บทที่ 2

ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็นให้อาคารโดยใช้ผิวสัมผัสดิน

จากความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ในการสร้างอาคาร นอกจากจะเป็นที่พักอาศัยที่ป้องกันอันตรายและสภาพอันไม่พึงประสงค์ จากสภาพแวดล้อม เช่น จากสัตว์ จากภัยธรรมชาติ ความต้องการพื้นฐานอีกสิ่งหนึ่งคือ สภาวะความสบาย ซึ่งประกอบด้วย

- สภาวะน่าสบายทางกายภาพ
- สภาวะน่าสบายทางเสียง
- สภาวะน่าสบายทางสายตา
- สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ
- สภาวะน่าสบายทางด้านแสง

THERMAL COMFORT

จากการศึกษาพบว่า เปลือกของอาคารและห้องที่คนเราเข้าอยู่อาศัย เป็นตัวหนึ่งที่จะส่งเสริมทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort.) เปลือกของอาคารเปรียบเสมือนตัวกลาง (Transition Space) ระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอก และสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ได้มีผู้ค้นคว้ามานานและผู้ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้ริเริ่มของงานวิจัยเรื่องนี้คือ P.O Famger ซึ่งได้สร้างสมการแห่งความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรหลายๆ ตัวขึ้น โดยใช้ห้องทดลองเป็นหลัก เพื่อจะประเมินสภาวะน่าสบาย เอกสารอ้างอิงในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้โดยตรง โดยเฉพาะที่เป็นการศึกษา จากอาคารจริงๆ ยังไม่เคยปรากฏเนื่องจากความยุ่งยาก และมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาก

- B. Stein (1986) ได้กล่าวว่า " สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Comfort) อาจกล่าวถึง การที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราได้สูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลย์ทางอุณหภูมิ หรือ ความร้อนระหว่าง ร่างกายและสภาพแวดล้อม "

- P. o Famger ได้ค้นพบตัวแปรที่ผลต่อ Thermal Comfort 6 ตัวแปร ประกอบด้วย

<u>ปัจจัยทางด้านบุคคล</u>

- เสื้อผ้าที่ผู้ใช้อาคารสวมใส่
- อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

<u>ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม</u>

- อุณหภูมิอากาศ (Ambient Ain Temperature)
- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Meam Radiant Temperature)
- ความชื้นสัมผัส (Relative Humidity)
- ความเร็วลม (Wind speed)

อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมภายในอาคารสามารถถูกปรับเปลี่ยนอย่างง่ายโดยเปลือกของอาคารได้ (Building Envelope) แต่ความชื้นสัมพันทธ์นั้นจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะควบคุมโดยปราศจากเครื่องกลเข้ามาช่วย ในขณะที่ MRT.(Mean Radiant Temperature) ขึ้นอยู่กับการออกแบบการเลือกใช้วัสดุมาเป็นเปลือกของอาคาร ซึ่งอยู่ในวิสัยที่ผู้ออกแบบสามารถกระทำได้ สามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศ และลดระยะเวลาการใช้เครื่องวิจัยอากาศลงได้

ในการวิจัยที่จะนำความเย็นจากผิวสัมผัสดินมาใช้ทำความเย็นให้กับอาคารนั้นเป็นการนำข้อดีของอุณหภูมิดิน ซึ่งอยู่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 26-27°C ตลอดปี และค่อนข้างจะคงที่มาทำให้อุณหภูมิที่ผิวสัมผัสดินด้านในอาคารเย็นลง เป็นการลด MRT ของอาคาร (Mean Radiant Temperature) MRT มีผลต่อสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงของสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ก็ตามแต่ถ้าพื้นผิวโดยรอบห้องนั้นมีอุณหภูมิสูงมาก ผู้ใช้อาคารก็จะรู้สึกร้อนได้ MRT มีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้ที่อยู่อาศัยรอบห้องนั้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40% นั่นคือถ้า MRT สูงขึ้น 1°C จะต้องลดอุณหภูมิอากาศลง 1.4 °C หรือลด MRTลง 1° จะต้องเพิ่มอุณหภูมิอากาศให้สูงขึ้น 1.4°C เพื่อทำให้เกิดความรู้สึกที่เหมือนเดิม(Thermal Sensation)

การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็นโดยใช้ผิวสัมผัสพื้นดินประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
2. การนำความเย็นของดินมาใช้ในอาคาร

1. <u>การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร</u> ความร้อนสามารถเข้าสู่อาคารได้ 3 วิธีคือ

1.1 การนำความร้อน (Conduction) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกันหรือตัวกลางติดกัน

1.2 การพาความร้อน (Conduction) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล ของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้หรือพาความร้อนออกจากผิวของของแข็ง

1.3 การแผ่รังสีความร้อน(Radiation) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยอาศัยกลไก ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากผิวที่ร้อนกว่าผ่านตัวกลางไปร่งใสหรือสุญญากาศไปสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า

การที่ความร้อนจะสามารถเข้าสู่อาคารได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุที่ชั่งมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย

- ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ซึ่งเป็นค่าคงที่ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารโโยจะใช้การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ(U) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance)

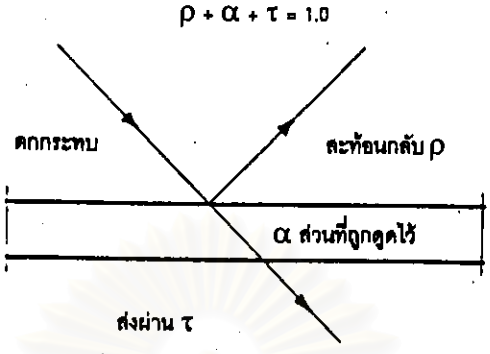
- การถ่ายเาความร้อนจากฟิล์มของอากาศที่ผิววัสดุ(Surface Air Film Conductance) การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิวและลักษณะของพื้นผิว

- ค่าความจุความร้อน(Heat Capacity) วัตถุที่มีค่าความจุความร้อนมากจะดูดและเก็บกักความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการไหลผ่านในอัตราที่ช้า

- คุณสมบัติการตอบสนองการแผ่รังสี (surface Characteristics with Respect To Radiation)

- การแลกเปลี่ยนความร้อนของวัตถุกับสภาพแวดล้อม (Long wave Radiation Heat Exchange)เกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผนังอาคารกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

- ค่าการส่งผ่านความร้อน (Transmissivity)มีความสัมพันธ์กับค่าAbsorbtivity และ Reflectivity ดังนี้



- การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) โดยปกติวัตถุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัตถุที่มีมวลสารน้อย

<u>การคำนวณหาปริมาณความร้อน</u>

1. ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร (Sensible Heat Gain) เนื่องจากVentilation นี้เป็นส่วนหนึ่งของภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของเครื่องปรับอากาศ ปริมาณความร้อนที่เข้ามาเป็นดังนี้

$$Q = 1200\,(V)\,(\Delta T) \quad \text{(SI UNIT)}$$

$$\text{หรือ } Q = 1.08\,(V)\,(\Delta T) \quad \text{(CUSTOMARY UNIT)}$$

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร
(SENSIBLE HEAT GAIN)
มีหน่วยเป็น WATTS หรือ BTU/hr

V = อัตราการระบายอากาศ VOLUME FLOW RATE
มีหน่วยเป็น L/SEC. หรือ ft^3 / min

T = ความต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอากาศภายใน
มีหน่วยเป็น °C(หรือ°F)

1200 หรือ 1.08 = เป็นค่าคงที่ มาจากความหนาแน่นของอากาศคูณSPECIFIC HEAT ของอากาศมีหน่วยเป็น Jseo./m^3 Ch หรือ BTUmin./ft^3 Fh

จะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร(SENSIBLE HEAT GAIN) เนื่องจาก VENTILATION มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการระบายอากาศลักษณะการใช้งานในอาคารและจำนวนผู้อยู่อาศัย ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในนั้นถ้าสามารถทำให้อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงได้ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร (SENSIBLE HEAT GAIN)จะต่ำลงตามสัดส่วน

2. การนำความร้อน (CONDUCTION HEAT GAIN)ผ่านผนังและกระจกภายนอก ปริมาณความร้อนที่เข้ามาเป็นดังนี้

Q = U A ΔT

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร
มีหน่วยเป็น WATTS หรือ BTU/hr

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังหรือกระจก
มีหน่วยเป็น Watt /m^2 หรือ ft^2

ΔT = ความต่างของอ.อากาศภายนอกและอากาศภายใน
มีหน่วยเป็น°C หรือ°F

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารเนื่องจาก CONDUCTION HEAT GAIN ขึ้นอยู่กับชนิดของผนังกระจกภายนอกและขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน CONDUCTION HEAT GAIN ที่ผ่านเข้ามาทางผนังและกระจกก็จะลดลงตาม ซึ่งมีผลทำให้ภาระการปรับอากาศ(COOLING LOAD)ลดลงด้วย

3. ความร้อนที่เข้าในอาคารเนื่องจาก SOL-AIR EFFECT นั้นสูงมากกว่าผนังที่ไม่โดน ปริมาณความร้อนที่ได้มาเนื่องจากSOL-AIR EFFECT เป็นดังนี้

Q = U A TDeg

Q = ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร
มีหน่วยเป็น WATTS หรือ BTU/Hr

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเปลือกอาคาร
มีหน่วยเป็นWATTS/m^2°c BTU/h ft^2°F

A = พื้นที่เปลือกอาคารมีหน่วยเป็น m^2 หรือ Ft^2

Tdeg = EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENCE

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังมีหน่วยเป็น C หรือ F

"Sol-Air Temperature คืออุณหภูมิประมาณการของอากาศที่ติดอยู่กับวัสดุเมื่อไม่มีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อมและจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก" (ASHRAE, 1989)

2. การนำความเย็นของดินมาใช้ในอาคาร

พื้นดินมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินเกือบตลอดปีอยู่ระหว่าง 26-27°C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในขอบเขตของภาวะน่าสบาย ซึ่งสามารถนำมาใช้กับอาคารหรือส่วนของอาคารที่อยู่ในระดับพื้นดินของอาคารได้ โดยอาศัยดินเป็นแหล่งสะสมความเย็น(Cooling Source)ให้กับอาคาร นอกจากจะได้รับความเย็นจากดินแล้วยังจะได้ Effect ทางด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างตัวเรากับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

จากข้อมูลเบื้องต้นเราสามารถนำมาออกแบบอาคารให้มีผิวสัมผัสดินมากที่สุด ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 ส่วนของอาคารคือ

1. ผนังอาคาร
2. พื้นของอาคาร

โดยการออกแบบให้มีพื้นที่สัมผัสดินมากที่สุด และเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนได้ดี เพื่อทำให้ผิวสัมผัสนั้นมีอุณหภูมิต่ำและใกล้เคียงกับอุณหภูมิดินมากที่สุด ซึ่งจะทำให้MRT และอุณหภูมิของอากาศต่ำ มีผลทำให้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่ทั้งนี้มีข้อควรระวังการเกิดหยดน้ำ(Condenzation) ที่จะเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสดิน ในกรณีที่ออกแบบให้ผิวอาคารอยู่ใกล้จุด DEW POINT

แนวความคิดการนำประโยชน์จากความเย็นของดินและระดับของอุณหภูมิดินที่คงที่ของดิน เช่น EARTH TUBE CONCEPT อุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิดินมาก ในอาคารที่ปรับอากาศจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาทำความเย็น แล้วจึงจ่ายต่อไปยังส่วนต่างๆของอาคาร ดังนั้นจะทำการลดอุณหภูมิของอากาศลงก่อนที่จะถูกนำผ่านไปทำความเย็น ก็จะเป็นการลดSENSIBLE HEAT GAIN ในส่วนของ VENTILATION

ธนิต จินดาวนิต (2527) ได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิดินตามสถานที่ 3 แห่งดังนี้

1.1 อาคารศูนย์วัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 บ้านพักอาศัยรศ.ผุสดี ทิพทัส

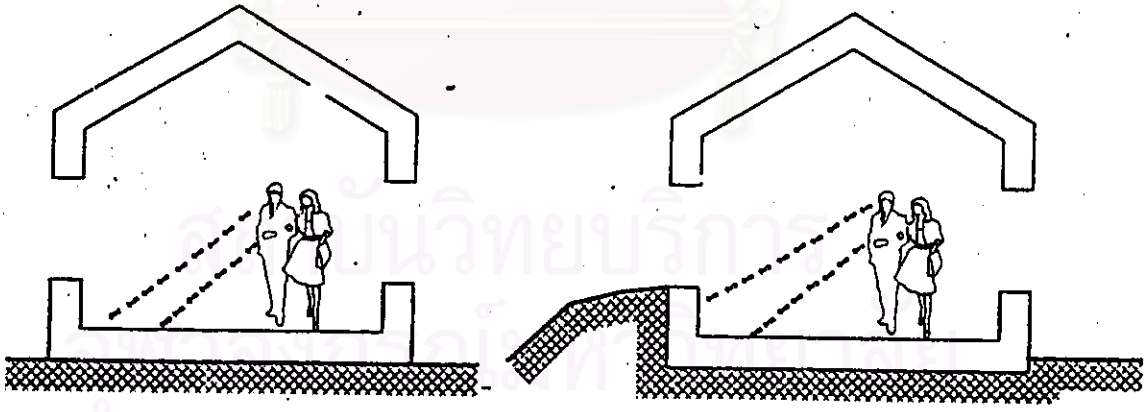
1.3 บ้านพักอาศัยคุณนลินี จินดาวนิต

โดยทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิดินที่มีความลึก 6 นิ้วได้ผลการเก็บข้อมูลดังนี้

ศูนย์วัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในเดือนตุลาคม 2535 โดยมีอุณหภูมิดินอยู่ในช่วง 25.5-26.5°C ซึ่งอุณหภูมิร้อนจัดสูงสุดอยู่ที่ 29.2°C

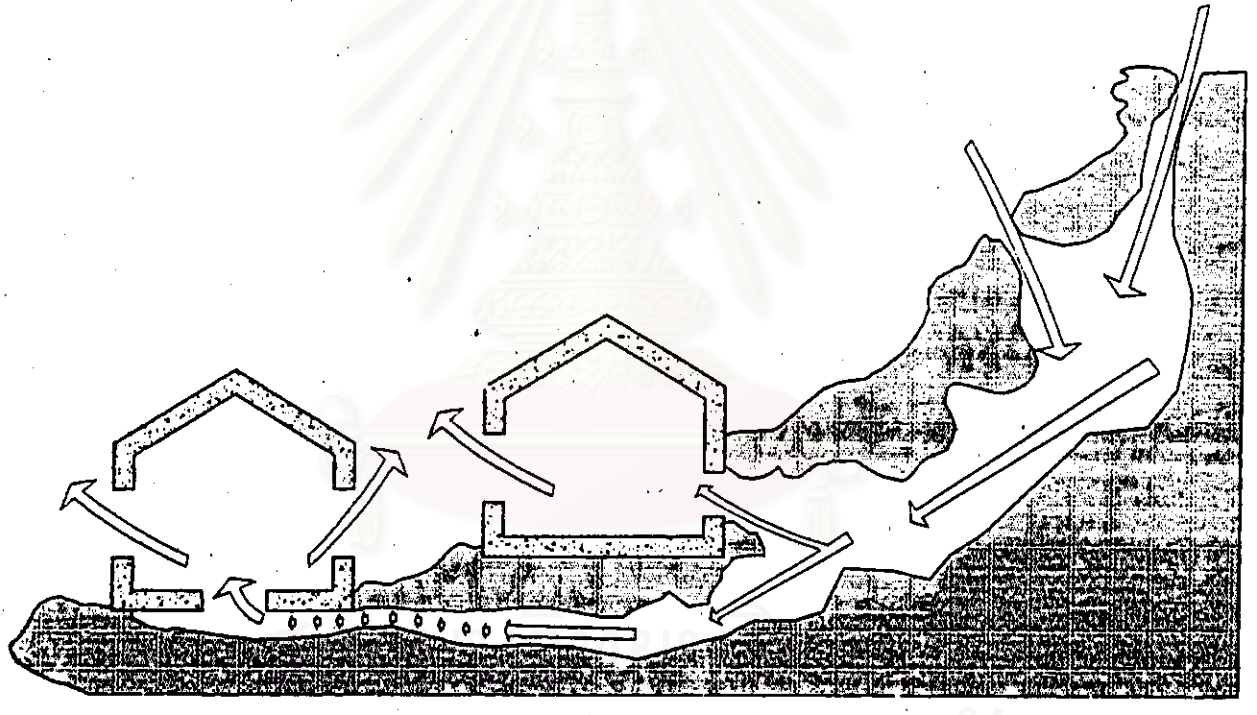
บ้านพักอาศัยรศ.ผุสดี ทิพทัส ในเดือนพฤศจิกายน 2535 อุณหภูมิดินที่ความลึก 6 นิ้ว อยู่ในช่วง 24.23-24.66°C ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.43°C ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 9.75°C

บ้านพักอาศัยคุณนลินี จินดาวนิตในเดือนมกราคม 2536 วัดอุณหภูมิดินที่ความลึก 8นิ้ว มอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.00-26.6°C ซึ่งมีความแปรเปลี่ยน 9.71°C จากกรณีดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิดินนั้นค่อนข้างคงที่ และมอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโดยเฉพาะช่วงเวลาร้อนจัด



รูปที่ 2.1การออกแบบพื้นและผนังชั้นล่างให้เป็น Heat Sink

กลยุทธ์การลดอุณหภูมิโดยผ่านท่อใต้ดิน ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ดัดแปลงมาจากตัวอย่างในอดีตที่ The Villa Acolia ซึ่งถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ.1550 โดย Coung Farncesco Trento. (Fuller Moore, Environment Control System, 1993) ซึ่งอากาศจะถูกทำให้เย็นลงโดยผ่านเข้าไปในถ้ำทางด้านข้างของภูเขาที่เปิดอยู่เหนือถ้ำ และเชื่อมต่อด้วยท่อผ่านไปทางใต้ดินของหมู่บ้าน การเคลื่อนตัวของอากาศจะทำให้อุณหภูมิอากาศในท่อเย็นลง และมีการควบแน่นของอากาศมากกว่าภายนอก การแสดงกลยุทธ์โบราณนี้สามารถวัดได้ว่า อุณหภูมิดังกล่าวมีอุณหภูมิคงที่ภายในถ้ำที่ 52°F(11.5C) อุณหภูมิภายในระบบอยู่ที่ 55-57°F ถูกนำไปยังหมู่บ้านเพื่อผสมกับอากาศ 68-71°F



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการทำความเย็นที่ Villa Acolia โดย Count Francesco Trento

ที่มา : Fuller Moore, Environment Control System, 1993, p.215

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย