



งานทดลอง เครื่องกล



พศ. บ.อ. ราบจิตติ ฤทธิศรี

งานทดลองเครื่องกล (Mechanics Laboratory)

รหัสวิชา 30101-2007

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

งานทดลองเครื่องกล (Mechanics Laboratory)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาปฏิบัติการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ สมรรถนะของเครื่องยนต์ กลศาสตร์ของไหลเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

รามจิตติ ฤทธิศร.

งานทดลองเครื่องกล.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
304 หน้า.

1. วิศวกรรมเครื่องกล. I. ชื่อเรื่อง.

620.1

ISBN 978-616-211-867-8

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563



วังอักษร

บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณเขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile : 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : @wangaksorn



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

ดำนนำ

วิชาการทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล **ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 8 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญ ส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพ อันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศรี

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 การรายงานการทดลอง	1
การเขียนรายงานการทดลอง (Laboratory Report Writing)	2
ภาษาและรูปแบบการพิมพ์	6
การแสดงตารางและกราฟ	6
ตัวอย่างการเขียนรายงานการทดลอง	7
เทคนิคการใช้ Microsoft Word	12
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	16
 บทที่ 2 คุณสมบัติทางกลและการทดสอบวัสดุ (ตอนที่ 1)	 19
คุณสมบัติของวัสดุและการทดสอบ	20
ความเค้น (Stress)	21
ความเครียดและการเปลี่ยนรูป (Strain and Deformation)	23
ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress-Strain Relationship)	24
การทดลองการรับแรงดึง	29
การทดลองการรับแรงอัด	35
การทดลองการรับแรงเฉือน	39
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	50
ใบงานที่ 2.1 การทดสอบแรงดึงของวัสดุโลหะ (Tensile Strength of Steel)	52
ใบงานที่ 2.2 การทดสอบแรงเฉือนตรงของเหล็ก (Direct Shear of Steel Testing)	59
ใบงานที่ 2.3 การทดสอบแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ (Compression Test of Structural Steel)	65
 บทที่ 3 คุณสมบัติทางกลและการทดสอบวัสดุ (ตอนที่ 2)	 72
ความหมายและประโยชน์ของความแข็ง	73
การทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ (Brinell Hardness Test)	77
การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส (Vickers Hardness Test)	81
การทดสอบความแข็งแบบร็อกเวลล์ (Rockwell Hardness Test)	84
ข้อดี-ข้อเสียของการทดสอบความแข็งแบบต่าง ๆ	92

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	94
ใบงานที่ 3.1 การทดสอบความแข็งบริเนลล์ (Brinell Hardness Test)	96

บทที่ 4 การทดลองสมรรถนะของเครื่องยนต์ **99**

ความหมายของแรงม้าและแรงบิด	100
กำลังในกระบอกสูบ	102
กำลังที่ใช้งาน	104
ประสิทธิภาพทางกล	105
การทดสอบหากำลังม้าที่เพลของเครื่องยนต์	106
การทดลองไดนาโมมิเตอร์	111
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	114
ใบงานที่ 4.1 การทดลองกำลังและแรงบิดเครื่องยนต์โดยไฮดรอลิกไดนาโมมิเตอร์ (Torque and Power Testing Hydraulic Dynamometer)	116

บทที่ 5 การทดลองคุณสมบัติของของไหล **122**

นิยามของของไหล	123
คุณสมบัติของของไหล	124
อุปกรณ์ทดลองคุณสมบัติของไหล	131
วิธีการทดลอง	135
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	137
ใบงานที่ 5.1 ความหนืดของของเหลว	140

บทที่ 6 การวัดอัตราการไหลและการสูญเสียของการไหลในท่อ **145**

สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)	146
แรงเสียดทานของการไหลในท่อ	146
เครื่องวัดอัตราการไหลในท่อปิด	160
สมการในการหาอัตราการไหล	164
การทดลองการวัดอัตราการไหล	168
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	171
ใบงานที่ 6.1 การวัดอัตราการไหลในท่อปิดและการศึกษาทฤษฎีของเบอร์นูลลี (Flow Measurement and Bernoulli's Theorem)	174
ใบงานที่ 6.2 การสูญเสียแรงดันในท่อปิด (Head Losses in Pipe)	203

บทที่ 7 การทดลองคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง **213**

คุณสมบัติบางประการของเชื้อเพลิง	214
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	214
อุปกรณ์ทดลอง	216
การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ	220
การทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	224
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	228
ใบงานที่ 7.1 การหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟของวัสดุปิโตรเม้นโดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ (Flash and Fire Points of Materials by Cleveland Open Cup)	231
ใบงานที่ 7.2 บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)	235

บทที่ 8 การทดลองคุณสมบัติของสารหล่อลื่น **242**

ความหมายของวัสดุหล่อลื่น	243
หน่วยของความหนืด	249
เครื่องมือวัดความหนืด	250
การทดลองความหนืดของสารหล่อลื่น	256
เครื่องมือวัดความเหนียวของจาระบี	261
การทดลองความเหนียวของจาระบี	263
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	264
ใบงานที่ 8.1 การวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดแบบหมุน (Rotational Viscometer Measurement)	267
ใบงานที่ 8.2 การทดสอบค่าความแข็งของจาระบี (Grease Penetration)	272

ภาคผนวก **276**

คำถามเพื่อการทบทวน **285**

คำศัพท์ **291**

บรรณานุกรม **298**



การรายงานการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. ศึกษาการเขียนรายงานการทดลอง
2. บอกภาษาและรูปแบบการพิมพ์
3. ยกตัวอย่างการแสดงตารางและกราฟ
4. ยกตัวอย่างการเขียนรายงานการทดลอง
5. อธิบายเทคนิคการใช้ Microsoft Word

บทที่



การรายงานการทดลอง



การเขียนรายงานการทดลอง (Laboratory Report Writing)

การเรียนรู้วิชาการทดลองทางวิศวกรรม จำเป็นต้องมีการทดลองและปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งต้องมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำผลที่ได้ไปทำการคำนวณ สร้างกราฟ เพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผล แล้วนำไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีซึ่งได้เรียนรู้มาก่อนหน้าแล้ว ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะต้องมีการรวบรวมและนำเสนอในรูปของรายงาน เพื่อนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจ เพราะถ้าหากไม่สามารถแสดงผลงานให้ผู้อื่นได้รับรู้เป็นอย่งดีได้แล้ว การค้นคว้าที่กระทำมาทั้งหมดก็ไม่อาจกล่าวได้ว่าประสบความสำเร็จโดยสมบูรณ์

ในการเขียนรายงานต้องพยายามเขียนให้เข้าใจง่ายและชัดเจน หลักการเขียนโดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงระดับความรู้ของผู้ที่จะรับการนำเสนอ (ผู้อ่านรายงาน) และองค์ความรู้ต่างๆ ที่ผู้รับการนำเสนอคาดหวังจะได้รับจากรายงานเป็นหลัก เพื่อให้ผู้รับการนำเสนอทั้งที่มีและไม่มีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวสามารถเข้าใจเรื่องราวได้ทั้งหมด เพื่อให้การเขียนรายงานการทดลองเป็นไปอย่างถูกต้องและเป็นแบบแผนเดียวกัน คำแนะนำต่อไปนี้จะเป็แนวทางในการเขียนรายงานตามลักษณะขั้นตอนที่ควรปฏิบัติตาม ดังต่อไปนี้

1. ปกหน้า (Cover Page)

ปกหน้าโดยส่วนใหญ่จะถูกกำหนดแบบฟอร์มไว้แล้ว จะต้องกรอกข้อความให้เรียบร้อย สมบูรณ์ และสะอาด โดยมาตรฐานปกหน้าควรประกอบด้วยรายละเอียดของชื่อเรื่องปฏิบัติการ รายวิชา ชื่อผู้ทำการทดลอง ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุม วันที่ทำการทดลอง และวันที่ส่งรายงาน

2. ชื่อการทดลอง (Title)

ให้เขียนสั้นๆ ว่าเป็นการทดลองเรื่องอะไร หากต้องการชื่อการทดลองทั้งภาษาไทยและอังกฤษ ให้เขียนแยกบรรทัดโดยให้ภาษาไทยอยู่ข้างบนแล้วใส่วงเล็บชื่อภาษาอังกฤษ เช่น

ตัวอย่างที่ 1.1

การบิดของเพลลา
(Torsion Test)

สิ่งที่ต้องระวังคือเรื่องตัวสะกดต้องไม่ให้ผิดพลาด

3. สารบัญ (Contents)

หากรายงานนั้นมีเนื้อหาและหัวข้อมากควรต้องมีสารบัญบอกชื่อหัวข้อและหมายเลขหน้าบอกไว้ด้วย สารบัญจะเป็นดัชนีบอกให้ทราบตำแหน่งของเนื้อหาหรือหัวข้อต่าง ๆ สารบัญเป็นการแสดงรายละเอียดของหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อย ที่ประกอบอยู่ในรายงาน หัวข้อย่อยที่มีอยู่ในรายงานไม่ควรเกิน 2 หัวข้อย่อย ความยาวของข้อความในสารบัญนี้ประมาณ $\frac{1}{2}$ ถึง 1 หน้ากระดาษ

4. บทย่อ (Abstract)

เป็นรายงานสั้น ๆ เกี่ยวกับการทดลองทั้งหมดที่สมบูรณ์ในตัวเอง ควรใช้ความยาวของข้อความไม่ควรเกินประมาณ $\frac{1}{2}$ หน้ากระดาษ A4 โดยบอกให้ทราบถึง

4.1 วัตถุประสงค์ จุดมุ่งหมาย และขอบเขตของงานวิจัย

4.2 วิธีการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง วิธีการเก็บข้อมูล ตลอดจนจำนวนและลักษณะของกลุ่มตัวแปรที่จะศึกษา

4.3 ผลการวิจัย รวมถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ

5. วัตถุประสงค์ของการทดลอง (Object of Experiment)

กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการทดลองว่าต้องการค้นหาอะไร อาจแบ่งเป็นข้อ ๆ ในการเขียน วัตถุประสงค์การทดลองนั้น ต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้วัตถุประสงค์กว้างมากเกินไป และต้องเป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองโดยตรง ระบุอย่างชัดเจน

วัตถุประสงค์ เป็นส่วนที่ระบุให้เห็นชัดเจนว่าเป้าหมายหลักของการทำโครงการนั้นจะศึกษาเกี่ยวกับอะไรบ้าง และควรมีการเรียงลำดับตามความสำคัญของวัตถุประสงค์ โดยที่วัตถุประสงค์หลักควรจะสอดคล้องกับชื่อของการทดลอง

ขอบเขตการทดลอง เป็นส่วนที่ระบุขอบเขตที่จะศึกษา โดยรวมแล้วขอบเขตใช้อธิบายถึงการทดลองใดที่ทำภายใต้ขอบเขตที่ศึกษาควรจะต้องได้ผลตามที่รายงานหรือสอดคล้องกับผลที่ได้ ขอบเขตสามารถกำหนดได้จาก งานวิจัยหรือความเป็นจริง

6. บทนำหรือทฤษฎี (Introduction or Theory)

ควรเลือกเขียนทฤษฎีที่นำมาใช้ในการอธิบายจริง หรือส่วนที่มีความสัมพันธ์กับงานที่ทำ **ทฤษฎีในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำการทดลองหรือโครงการไม่ควรอยู่ในรายงาน** เนื่องจากก่อให้เกิดความสับสนของผู้นิรายนไปศึกษา ที่สำคัญเนื้อหาของทฤษฎีควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา เช่น จุดประสงค์การทดลองคือ ศึกษาความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของการไหลในท่อ (Frictional Losses in Pipe) ควรเขียนทฤษฎีโดยเริ่มจากการทำการสมดุลพลังงานทางกล (Mechanical Energy

Balance) จากนั้นก็ทำการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความเสียดทาน (Friction Factor) แสดงภาพประกอบ ถ้าจำเป็น ใช้เนื้อหากระชับ เข้าใจง่าย สมบูรณ์ เรียบร้อย ในส่วนนี้ไม่จำกัดความยาวของเนื้อหา

7. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง (Apparatus)

บรรยายถึงอุปกรณ์เพื่อให้ผู้อ่านที่ไม่เคยเห็นอุปกรณ์เข้าใจ ให้รูปสังเกตหรือไดอะแกรมประกอบ พร้อมทั้งให้ชื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่สังเกตอย่างชัดเจน ถ้าต้องการใช้มาตราวัดให้ระบุพิสัยที่สามารถวัดได้ ความยาวประมาณ 1 – 2 หน้ากระดาษ

8. วิธีทดลอง (Procedure)

บรรยายการทดลองที่ได้ทำจริง ๆ อย่างละเอียด เขียนลำดับขั้นตอนก่อนหลังเป็นข้อ ๆ ซึ่งอาจแตกต่างจากคู่มือการทดลองที่แจกให้ พร้อมระบุข้อควรระวังในการทดลอง ความยาวประมาณ 1 – 2 หน้ากระดาษ

9. ผลการทดลอง (Data & Result)

ข้อมูลและผลที่ได้จากการทดลองควรบันทึกในตารางหรือกราฟ ในการเขียนกราฟควรปฏิบัติ ดังนี้

- 9.1 เขียนชื่อกราฟไว้ข้างใต้
- 9.2 กำหนดปริมาณบนแกน X เป็นตัวแปรอิสระและบนแกน Y เป็นตัวแปรตาม
- 9.3 อย่าใช้สเกลที่ละเอียดเกินกว่าค่าความถูกต้องของผลที่คำนวณได้
- 9.4 การขยายสเกลจนเกินความจำเป็นอาจทำให้ตีความหมายผิดไป
- 9.5 พยายามจัดตำแหน่งของกราฟให้สมดุลกับหน้ากระดาษ
- 9.6 การกำหนดข้อมูลควรใช้สัญลักษณ์ เช่น วงกลม กากบาท สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หากข้อมูลมีหลายชุด (มีกราฟหลายเส้น) ก็ใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน
- 9.7 การลากเส้นกราฟ ไม่ควรลากทับสัญลักษณ์ ให้ข้ามไปเหมือนการลากต่อระหว่างสัญลักษณ์
- 9.8 การลากเส้นกราฟ ไม่จำเป็นต้องผ่านจุดทุกจุดที่กำหนด
- 9.9 เขียนชื่อบนเส้นกราฟทุกเส้นถ้าทำได้
- 9.10 หากทำได้เขียนในที่ว่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอะไรกับอะไรของกราฟนั้น
- 9.11 บนแกนนอนเขียนชื่อผู้ทดลองและวันที่ทำการทดลอง
- 9.12 หลีกเลี่ยงการใช้สีเขียนเส้นกราฟอันจะเป็นปัญหาเมื่อถ่ายสำเนา

10. วิจารณ์ผลการทดลอง (Discussion)

เป็นส่วนสำคัญที่สุดของการทดลอง ให้ความเห็นว่าผลที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีว่าแตกต่างกันเพียงใด อธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างและข้อแนะนำในการแก้ไข วิจารณ์ถึงระดับของทฤษฎีที่นำมาใช้ บรรยายว่าการทดลองนี้ให้ความเข้าใจในหลักของวิศวกรรมศาสตร์เพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด และสิ่งที่ได้จากการทดลองนี้จะมีวิธีปรับปรุงการทดลองที่ทำมาให้ดีขึ้นหรือไม่อย่างไร และถ้าเป็นไปได้ให้เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลของผู้อื่น อาจจะบอกความคลาดเคลื่อนเป็นตัวเลขน้อยละ

ระลึกไว้ว่า ผลการทดลองหมายถึง การแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดิบหรือการแสดงผลของข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง สำหรับกรณีที่ข้อมูลดิบไม่เกี่ยวข้องกับการอภิปรายและการวิเคราะห์ให้นำข้อมูลดิบไปอยู่ที่ภาคผนวก (ข้อมูลดิบส่วนใหญ่จะแสดงในรูปของตาราง) สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลอาจแสดงในรูปของกราฟ หรือตาราง การอภิปรายผลการทดลอง ควรอธิบายในเชิงวิชาการที่จะสนับสนุน หักล้าง หรือโต้แย้งผลการทดลองที่ได้ โดยอาศัยทฤษฎี ผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือขีดจำกัดของสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

11. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ (Conclusion & Suggestion)

ถือเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการทดลอง เป็นการสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการทดสอบนั้น โดยอาจเป็นการเขียนเชิงปริมาณหรือคุณภาพ ขึ้นอยู่กับการทดสอบนั้น ๆ สิ่งที่ได้จากการทดลองอาจจะวิเคราะห์จากกราฟ หรือจากข้อมูลของการทดลองและการคำนวณ สรุปออกมาเป็นตัวเลขหรือเป็นร้อยละ โดยใช้ข้อความที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย ระลึกไว้ว่า

สรุปผลการทดลอง ถือเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของงานวิจัย เพราะต้องตอบคำถามในวัตถุประสงค์ โดยแสดงผลที่ได้ตามวัตถุประสงค์ และจะไม่ทำการวิเคราะห์หรือแสดงผลในส่วนนี้

ข้อเสนอแนะ ควรบอกถึงข้อเสนอแนะในการทำโครงการครั้งต่อไป โดยมีเหตุผลทางวิชาการสนับสนุน ในส่วนของสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะจะต้องเขียนแยกกันอย่างชัดเจน

12. เอกสารอ้างอิง (References)

ในการอ้างอิงเอกสารอื่นประกอบการเขียนรายงานให้ระบุ ดังนี้

- 12.1 ชื่อผู้เขียนเอกสาร
- 12.2 ชื่องานที่อ้าง
- 12.3 ชื่อวารสารหรือเอกสารที่พิมพ์
- 12.4 เดือน ปี ที่พิมพ์เอกสารนั้น
- 12.5 อาจระบุหน้าที่ใช้อ้างอิงด้วย

ตัวอย่างที่ 1.2

- เกชา ชีระโกเมน. (2000). ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมปรับอากาศ [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.thaihvac.com/knowledge/fundamental/fundamental.html>
- มนตรี พิรุณเกษตร (2549). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ : วิทยพัฒน์.
- Afonso, C., and Olivera, A. (2000). Solar Chimneys: simulation and experiment. *Energy and Buildings* 32(1): 71-79.

13. ภาคผนวก

ในภาคผนวกจะแสดงข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง และตัวอย่างการคำนวณ ในกรณีที่ภาคผนวกมีหลายภาคผนวก ให้ใช้เป็นภาคผนวก (ก) ภาคผนวก (ข) ภาคผนวก (ค) และบอกชื่อของภาคผนวกนั้น ๆ โดยแต่ละภาคผนวกให้ขึ้นหน้าใหม่



ภาษาและรูปแบบการพิมพ์

1. ภาษาที่ใช้

เนื้อหาควรเขียนเป็นภาษาไทย และภาษาที่ใช้จะต้องเป็นภาษาในเชิงวิชาการ (ไม่ใช่ภาษาพูด) โดยมีข้อสังเกตจากคำหรือกลุ่มคำต่อไปนี้ เช่น ที่..., แล้ว..., ซึ่ง..., จะ..., โดย..., ต้อง...ฯ ถ้าตัดคำหรือกลุ่มคำดังกล่าวออกไปแล้ว ทำให้ความหมายชัดเจนเหมือนเดิม ควรตัดทิ้งเพราะทำให้ภาษามีความกระชับยิ่งขึ้น ดังตัวอย่าง

“เทสาร NaCl ที่มีน้ำหนัก 5 กรัมใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร”

ให้แก้เป็น

“ใส่สาร NaCl ปริมาณ 5 กรัมในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร”

ในกรณีที่เป็นการทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ให้เขียนเป็นภาษาไทย แล้ววงเล็บเป็นภาษาอังกฤษท้ายคำนั้น และถ้าเป็นคำทับศัพท์ที่ใช้บ่อยอย่างกว้างขวางและทำให้ผู้อ่านเข้าใจถูกต้องในสิ่งที่ผู้เขียนจะสื่อ ก็ไม่ต้องวงเล็บภาษาอังกฤษ ดังตัวอย่างคำต่อไปนี้ บีกเกอร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น

“ซัลโฟเนชัน (Sulfonation) เป็นปฏิกิริยาการเติมหมู่.....”

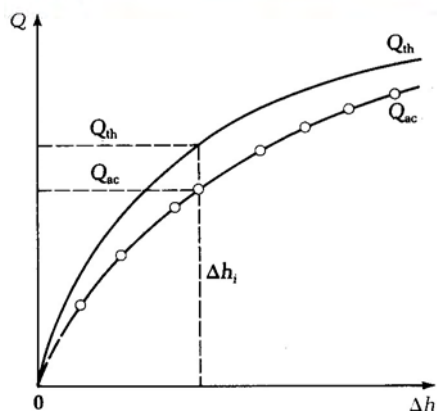
การย่อหน้า ในแต่ละย่อหน้าควรมีแนวคิดหลักเพียงแนวคิดเดียว ความยาวที่เหมาะสมของย่อหน้าจะขึ้นอยู่กับแนวคิดที่จะแสดงในย่อหน้านั้น ๆ และควรจะสะท้อนแนวคิดเรียงเป็นลำดับไป

2. รูปแบบการพิมพ์

- 2.1 ตัวพิมพ์ ให้ใช้ขนาด 16 พอยต์ ตัวอักษรเดียวกันตลอดทั้งเล่ม
- 2.2 กระดาษที่ใช้พิมพ์ ให้ใช้กระดาษขาวไม่มีเส้นบรรทัด ขนาดมาตรฐาน A4 (210 X 297 มิลลิเมตร) น้หนัก 70-80 กรัม/ตารางเมตร และใช้เพียงหน้าเดียว
- 2.3 การเขียนสมการ ให้ใช้ Microsoft Equations ในการเขียนสมการ



การแสดงตารางและกราฟ



กราฟ แผนภูมิ รูปประกอบและตาราง ให้ใช้คอมพิวเตอร์เขียนเท่านั้น และการอ้างอิงที่มาของตารางหรือรูปประกอบ ให้ใช้คำว่า “ที่มา/./.....(อ้างอิงที่มา).....ไว้บรรทัดล่างใต้กราฟ/รูป/ตารางนั้น ๆ และมีคำอธิบายประกอบรูปอยู่ใต้รูป ส่วนคำอธิบายประกอบตารางให้อยู่เหนือตาราง ดังตัวอย่าง

รูปที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจริงกับความร้อนทางทฤษฎีและเอาทลปี

การเรียงลำดับเลขที่รูป กราฟ และตาราง ให้เรียงตามบทที่รูปและตารางปรากฏอยู่ ถ้าอยู่ในภาคผนวก ให้เรียงตามลำดับของภาคผนวก และใช้คำว่า “รูปที่” หรือ “ตารางที่...”

ตารางที่ 1.1 แสดงเวลาเข้าทำปฏิบัติการของนักเรียนชั้นปีที่ 1

วัน/เดือน/ปี	31 ธันวาคม 2545	1 มกราคม 2546	13 เมษายน 2546	15 เมษายน 2546
การทดลองที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1
การทดลองที่ 2	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2
การทดลองที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 3



ตัวอย่างการเขียนรายงานการทดลอง

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการเขียนรายงานการทดลองทางวิศวกรรม จึงได้แสดงตัวอย่างรายงานการทดลองเรื่อง “การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร เพื่อเป็นตัวอย่างดังนี้

การหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตรของดิน (Soil Total Unit Weight)

1. สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
- บทคัดย่อ	1
- วัตถุประสงค์	2
.....	

2. บทคัดย่อ

ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) มีความสำคัญ เป็นพื้นฐานในการคำนวณค่าหน่วยแรงกดทับของชั้นดินตามธรรมชาติที่ความลึกต่าง ๆ ซึ่งเป็นค่าคงตัวที่เป็นตัวแปรในสูตรการคำนวณต่าง ๆ เช่น การคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของฐานราก การคำนวณการทรุดตัวของดิน เป็นต้น การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) โดยทั่วไปจะจำกัดเฉพาะดินเหนียวที่สามารถตั้งรูปทรงได้ ตัวอย่างที่ทดสอบต้องเป็นตัวอย่างดินคงสภาพ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถทดลองกับตัวอย่างทราย-กรวดได้ เพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพได้ (การเก็บตัวอย่างด้วยกระบอก โดยทั่วไปถือว่าตัวอย่างจะถูกรบกวนไปบ้างแล้ว) อย่างไรก็ตามในบางกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องได้ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของดินสามารถทำได้หลายวิธี คือ

2.1 วิธีใช้วงแหวนตัวอย่าง (Sample Ring) มีข้อดีที่ทดลองได้สะดวก รวดเร็ว ใช้ตัวอย่างดินน้อย ซึ่งเป็นตัวอย่างการทดลองในบทนี้ แต่อาจจะไม่เหมาะกับดินที่มีกรวด-ทรายปน

2.2 วิธีใช้วัดปริมาตรดินในกระบอก สำหรับตัวอย่างดินที่แข็งมาก ไม่สามารถดันตัวอย่างดินออกจากกระบอกได้ และดินที่มีกรวด-ทรายผสม เมื่อดันตัวอย่างดินออกมาแล้วอาจจะไม่ทรงตัว

2.3 วิธีใช้หาปริมาตรของดินด้วยการแทนที่น้ำหรือปรอท สำหรับดินเหนียวที่มีสมบัติการซึมผ่านต่ำที่จะไม่ซึมซับน้ำเข้าไปในตัวอย่างในระยะเวลาสั้น ๆ สามารถใช้วิธีแทนที่น้ำได้ ส่วนดินที่แห้งและแตกง่ายควรใช้วิธีแทนที่ปรอท วิธีนี้ใช้กับตัวอย่างดินที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular Shape) ได้ดี

3. วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของดินเหนียวคงสภาพด้วยวิธีใช้วงแหวนตัวอย่าง (Sample Ring)

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลอง

4.1 ตัวอย่างดิน ใช้ดินเหนียวคงสภาพเก็บด้วยกระบอกบางหลุมเจาะ BH-1 ตัวอย่าง ST-3 ความลึก 6.00-6.50 ม. ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) สีเทาออกเขียว (Olive Gray) (CH)

4.2 วงแหวนตัดตัวอย่าง

4.3 เลื่อยเส้นลวด

4.4 เครื่องชั่ง 500 กรัม อ่านละเอียด 0.01 กรัม

4.5 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

4.6 จาระบีซิลิโคน (Silicone Grease) หรือจาระบีธรรมดา

รูปที่ 1.2 แสดงเครื่องมือและการประกอบเพื่อการทดลอง



5. ขั้นตอนการปฏิบัติ

ชั่งวงแหวนตัดตัวอย่าง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและความสูง

5.1 ทาจาระบีซิลิโคน (Silicone Grease) ภายใต้วงแหวนบาง ๆ

5.2 เตรียมตัวอย่างที่ดันออกจากกระบอกตัวอย่างแล้วยาวประมาณ 2 ซม. กว้างแบนตัดตัวอย่างลงไปจนดินพื้นขอบบนของวงแหวน ใช้เลื่อยเส้นลวดตัดดินหัว-ท้ายจนเรียบขอบวงแหวน ทำความสะอาดเศษดินข้าง ๆ วงแหวนจนหมด

5.3 นำวงแหวนตัวอย่างที่มีดินบรรจุอยู่ขึ้นชั่ง

5.4 ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

6. ผลการทดลอง

จากการทดลองหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของตัวอย่างดินด้วยวิธีใช้วงแหวนตัวอย่าง ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ผลการทดลองหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) หลุมเจาะ BH-1 ตัวอย่างที่ ST-3 ความลึก 6.00-6.50 ม.

การทดลอง	น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)	
	Ton/m ³	kN/m ³
ครั้งที่ 1	1.581	15.503
ครั้งที่ 2	1.595	15.641
ค่าเฉลี่ย	1.588	15.57

7. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองได้ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) เฉลี่ย, $\gamma_t = 15.57$ kN/m³ ซึ่งมีค่าไม่สูงนัก เนื่องจากดินมีค่าความชื้นสูง การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกทำได้รวดเร็ว ใช้ปริมาณตัวอย่างดินน้อย อย่างไรก็ตามถ้าใช้ทดลองตัวอย่างดินที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Nonhomogeneous) อาจจะทำให้ผลผิดพลาดได้ ในกรณีนี้ต้องใช้วงแหวนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งถ้าตัวอย่างดินมีทราย-กรวดผสม จะทำให้การกด-ตัดตัวอย่างดินทำได้ยาก หรืออาจจะกระทำไม่ได้เลยถ้ามีทรายหินปนอยู่มาก ซึ่งอาจจะพิจารณาใช้วิธีอื่นที่เหมาะสมกว่า

8. ภาคผนวก

8.1 ตัวอย่างการคำนวณ

1) ปริมาตรวงแหวนตัวอย่าง

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h$$

เมื่อ d = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวน (ซม.)

h = ค่าเฉลี่ยความสูงวงแหวน (ซม.)

$$V = \frac{\pi}{4} \times 4.8^2 \times 2.01 = 36.372 \text{ ซม}^3$$

2) น้ำหนักดิน

$$\begin{aligned} W &= (\text{น้ำหนักวงแหวน + ดิน}) - (\text{น้ำหนักวงแหวน}) \\ &= 69.27 - 11.78 \text{ กรัม} \\ &= 57.49 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

3) คำนำน้หนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight),

$$\begin{aligned} \gamma_t &= \frac{W}{V} \\ \gamma_t &= \frac{57.49}{36.372} = 1.581 \text{ กรัม/ ซม}^3 \end{aligned}$$

4) เฉลี่ยค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)

$$\text{Total Unit Weight} = \frac{1.584 + 1.589}{2} = 1.588 \text{ ตัน/ม}^3$$

5) คิดเป็นหน่วย SI

$$\gamma_t = 1.588 \times 9.807 = 15.57 \text{ กิโลนิวตัน/ ม}^3$$

8.2 ข้อมูลการทดลอง

ตามเอกสารแนบ จำนวน 1 แผ่น

9. เอกสารอ้างอิง

Head, K.H. (1982), **Manual of Soil Laboratory Testing**, Pentech Press, London.

10. ตารางบันทึกผลการทดลอง

แสดงในหน้าถัดไป

ห้องทดลองปฐพีกลศาสตร์
น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร
(Total Unit Weight)

โครงการ : วิชา Soil Mechanics Laboratory ที่ตั้ง : ถนนพหลโยธิน กรุงเทพมหานคร
 หลุมเจาะ : BH-1 ตัวอย่างที่ : ST-3 ความลึก : 6.00-6.50 ม.
 ลักษณะของดิน : ดินเหนียวอ่อนสีเทาออกเขียว ผู้ทดสอบ : ส.ค. วันที่ : 20 มิ.ย. 39

ข้อมูลขนาดวงแหวนตัวอย่าง

การวัดครั้งที่	1	2	3
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ซม.	4.8	4.8	4.8
ความสูง ซม.	2.01	2.02	2.00
ปริมาตร ซม. ³	36.372	36.553	36.191
ปริมาตรเฉลี่ย ซม. ³	36.372		

ข้อมูลการทดลองน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)

การทดลองครั้งที่	1	2	3
เบอร์วงแหวน	1	1	1
น้ำหนักวงแหวน ดิน กรัม	69.27	69.79	
น้ำหนักวงแหวน กรัม	11.78	11.78	
น้ำหนักดิน กรัม	57.49	58.01	
ปริมาตรวงแหวน ซม. ³	36.372	36.372	
น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) กรัม/ ซม. ³	1.581	1.595	
น้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) เฉลี่ย kN/m ³	15.57		

หมายเหตุ:



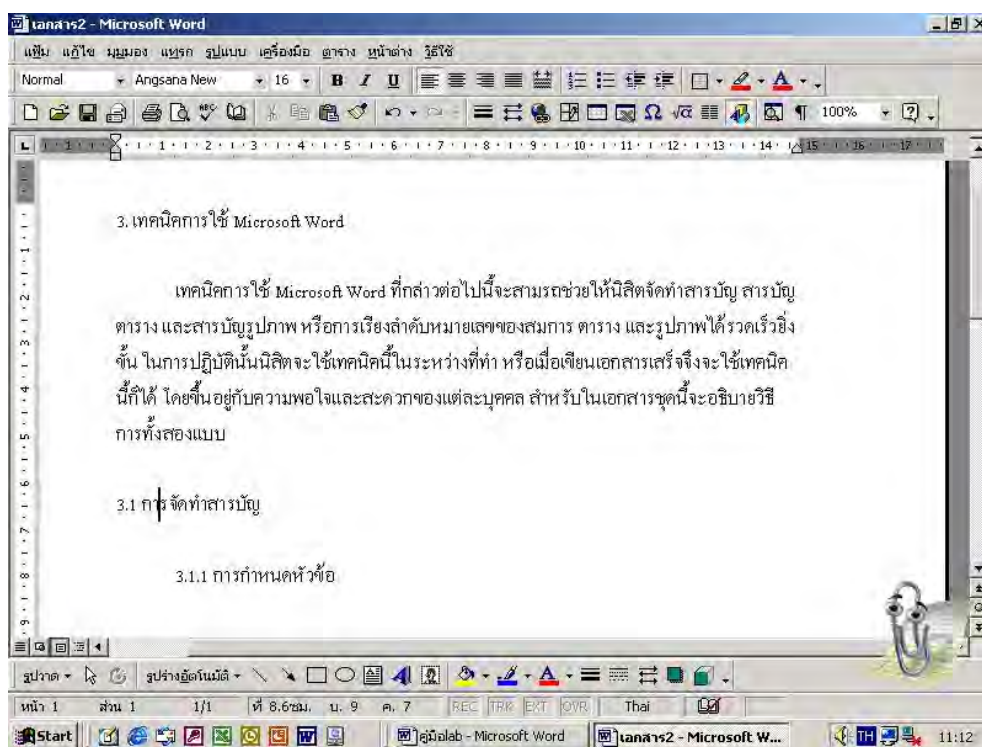
เทคนิคการใช้ Microsoft Word

เทคนิคการใช้ Microsoft Word ที่กล่าวต่อไปนี้จะสามารถช่วยให้การจัดทำสารบัญ สารบัญตาราง และสารบัญรูปภาพ หรือการเรียงลำดับหมายเลขของสมการ ตาราง และรูปภาพได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ในการปฏิบัตินั้น สามารถใช้เทคนิคนี้ในระหว่างที่ทำหรือเมื่อเขียนเอกสารเสร็จจึงจะใช้เทคนิคนี้ก็ได้ โดยขึ้นอยู่กับความพอใจและความสะดวกของแต่ละบุคคล สำหรับในเอกสารชุดนี้จะอธิบายวิธีการทั้ง 3 แบบดังนี้

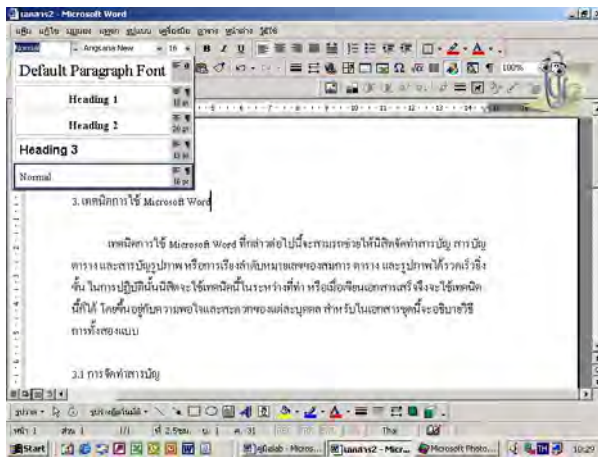
1. การกำหนดชนิดของหัวข้อ

1.1 การใช้เทคนิคกำหนดชนิดของหัวข้อภายหลัง

จากรูปที่ 1.1 ข้างล่างถ้าต้องการให้ หัวข้อที่ 3 เป็นหัวข้อใหญ่ที่ 1 และ 3.1 เป็นหัวข้อย่อยที่ 1 และหัวข้อเหล่านั้นยังไม่ได้ถูกกำหนดโดยจะสังเกตได้เมื่อนำเคอร์เซอร์ไปอยู่ที่บรรทัดหัวข้อ 3.1 ในรูป และจากเมนูหลักข้างบนจะแสดงคำว่า Normal หรือ แบบปกติ (กรณีเมนูหลักเป็นภาษาไทย) แสดงว่าหัวข้อเหล่านั้นยังไม่ได้ถูกกำหนดชนิดของหัวข้อ



รูปที่ 1.3 แสดงชนิดของหัวข้อที่เป็นแบบปกติ



รูปที่ 1.4 แสดงวิธีการเลือกชนิดของหัวข้อ

จากรูปที่ 1.5 จะเห็นได้ว่า หัวข้อที่ 3 เป็นหัวข้อใหญ่ที่ 1 โดยดูได้จาก Heading 1

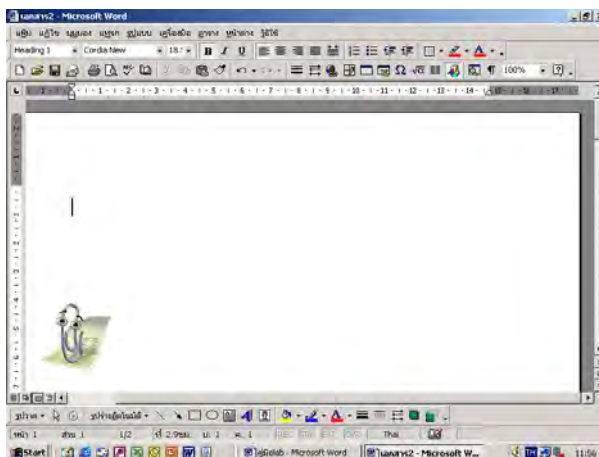
1.2 การใช้เทคนิคกำหนดหัวข้อ

ขณะพิมพ์

การกำหนดชนิดของหัวข้อขณะพิมพ์สามารถทำได้โดยเลื่อนเคอร์เซอร์ให้อยู่ในบรรทัดของหัวข้อที่จะพิมพ์ จากนั้นทำการกำหนดชนิดของหัวข้อที่เมนูหลักดังรูปที่ 1.4 จากนั้นทำการเลือกชนิดของรูปแบบหัวข้อ Heading 1 หรือ Heading 2 ตามต้องการ เมื่อทำการเปลี่ยนเสร็จแล้วสามารถพิมพ์รายละเอียดของหัวข้อได้ตามปกติ



รูปที่ 1.5 แสดงชนิดของหัวข้อเมื่อกำหนดเสร็จแล้ว



รูปที่ 1.6 แสดงการกำหนดชนิดของหัวข้อก่อนพิมพ์