยอยู่ในตึกรับรู้และกลัวได้เช่นเดียวกัน



ตึกไคร้สเลอร์กลางกรุงนิวยอร์ก

ยิ่งตึกกระจ่ามีความสูงมากเท่าไร โครงสร้างต้องมีความยืดหยุ่นมากเท่านั้น แต่เพื่อป้องกันไม่ให้ตึกมีการสั่นไหวมากเกินไป วิศวกรใช้วิธีการเสริมแกนกลางของตึกให้แข็งแรง เช่น ตึกเอ็มไพร์สเตท ตึกไคร้สเลอร์ช่องกลางตึกที่ทำเป็นปล่องลิฟท์ ได้เสริมเหล็กในแนวทแยงไว้ด้วย

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ป้องกันการสั่นนี้ได้ผลดียิ่งคือใช้มวลขนาดใหญ่ติดตั้งไว้ชั้นบนสุดของตึก เลื่อนไปมาได้ ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อตึกสั่นไปด้านหนึ่ง มวลขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ไปยังด้านตรงกันข้ามเสมอ เพื่อหน่วงการสั่นสะเทือนลง



มวลขนาดใหญ่อยู่บนตึกชั้นบน ไว้สำหรับหน่วงการสั่นของตึกสูง

ตึกกระจ่าสมัยใหม่ เช่น ตึก Citicorp center กลางกรุงนิวยอร์ก ได้ติดตั้งมวลซึ่งใช้เป็นคอนกรีตขนาด 400 ตัน ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกขนาดยักษ์ ควบคุม

ด้วยระบบคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่มวลไป ๆ มา ๆ อยู่ชั้นบนสุด หน่วงการแกว่งของตัวตึก ซึ่งมีลักษณะการแกว่งเหมือนกับลูกตุ้มนาฬิกา

### สูงด้วยสวยด้วย

ตึกระฟ้ามีรูปร่างหลากหลายในปัจจุบัน แต่โครงสร้างพื้นฐานภายใน คือโครงเหล็กที่ค้ำกันขึ้นมา โดยมีลักษณะยึดหยุ่น และแข็งแรงไปพร้อม ๆ กัน แท่งเหล็กทั้งในแนวดิ่ง และแนวระดับ นำมาประกอบเข้าด้วยกันตามความฝันของวิศวกร และนักสถาปัตยกรรม สุดแต่ความฝันจะไปได้ไกลเท่าไร

ตึกระฟ้าที่สร้างขึ้นในปี ค.ศ.1800 มีลักษณะเหมือนกับกล่องมีคอนกรีต และกระจกเป็นเปลือกอยู่ภายนอกตัวตึก ต่อมาในปี ค.ศ.1900 เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงมีลูกเล่น ตึกจึงเริ่มมีความสวยงามและสูงมากขึ้น

ในปี ค.ศ.1920, 30 และ 40 การสร้างตึกเริ่มมองเป็นแบบศิลปะ ไม่ใช่แห่งอะไรที่เป็นสี่เหลี่ยม และโผล่ขึ้นไปเหนือพื้นดินเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ตึกไคร้สเลอร์ ที่มีลักษณะเป็นงานศิลปะ และมีรูปทรงสวยงาม



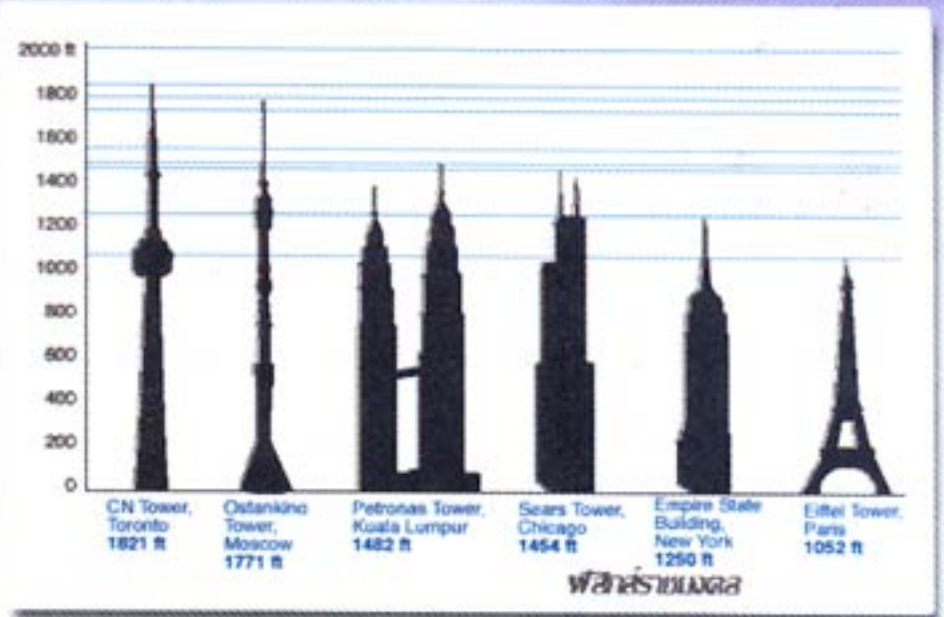
ตึก Chase ในเมือง Dallas สูง 225 เมตร เป็นตัวอย่างการออกแบบเชิงศิลปะสร้างเสร็จในปี 1980



ตึกพีทธรนัสในมาเลเซีย สูง 1,482 ฟุต



ตึก Sear สูง 1,454 ฟุต สูงตระหง่านเหนือกว่าตึกด้านข้าง



การแข่งขันว่าตึกใด เป็นตึกสูงที่สุดในโลกนั้นเหมือนกับสงครามโลกย่อย ๆ ที่เดียว ต่างก็ต้องการเป็นสุดยอด พอสร้างตึกนั้นเสร็จ วิศวกรอยากเห็นตึกของตัวเองสูงสุด ก็ไปนำยอดแหลมมาคิด และไปเรียกหนังสือสถิติกินเนสส์ให้มาวัด ตึกข้าง ๆ ที่สร้างก่อนหน้าไม่ยอม แย้งว่า ไม่ได้ ไม่ควรจะนับยอดแหลมด้วย เพราะว่า น่าจะถือว่าเป็นแค่สิ่งประดับให้สวยงามเท่านั้น บางแห่งก็อ้างว่ายอดแหลมที่นำมาคิดเป็นเสาอากาศไม่ใช่ สิ่งประดับ ไป ๆ มา ๆ จึงต้องกำหนดมาตรฐานว่าตึกสูงที่สุดนั้น ต้องวัดจนถึงชั้นที่คนสามารถอาศัยอยู่ได้ เป็นต้น ถ้านับตามมาตรฐานนี้ ตึกพีทธรนัสสูงที่สุดในโลกในปัจจุบัน

### ความอยากนั่นเอง

สุดยอดของสุดยอด คือการแข่งขันสร้างตึกระฟ้าให้สูงสุด วิศวกรต้องทำงานอย่างหนักกับค่าทำทนาย

การแข่งขันที่จะเริ่มต้นเท่านั้น มีตึกระฟ้าในโลกนี้ไม่ต่ำกว่า 50 แห่งที่ต้องการล้มแชมป์เรื่องนี้ให้ได้ อย่างเช่น เมืองเซี่ยงไฮ้ ต้องการสร้างศูนย์กลางการค้าโลก ความสูง 1,500 ฟุตหรือในอินเดีย ก็กำลังสร้าง ตึกสูง 2,222 ฟุต และฮ่องกง ก็มีความฝันจะสร้างตึกสูง 4,029 ฟุตกว่า 300 ชั้น เพียงแต่ตอนนี้ยังไม่เสร็จ

ตึกระฟ้าอีกหลายตึกปรากฏอยู่ในกระดาษของผู้ออกแบบ ยังไม่ได้เป็นรูปร่างขึ้น ผู้เชี่ยวชาญเชื่อว่าด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถสร้างตึกได้สูงถึง 5,280 ฟุต (1,609 เมตร) และถ้าเราสามารถผลิตวัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรงและฉีกที่ที่มีความเร็วว่าน้ำ ความสูงนั้นยังไปได้อีกยาวไกล อนาคตตึกสูงหลังหนึ่งสามารถบรรจุคนเป็นล้าน ๆ ได้

น่าแปลกใจไหมว่า ทำไมตึกปัจจุบันยังอยู่ที่ความสูงเพียงแค่นั้นกว่าฟุต ปัญหาไม่ได้อยู่ที่เทคโนโลยีอย่างเดียว มีอีกปัจจัยหนึ่งคือ เงิน ซึ่งตอนนี้สำคัญไปกว่าเทคโนโลยีเสียอีก จึงควรพูดว่า การสร้างให้สูงที่สุดนั้นไม่ใช่เรื่องยากสำหรับวิศวกรถ้ามีเงิน

อนาคตที่ดินจะมีแต่ราคาแพงขึ้น ดังนั้นสิ่งก่อสร้างต้องมีลักษณะพุ่งขึ้นไปบนฟ้า ไม่ใช่ขยายออกไปตามแนวระดับ ในเมืองท่านจะเห็นสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ผุดขึ้นตลอดเวลา เพราะว่า การรวมศูนย์ธุรกิจมาไว้ในที่แห่งเดียวกัน มีประสิทธิภาพมากกว่า การกระจายตัวออกไป

อย่างไรก็ตาม แรงขับเคลื่อนของตึกระฟ้า อันแท้จริง ไม่ใช่เงินและเทคโนโลยีสมัยก่อนพระเจ้าแผ่นดิน ฟาโรห์และองค์จักรพรรดิ แข่งขันกันสร้างเจดีย์ พีรามิด และกำแพงเมืองจีน เพื่อให้สูง ใหญ่ และยาวสุดนั้นก็เพื่อเคารพสักการะ ต่อพระผู้เป็นเจ้าและเทวดา ซึ่งก็คือความทะยานอยากอันเป็นสัญชาตญาณพื้นฐานของมนุษย์ทุกคน แรงขับเคลื่อนนี้ คือ แรงเดียวกันกับที่ผลักดันให้วิศวกรหรือนักธุรกิจ ช่วยกันสร้างตึกระฟ้าขึ้น และในอนาคตมันจะคงผลึกและดันต่อไปตราบนานเท่าที่ยังมีชีวิตอยู่ •

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

