

ประเทิน มหาจันทร์. การสอนอ่านเบื้องต้น. ๒๒๒ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2523.

เป็รื่อง กุมท. "เทคนิคในการประดิษฐ์อักษรสำหรับอุปกรณ์การสอน." วารสารอุปกรณ์การศึกษา
(กันยายน - ตุลาคม 2525) : 67-74.

มังกร ชัยชนะดารา. "เลคบิดิตีของสิ่งพิมพ์." ใน นิเทศศาสตร์รับน้อง 2514, ไม่มีเลขหน้า.
กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานคร, 2514.

ศึกษาริการ, กระทรวง. กรมสามัญศึกษา. รายงานการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
อ่านและการศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 2. กรุงเทพมหานคร :
กองการประถมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2523.

อัมพร ลุ่มเกษม. การอ่านหนังสือ มหาสารคาม : ภาควิชาภาษาไทย คณะมนุษยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2520.

เอ แอล ที, ล่ถาบัน. เตรียมสอบ TOEFL. 2511.

เอกสารอื่น ๆ

กมล สุดประเสริฐ. "ขนาดตัวหนังสือ ช่องไฟ และทักษะในการอ่าน." วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2505.

คุณธัม วศิณเกษม. "การทดสอบความอ่านง่าย-ยากของตัวพิมพ์ภาษาไทยแบบและขนาดต่าง ๆ."
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชา โสัดที่ค่นศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2519.

สันทร้เพ็ญ ไทยประยูร. "การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากการสอนโดยใช้ภาพสีและภาพ
ขาวดำ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชา โสัดที่ค่นศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2511.

เข่าวเลิศ เลิศยโธพิธาร์ . "ขนาดตัวอักษรไทยที่ใช้เป็นอุปกรณ์การอ่านสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา . " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2514 .

ธีรศักดิ์ ธีรบรร . "ขนาดและแบบตัวพิมพ์ไทยที่เหมาะสมกับแบบเรียนระดับมัธยมศึกษา . " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2514 .

วรรณิ แยมประทุม . "การศึกษาเปรียบเทียบผลทางการเรียนรู้ของการใช้อักษรสีน้ำเงิน อักษรสีเขียว อักษรสีดำ บนพื้นสีขาว กับนักเรียนที่ลบก้นปี 1 ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร , 2513 .

วันชัย ปัจจุสำนันท . "การออกแบบกราฟิกสำหรับสิ่งพิมพ์ประเภทตำราเรียนระดับมหาวิทยาลัย ." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2522 .

วิชัย ภูโยธิน . "ผลของคำต่างสีที่มีผลต่อการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษาตอนต้น ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2514 .

สุกรี รอดโพธิ์ทอง . "ขนาดและแบบพิมพ์ไทยที่เหมาะสมสำหรับแบบเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2518 .

สุเทพ ฉัตรชื่น . "ผลของการฝึกสมรรถภาพด้านประสานวิสัย โดยใช้รูปภาพเป็นสื่อต่อความเข้าใจในการอ่านในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ." วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2525 .

สุภาพ वादเชียน . "การค้นคว้าสภาพของแสงสว่างที่เหมาะสมในการอ่านตัวพิมพ์ไทย ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2519 .

สุภาพร ประห์ฆวารฎร . "สียงอุปรณัการล่อนท่นักเรยนระดับอนุบาลในสงหวตพระนครลอบ ."

วิทยาณพนรปริญญามหาบัณฑิต แผนกโลตท่นค่นคึกษา บัณฑิตวิทยาสัย จุฬาลงกรณัมหาวิทยาลัย ,
2514 .

ภาษาอังกฤษ

Books

Bierstedt, Robert; McMurry, Foster; Schram, Wiber; and Spalding, Willard B. Text Material in Education Illinois : University of Illinois Press, 1955.

Bond, Guy L., and Tinker, Miles A. Reading Difficulty. New York: Applenton-Century-Crofts, Inc., 1957.

Boutwell, William D. Using Mass Media in School. New York: Appleton Century-Crofts, 1962.

Burt, Cyril. A Psychology Study of Typography. London: Cambridge University Press, 1969.

Bush, Clifford L., and Heubner, Mildred H. Strategies for Reading in the Elementary School. London: The Macmillan Co., 1970.

Cabibi, John F.J. Copy Preparation of Printing. New York: McGraw-Hill Book Co., 1973.

Craig, James. Production for The Graphic Designer. 2d printing. New York: Watson-Guption, 1975.

Davis, Alec. Graphic Design into Production. London: Faber and Faber, 1973.

- DeBour, John J., and Martha, Dallman. The Teaching of Reading. New York: Holt Rinehart, and Winston, Inc., 1965.
- Edward, Fry. Elementary Reading Instruction. New York: McGraw-Hill Book Co., 1977.
- Grannis, Chander B. What Happens in Book Publishing. London: Columbia University Press, 1967.
- Graves, Maitland. Color Fundamentals. New York: McGraw-Hill Book Co., 1952.
- Haber, Norman R. The Psychology of Visual Perception. London: Holt Rinehart, and Winston, Inc., 1973.
- Hartley, James. Designing Instructional Text. London: Kogan Page, 1978.
- Hildreth, Gertrude H. Reading for School Beginners. New York: World Book Company, 1950.
- Kirk, Roger E. Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences. 2d. ed. Belmont California: Brooks/Cole, 1982.
- Malcolm, Fleming L. and Howard, Levie W. Instructional Message Design. 2d. ed. Educational Technology Publications, 1979.
- Martha, Dallman, and Others. The Teaching of Reading. 4th ed. New York: Holt Rinehard, and Winston, Inc., 1974.
- Pal, Pocket. A Graphic Arts Production Handbook. 11th. ed. New York: International Paper Co., 1974.

Paterson, D.G. and Tinker, M.A. How to Make Type Readable. New York: Harper and Brothers, 1940.

Spencer, Herbert. The Visible World, 2d ed. London: Royal College of Art, 1969.

Strang, Ruth May, McCullough, Constance M., and Traxler, Arthur E. The Improvement of Reading. 3d ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1961.

Tinker, Miles A. Legibility of Print, 3d printing, Iowa: Iowa State University Press, 1969.

_____. Teaching Elementary Reading. New York: Appleton Century-Crofts, 1952.

Turnbull, Arthur L., and Baird, Russell N. The Graphics of Communication. 2d ed. New York: Holt Rinehart, and Winston, Inc., 1967.

Valentine, C.W. Psychology and Its Bearing on Education. Great Britain: Methuen and Co Ltd., 1963.

Zachrisson, Bror. Studies in Legibility of Printed Text. Stockholm: Almqvist & Wiskell, 1965.

Other materials

Buswell, G.T. "Fundamental Reading Habits: A Study of their Development." Supplement Education Monographs, No. 45. University of Chicago Press, 1937.

- Ballantine, F.A. "Age Change in Measures of Eye Movements in Silent Reading." University of Michigan Monographs in Education, No. 4. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1951.
- Herbert, Harry A. "The Interacting Effects of Varying Brightness Contrast and Luminance on the Legibility of Projected High Contrast Lettering," Dissertation Abstracts International, Vol. 35, No. 9. Michigan: Xerox University Microfilms, (Mar. 1975)
- Hill, Frank G. "A Comparison of The Effectiveness of Words in Color with The Basic Reading Program Used in The Washington Elementary School District," Dissertation Abstracts International Vol. 27. Michigan: Xerox University Microfilms, (May 1968)
- McNamara, W.J., Paterson, D.G., and Tinker, M.A. "The Influence of Size of Type on Speed of Reading in the Primary Grades," The Sight Saving Review, No. 23. (Spring 1953)
- Phillips, Russell M. "The Interaction Effects of Letter Style, Letter Stroke-Width and Letter Size on Legibility of Projected High Contrast Lettering," Dissertation Abstracts International, Vol. 3, No. 8. Michigan: Xerox University Microfilms, (Feb. 1977)
- Sanner, James Wesley Jr. "The Relationship of Color to the Legibility of Projected High Contrast Negative," Dissertation Abstracts International, Vol. 34, No. 8, (Feb. 1974)

Tinker, Miles A. "Print for Children's Textbook." Education. No.1,
(Sept 1959)

Weaver, Terry D. "A Study of The Comparative Legibility of Positive
and Negative Black and White Slide," Dissertation Abstracts
International, Vol. 32 No. 8, (Feb. 1972)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก .

การคำนวณทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความเข้าใจ ในการอ่าน ตอนที่ 1 ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	R_U	R_L	P	D	คนที่ ตอบถูก	p	q	pq
1	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
2	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
3	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
4	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
5	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
6	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
7	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
8	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
9	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
10	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
11	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
12	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
13	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
14	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
15	11	7	.60	.27	18	.60	.40	.24
16	12	6	.60	.40	18	.60	.40	.24
17	12	6	.60	.40	18	.60	.40	.24
18	11	6	.57	.33	17	.57	.43	.25
19	11	6	.57	.33	17	.57	.43	.25
20	10	6	.53	.27	16	.53	.47	.25

$$n = 20$$

$$N = 30$$

$$\sum pq = 4.13$$

$$\sum X = 416$$

$$\bar{X} = 13.87$$

$$\sum X^2 = 6,156$$

ค่าความยาก (P) = 0.53 - 0.80

ค่าอำนาจจำแนก (D) = 0.26 - 0.40

$$\bar{P} = 0.69$$

$$\bar{D} = 0.31$$

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 1 ใช้สูตรคูเตอร์-
ริชาร์ดสัน 20 (K - R 20) ปรากฏว่าแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 1 มีค่าความ
เชื่อมั่น 0.72 โดยวิธีคิดดังนี้

คำนวณค่า S_x^2 จากสูตร

$$\begin{aligned} S_x^2 &= \frac{\sum X^2}{N} - \frac{(\sum X)^2}{N} \\ &= \frac{6,156}{30} - \frac{416^2}{30} \\ &= 205.20 - 192.38 \\ &= 12.82 \end{aligned}$$

หาความเชื่อมั่นจากสูตร

$$\begin{aligned} \text{K-R 20 : } r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right] \\ &= \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{4.13}{12.82} \right] \\ &= 1.05(1-0.32) \\ &= 1.05 \times 0.68 \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

แบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่น 0.72

ตาราง 8 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 2 ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	R_U	R_L	P	D	คนที่ตอบถูก	p	q	pq
1	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
2	12	6	.60	.40	18	.60	.40	.24
3	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
4	12	7	.63	.33	19	.63	.37	.23
5	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
6	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
7	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
8	12	6	.60	.40	18	.60	.40	.24
9	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
10	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
11	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
12	12	6	.60	.40	18	.60	.40	.24
13	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
14	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
15	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
16	12	7	.63	.33	19	.63	.37	.23
17	11	7	.60	.27	18	.60	.40	.24
18	11	6	.57	.33	17	.57	.43	.25
19	11	6	.57	.33	17	.57	.43	.22
20	11	6	.57	.33	17	.57	.43	.22

$$n = 20 \quad N = 30 \quad \sum pq = 4.55$$

$$\sum X = 382 \quad \bar{X} = 12.73 \quad \sum X^2 = 5,368$$

$$\text{ค่าความยาก (P)} = 0.57 - 0.73$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (D)} = 0.27 - 0.40$$

$$\bar{P} = 0.64$$

$$\bar{D} = 0.35$$

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 2 ใช้สูตร
คูเดอริชชาร์ตสัน (K - R 20) ปรากฏว่าแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 2 มีค่า
ความเชื่อมั่น 0.77 โดยวิธีการดังนี้

คำนวณค่า S_x^2 จากสูตร

$$\begin{aligned} S_x^2 &= \frac{\sum X^2}{N} - \frac{(\sum X)^2}{N} \\ &= \frac{5,368}{30} - \frac{382^2}{30} \\ &= 178.93 - 162.05 \\ &= 16.88 \end{aligned}$$

หาความเชื่อมั่นจากสูตร

$$\begin{aligned} K - R 20 : r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_w^2} \right] \\ &= \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{4.55}{16.88} \right] \\ &= 1.05 (1 - 0.27) \\ &= 1.05 \times 0.73 \\ &= 0.77 \end{aligned}$$

แบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่น 0.77

ตาราง 9 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความเข้าใจ
ในการอ่าน ตอนที่ 3 ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	R_U	R_L	P	D	คนที่ ตอบถูก	p	q	pq
1	14	7	.70	.47	21	.70	.30	.21
2	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
3	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
4	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
5	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
6	13	6	.63	.47	19	.63	.37	.23
7	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
8	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
9	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
10	14	8	.73	.40	22	.73	.27	.20
11	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
12	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
13	23	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
14	13	7	.67	.40	20	.67	.33	.22
15	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
16	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
17	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
18	11	5	.53	.40	16	.53	.47	.25
19	12	7	.63	.33	19	.63	.37	.23
20	11	7	.60	.27	18	.60	.40	.24

$$n = 20$$

$$N = 30$$

$$\sum pq = 4.34$$

$$\sum X = 405$$

$$\bar{X} = 13.50$$

$$\sum X^2 = 6,015$$

ค่าความยาก (P) = 0.53 - 0.76

ค่าอำนาจจำแนก (D) = 0.27 - 0.47

$$\bar{P} = 0.67$$

$$\bar{D} = 0.36$$

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 3 ใช้สูตร
คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (K - R 20) ปรากฏว่าแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 3
มีค่าความเชื่อมั่น 0.80 โดยมีวิธีคิดดังนี้

คำนวณค่า S_x^2 จากสูตร

$$\begin{aligned} S_x^2 &= \frac{\sum X^2}{N} - \frac{(\sum X)^2}{N} \\ &= \frac{6,015}{30} - \frac{405^2}{30} \\ &= 200.50 - 182.25 \\ &= 18.25 \end{aligned}$$

หาความเชื่อมั่นจากสูตร

$$\begin{aligned} K - R 20 : r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right] \\ &= \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{4.34}{18.25} \right] \\ &= 1.05 (1 - 0.24) \\ &= 1.05 \times 0.76 \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

แบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่น 0.80

ตาราง 10 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความเข้าใจ
ในการอ่าน ตอนที่ 4 ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	R_U	R_L	P	D	คนที่ ตอบถูก	p	q	pq
1	15	9	.80	.40	24	.80	.20	.16
2	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
3	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
4	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
5	14	10	.80	.26	24	.80	.20	.16
6	14	9	.76	.33	22	.73	.27	.20
7	14	8	.73	.40	22	.73	.27	.20
8	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
9	14	9	.76	.33	23	.77	.23	.18
10	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
11	12	8	.67	.27	20	.67	.33	.22
12	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
13	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
14	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
15	12	7	.63	.33	19	.63	.37	.23
16	13	8	.70	.33	21	.70	.30	.21
17	13	9	.73	.27	22	.73	.27	.20
18	11	7	.60	.27	18	.58	.42	.24
19	11	7	.60	.27	18	.58	.42	.24
20	11	7	.60	.27	18	.58	.42	.24

$$n = 20$$

$$N = 30$$

$$\sum pq = 4.00$$

$$\sum X = 431$$

$$\bar{X} = 14.37$$

$$\sum X^2 = 6,607$$

$$\text{ค่าความยาก (P)} = 0.60 - 0.80$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (D)} = 0.26 - 0.40$$

$$\bar{P} = 0.72$$

$$\bar{D} = 0.29$$



การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 4 ใช้สูตร
 คูเตอร์-ริชาร์ดสัน (K - R 20) ปรากฏว่าแบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 4 มีความ
 เชื่อมั่น 0.7 โดยมีวิธีคิดดังนี้

คำนวณค่า S_x^2 จากสูตร

$$\begin{aligned} S_x^2 &= \frac{\sum X^2}{N} - \frac{(\sum X)^2}{N} \\ &= \frac{6,607}{30} - \frac{431^2}{30} \\ &= 220.23 - 206.50 \\ &= 13.73 \end{aligned}$$

หาความเชื่อมั่นจากสูตร

$$\begin{aligned} K - R 20 : r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right] \\ &= \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{4.00}{13.73} \right] \\ &= 1.05 (1 - 0.29) \\ &= 1.05 \times 0.71 \\ &= 0.75 \end{aligned}$$

แบบทดสอบความเข้าใจในการอ่าน ตอนที่ 4 มีค่าความเชื่อมั่น 0.75

$$SD = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n}$$

ตาราง 11 แสดงคะแนนเฉลี่ยสีส้ม (X) และคะแนนหลังการทดลอง (Y) จำแนกตาม Treatments และตามครั้งที่ทำการทดลอง

Treatments		ผลของการทดลองในแต่ละสี จำแนกตามครั้งที่ทำการทดลอง									
		BLACK		BLUE		GREEN		RED		Total Bk + B + G + R	
ครั้งที่	ทำการทดลอง	X _{Bk}	Y _{Bk}	X _B	Y _B	X _G	Y _G	X _R	Y _R	X	Y
1	$\sum()$	148.35	711	151.23	737	149.45	731	148.55	696	597.67	2,875
	$(\bar{ })$	2.97	14.22	3.02	14.74	2.99	14.62	2.97	13.92	2.99	14.38
	$\sum()^2$	446.02	10,369	463.71	11,133	454.24	10,929	447.01	9,942	-	-
	$\sum XY$	2,134.99		2,253.97		2,208.66		2,106.72		-	
2	$\sum()$	148.35	745	151.23	756	149.45	768	148.55	719	597.67	2,988
	$(\bar{ })$	2.97	14.90	3.02	15.12	2.99	15.36	2.97	14.38	2.99	14.94
	$\sum()^2$	446.02	11,339	463.71	11,696	454.24	10,272	447.01	10,571	-	-
	$\sum XY$	2,234.23		2,310.71		2,275.79		2,162.64		-	
3	$\sum()$	148.35	787	151.23	795	149.45	819	148.55	772	597.67	3,173
	$(\bar{ })$	2.97	15.74	3.02	15.90	2.99	16.38	2.97	15.44	2.99	15.69
	$\sum()^2$	446.02	12,653	463.71	12,863	454.24	13,649	447.01	12,150	-	-
	$\sum XY$	2,360.30		2,427.10		2,467.27		2,314.74		-	
4	$\sum()$	148.35	816	151.23	821	149.45	851	148.55	784	597.67	3,272
	$(\bar{ })$	2.97	16.32	3.02	16.42	2.99	17.02	2.97	15.68	2.99	16.36
	$\sum()^2$	446.02	13,494	463.71	13,675	454.24	14,657	447.01	12,480	-	-
	$\sum XY$	2,441.24		2,517.90		2,559.26		2,351.29		-	
1+2+3+4	$\sum()$	148.35	3,059	151.23	3,109	149.45	3,169	148.55	2,971	597.67	12,308
	$(\bar{ })$	2.97	61.18	3.02	62.18	2.99	63.38	2.97	59.42	2.99	61.54
	Total $\sum()^2$	446.02	190,711	463.71	196,733	454.24	204,281	447.01	179,829	-	-
	$\sum XY$	9,112.96		9,493.68		9,546.27		8,927.49		-	

Cell : n = 50

k = 4

N = nk = 200

จากตารางที่ 11 การทดลอง Bk, B, G และ R ครั้งที่ 1

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ax} และ SS_{wx}

$$TX = 148.35 + 151.23 + 149.54 + 148.55 = 597.67$$

$$TY = 711 + 737 + 731 + 696 = 2,875$$

$$n = 50$$

$$k = 4 \text{ กลุ่ม}$$

$$N = n.k = 200$$

$$1) SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{tx} &= 446.02 + 463.71 + 454.24 + 447.01 - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 1,810.98 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{tx} = 24.93$$

$$2) SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(TX_{Bk}^2 + TX_B^2 + TX_G^2 + TX_R^2)}{n} - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ax} &= \frac{148.35^2}{50} + \frac{151.23^2}{50} + \frac{149.54^2}{50} + \frac{148.55^2}{50} - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 440.15 + 457.41 + 447.24 + 441.34 - 1,786.05 \\ &= 1,786.14 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{ax} = 0.09$$

$$3) SS_{\text{ภายในกลุ่ม}} = SS_{\text{ทั้งหมด}} - SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$SS_{wx} = SS_{tx} - SS_{ax}$$

$$= 24.93 - 0.09$$

$$SS_{wx} = 24.84$$

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ay} และ SS_{wy}

$$4) SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum Y_{ij}^2 - \frac{TY^2}{N}$$

$$SS_{ty} = 10,369 + 11,133 + 10,929 + 9,924 - \frac{2,875^2}{200}$$

$$= 42,355 - 41,328.13$$

$$SS_{ty} = 1,026.87$$

$$5) SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = (TY_{Bk}^2 + TY_B^2 + TY_G^2 + TY_R^2) / n - \frac{TY^2}{N}$$

$$SS_{ay} = \frac{711^2}{50} + \frac{737^2}{50} + \frac{731^2}{50} + \frac{696^2}{50} - \frac{2,875^2}{200}$$

$$= 10,110.42 + 10,863.38 + 10,687.22 + 9,688.32 - 41,328.13$$

$$= 41,349.34 - 41,328.13$$

$$SS_{ay} = 21.21$$

$$6) \text{ SS}_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{wy}} &= \text{SS}_{\text{ty}} - \text{SS}_{\text{ay}} \\ &= 1,026.87 - 21.21 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{wy}} = 1,005.66$$

จากตาราง: หาค่าผลบวกของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน ($\sum XY$)

$$7) \text{ SS}_{\text{ทั้งหมด}} = \sum (X_{ij} \times Y_{ij}) - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_t &= 2,134.99 + 2,253.97 + 2,208.66 + 2,106.72 - \frac{597.67 \times 2,875}{200} \\ &= 8,704.34 - 8,591.51 \end{aligned}$$

$$\sum XY_t = 112.83$$

$$8) \text{ SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \sum (\text{TX}_i \times \text{TY}_i) / n - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_a &= \frac{148.35 \times 711}{50} + \frac{151.23 \times 737}{50} + \frac{149.54 \times 731}{50} + \frac{148.55 \times 696}{50} \\ &\quad - \frac{597.67 \times 2,875}{200} \end{aligned}$$

$$= 2,109.54 + 2,229.13 + 2,186.27 + 2,067.82 - 8,591.51$$

$$= 8,592.76 - 8,591.51$$

$$\sum XY_a = 1.25$$

$$9) \sum XY_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \sum XY_{\text{ทั้งหมด}} - \sum XY_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\sum XY_w = \sum XY_t - \sum XY_a$$

$$= 112.83 - 1.25$$

$$\sum XY_w = 111.58$$

10) สรุปผลสำหรับข้อ 1) ถึง 9)

Source	df	SS_w ($\sum X^2$)	SS_y ($\sum Y^2$)	$\sum XY$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$\sum X_a^2$ $SS_{ax} = 0.09$	$\sum Y_a^2$ $SS_{ay} = 21.21$	$\sum XY_a = 1.25$
Within groups	(N-1) - (k-1) 199-3 = 196	$\sum X_w^2$ $SS_{wx} = 24.84$	$\sum Y_w^2$ $SS_{wy} =$ 1,005.66	$\sum XY_w = 111.58$
Total	(N-1) 200-1 = 199	$\sum X_t^2$ $SS_{tx} = 24.93$	$\sum Y_t^2$ $SS_{ty} =$ 1,026.87	$\sum XY_t = 112.83$

หาค่าผลบวกกำลังสองของส่วนที่เหลือ หรือส่วนที่ปรับปรุงแล้ว (Computation of Adjusted)

นั่นคือ หา $\sum Y'^2$ หรือ SS'_y

$$SS'_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2}$$

11) ทั้งหมด "Total"

$$SS'_{ty} = \sum Y_t^2 - \frac{(\sum XY_t)^2}{\sum X_t^2}$$

$$= 1,026.87 - 510.65$$

$$\sum Y_t'^2 \text{ หรือ } SS'_{ty} = 516.22$$

12) ภายในกลุ่ม "Within Groups"

$$SS'_{wy} = \sum Y_w^2 - \frac{(\sum XY_w)^2}{\sum X_w^2}$$

$$= 1,005.66 - \frac{111.58^2}{24.84}$$

$$= 1,005.66 - 501.21$$

$$= 504.45$$

$$\sum Y_w'^2 \text{ หรือ } SS'_{wy} = 504.45$$

13) ระหว่างกลุ่ม "Among Groups"

$$SS'_{ay} = SS'_{ty} - SS'_{wy} \text{ หรือ } \sum Y'_t{}^2 - \sum Y'_w{}^2$$

$$= 516.22 - 504.45$$

$$\sum Y'_a{}^2 \text{ หรือ } SS'_{ay} = 11.77$$

14) สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

Source	df	SS'_y ($\sum Y'^2$)	MS'_y $\frac{SS'}{df}$	$F = \frac{MS'_a}{MS'_w}$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$SS'_{ay} = 11.77$	$MS'_{ay} = 3.92$	1.51
Within groups	k(n-1)-1 4(50-1)-1 (4x49)-1 = 195	$SS'_{wy} = 504.45$	$MS'_{wy} = 2.59$	XXX
Total	N-2 200-2 = 198	$SS'_{ty} = 516.22$	XXX	

$$p < .05 \text{ (} .05 F_{3, 195} = 2.65 \text{)}$$

ถ้า : ค่า F ไม่เกินค่าสำคัญที่ระดับ .05 รับสมมติฐาน

$$H_0 : \mu_{Y_{Bk}} = \mu_{Y_B} = \mu_{Y_G} = \mu_{Y_R}$$

ไม่ต้อง Test of Comparison ต่อไปก็ได้

15) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted Criterion Mean)

$$\text{สูตร} \quad \bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

$$\text{เมื่อ} \quad \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} = \frac{111.58}{24.84} = 4.49$$

	Bk	B	G	R	ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_k	2.97	3.02	2.99	2.97	$\bar{X} = \frac{597.67}{200} = 2.99$
$\bar{X}_k - \bar{X}$	-0.02	0.03	0.00	-0.02	
\bar{Y}_k	14.22	14.74	14.62	13.92	$\bar{Y} = \frac{2,875}{200} = 14.38$
$\bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - 4.49(\bar{X}_k - \bar{X})$	14.31	14.61	14.62	14.01	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 16) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้วิธี T - Method ของ TUKEY ปรากฏผลดังนี้

ค่าสถิติ \bar{Y}_k	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ที่ปรับแล้ว	$\frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย}|}{\sqrt{MS'_{wy}/n}}$
$\bar{Y}'_G = 14.62$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_R = 0.61$	2.77
$\bar{Y}'_B = 14.61$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_R = 0.60$	2.73
$\bar{Y}'_{Bk} = 14.31$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_{Bk} = 0.31$	1.41
$\bar{Y}'_R = 14.01$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_R = 0.30$	1.36
$MS'_{wy} = 2.59$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_{Bk} = 0.30$	1.36
$n = 50$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_B = 0.01$	0.05

$$q_{.95}(4, 195) = 3.63$$

จากตารางที่ 11 การทดลอง Bk, B, G และ R ครั้งที่ 2

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ax} , และ SS_{wx}

$$TX = 148.35 + 151.23 + 149.54 + 148.55 = 597.67$$

$$TY = 745 + 756 + 768 + 719 = 2,988$$

$$n = 50$$

$$k = 4 \text{ กลุ่ม}$$

$$N = n.k = 200$$

$$1) \quad SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum x_{ij}^2 - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{tx} &= 446.02 + 463.71 + 454.24 + 447.01 - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 1,810.98 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{tx} = 24.93$$

$$2) \quad SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(TX_{Bk}^2 + TX_B^2 + TX_G^2 + TX_R^2)/n - TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ax} &= \frac{148.35^2}{50} + \frac{151.23^2}{50} + \frac{149.54^2}{50} + \frac{148.55^2}{50} - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 440.15 + 457.41 + 447.24 + 441.34 - 1,786.05 \\ &= 1,786.14 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{ax} = 0.09$$

$$3) \quad SS_{\text{ภายในกลุ่ม}} = SS_{\text{ทั้งหมด}} - SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} SS_{wx} &= SS_{tx} - SS_{ax} \\ &= 24.93 - 0.09 \end{aligned}$$

$$SS_{wx} = 24.84$$

จากตาราง: หา SS_{ty} , SS_{ay} , และ SS_{wy}

$$4) \quad SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum Y_{ij}^2 - \frac{TY^2}{N}$$

$$SS_{ty} = 11,339 + 11,696 + 12,072 + 10,571 - \frac{2,988^2}{200}$$

$$= 45,678 - 44,640.72$$

$$SS_{ty} = 1,037.28$$

$$5) \quad SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = (TY_{Bk}^2 + TY_B^2 + TY_G^2 + TY_R^2) / n - \frac{TY^2}{N}$$

$$SS_{ay} = \frac{745^2}{50} + \frac{756^2}{50} + \frac{768^2}{50} + \frac{719^2}{50} - \frac{2,988^2}{200}$$

$$= 11,100.50 + 11,430.72 + 11,796.48 + 10,339.22 - 44,640.72$$

$$= 44,666.92 - 44,640.72$$

$$SS_{ay} = 26.20$$

$$6) \text{ SS}_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{wy}} &= \text{SS}_{\text{ty}} - \text{SS}_{\text{ay}} \\ &= 1,037.28 - 26.20 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{wy}} = 1,011.08$$

จากตาราง: หาค่าผลบวกของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน ($\sum XY$)

$$7) \text{ ผลคูณทั้งหมด} = \sum (X_{ij} \times Y_{ij}) - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_t &= 2,234.23 + 2,310.71 + 2,275.79 + 2,162.64 - \frac{597.67 \times 2,988}{200} \\ &= 8,983.37 - 8,929.19 \end{aligned}$$

$$\sum XY_t = 54.18$$

$$8) \text{ ระหว่างกลุ่ม} = \sum (\text{TX}_j \times \text{TY}_j) / n - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_a &= \frac{148.35 \times 745}{50} + \frac{151.23 \times 756}{50} + \frac{149.54 \times 768}{50} \\ &\quad + \frac{148.55 \times 719}{50} - \frac{597.67 \times 2,988}{200} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2,210.42 + 2,286.60 + 2,296.93 + 2,136.15 - 8,929.19 \\ &= 8,930.10 - 8,929.19 \end{aligned}$$

$$\sum XY_a = 0.91$$

$$9) \sum XY \text{ ภายในกลุ่ม} = \sum XY_{\text{ทั้งหมด}} - \sum XY_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\sum XY_w = \sum XY_t - \sum XY_a$$

$$= 54.18 - 0.91$$

$$\sum XY_w = 53.27$$

10) สรุปผลสรุปข้อ 1) ถึง 9)

Source	df	SS_x ($\sum X^2$)	SS_y ($\sum Y^2$)	$\sum XY$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$\sum X_a^2$ $SS_{ax} =$ 0.09	$\sum Y_a^2$ $SS_{ay} =$ 26.20	$\sum XY_a = 0.91$
Within groups	(N-1)- (k-1) 199-3 = 196	$\sum X_w^2$ $SS_{wx} =$ 24.84	$\sum Y_w^2$ $SS_{wy} =$ 1,011.08	$\sum XY_w = 53.27$
Total	(N-1) 200-1 = 199	$\sum X_t^2$ $SS_{tx} =$ 24.93	$\sum Y_t^2$ $SS_{ty} =$ 1,037.28	$\sum XY_t = 54.18$

หาผลบวกกำลังสองของส่วนที่เหลือ หรือส่วนที่ปรับปรุงแล้ว (Computation of Adjusted)

นั่นคือ หา $\sum Y^2$ หรือ SS'_y .

$$SS'_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2}$$

11) ทั้งหมด "Total"

$$\begin{aligned} SS'_{ty} &= \sum Y_t^2 - \frac{(\sum XY_t)^2}{\sum X_t^2} \\ &= 1,037.28 - \frac{54.18^2}{24.93} \\ &= 1,037.28 - 117.75 \end{aligned}$$

$$\sum Y_t^2 \text{ หรือ } SS'_{ty} = 919.53$$

12) ภายในกลุ่ม "Within Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{wy} &= \sum Y_w^2 - \frac{(\sum XY_w)^2}{\sum X_w^2} \\ &= 1,011.08 - \frac{53.27^2}{24.84} \\ &= 1,011.08 - 114.24 \\ &= 896.84 \end{aligned}$$

$$\sum Y_w^2 \text{ หรือ } SS'_{wy} = 896.84$$

13) ระหว่างกลุ่ม "Among Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{ay} &= SS'_{ty} - SS'_{wy} \text{ หรือ } \sum Y_t^2 - \sum Y_w^2 \\ &= 919.53 - 896.84 \end{aligned}$$

$$\sum Y_a^2 \text{ หรือ } SS'_{ay} = 22.69$$

14) สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

Source	df	SS'_y ($\sum Y^2$)	$MS'_y = \frac{SS'}{df}$	$F = \frac{MS'_a}{MS'_w}$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$SS'_{ay} = 22.69$	$MS'_{ay} = 7.56$	1.64
Within groups	k(n-1)-1 4(50-1)-1 (4x49)-1 = 195	$SS'_{wy} = 896.84$	$MS'_{wy} = 4.60$	XXX
Total	N-2 200-2 = 198	$SS'_{ty} = 919.53$	XXX	

$$P \quad .05 \quad (.05 F_{3, 195} = 2.65)$$

ถ้า : ค่า F ไม่น้อยกว่าที่ระดับ .05 รับสมมติฐาน

$$H_0 : \mu_{Y_{Bk}} = \mu_{Y_B} = \mu_{Y_G} = \mu_{Y_R}$$

ไม่ต้อง Test of Comparison ต่อไปก็ได้

15) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted Criterion Mean)

$$\text{สูตร } \bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

$$\text{เมื่อ } \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} = \frac{53.27}{24.84} = 2.14$$

	Bk	B	G	R	ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_k	2.97	3.02	2.99	2.97	$\bar{X} = \frac{597.67}{200} = 2.99$
$\bar{X}_k - \bar{X}$	-0.02	0.03	0.00	-0.02	
\bar{Y}_k	14.90	15.12	15.36	14.38	$\bar{Y} = \frac{2,988}{200} = 14.94$
$\bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - 2.14(\bar{X}_k - \bar{X})$	14.94	15.06	15.36	14.47	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 16) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้วิธี T-Method ของ TUKEY ปรากฏผลดังนี้

ค่าสถิติ Y_k	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ที่ปรับแล้ว	$\frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย}|}{\sqrt{MS'_{wy}/n}}$
$\bar{Y}'_G = 15.36$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_R = 0.89$	2.97
$\bar{Y}'_B = 15.06$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_R = 0.59$	1.97
$\bar{Y}'_{Bk} = 14.94$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_R = 0.47$	1.57
$\bar{Y}'_R = 14.47$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_{Bk} = 0.42$	1.40
$MS'_{wy} = 4.60$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_B = 0.30$	1.00
$n = 50$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_{Bk} = 0.12$	0.40

$$q_{.95}(4, 195) = 3.63$$

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 11 การทดลอง Bk, B, G และ R ครั้งที่ 3

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ax} และ SS_{wx}

$$TX = 148.35 + 151.23 + 149.54 + 148.55 = 597.67$$

$$TY = 787 + 795 + 819 + 772 = 3,173$$

$$n = 50$$

$$k = 4 \text{ กลุ่ม}$$

$$N = n.k = 200$$

$$1) \text{ } SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{tx} &= 446.02 + 463.71 + 454.24 + 447.01 - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 1,810.98 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{tx} = 24.93$$

$$2) \text{ } SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(TX_{Bk}^2 + TX_B^2 + TX_G^2 + TX_R^2)}{n} - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ax} &= \frac{148.35^2}{50} + \frac{151.23^2}{50} + \frac{149.54^2}{50} + \frac{148.55^2}{50} - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 440.15 + 457.41 + 447.24 + 441.34 - 1,786.05 \\ &= 1,786.14 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{ax} = 0.09$$

$$3) \text{ SS ภายในกลุ่ม} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{wx}} &= \text{SS}_{\text{tx}} - \text{SS}_{\text{ax}} \\ &= 24.93 - 0.09 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{wx}} = 24.84$$

จากตาราง: หา SS_{ty} , SS_{ay} และ SS_{wy}

$$4) \text{ SS}_{\text{ทั้งหมด}} = \sum Y_{ij}^2 - \frac{\text{TY}^2}{N}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{ty}} &= 12,653 + 12,863 + 13,649 + 12,150 - \frac{3,173^2}{200} \\ &= 51,315 - 50,339.65 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{ty}} = 975.35$$

$$5) \text{ SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(\text{TY}_{\text{Bk}}^2 + \text{TY}_{\text{B}}^2 + \text{TY}_{\text{G}}^2 + \text{TY}_{\text{R}}^2)/n - \frac{\text{TY}^2}{N}}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{ay}} &= \frac{787^2}{50} + \frac{795^2}{50} + \frac{819^2}{50} + \frac{772^2}{50} - \frac{3,173^2}{200} \\ &= 12,387.38 + 12,640.50 + 13,415.22 + 11,919.68 - 50,339.65 \\ &= 50,362.78 - 50,339.65 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{ay}} = 23.13$$

$$6) \text{ SS}_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{wy}} &= \text{SS}_{\text{ty}} - \text{SS}_{\text{ay}} \\ &= 975.35 - 23.13 \end{aligned}$$

$$\text{SS}_{\text{wy}} = 952.22$$

จากตาราง: หาค่าผลบวกของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน ($\sum XY$)

$$7) \text{ ผลคูณทั้งหมด} = \sum (X_{ij} \times Y_{ij}) - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_t &= 2,360.30 + 2,427.10 + 2,467.27 + 2,314.74 - \frac{597.67 \times 3,173}{200} \\ &= 9,569.41 - 9,482.03 \end{aligned}$$

$$\sum XY_t = 87.38$$

$$8) \text{ ระหว่างกลุ่ม} = \sum (\text{TX}_j \times \text{TY}_j) / n - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_a &= \frac{148.35 \times 787}{50} + \frac{151.23 \times 795}{50} + \frac{149.54 \times 819}{50} \\ &\quad + \frac{148.55 \times 772}{50} - \frac{597.67 \times 3,173}{200} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2,335.03 + 2,404.56 + 2,449.47 + 2,293.61 - 9,482.03 \\ &= 9,482.67 - 9,482.03 \end{aligned}$$

$$\sum XY_a = 0.64$$

$$9) \quad \sum XY \text{ ภายในกลุ่ม} = \sum XY \text{ ทั้งหมด} - \sum XY \text{ ระหว่างกลุ่ม}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_w &= \sum XY_t - \sum XY_a \\ &= 87.38 - 0.64 \end{aligned}$$

$$\sum XY_w = 86.74$$

10) สรุปผลสรุปข้อ 1) ถึง 9)

Source	df	SS_x ($\sum X^2$)	SS_y ($\sum Y^2$)	$\sum XY$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$\sum X_a^2$ $SS_{ax} = 0.09$	$\sum Y_a^2$ $SS_{ay} = 23.13$	$\sum XY_a = 0.64$
Within groups	(N-1) - (k-1) 199-3 = 196	$\sum X_w^2$ $SS_{wx} = 24.84$	$\sum Y_w^2$ $SS_{wy} = 952.22$	$\sum XY_w = 86.74$
Total	(N-1) 200-1 = 199	$\sum X_t^2$ $SS_{tx} = 24.93$	$\sum Y_t^2$ $SS_{ty} = 975.35$	$\sum XY_t = 87.38$

หาผลบวกกำลังสองของส่วนที่เหลือ หรือส่วนที่ปรับปรุงแล้ว (Computation of Adjusted)

นั่นคือ หา $\sum Y^2$ หรือ SS'_y

$$SS'_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum XY)^2}{X^2}$$

11) ทั้งหมด "Total"

$$\begin{aligned} SS'_{ty} &= \sum Y_t^2 - \frac{(\sum XY_t)^2}{\sum X_t^2} \\ &= 975.35 - \frac{87.38^2}{24.93} \\ &= 975.35 - 306.27 \end{aligned}$$

$$\sum Y_t^2 \text{ หรือ } SS'_{ty} = 669.08$$

12) ภายในกลุ่ม "Within Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{wy} &= \sum Y_w^2 - \frac{(\sum XY_w)^2}{\sum X_w^2} \\ &= 952.22 - \frac{86.74^2}{24.84} \\ &= 952.22 - 302.89 \\ &= 649.33 \end{aligned}$$

$$\sum Y_w^2 \text{ หรือ } SS'_{wy} = 649.33$$

13) ระหว่างกลุ่ม "Among Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{ay} &= SS'_{ty} - SS'_{wy} \text{ หรือ } \sum Y_t^2 - \sum Y_w^2 \\ &= 669.08 - 649.33 \end{aligned}$$

$$\sum Y_a^2 \text{ หรือ } SS'_{ay} = 19.75$$

14) สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

Source	df	$SS'_y (\sum Y^2)$	$MS'_y = \frac{SS'}{df}$	$F = \frac{MS'_a}{MS'_w}$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$SS'_{ay} = 19.75$	$MS'_{ay} = 6.58$	1.98
Within groups	k(n-1)-1 4(50-1)-1 (4x49)-1 = 195	$SS'_{wy} = 649.33$	$MS'_{wy} = 3.33$	XXX
Total	N-2 200-2 = 198	$SS'_{ty} = 669.08$	XXX	

p .05 (.05 $F_{3, 195} = 2.65$)

ถ้า : ค่าไม่ F ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 รับสมมุติฐาน

$$H_0 : \mu Y_{Bk} = \mu Y_B = \mu Y_G = \mu Y_R$$

ไม่ต้อง Test of Comparison ต่อไปก็ได้

15) คำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted Criterion Mean)

$$\text{สูตร} \quad \bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

$$\text{เมื่อ} \quad \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} = \frac{86.74}{24.84} = 3.49$$

	Bk	B	G	R	ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_k	2.97	3.02	2.99	2.97	$\bar{X} = \frac{597.67}{200} = 2.99$
$\bar{X}_k - \bar{X}$	-0.02	0.03	0.00	-0.02	
\bar{Y}_k	15.74	15.90	16.38	15.44	$\bar{Y} = \frac{3,137}{200} = 15.69$
$\bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - 3.49(\bar{X}_k - \bar{X})$	15.81	15.80	16.38	15.51	

ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้วิธี T-Method ของ TUKEY ปรากฏผลดังนี้

ค่าสถิติ \bar{Y}'_k	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ที่ปรับแล้ว	$\frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย}|}{\sqrt{MS'_{wy}/n}}$
$\bar{Y}'_G = 16.38$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_R = 0.87$	3.35
$\bar{Y}'_{Bk} = 15.81$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_B = 0.58$	2.23
$\bar{Y}'_B = 15.80$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_{Bk} = 0.57$	2.19
$\bar{Y}'_R = 15.51$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_R = 0.30$	1.15
$MS'_{wy} = 3.33$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_R = 0.29$	1.12
$n = 50$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_B = 0.01$	0.04

$$q_{.95}(4, 195) = 3.63$$

จากตารางที่ 11 การทดลอง Bk, B, G และ R ครั้งที่ 4

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ax} และ SS_{wx}

$$TX = 148.35 + 151.23 + 149.54 + 148.55 = 597.67$$

$$TY = 816 + 821 + 851 + 784 = 3,272$$

$$n = 50$$

$$k = 4 \text{ กลุ่ม}$$

$$N = n.k = 200$$

$$1) \text{ } SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{TX^2}{N}$$

$$SS_{tx} = 446.02 + 463.71 + 454.24 + 447.01 - \frac{597.67^2}{200}$$

$$= 1,810.98 - 1,786.05$$

$$SS_{tx} = 24.93$$

$$2) \text{ } SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(TX_{Bk}^2 + TX_B^2 + TX_G^2 + TX_R^2)}{n} - \frac{TX^2}{N}$$

$$SS_{ax} = \frac{148.35^2}{50} + \frac{151.23^2}{50} + \frac{149.54^2}{50} + \frac{148.55^2}{50} - \frac{597.67^2}{200}$$

$$= 440.15 + 457.41 + 447.24 + 441.34 - 1,786.05$$

$$= 1,786.14 - 1,786.05$$

$$SS_{ax} = 0.09$$

$$3) SS_{\text{ภายในกลุ่ม}} = SS_{\text{ทั้งหมด}} - SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} SS_{wx} &= SS_{tx} - SS_{ax} \\ &= 24.93 - 0.09 \end{aligned}$$

$$SS_{wx} = 24.84$$

จากตาราง: หา SS_{ty} , SS_{ay} และ SS_{wy}

$$4) SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum Y_{ij}^2 - \frac{TY^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ty} &= 13,494 + 13,675 + 14,657 + 12,480 - \frac{(3,272)^2}{200} \\ &= 54,306 - 53,529.92 \end{aligned}$$

$$SS_{ty} = 776.08$$

$$5) SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(TY_{Bk}^2 + TY_B^2 + TY_G^2 + TY_R^2)}{n} - \frac{TY^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ay} &= \frac{816^2}{50} + \frac{821^2}{50} + \frac{851^2}{50} + \frac{784^2}{50} - \frac{3,272^2}{200} \\ &= 13,317.12 + 13,480.82 + 14,484.02 + 12,293.12 - 53,529.92 \\ &= 53,575.08 - 53,529.92 \end{aligned}$$

$$SS_{ay} = 45.16$$



$$6) SS_{\text{ภายในกลุ่ม}} = SS_{\text{ทั้งหมด}} - SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\begin{aligned} SS_{wy} &= SS_{ty} - SS_{ay} \\ &= 776.08 - 45.16 \end{aligned}$$

$$SS_{wy} = 730.92$$

จากตาราง: หาค่าผลบวกของผลคูณของส่วนเพียง เบน ($\sum XY$)

$$7) SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum (X_{ij} \times Y_{ij}) - \frac{(TX \times TY)}{N}$$

$$\begin{aligned} \sum XY_t &= 2,441.24 + 2,517.90 + 2,559.26 + 2,351.29 - \frac{597.67 \times 3,272}{200} \\ &= 9,869.69 - 9,777.88 \end{aligned}$$

$$\sum XY_t = 91.81$$

$$8) SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \sum (TX_j \times TY_j) / n - \frac{(TX \times TY)}{N}$$

$$\sum XY_a = \frac{148.35 \times 816}{50} = \frac{151.23 \times 821}{50} = \frac{149.54 \times 851}{50}$$

$$+ \frac{148.55 \times 784}{50} - \frac{597.67 \times 3,272}{200}$$

$$= 2,421.07 + 2,483.20 + 2,545.17 + 2,396.26 - 9,777.88$$

$$= 9,778.70 - 9,777.88$$

$$\sum XY_a = 0.82$$

$$9) \quad \sum XY_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \sum XY_{\text{ทั้งหมด}} - \sum XY_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\sum XY = \sum XY_t - \sum XY_a$$

$$= 91.81 - 0.82$$

$$XY_w = 90.99$$

10) สรุปผลสัมพัทธ์ 1) ถึง 9)

Source	df	SS_x ($\sum X^2$)	SS_y ($\sum Y^2$)	$\sum XY$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$\sum X_a^2$ $SS_{ax} = 0.09$	$\sum Y_a^2$ $SS_{ay} = 45.16$	$\sum XY_a = 0.82$
Within groups	(N-1) - (k-1) 199-3 = 196	$\sum X_w^2$ $SS_{wx} = 24.84$	$\sum Y_w^2$ $SS_{wy} = 730.92$	$XY_w = 90.99$
Total	(N-1) 200-1 = 199	$\sum X_t^2$ $SS_{tx} = 24.93$	$\sum Y_t^2$ $SS_{ty} = 776.08$	$\sum XY_t = 91.81$

หาค่าของส่วนที่เหลือ หรือส่วนที่ปรับปรุงแล้ว (Computation of Adjusted)

นั่นคือ หา $\sum Y^2$ หรือ SS'_y

$$SS'_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2}$$

11) ทั้งหมด "Total"

$$\begin{aligned} SS'_{ty} &= \sum Y_t^2 - \frac{(\sum XY_t)^2}{\sum X_t^2} \\ &= 776.08 - \frac{91.81^2}{24.93} \\ &= 776.08 - 338.11 \end{aligned}$$

$$Y_t^2 \text{ หรือ } SS'_{ty} = 437.97$$

12) ภายในกลุ่ม "Within Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{wy} &= \sum Y_w^2 - \frac{(\sum XY_w)^2}{\sum X_w^2} \\ &= 730.92 - \frac{90.99^2}{24.84} \\ &= 730.92 - 333.30 \\ &= 397.62 \end{aligned}$$

$$\sum Y_w^2 \text{ หรือ } SS'_{wy} = 397.62$$

13) ระหว่างกลุ่ม "Among Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{ay} &= SS'_{ty} - SS'_{wy} \text{ หรือ } \sum Y_t^2 - \sum Y_w^2 \\ &= 437.97 - 397.62 \end{aligned}$$

$$\sum Y_a^2 \text{ หรือ } SS'_{ay} = 40.35$$

14) สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

Source	df	SS'_y ($\sum Y^2$)	$MS'_y = \frac{SS'}{df}$	$F = \frac{MS'_a}{MS'_w}$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$SS'_{ay} = 40.35$	$MS'_{ay} = 13.45$	6.59*
Within groups	k(n-1)-1 4(50-1)-1 (4x49)-1 = 195	$SS'_{wy} = 397.62$	$MS'_{wy} = 2.04$	XXX
Total	N-2 200-2 = 198	$SS'_{ty} = 437.97$	XXX	

* p .05 (.05 $F_{3, 195} = 2.65$)

ถ้า : ค่า F มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ไม่รับสมมติฐาน

$$H_0 : \mu Y_{Bk} = \mu Y_B = \mu Y_G = \mu Y_R$$

ต้อง Test of Comparison ต่อไป

15) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted Criterion Mean)

$$\text{สูตร } \bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

$$\text{เมื่อ } \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} = \frac{90.99}{24.84} = 3.66$$

	Bk	B	G	R	ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_k	2.97	3.02	2.99	2.97	$\bar{X} = \frac{597.67}{200} = 2.99$
$\bar{X}_k - \bar{X}$	-0.02	0.03	0.00	-0.02	.
\bar{Y}_k	16.32	16.42	17.02	15.68	$\bar{Y} = \frac{3,272}{200} = 16.36$
$\bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - 3.66(\bar{X}_k - \bar{X})$	16.39	16.31	17.02	15.61	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 16) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้วิธี T - Method ของ TUKEY ปรากฏผลดังนี้

ค่าสถิติ \bar{Y}'_k	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ที่ปรับแล้ว	$\frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย}|}{\sqrt{MS'_{wy}/n}}$
$\bar{Y}'_G = 17.02$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_R = 1.41$	7.05*
$\bar{Y}'_{Bk} = 16.39$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_R = 0.78$	3.90*
$\bar{Y}'_B = 16.31$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_B = 0.71$	3.55
$\bar{Y}'_R = 15.61$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_R = 0.70$	3.50
$MS_{wy} = 2.04$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_{Bk} = 0.63$	3.15
$n = 50$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_B = 0.08$	0.40

* หมายเหตุสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $q_{.95}(4, 195) = 3.63$

จากตารางที่ 11 การทดลอง Bk, B, G และ R ครั้งที่ 5_{total}

จากตาราง: หา SS_{tx} , SS_{ax} และ SS_{wx}

$$TX = 148.35 + 151.23 + 149.54 + 148.55 = 597.67$$

$$TY = 3,059 + 3,109 + 3,169 + 2,971 = 12,308$$

$$n = 50$$

$$k = 4 \text{ กลุ่ม}$$

$$N = n.k = 200$$

$$1) \text{ } SS_{\text{ทั้งหมด}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{tx} &= 446.02 + 463.71 + 454.24 + 447.01 - \frac{597.67^2}{200} \\ &= 1,810.98 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{tx} = 24.93$$

$$2) \text{ } SS_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = (TX_{Bk}^2 + TX_B^2 + TX_G^2 + TX_R^2) / n - \frac{TX^2}{N}$$

$$\begin{aligned} SS_{ax} &= \frac{148.35^2}{50} + \frac{151.23^2}{50} + \frac{149.54^2}{50} + \frac{148.55^2}{50} + \frac{597.67^2}{200} \\ &= 440.15 + 457.41 + 447.24 + 441.34 - 1,786.05 \\ &= 1,786.14 - 1,786.05 \end{aligned}$$

$$SS_{ax} = 0.09$$

$$3) \text{ SS}_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\text{SS}_{\text{wx}} = \text{SS}_{\text{tx}} - \text{SS}_{\text{ax}}$$

$$= 24.93 - 0.09$$

$$\text{SS}_{\text{wx}} = 24.84$$

จากตาราง: หา SS_{ty} , SS_{ay} และ SS_{wy}

$$4) \text{ SS}_{\text{ทั้งหมด}} = \sum Y_{ij}^2 - \frac{\text{TY}^2}{N}$$

$$\text{SS}_{\text{ty}} = 190,711 + 196,773 + 204,281 + 179,829 - \frac{12,308^2}{200}$$

$$= 771,594 - 757,434.32$$

$$\text{SS}_{\text{ty}} = 14,159.68$$

$$5) \text{ SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \frac{(\text{TY}_{\text{Bk}}^2 + \text{TY}_{\text{B}}^2 + \text{TY}_{\text{G}}^2 + \text{TY}_{\text{R}}^2)/n}{N} - \frac{\text{TY}^2}{N}$$

$$\text{SS}_{\text{ay}} = \frac{3,059^2}{50} + \frac{3,109^2}{50} + \frac{3,169^2}{50} + \frac{2,971^2}{50} - \frac{12,308^2}{200}$$

$$= 187,149.62 + 193,317.62 + 200,851.22 + 176,536.82$$

$$- 757,434.32$$

$$= 757,855.28 - 757,434.32$$

$$\text{SS}_{\text{ay}} = 420.96$$

$$6) \text{ SS}_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \text{SS}_{\text{ทั้งหมด}} - \text{SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\text{SS}_{wy} = \text{SS}_{ty} - \text{SS}_{ay}$$

$$= 14,159.68 - 420.96$$

$$\text{SS}_{wy} = 13,738.72$$

จากตาราง: หาค่าผลรวมของผลคูณของส่วนเบี่ยงเบน ($\sum XY$)

$$7) \text{ SS}_{\text{ทั้งหมด}} = \sum (x_{ij} \times y_{ij}) - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\sum XY_t = 9,112.96 + 9,493.68 + 9,546.27 + 8,927.49 - \frac{597.67 \times 12,308}{200}$$

$$= 37,080.40 - 36,780.61$$

$$\sum XY_t = 299.79$$

$$8) \text{ SS}_{\text{ระหว่างกลุ่ม}} = \sum (\text{TX}_j \times \text{TY}_j) / n - \frac{(\text{TX} \times \text{TY})}{N}$$

$$\sum XY_a = \frac{148.35 \times 3,059}{50} + \frac{151.23 \times 3,109}{50} + \frac{149.54 \times 3,169}{50}$$

$$+ \frac{148.55 \times 2,971}{50} - \frac{597.67 \times 12,308}{200}$$

$$= 9,076.05 + 9,403.48 + 9,477.85 + 8,826.84 - 36,780.61$$

$$= 36,784.22 - 36,780.61$$

$$\sum XY_a = 3.61$$

$$9) \quad \sum XY_{\text{ภายในกลุ่ม}} = \sum XY_{\text{ทั้งหมด}} - \sum XY_{\text{ระหว่างกลุ่ม}}$$

$$\sum XY_w = \sum XY_t - \sum XY_a$$

$$= 299.75 - 3.61$$

$$\sum XY_w = 296.14$$

10) สรุปผลสำหรับข้อ 1) ถึง 9)

Source	df	SS_x ($\sum x^2$)	SS_y ($\sum y^2$)	$\sum XY$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$\sum x_a^2$ $SS_{ax} = 0.09$	$\sum y_a^2$ $SS_{ay} =$ 420.96	$\sum XY_a = 3.61$
Within groups	(N-1) - (k-1) 199-3 = 196	$\sum x_w^2$ $SS_{wx} = 24.84$	$\sum y_w^2$ $SS_{wy} =$ 13,738.72	$\sum XY_w = 296.14$
Total	(N-1) 200-1 = 199	$\sum x_t^2$ $SS_{tx} = 24.93$	$\sum y_t^2$ $SS_{ty} =$ 14,159.68	$\sum XX_t = 299.75$

หาค่าของส่วนที่เหลือ หรือส่วนที่ปรับปรุงแล้ว (Computation of Adjusted)

นั่นคือ หา $\sum Y'^2$ หรือ SS'_y

$$SS'_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2}$$

11) ทั้งหมด "Total"

$$\begin{aligned} SS'_{ty} &= \sum Y_t^2 - \frac{(\sum XY_t)^2}{\sum X_t^2} \\ &= 14,159.68 - \frac{299.79^2}{24.93} \\ &= 14,159.68 - 3,605.06 \end{aligned}$$

$$\sum Y_t'^2 \text{ หรือ } SS'_{ty} = 10,554.62$$

12) ภายในกลุ่ม "Within Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{wy} &= \sum Y_w^2 - \frac{(\sum XY_w)^2}{\sum X_w^2} \\ &= 13,738.72 - \frac{296.14^2}{24.84} \\ &= 13,738.72 - 3,530.55 \\ &= 10,208.17 \end{aligned}$$

$$\sum Y_w'^2 \text{ หรือ } SS'_{wy} = 10,208.17$$

13) ระหว่างกลุ่ม "Among Groups"

$$\begin{aligned} SS'_{ay} &= SS'_{ty} - SS'_{wy} \text{ หรือ } \sum Y_t^2 - \sum Y_w^2 \\ &= 10,554.62 - 10,208.17 \end{aligned}$$

$$\sum Y_a^2 \text{ หรือ } SS'_{ay} = 346.45$$

14) สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

Source	df	SS'_y ($\sum Y^2$)	$MS'_y = \frac{SS'}{df}$	$F = \frac{MS'_a}{MS'_w}$
Among groups	(k-1) 4-1 = 3	$SS'_{ay} = 346.45$	$MS'_{ay} = 115.48$	2.21
Within groups	k(n-1)-1 4(50-1)-1 (4x49)-1 = 195	$SS'_{wy} = 10,208.17$	$MS'_{wy} = 52.35$	XXX
Total	N-2 200-2 = 198	$SS'_{ty} = 10,554.62$	XXX	

$$p \quad .05 \quad (.05 F_{3, 195} = 2.65)$$

ถ้า : ค่า F ไม่น้อยสำคัญที่ระดับ .05 รับสมมติฐาน

$$H_0 : \mu_{Y_{Bk}} = \mu_{Y_B} = \mu_{Y_G} = \mu_{Y_R}$$

ไม่ต้อง Test of Comparison ต่อไปก็ได้

15) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted Criterion Mean)

$$\text{สูตร} \quad \bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} (\bar{X}_k - \bar{X})$$

$$\text{เมื่อ} \quad \frac{\sum XY_w}{\sum X_w^2} = \frac{296.14}{24.84} = 11.92$$

	Bk	B	G	R	ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_k	2.97	3.02	2.99	2.97	$\bar{X} = \frac{597.67}{200}$ = 2.99
$\bar{X}_k - \bar{X}$	-0.02	0.03	0.00	-0.02	
\bar{Y}_k	61.18	62.18	63.38	59.42	$\bar{Y} = \frac{12,308}{200}$ = 61.54
$\bar{Y}'_k = \bar{Y}_k - 11.92(\bar{X}_k - \bar{X})$	61.42	61.82	63.38	59.66	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้วิธี T - Method ของ TUKEY ปรากฏผลดังนี้

ค่าสถิติ \bar{Y}'_k	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ที่ปรับแล้ว	$\frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย}|}{\sqrt{MS'_{wy}/n}}$
$\bar{Y}'_G = 63.38$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_R = 3.72$	3.65*
$\bar{Y}'_B = 61.82$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_R = 2.16$	2.12
$\bar{Y}'_{Bk} = 61.42$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_k = 1.96$	1.92
$\bar{Y}'_R = 59.66$	$\bar{Y}'_{Bk} - \bar{Y}'_R = 1.76$	1.73
$MS'_{wy} = 52.35$	$\bar{Y}'_G - \bar{Y}'_B = 1.56$	1.53
$n = 50$	$\bar{Y}'_B - \bar{Y}'_{Bk} = 0.40$	0.39

* 临界ค่าทางสถิติที่ระดับ .05, $q_{.95}(4, 195) = 3.63$



ภาคผนวก ข .

เครื่องมือและแบบทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้เบื้องต้นของช่างประปา

ตอนที่ 1

ทอระบายน้ำเหล็กหล่อและข้อต่อ

(CAST IRON SOIL PIPE AND FITTINGS)

การประปาและสุขภัณฑ์

ความหมายของการประปาเพื่อใช้ในการเกษตร โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ โรงผลิตก๊าซหุงต้ม โรงงานอุตสาหกรรมการเกษตร ตลอดจนสุขภัณฑ์ภายในบ้านเรือน มีความหมายที่กว้างและคลุมไปถึงท่อนิตต่าง ๆ เครื่องสุขภัณฑ์ และวัสดุอุปกรณ์ หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยในการนำเอาน้ำหรือของเหลวและแก๊สจากแหล่งของเทศบาล สุขาภิบาล หรือแหล่งอื่นใดก็ตามนำเข้ามาในอาคารตามจุดต่าง ๆ ที่พร้อมจะใช้ได้ทันที และรวมทั้งการนำเอาน้ำหรือของเหลวที่ใช้แล้วออกไปทิ้งน้ำหรือของเหลวที่กล่าวรวมมาในที่นี้คือ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำร้อน แก๊สเพื่อใช้ในการให้ความร้อนและแสงสว่าง นอกจากนี้ยังมีท่อน้ำและน้ำเย็นที่ใช้ดื่มรวมเข้าด้วยกัน งานของช่างประปาและสุขภัณฑ์เป็นงานที่รวมงานด้านอื่น ๆ เช่น ศิลปะการค้ำขายหรือธุรกิจ การออกแบบ การก่อสร้าง การแก้ไขซ่อมแซม

จุดมุ่งหมายของการประปาและสุขภัณฑ์ การประปาและสุขภัณฑ์ตั้งอยู่ภายในอาคารเพื่อความสะอาดสุขภาพ เพื่อการมีพละนามัยและสุขภาพสมบูรณ์ ท่อส่งจ่ายนั้นคือท่อน้ำหรือแก๊สหรือน้ำโสโครกที่ใช้แล้ว เข้าหรือออกจากอาคารตามต้องการ ซึ่งต้นสายของท่อเหล่านี้อาจจะได้มาจากของส่วนบุคคลหรือของสาธารณะก็ได้

การประปาและสุขภัณฑ์ อาจเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ประกอบอาคารให้สวยงาม นำอยู่อาจจะพูดได้ว่าการประปาและสุขภัณฑ์ที่ดี เป็นส่วนแสดงถึงความมีรสนิยม ความเป็นอยู่อย่างผาสุก และเป็นสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ เกิดความภูมิใจแก่เจ้าของบ้าน นอกจากนั้นยังเป็นสิ่งจำเป็นต่อบ้านเช่า อาคารร้านค้าหรือตึกใหญ่ ๆ อาจสรุปสั้น ๆ ได้ว่า "การประปาที่ดีเป็นความปรารถนาของชาวโลก" "Good plumbing is prized and appreciated around the world"

ท่อระบายน้ำเหล็กหล่อและข้อต่อ
(CAST IRON SOIL PIPE AND FITTINGS)

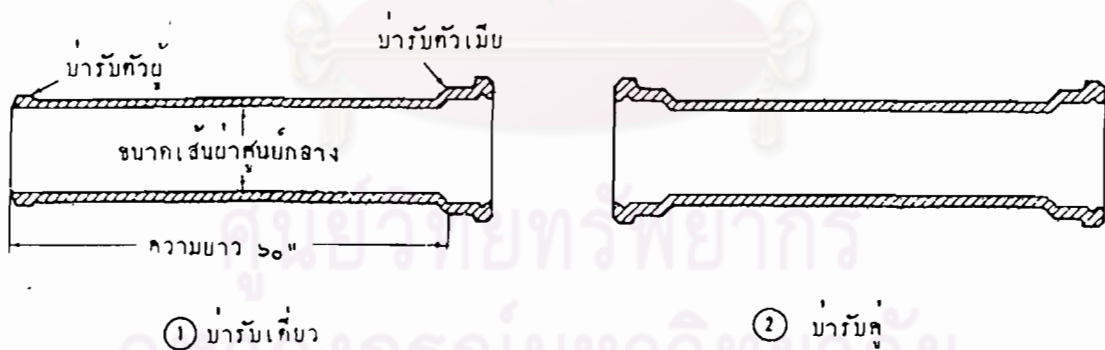
ท่อน้ำโสโครกเหล็กหล่อ

1. หน้าที่และการใช้ ส่วนมากใช้ในการต่อเป็นท่อระบายน้ำทั้ง ระบายอากาศและตลอดจนถึงท่อล้วม ท่อเหล่านี้รวมเรียกว่า "ท่อโสโครก" ในตลาดการค้าของท่อเหล็กหล่อ โดยทั่วไป จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- ก. ชนิดบาง ใช้ในการต่อท่อระบายน้ำหรือน้ำทิ้งในอาคารทั่ว ๆ ไป
- ข. ชนิดหนา ใช้ในการต่อท่อระบายน้ำที่ต่อใต้พื้นถนนหรือบริเวณพื้นดินที่รับน้ำหนัก

กต หรือสั้นสะเทือนมาก

2. ขนาด ท่อระบายน้ำเหล็กหล่อมีโดยมากผลิตออกมาในขนาดเล็กที่สุด คือ 2 นิ้ว (ความโตภายใน) แต่ขนาดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ ขนาด 3" และ 4" มีทั้งชนิดบ่ารับเดี่ยว (Single Hub) และชนิดบ่ารับคู่ (Double Hub) ชนิดบ่ารับเดี่ยวจะมีด้านหนึ่งเป็นบ่ารับตัวเมีย (Hub) และอีกด้านหนึ่งเป็นบ่ารับตัวผู้ (Spigot) เพื่อสวมในบ่ารับตัวเมียเมื่อต่อเข้าด้วยกัน



① บ่ารับเดี่ยว

② บ่ารับคู่

รูปที่ 1 ท่อระบายน้ำเหล็กหล่อ

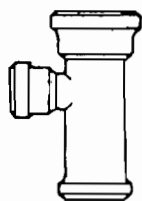
3. การระวังรักษา การเก็บควรวางซ้อนท่อน้ำให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันการกลิ้งตกของท่อ เพราะเหล็กหล่อมีลักษณะเปราะและแตกง่ายเมื่อถูกกระทบแรง ๆ และคุณสมบัติของท่อเหล็กหล่อ ที่ควรระวังอีกประการหนึ่ง คือ การเกิดสนิมของเนื้อเหล็กอันจะทำให้ท่อสึกกร่อนได้ง่าย

ข้อต่อสามทาง (T's หรือ T-branches) ชนิดต่าง ๆ

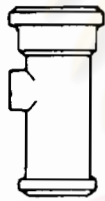
ข้อต่อสามทางนี้ผลิตออกมาหลายชนิดด้วยกัน ตามความเหมาะสมและสภาพของงานที่ใช้ เช่น ข้อต่อสามทางโค้ง (Sanitary T), ข้อต่อสามทางชนิดมีเกลียว (Tapped Sanitary T) ซึ่งใช้สำหรับการต่อรวมกับท่อเหล็กชนิดต่อด้วยการขันเกลียว

ก. สามทางตรง (Straight T)

สามทางตรง ชื่อของข้อต่อชนิดนี้ได้บอกถึงลักษณะของมันเองแล้ว คือ จะแยกจากข้อต่อตรงออกมาเป็นมุม 90° ประโยชน์ของข้อต่อชนิดนี้ก็คือ ใช้ในการต่อแยกท่อออกเป็นสามทางโค้ง โดยทำมุมจากแนวท่อเดิม 90° เหมาะสำหรับใช้ในการต่อแยกท่อที่อยู่ในแนวนอนทั้งสามทาง ส่วนขนาดมีทั้งขนาดปกติ และขนาดของท่อลด เพื่อไม่ให้เป็นการสับสนในการเรียกชื่อของข้อต่อชนิด



สามทางทรงกลม



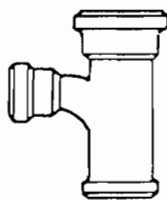
สามทางลวกเกลียว

ต่าง ๆ ซึ่งเรียกไปตามขนาดของท่อที่ต่อแยก เช่น สมมุติว่า ท่อขนาด 4" ต้องการต่อแยกออกเป็นมุมฉาก ทั้งสามด้าน เรียกว่าสามทาง 4" สามทาง 6" เป็นต้น แต่ถ้าท่อที่จะต่อแยกด้านใดด้านหนึ่ง เล็กลงไปก็เรียก สามทาง 4" ลง 2" หรือ 6" ลง 4" เป็นต้น

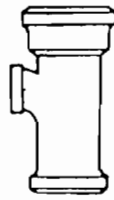
รูปที่ 2 สามทางตรง

ข. สามทางโค้ง (Sanitary T)

สามทางโค้ง ลักษณะของข้อต่อชนิดนี้คล้ายกันกับข้อต่อสามทางตรง แต่แนวที่ต่อทางด้านข้างของท่อโค้งและลาดเอียงลงสู่แนวตั้ง ทั้งเพื่อให้หน้าไหลจากแนวนอนลงสู่แนวตั้งดีขึ้น ดังนั้น ข้อต่อชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับการต่อท่อน้ำแนวนอนลงรวมกับท่อแนวตั้ง ส่วนขนาดคล้ายกันกับข้อต่อสามทางตรง



สามทางโค้งเล็ก



สามทางโค้งเกี้ยววลก



ข้อต่อทรวงจรอบ

รูปที่ 3 สามทางโค้ง

ข้อต่อสามทางวาย (Y Branches)

ชนิดและการใช้ ข้อต่อสามทางวายใช้ในการต่อรวมท่อน้ำโสโครกแนวตั้งสองท่อรวมกันเป็นท่อเดียว ข้อต่อชนิดนี้ออกแบบไว้เพื่อให้หน้าตัดไหลลงสู่ท่อเดียวอย่างสะดวกกว่า และเร็วกว่า ข้อต่อแบบสามทางตรงหรือสามทางโค้ง ส่วนมากข้อต่อสามทางวายผลิตออกใช้มี 2 ชนิด คือ ชนิดทำมุม 45° และ 90°

ก. สามทางวาย 45° (45° Y Branches)

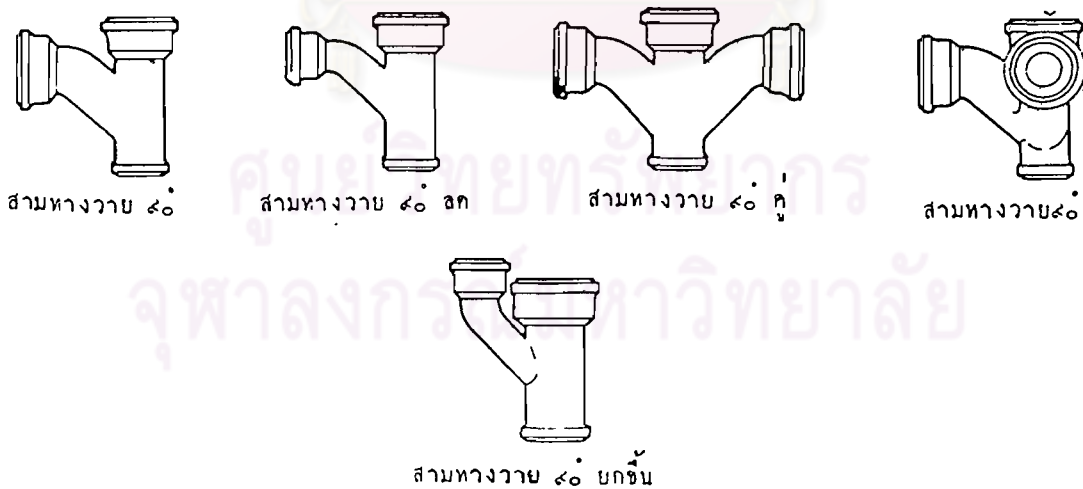
สามทางวาย 45° จะเรียกอย่างง่าย ๆ ว่า "ข้อต่อสามทางวาย" ก็ได้ โดยส่วนที่ต่อแยกของข้อต่อชนิดนี้จะทำมุม 45° กับแนวตรงของท่อ และท่อที่ต่อแยกอาจจะมีขนาดเดียวกันหรือขนาดลดให้เล็กกว่าก็ได้ แต่ถ้าขนาดของข้อต่อแยกเล็กกว่าก็เรียกว่า "ข้อต่อสามทางวายลด" ตามขนาดของข้อต่อนั้น ๆ



รูปที่ 4 ข้อต่อท่อเหล็กหล่อสามทางวาย 45°

ข. สามทางวาย 90° (90° Y Branches)

สามทางวาย 90° ข้อต่อชนิดนี้อาจจะเรียกสับสนกับข้อต่อชนิดสามทางโค้ง (Sanitary T) เพราะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก จะต้องสังเกตและจดจำลักษณะของแต่ละชนิดให้ดีเสียก่อน ส่วนที่จะแสดงให้เห็นข้อแตกต่างง่าย ๆ ก็คือ ข้อต่อสามทางโค้ง จะโค้งเป็นรัศมีทันทีที่แยกออก แต่สามทางวาย 90° ข้อต่อแยกจะพุ่งตรงไปเล็กน้อยก่อน แล้วจึงโค้งงอทำมุม 90° กับข้อต่อ ดังภาพแสดง

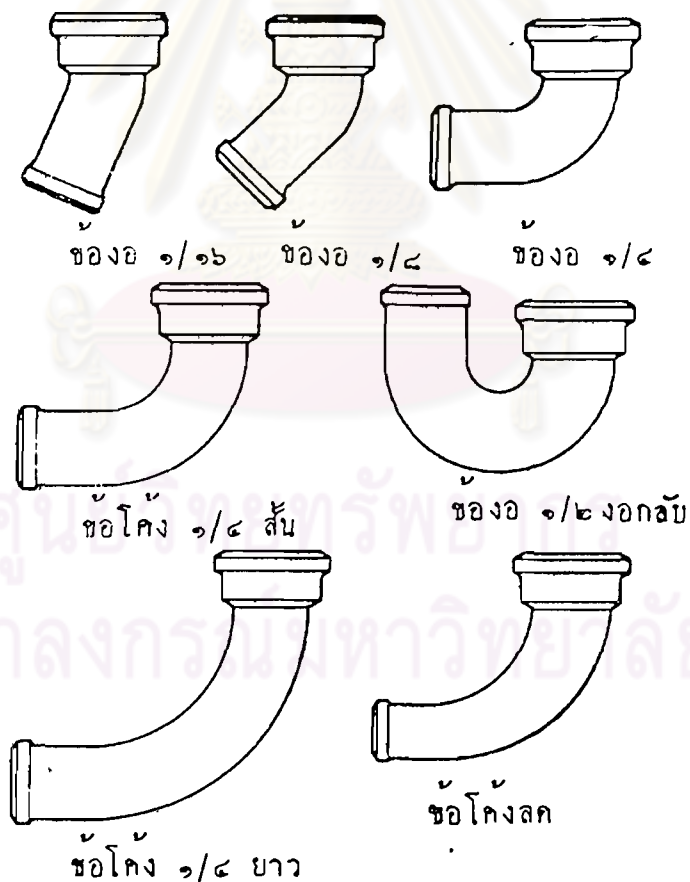


รูปที่ 5 ข้อต่อท่อเหล็กหล่อสามทางวาย 90°

ข้อต่อข้องอ (Bends)

ก. การใช้และการคำนวณค่าแนวข้อ ข้อต่อข้องอใช้ในการเปลี่ยนหรือเหทางเดินของท่อ เราคำนวณค่าแนวข้อต่าง ๆ ตามจำนวนองศาของการหักงอของข้อต่อ

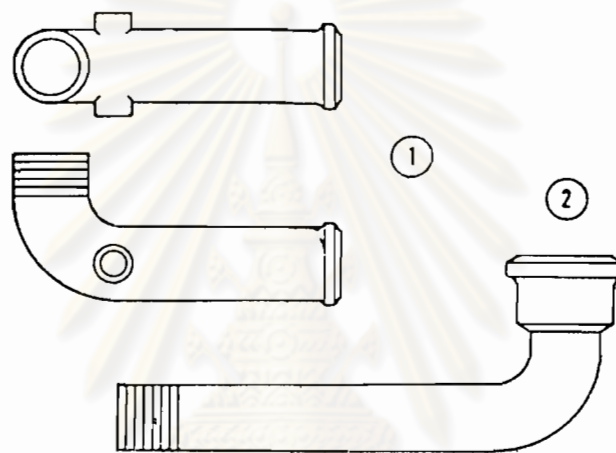
ข. องศาของการหักงอ ข้องอต่าง ๆ มีดังนี้ คือ ข้องอ $\frac{1}{16}$ หรือ $22\frac{1}{2}$ ข้องอ $\frac{1}{8}$ หรือ 45° , ข้องอ $\frac{1}{6}$ หรือ 60° , ข้องอ $\frac{1}{5}$ หรือ 72° , ข้องอ $\frac{1}{4}$ หรือ 90° ข้องอ $\frac{1}{2}$ หรือ 180° ชนิดนี้อาจจะเรียกว่าข้องอหักกลับก็ได้ ข้อต่อข้องออาจจะมีทั้งชนิดบ่ารับคู่หรือเดี่ยว นอกจากนี้ยังมีข้อต่อข้องออีกแบบหนึ่ง ซึ่งออกแบบให้รัศมีของข้อต่อให้โค้งยาวมากกว่าข้องอเราเรียกข้อต่อนี้ใหม่ว่า "ข้อโค้ง" ออกแบบไว้เพื่อให้การไหลของน้ำในท่อไหลได้สะดวกยิ่งขึ้น เพราะมีแรงกระแทกหรือย้อนกลับน้อยกว่าข้องอ



รูปที่ 6 ข้องอท่อเหล็กหล่อ

ง. ข้องท่อล่วม (Closet Bends)

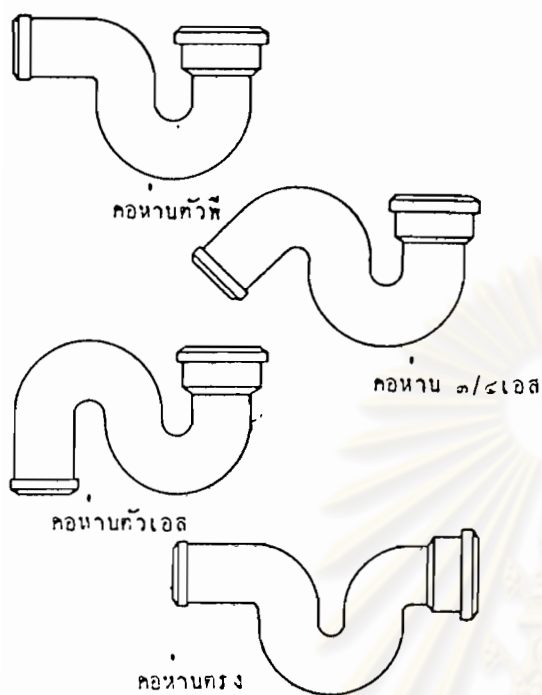
ข้องท่อล่วม เป็นข้อต่อพิเศษที่ปลายด้านหนึ่งของข้อต่อต่อเข้ากับท่อโบลโครก และด้านข้างของข้องอนี้จะมีช่องสำหรับต่อท่อระบายอากาศออกไปข้างเดียว หรือสองข้าง ช่องที่เจาะทางด้านข้างนี้อาจจะทำเกลียวไว้หรือไม่มี หรืออาจจะเป็นชนิดบ่ารับตัวเมียหรือตัวผู้ก็ได้ โดยเลือกไปให้เหมาะสมกับท่อหรือเครื่องลู่อื่นๆ นั้น ๆ



รูปที่ 7 ข้องท่อเหล็กหล่อท่อล่วม

ข้อต่อคอห่าน (Traps)

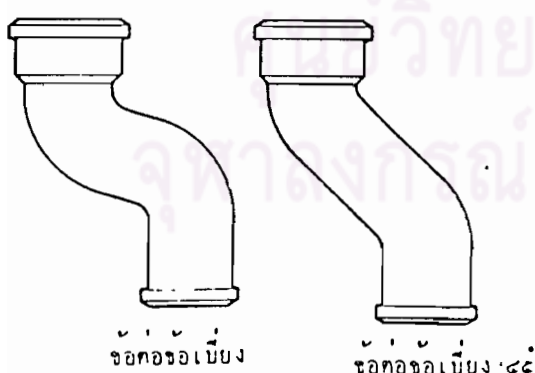
คอห่านเป็นข้อต่อที่ทำไว้เพื่อกักน้ำให้ยังอยู่ภายในข้อต่อ น้ำส่วนที่ตกค้างอยู่นี้เรียกว่า "ซีล" (Seal) ซึ่งทำหน้าที่ปิดกั้นแก๊สหรือกลิ่นเหม็นที่อยู่ภายในถังโบลโครกไม่ให้ระเหยออกมาภายในอาคารได้มีทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกันคือ "คอห่านพี" (P-Trap) บางทีเรียกว่า ($\frac{1}{2}$ S) คอห่าน $\frac{3}{4}$ เอล ($\frac{3}{4}$ S Trap), คอห่านเอล (S-Trap) และคอห่านตรง (Running Trap)



รูปที่ 8 คอห่านท่อเหล็กหล่อ

คอห่านพี (P-Trap) เป็นชนิดที่นิยมใช้โดยทั่วไป โดยใช้ต่อส่งน้ำทิ้งจากแนวตั้งออกสู่แนวนอน คอห่าน $\frac{3}{4}$ เอลส์ ทำมุมจากแนวตั้งลงสู่แนวตั้งในมุม 45° คอห่านเอลส์ (S-Trap) ทำหน้าที่เก็บน้ำจากแนวตั้งลงสู่แนวตั้งเช่นกัน และคอห่านตรง (Running Trap) เก็บน้ำจากแนวนอนไปสู่แนวนอน

ข้อต่อชนิดอื่น ๆ
ยังมีข้อต่อท่อโลหะโครกชนิดอื่นอีกมาก เช่น



ก. ข้อเบี่ยง (Offsets) ใช้ในการเบี่ยงท่อเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง หรือต้องการให้แนวของท่อเบนชิดกับผนังยิ่งขึ้น

รูปที่ 9 ข้อต่อข้อเบี่ยง

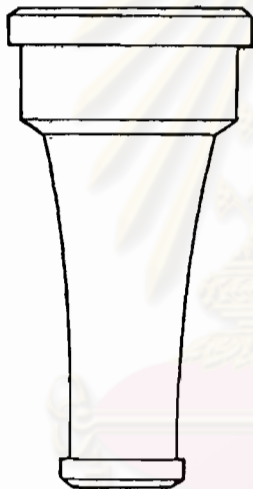
รูปที่ 10 ข้อต่อกากบาท



ข. ข้อต่อกากบาท (Crosses)

ใช้สำหรับต่อท่อสองสาย ทั้งแนวตั้ง และแนวนอนให้มารวมกัน

รูปที่ 11 ข้อต่อข้อเพิ่ม

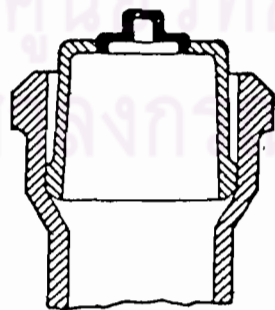


ค. ข้อต่อข้อเพิ่ม (Increaser) ใช้

ในการต่อท่อที่ต้องการให้มีขนาด

ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมในแนวตรงหรือจะ

ใช้เป็นตอนปลายของท่อระบายอากาศ บนหลังคาก็ได้



ง. หัวถอดทำความสะอาด (Clean Out Plug) เป็นข้อต่อที่ต่อเข้ากับ

กับท่อน้ำทิ้ง หรือน้ำโสโครก เพื่อ

สามารถเปิดลูกออกทำความสะอาด

ภายในท่อได้ มักต่อไว้ในบริเวณที่

เข้าใจว่ามักมีการอุดตันเสมอ เช่น

ตามข้องอ ข้อเปียง หรือสามทาง

เป็นต้น

รูปที่ 12 ลูกถอดทำความสะอาด

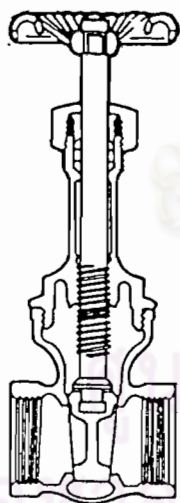
ประตุน้ำ ก๊อกน้ำ และคอห่าน
(VALVES FAUCETS AND TRAPS)

ประตุน้ำ (Valves)

ก. คำจำกัดความ ประตุน้ำในความหมายของช่างประปาก็คือ ส่วนประกอบที่ติดตั้งอยู่กับท่อ (ท่อน้ำ ใอน้ำ แก๊ส หรือลม) เพื่อการปิดกั้นหรือเปิด ใหน้าไหลไปในทิศทางเดียวกัน หรือควบคุมการไหลของน้ำให้มากน้อยตามต้องการ ประตุน้ำทั่วไปทำด้วยทองเหลือง

ข. ชนิดต่าง ๆ ประตุน้ำมีหลายแบบด้วยกัน คือ

1. ประตุน้ำแบบ "เกทวาว" (Gate Valve)

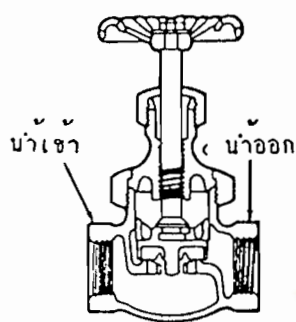


ประตุน้ำแบบ เกทวาว ภายในมีลิ้นทองเหลืองเลื่อนลง ปิดแนบสนิทกับร่องของมันเมื่อประตุน้ำอยู่ในสภาวะปิด และจะ ใหน้าไหลผ่านได้เต็มที่เมื่อลิ้นเลื่อนขึ้นสุด เหมาะสำหรับการ ต่อท่อที่มีกำลังดันของน้ำภายในท่ออ่อน เพราะไม่เป็นตัวลดหรือ ปิดกั้นแรงดันของน้ำ

รูปที่ 13 เกทวาว



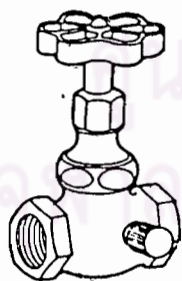
2. ประตูน้ำแบบ " โกลีบบาว" (Globe Valve)



รูปที่ 14 โกลีบบาว

โกลีบบาวมีรูปร่างภายนอกคล้ายกับแบบเกทวาว แต่กีดกันให้ไหลววนขึ้นลงไปมา ซึ่งเป็นการลดแรงดันของน้ำให้ต่ำลง โดยการให้น้ำไหลเปลี่ยนทิศทางไปมา โดยมีลิ้นปิดกั้นน้ำอยู่ตอนกลางของประตูน้ำ และมีแกนคอยกดให้หน้าจานปิดสนิท ประตูน้ำแบบโกลีบบาวนี้ ใช้ในการปรับหรือลดการไหลของน้ำให้ช้าลง ลิ้นที่ปิดเปิดของโกลีบบาวนี้อาจจะเป็นชนิดที่ทำด้วยโลหะ หรือไฟเบอร์กลาสก็ได้ แต่ถ้าเป็นไฟเบอร์ไม่เหมาะสำหรับการติดตั้งกับท่อไอน้ำ ควรใช้ลิ้นชนิดที่เป็นโลหะจะทนทานกว่า ข้อสำคัญในการต่อประตูน้ำแบบ " โกลีบบาว" นี้ ควรต่อให้ถูกทิศทางเข้าออกของน้ำ เพราะถ้าหากทิศทางกลับกันจะทำให้เกิดการรั่วซึมได้

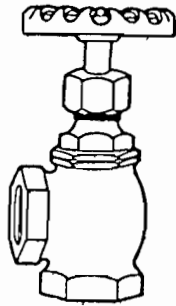
3. ประตูน้ำแบบ " สตอปแอนด์เวสท์ค็อก" (Stop and Waste Cock)



รูปที่ 15 ประตูน้ำ
แบบที่มีรู
ระบายน้ำ
ข้าง

ประตูน้ำแบบ สตอปแอนด์เวสท์ค็อก แบบนี้ส่วนมากไม่ค่อยได้ใช้กันในประเทศร้อนเช่นประเทศเรา เพราะประตูน้ำแบบนี้ทำหน้าที่พิเศษกว่าประตูน้ำแบบธรรมดาเล็กน้อย ซึ่ง สตอปค็อก" มีรูปร่างคล้ายกับแบบ " โกลีบบาว" แต่ผิดกันตรงที่ด้านล่างของประตูน้ำมีปุ่มสำหรับหมุนเพื่อโยนน้ำที่ตกค้างอยู่ภายในท่อ (เมื่อปิดประตูน้ำแล้ว) ออกทิ้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันน้ำที่ตกค้างอยู่ในท่อแข็งตัวจนเป็นน้ำแข็ง เมื่อไม่ใช้นาน ๆ เช่น ตอนกลางคืนในฤดูหนาวน้ำที่ตกค้างอยู่ภายในท่อไม่มีโอกาสหมุนเวียนจะ สับกันเป็นก้อนแข็ง

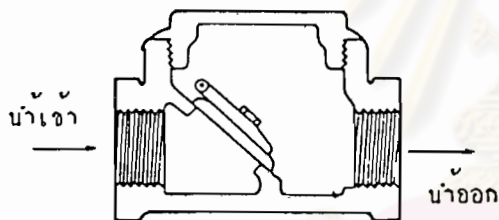
4. ประตุน้ำฉากหรือแบบ "แองเกิล" (Angle Valve)



รูปที่ 16 แองเกิลวาว

ประตุน้ำแบบ แองเกิลวาว เป็นประตุน้ำแบบโกลีบวาว แต่มีทางน้ำออกและเข้าทำมุมกัน ในมุม 90° ใช้ในการควบคุมการไหลและเปลี่ยนทิศทางของการไหลของน้ำ

5. ประตุน้ำแบบ "เชควาว" (Check Valve)



รูปที่ 17 ลวริงเชควาว

ประตุน้ำแบบ เชควาว ประตุน้ำชนิดนี้ปิดกั้นน้ำให้ไหลได้ในทางเดียว การทำงานของประตุน้ำแบบนี้เป็นไปโดยอัตโนมัติคือน้ำจะไหลผ่านประตุน้ำไปได้ในทิศทางที่ต้องการให้น้ำไหลเข้า แต่ถ้าหากมีแรงดันของน้ำไหลย้อนกลับคืนที่อยู่ภายในจะปิดกั้นทันที

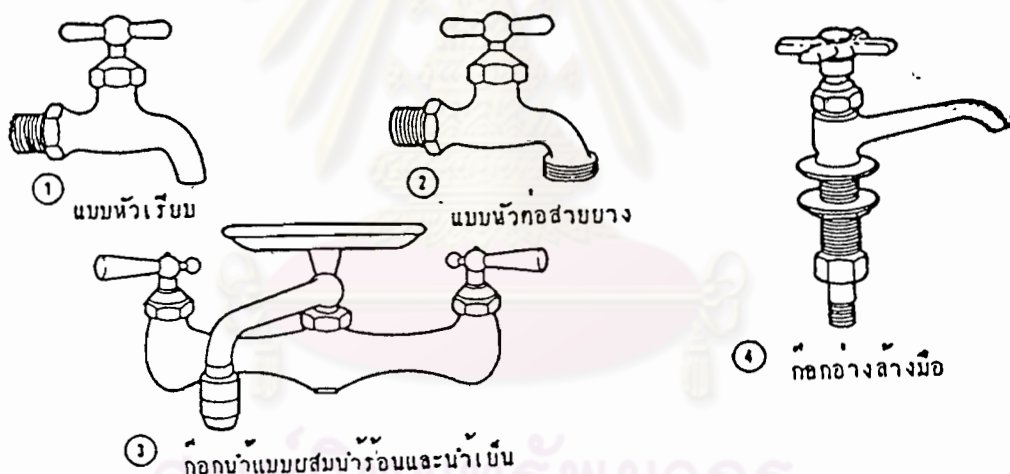
6. ประตุน้ำแบบอื่น ๆ คือ

แบบลดแรงดันของน้ำ และแบบควบคุมแรงกดดันและอุณหภูมิของน้ำ (ใช้กับเครื่องทำน้ำร้อน)

ก๊อกน้ำ (Faucets)

ก. คำจำกัดความ ก๊อกน้ำคือข้อต่อชนิดหนึ่งที่ควบคุมการไหลของน้ำที่แตกปลายของท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ส่วนประกอบและการทำงานของก๊อกน้ำคล้ายกันกับประตุน้ำแบบโกลีบวาว คือ มีลิ้นปิดเปิดที่กดแน่น อยู่ที่แกนกลางภายในตัวก๊อก ส่วนมากทำด้วยทองเหลืองแล้วชุบด้วยโครเมียม

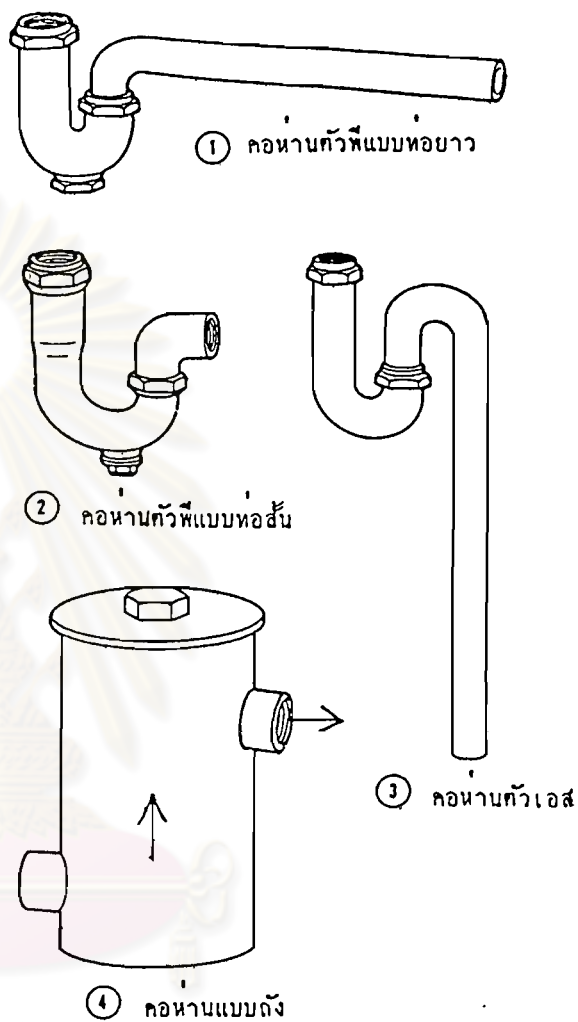
ข. ชนิดต่าง ๆ ก๊อกน้ำมีหลายชนิดด้วยกัน ที่ใช้กันโดยทั่วไป มีแบบปลายมีเกลียวเพื่อต่อสายยาง และแบบหัวเรียบ แบบผสม (ผสมน้ำร้อนและน้ำเย็น) และแบบที่ใช้กับอ่างล้างมือแบบกดแล้วปิดเอง



รูปที่ 18 ก๊อกน้ำชนิดต่าง ๆ

คอห่าน (Traps)

คอห่านที่ใช้กับท่อชนิดที่ต่อโดยการทำเกลียวนั้นลักษณะทั่ว ๆ ไป แล้วคล้ายกันกับคอห่านของท่อเหล็กหล่อ และมีประโยชน์เช่นเดียวกัน คอห่านแบบที่ใช้กันมาก คือ แบบ "คอห่านพี" คอห่านเอส ส่วนมากทำด้วยเครื่องทองเหลืองชุบโครเมียม บางชนิดทำด้วยตะกั่ว ทุกชนิดมีจุดถอดทำความสะอาดที่ด้านล่างของคอห่านได้นอกจากนี้ยังมีคอห่านอีกแบบหนึ่ง ซึ่งตามปกติมักใช้กับอ่างอาบน้ำและฝักบัวแถว เรียก "คอห่านถัง" (Drum trap)



รูปที่ 19 คอห่านท่อเหล็กชนิดต่าง ๆ

ตอนที่ 2

ท่อเหล็ก ท่อเหล็กกล้าและข้อต่อ

(IRON AND STEEL AND FITTING)

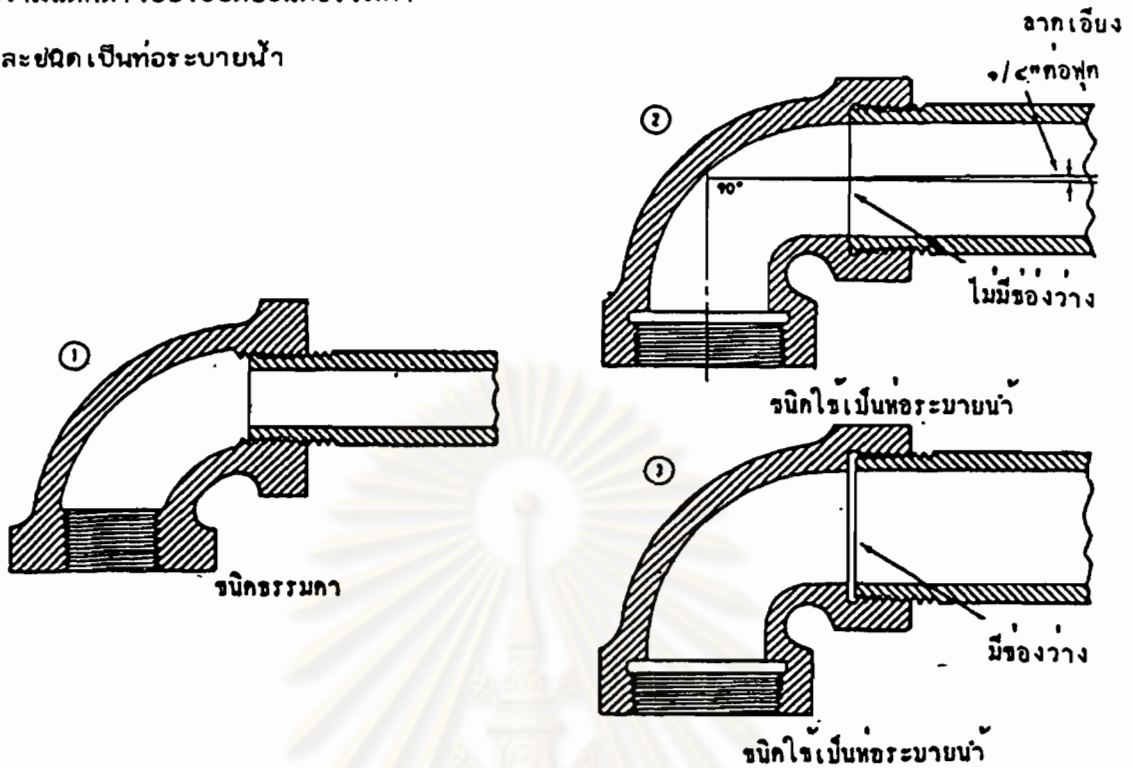
ท่อเหล็กอ่อนและท่อเหล็กกล้า (Wrought Iron and Steel Pipe)

ท่อเหล็กอ่อนและท่อเหล็กกล้าที่ใช้สำหรับต่อเป็นท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ท่อไอน้ำและเป็นท่อทำความอบอุ่นภายในบ้านด้วยระบบของน้ำร้อน ท่อแก๊ส ท่อลม ท่อระบายน้ำ และท่อระบายอากาศ แต่ทั้งเหล็กอ่อนและเหล็กกล้ามี ส่วนมากเรียกว่า "ท่อเหล็ก" ทั้งสิ้น ท่อส่วนมากที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเป็นท่อเหล็กธรรมดา มีทั้งชนิดดำ เรียก "ท่อเหล็กดำ" (ไม่อบสังกะสี) และชนิดที่ฉาบสังกะสีกันสนิมเอาไว้ เรียก "ท่อแป้น้ำ" มีความยาวประมาณ 21 ฟุต (6 เมตร) มีทั้งชนิดทำเกลียวและยังไม่มีทำเกลียว สำหรับขนาด (เรียกตามความโตด้านใน) มีตั้งแต่ขนาด $\frac{1}{8}$ " ขึ้นไป และทุก ๆ ขนาดโรงงานมักจะผลิตให้มีความหนา 3 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดธรรมดา หนา และหนาพิเศษ แต่ชนิดธรรมดาเป็นชนิดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ท่อเหล็กนี้ง่ายต่อการกัดกร่อนของสนิม ดังนั้น การติดตั้งหรือการเก็บรักษา ควรอยู่ในสถานที่แห้งไม่ชื้นแฉะ หรือเริ่มจากกรดและด่าง

ข้อต่อท่อเหล็ก (Iron Pipe Steel Fitting)

ข้อต่อของท่อเหล็กและเหล็กกล้ามี ส่วนมากทำมาจากเหล็กหล่อ แต่ผ่านกรรมวิธีพิเศษกว่าเหล็กหล่อธรรมดา จึงไม่แตกง่ายเช่นเหล็กหล่อทั่วไป ข้อต่อท่อเหล็กนี้โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดธรรมดาสำหรับท่อที่ต่อเป็นท่อน้ำหรือสิ่งอื่น ๆ ที่มีกำลังดันภายในท่อ เช่น ท่อน้ำประปา ท่อลม และแก๊ส และอีกชนิดหนึ่งใช้สำหรับเป็นท่อระบายน้ำ น้ำไหลออกเอง จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำโดยไม่ต้องมีแรงผลักดัน ข้อแตกต่างของข้อต่อ 2 ชนิดนี้ คือ ชนิดที่ใช้เป็นท่อระบายน้ำท่อที่ต่อกับข้อต่อชนิดนี้จะมีความลาดเอียงลงไปจากแนวเดิมประมาณ 2" หรือ $\frac{1}{4}$ " ต่อฟุต โดยอัตโนมัติ ดังนั้นความลาดเอียงของท่อน้ำนี้ จะทำให้น้ำที่อยู่ภายในท่อมีโอกาสที่จะไหลลงได้สะดวกและเร็วกว่าใช้ข้อต่อชนิดธรรมดา

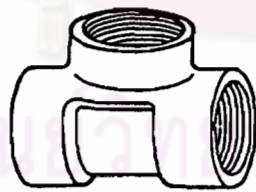
ความแตกต่างของข้อต่อชนิดธรรมดา
และชนิดเป็นท่อระบายน้ำ



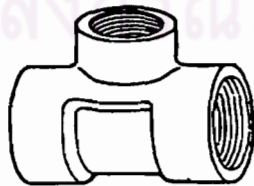
รูปที่ 1 ข้อต่อท่อเหล็ก

ข้อต่อท่อเหล็กชนิดสามทาง T's (Tees)

สามทาง



สามทางลด

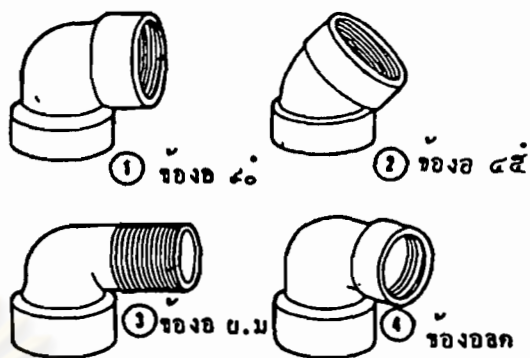


ข้อต่อสามทางมีหลายชนิดและหลายขนาด แต่ประโยชน์ที่ใช้ก็คือต่อแยกออกจากท่อเมน ออกเป็นสามทางในมุม 90° มีทั้งชนิดปกติ คือ โตเท่ากันทั้งหมดสามทาง เรียกข้อต่อสามทาง 1" 2" และ 2 1/2" ตามขนาดของท่อ แต่ถ้าหากสามทางมีขนาดไม่เท่ากัน ก็เรียก "ข้อต่อสามทางลด" ตามขนาดเช่นกัน

รูปที่ 2 ข้อต่อท่อเหล็กสามทาง

ข้อต่อข้องอ (Elbows)

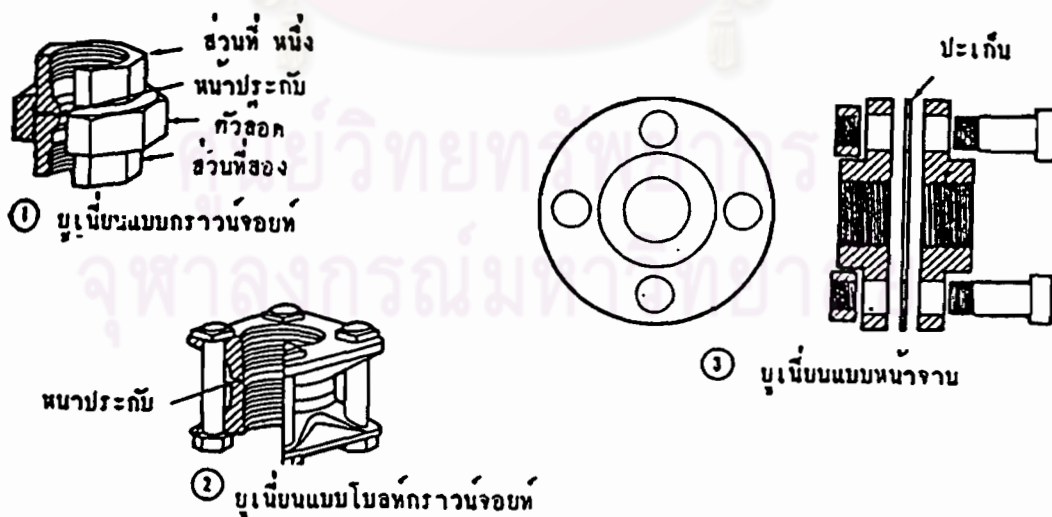
ข้อต่อข้องอ มีหลายชนิดเช่นเดียวกัน
กับข้อต่อสามทาง ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของท่อ
ชนิดที่ใช้กันมากโดยทั่วไป คือ ข้องอ 90° ข้องอ
45° ข้องอ ผ.ม. (Street elbows)
(ข้องอที่มีเกลียวตัวผู้อยู่ปลายด้านหนึ่งและเกลียว
ตัวเมียอยู่อีกด้านหนึ่ง) และข้องอลด ซึ่งใช้ต่อท่อ
ที่มีขนาดต่างกัน



รูปที่ 4 ข้อต่อข้องอ

ข้อต่อยูเนียน(Union)

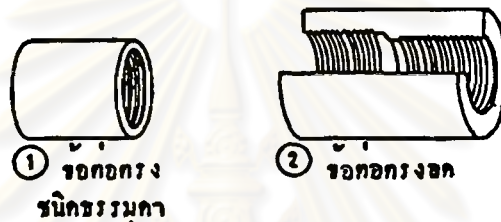
ยูเนียนเป็นข้อต่อชนิดหนึ่งที่ใช้ต่อท่อในแนวตรงล่วงหน้า ที่ต่างไม่สามารถหมุนเพื่อขัน
เกลียวเข้าในข้อต่อได้ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อต่อชนิดนี้ ตามปกติข้อต่อยูเนียนมีอยู่ 2 แบบ คือ
แบบหน้าจาน (Flang Union) และชนิดกราวน์จอยท์ (Ground Joint Union)



รูปที่ 5 ข้อต่อยูเนียน

ข้อต่อตรง (Coupling)

ข้อต่อตรง เป็นข้อต่อตรงสั้น ๆ ที่มีเกลียวตัวเมียอยู่ด้านใน ใช้ในการต่อท่อสองท่อนในแนวตรง ประโยชน์ส่วนใหญ่คล้ายกับยูเนียน แต่จะใช้ต่อท่อสองท่อนที่อยู่คงที่ คือ ไม่สามารถหมุนเพื่อชนเกลียวเข้าหากันนั้นไม่ได้ เพราะเกลียวจะหมุนกสับทิศทางกัน คือ ถ้าเกลียวด้านหนึ่งเข้าอีกด้านหนึ่ง เกลียวก็จะคลายออก นอกจากนี้ข้อต่อตรงยังมีชนิดเป็นข้อต่อตรงลด เพื่อใช้ต่อท่อในขนาดต่างกันอีกด้วย

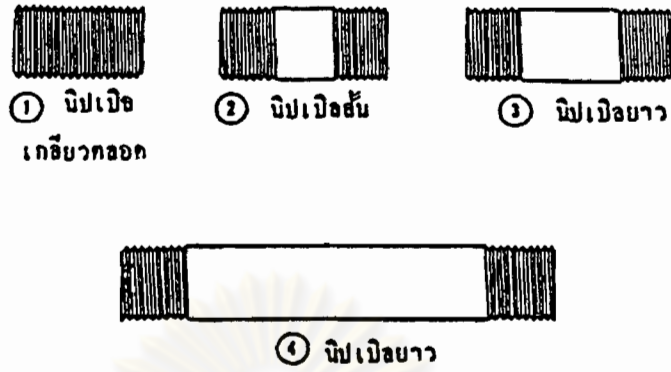


รูปที่ 6 ข้อต่อตรง

ข้อต่อชนิดอื่น ๆ

ก. ข้อต่อ nipple (Nipple)

ข้อต่อ nipple หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "บ้องสั้น" เป็นท่อสั้นธรรมดาท่อนหนึ่งที่มีความยาวไม่เกิน 12" (ถ้าเกิน 12" จะไม่เรียกว่า nipple) ปลายมีเกลียวตัวผู้ทั้งสองข้าง ใช้สำหรับต่อท่อให้ยาวออกไปอีกในระยะสั้น ๆ หรือต่อท่อสั้น ๆ ระหว่างข้อต่อสองข้อต่อ nipple มีอยู่หลายชนิด เช่น nipple เกลียวตลอด nipple บ้างสั้น, nipple บ้างยาว



รูปที่ 7 ขั้วต่อเปิด

ข. ขั้วต่อกากบาท (Crosses)



รูปที่ 8 ขั้วต่อกากบาท

ขั้วต่อกากบาท เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "สี่ทาง"

ใช้ในการต่อท่อแยกออกจากกันเป็น 4 ทาง ในมุมละ 90° มีทั้งชนิดท่อแยกที่มีขนาดเดียวกัน และชนิดมีขนาดแตกต่างกัน

ค. หัวจุด (Plugs)

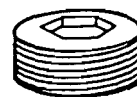
หัวจุดเป็นส่วนปิดหนึ่งของขั้วต่อ มีเกลียวตัวผู้ยื่นด้านนอก ใช้สำหรับขันจุดขั้วต่อมีขนาดต่าง ๆ กัน ตามขนาดของขั้วต่อ มีหลายชนิดด้วยกัน คือ ชนิดหัวสี่เหลี่ยม (Square Head) ชนิดหัวผ่า (Slotted Head) ชนิดหัวหกเหลี่ยม (Hexagon Head) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของประแจขัน



หัวอกสี่เหลี่ยม



หัวอกหกเหลี่ยม



ชกหัวหกเหลี่ยม

รูปที่ 9 หัวอกชนิดต่าง ๆ

ง. หัวครอบ (Caps)

หัวครอบ เป็นชิ้นส่วนที่มีประโยชน์และหน้าที่ในการใช้งานเช่นเดียวกับหัวอก คือ ครอบปิดบริเวณปลายท่อที่ไม่ต้องการต่อท่ออีก หัวครอบมีเกลียว ตัวเมียอยู่ด้านใน



รูปที่ 10 หัวครอบ

จ. บุชชิ่ง (Bushing)

บุชชิ่ง เป็นข้อต่อที่มีเกลียวตัวเมียอยู่ด้านในและเกลียวตัวผู้อยู่ด้านนอก ตามปกติใช้ในการขันเข้าในข้อต่อที่มีเกลียวตัวเมียขนาดใหญ่เกินไป เพื่อลดขนาดของท่อที่จะต่อกับข้อต่อนั้นให้เล็กลง



รูปที่ 11 ข้อต่อบุชชิ่ง

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของช่างประปา (PLUMBING SYMBOLS)

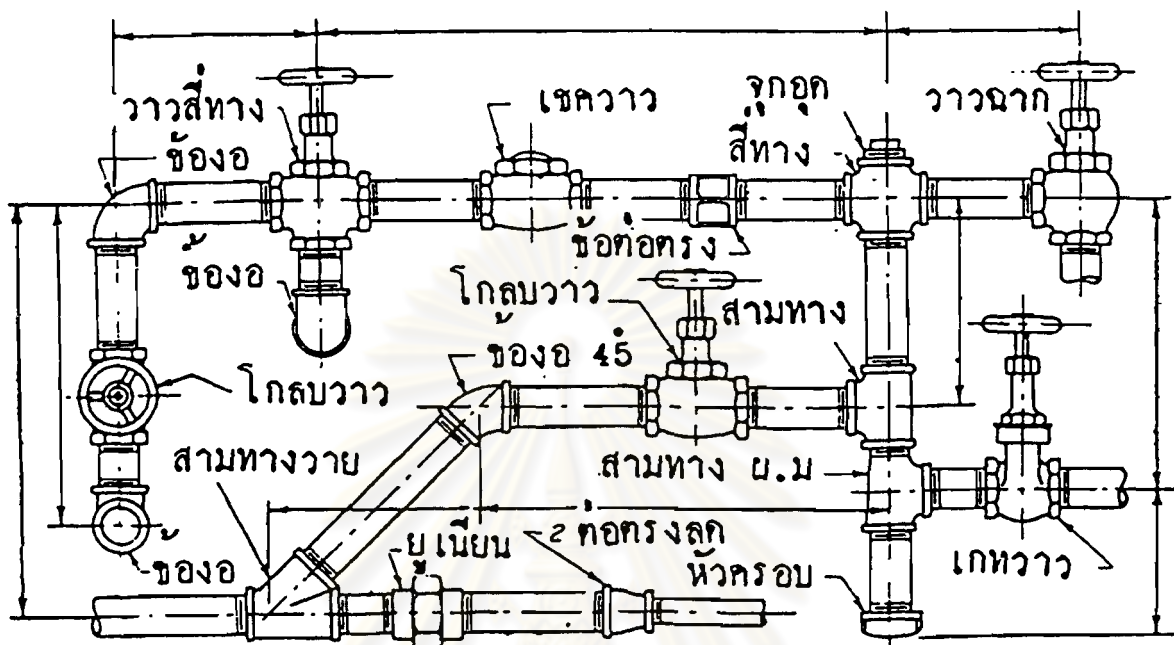
สัญลักษณ์ คือ รูปที่เขียนขึ้นอย่างง่าย ๆ เพื่อใช้แทนของจริง โดยยึดถือหลักหรือส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งนั้น แล้วนำมาใช้ในการเขียนแบบ เพื่อให้การเขียนง่ายสะดวกและรวดเร็วขึ้น และเป็นที่ยอมรับในหมู่ช่างนั้น ๆ ดังนั้น สัญลักษณ์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับช่างเขียนแบบและผู้ออกแบบ

สัญลักษณ์ของช่างประปา มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน บางชนิดมีลักษณะคล้ายกันมาก ดังนั้น พึงสังเกตและจดจำลักษณะของส่วนที่แตกต่างกันออกไปอย่างละเอียด เพื่อยึดเป็นหลักของการจดจำ โดยแยกออกเป็นหมวด ๆ ได้ดังนี้ ชนิดต่าง ๆ ของท่อข้อต่อ ชนิดต่าง ๆ ของเครื่องสูบน้ำและส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ควรทราบ

การเขียนแบบของท่อ (Piping Drawing) มีอยู่สองแบบคือ เขียนเป็นภาพตามรูปของจริง และการเขียนเป็นเส้นเดี่ยวโดยใช้สัญลักษณ์แทน ซึ่งการเขียนตามรูปของจริงนี้ มักเขียนกับท่อขนาดใหญ่ มีข้อต่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ชัดช้อนกันและต้องการความประณีต เช่น ในโรงงาน ต้มกลั่น หรือโรงงานน้ำประปา

ส่วนการเขียนแบบเส้นเดี่ยวหรือใช้สัญลักษณ์นี้ เป็นการเขียนแบบอย่างคร่าว ๆ โดยใช้สัญลักษณ์แทนรูปของข้อต่อ หรือประตุน้ำแบบต่าง ๆ เหมาะสำหรับการต่อท่อที่ต่อเพื่อส่งเป็นวัสดุต่าง ๆ หลายชนิดด้วยกันเช่น ท่อน้ำร้อน โอน้ำ น้ำประปา ฯลฯ โดยเขียนอักษรกำกับไว้ตามเส้นที่แสดงชนิดของวัสดุ หลักสำคัญในการเขียนแบบโดยวิธีนี้จะต้องเขียนเส้นให้ทึบและต่ำกว่าการเขียนแบบโดยทั่วไป ๆ ไป

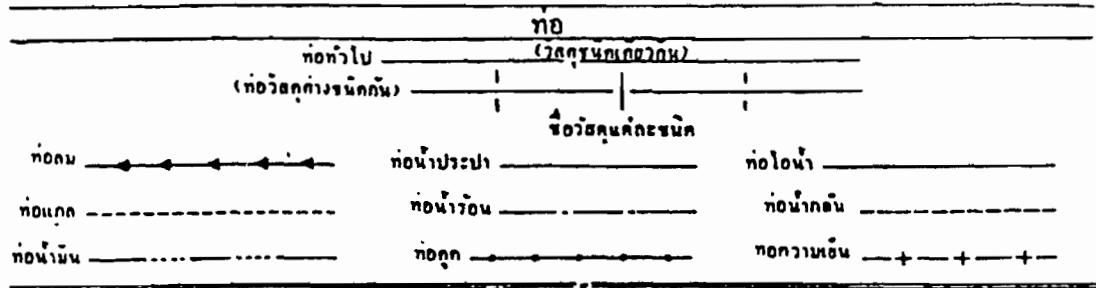
ดังตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการเขียนแบบข้อต่อชนิดต่าง ๆ ตามสัดส่วนคล้ายของจริง (ในรูปที่ 12) และการเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ในรูป 13 ส่วนรูปที่ 14 เป็นรูปแสดงถึงการเขียนโดยการใส่รูปด้านอื่น ๆ และรูปพลิกแปลงให้เห็นทุกส่วนได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 12 ภาพที่เขียนอย่างละเอียดของประตุน้ำ ท่อ และข้อต่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์ของท่อและส่วนประกอบต่าง ๆ



ชื่อ	ข้อต่อประสม				
	แบบหนา	เกลียว	บาน (สวม)	เชื่อม	บดกร
ท่อชน					
ข้องอ 90					
ข้องอ 45					
ข้องอหงาย					
ข้องอคว่ำ					
ข้อโค้ง					
ข้องอสามทาง คว่ำ					
ข้องอสามทาง หงาย					
ข้องอรูาน					
ข้องอคู่					
ข้องอฉาก					
ข้อต่อฉาก					
(เกลียวต่างชนิด)					
สามทางหงาย					
สามทางคว่ำ					
สามทาง					
สี่นทางฉากหงาย					
สามทางฉากคว่ำ					
สามทางโค้งเดี่ยว					
สามทางโค้งคู่					
ฉากชน					
สามทางวาง					
เกทวาว					

ข้อต่อประตุน้ำ					
	แบบหน้างาน	เวลาดำ	บารับ (สวม)	เชื่อม	บักกรี
โกลบวาว					
โกลบวาวฉาก					
เกทวาวฉาก					
เชกวาว					
เชกวาวฉาก					
สกอตท็อก					
วาวควบคุมความดัน					
วาวเบ็คนิกแบบมือไข					
วาวลูกศร					
วาวเบ็คนิกควอเตอร์ มดเคอร์แบบเกท					
โกลบวาวเบ็คนิกควอเตอร์					
ข้อต่อขยาย					
หน้าจานลก					
ข้อต่อศูนย์					
ปลอก					
ข้อต่อเหลี่ยม					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

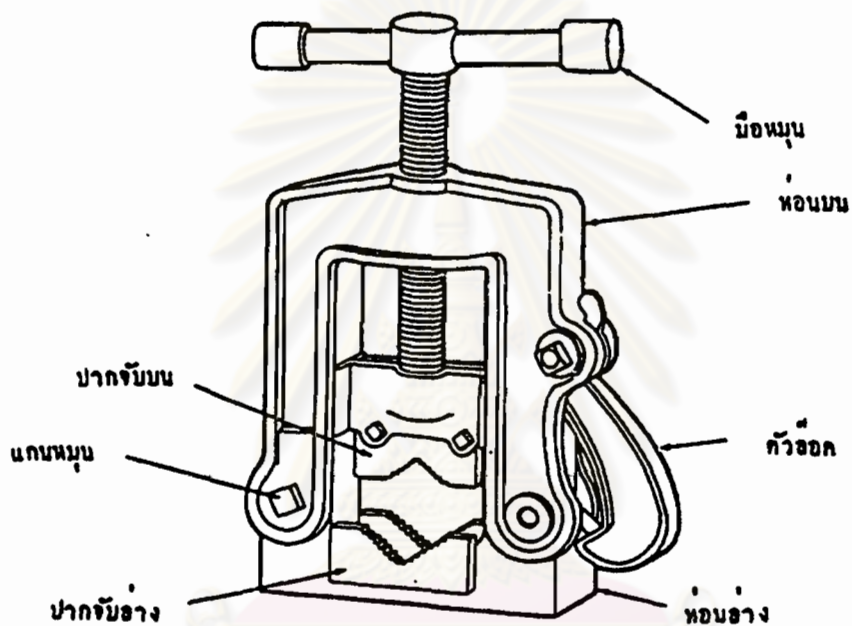
ตอนที่ 3

เครื่องมือช่างประปา

(PLUMBING TOOLS)

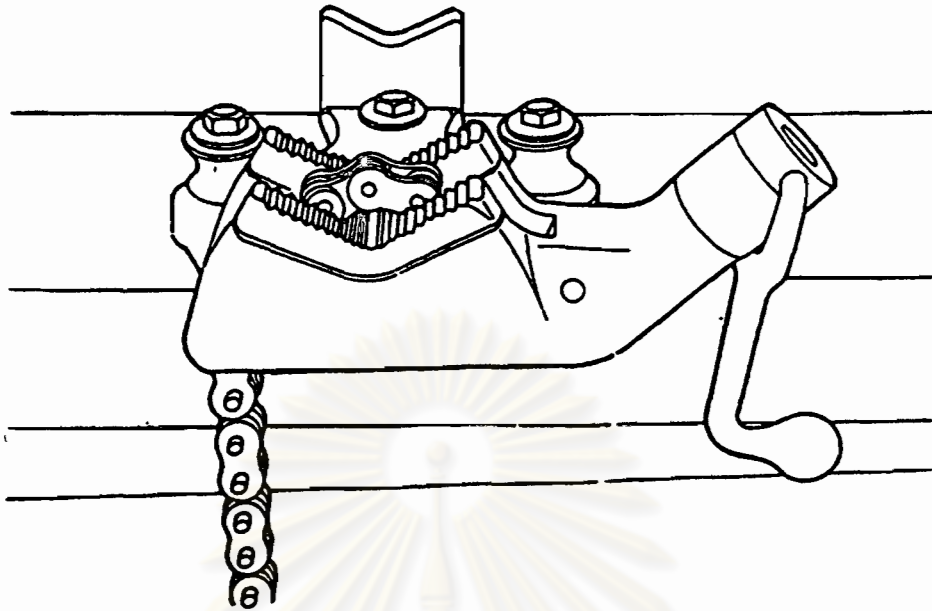
เครื่องมือทำเกลียว (Threaded Pipe Tools)

ก. ปากกาจับท่อ (Vises)



รูปที่ 1 ปากกาจับท่อแบบคอม้า

ปากกาจับท่อ ใช้ในการจับท่อ เมื่อเวลาตัด คว้าน และทำเกลียว ปากกาจับท่อโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ บานพับ (Hinge vise) หรือคอม้า ที่มีปากบนและปากล่างกดท่อไม่ให้หมุน สามารถเปิดหรือยกที่ปากบนได้

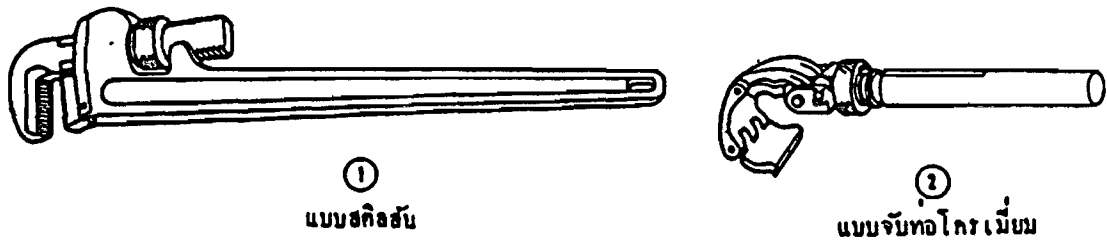


รูปที่ 2 ปากกาสูบท่อด้วยโซ่

และอีกชนิดหนึ่ง คือ ชนิดโซ่ มีปากสูบล่างอยู่คงที่ แต่สามารถปรับแต่งโซ่ที่รัดอยู่ส่วนบนของท่อให้รัดแน่นหรือคลายออกได้ ข้อควรระวังเกี่ยวกับการใช้ปากกาสูบท่อทั้งสองชนิดนี้ คือ ถ้าหากจะใช้สับข้อต่อหรือชิ้นส่วนที่เป็นทองเหลือง หรือโครเมียม ควรวางแผ่นยาง แผ่นตะกั่ว บนปากสูบเสียก่อนเพื่อป้องกันการถลอกหรือเป็น ปากกาทั้งสองอย่างนี้อาจจะติดตั้งกับโต๊ะ กระจก หรือเป็นขาค้าง เก็บหีบได้ก็ได

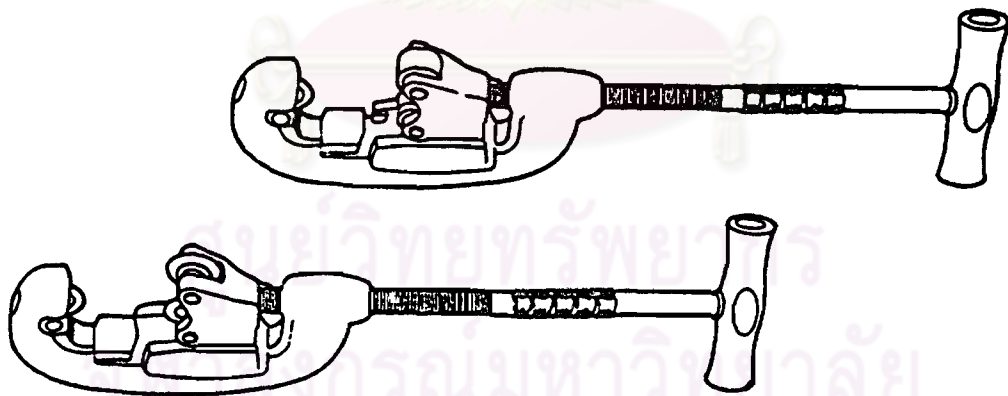
ข. ประแจสูบท่อ

ประแจสูบท่อ มีหลายขนาด ใช้ในการสูบหมุนท่อและข้อต่อตามปกติมีอยู่ 3 ชนิด คือ แบบสลิตลสัน หรือประแจเลื่อน ใช้ขันท่อกับงานทั่วไป แบบสแตรฟ์ หรือ "ส่ายในลอน" ใช้กับท่อที่มีผิวมันหรือขุบโครเมียม และประแจโซ่ ใช้กับท่อขนาดใหญ่ การเลือกใช้ประแจขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของท่อ คือ ขนาด 1" ใช้กับประแจขนาด 10" ถ้าท่อใหญ่กว่า 1" ขึ้นไปถึง 2" ใช้ประแจขนาด 18" ใหญ่กว่า 2" ถึง 3" ใช้ประแจขนาด 24" และถ้าใหญ่กว่า 8" ขึ้นไปใช้ประแจโซ่



รูปที่ 3 ประเภทสับท่อ

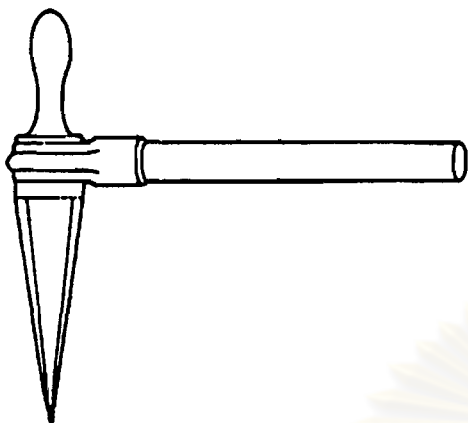
ค. ผิดตัดท่อ (Pipe Cutter)



รูปที่ 4 เครื่องมือตัดท่อ

ผิดตัดท่อแบบที่ใช้กันมากมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดล้อตัดเดี่ยว สำหรับตัดท่อที่สามารถหมุนใบมีดตัดได้ครบรอบของท่อและชนิดสามใบมีดตัด ใช้ตัดท่อที่ไม่สามารถหมุนมีดตัดได้ครบรอบ

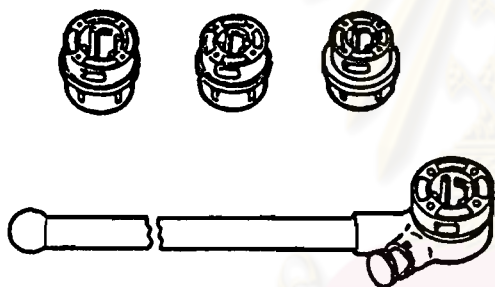
ง. ดอกคว้านท่อ (Reamers)



รูปที่ 5 เครื่องคว้านท่อ

ดอกคว้านมีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามขนาดของท่อ ใช้สำหรับคว้านให้รอบเอนด้านในที่เกิดจากใบมีดตัด เพื่อให้รัศมีภายในของท่อโตขึ้นเท่าที่ควร

จ. เครื่องทำเกลียว (Stocks and Dies)



รูปที่ 6 เครื่องมือทำเกลียว

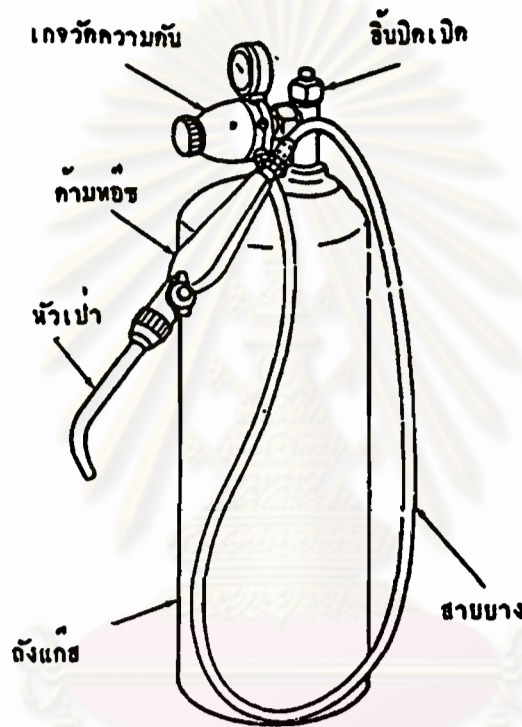
เครื่องทำเกลียว มีส่วนประกอบ 2 ชิ้นด้วยกัน คือ ตัวทำเกลียวและด้ามหมุน ตัวทำเกลียวนี้อาจจะเป็นชนิดที่ปรับแต่งได้ โดยใช้ได้กับท่อหลายขนาด ส่วนอีกชนิดหนึ่งใช้ได้เฉพาะท่อขนาดเดียว

ฉ. เครื่องตัดท่อด้วยมือ (Bending Tools)

เครื่องมือตัดท่อนี้ส่วนมากมีใช้กับท่อขนาดเล็ก ๆ เท่านั้น ส่วนการตัดท่อขนาดใหญ่ อาจต้องใช้เครื่องมือตัดท่อไฟฟ้าหรือแบบอื่น ๆ

เครื่องมือสำหรับท่อทองแดง (Copper Tubing Tools)

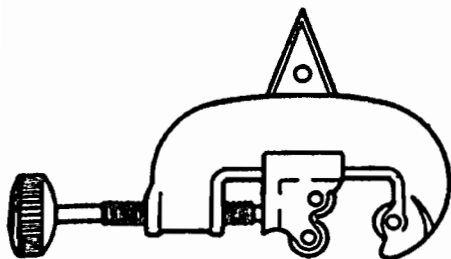
1. ท่อ (Torch) ใช้สำหรับให้ความร้อนแก่ท่อทองแดงและข้อต่อ เพื่อที่จะบัดกรีรอบต่อ
ขดดที่ใช้กันทั่วไป คือ ขดดที่ใช้แก๊สอะเซทิลีนและน้ำมันก๊าส



รูปที่ 7 ถังอะเซทิลีน

ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

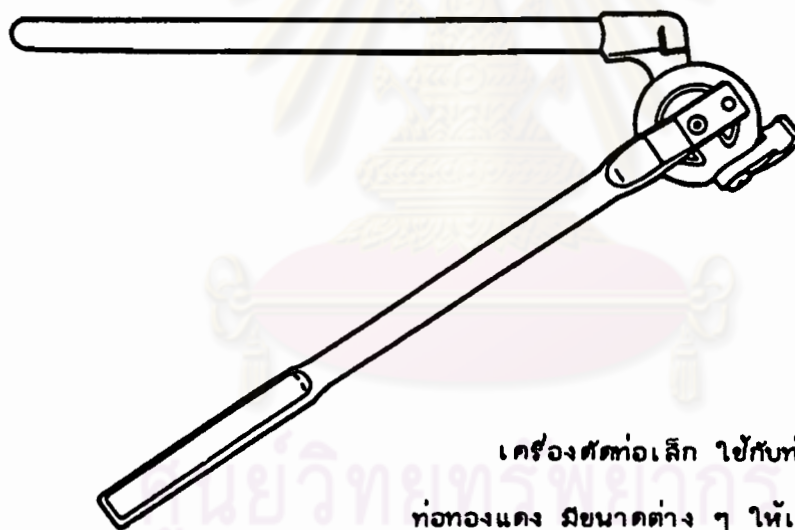
2. เครื่องตัดท่อเล็ก (Tubing Cutter)



เครื่องตัดท่อเล็ก ใช้ในการตัดท่อทองแดง มีขนาดเล็กระหัดรัด และมีหลายแบบหลายขนาด คล้ายกันกับเครื่องตัดท่อเหล็ก แต่มีเครื่องคว้าน ภายในของท่อในตัว

รูปที่ 8 เครื่องตัดท่อเล็ก

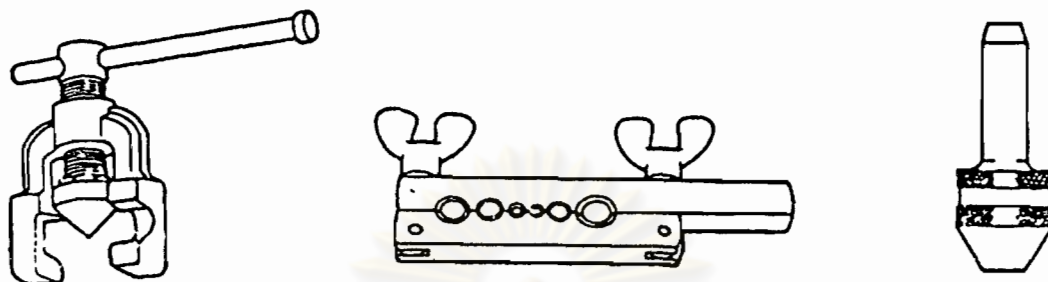
3. เครื่องตัดท่อเล็ก (Tubing Bender)



เครื่องตัดท่อเล็ก ใช้กับท่อที่มีลักษณะอ่อน เช่น ท่อทองแดง มีขนาดต่าง ๆ ให้เลือกใช้ตามขนาดของท่อ

รูปที่ 9 เครื่องตัดท่อเล็ก

4. เครื่องบานปลายท่อ (Flaring Tool)

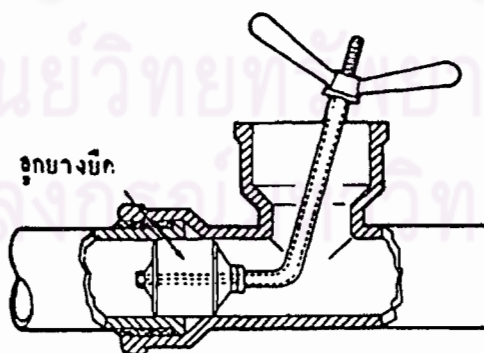


รูปที่ 10 เครื่องบานปลายท่อ

เครื่องบานปลายท่อ ใช้สำหรับการบานปลายท่อเพื่อการต่อท่อชนิดใช้ข้อต่อยึดแน่น ใช้ได้เฉพาะท่อโลหะอ่อน เช่น ทองแดง เท่านั้น เครื่องบานปลายมือมี 2 แบบ คือ ชนิดเป็นเครื่องบานโดยใช้เกลียวยึดแรง อีกชนิดหนึ่งบานโดยใช้เหล็กตอก

เครื่องมือพิเศษ (Special Purpose Tools)

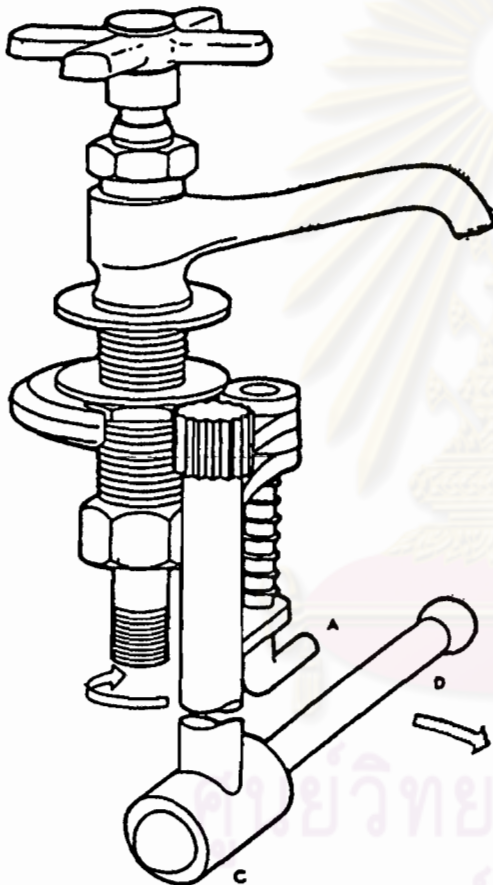
1. ลูกตรวจสอบ (Test Plug)



รูปที่ 11 การใช้เครื่องมือตรวจสอบท่อ

ลูกตรวจสอบ เป็นเครื่องมือที่ใช้จุดกักน้ำภายในท่อให้มีระดับสูงขึ้นตามต้องการ เพื่อตรวจสอบการรั่วซึมของข้อต่อ มีตัวแกนเป็นโลหะ มีเกลียวขั้วนอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งเป็นยางที่ปิดหุ้ม และขยายขนาดของมันให้โตขึ้น เมื่อขันลึกรูที่ปลายตอนบนเพื่อบีบลูกยางให้แบนและอัดแน่นกับผิวด้านในของท่อเพื่อจุดน้ำในท่อให้มีระดับสูง

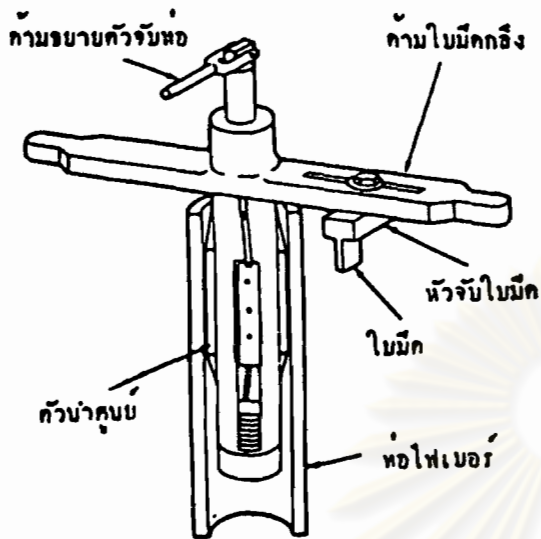
2. ประแจขันก๊อกอ่างล้างมือ (Basin Wrench)



ประแจขันก๊อกอ่างล้างมือ เป็นเครื่องมือพิเศษที่ใช้ในการสับขันเกลียวของอ่างล้างมือ หรือลึกรูที่อยู่ในที่แคบ ๆ ไม่สามารถไขประแจชนิดอื่นขันได้ ประแจชนิดนี้มีความยาว ขันเปิดไปมาโดยที่ขมูมต่าง ๆ กับปากจับได้

รูปที่ 12 ประแจขันก๊อกน้ำอ่างล้างมือ

3. เครื่องมือทำเทเปอร์ ท่อไฟเบอร์ (Fiber Pipe Tapering Tool)



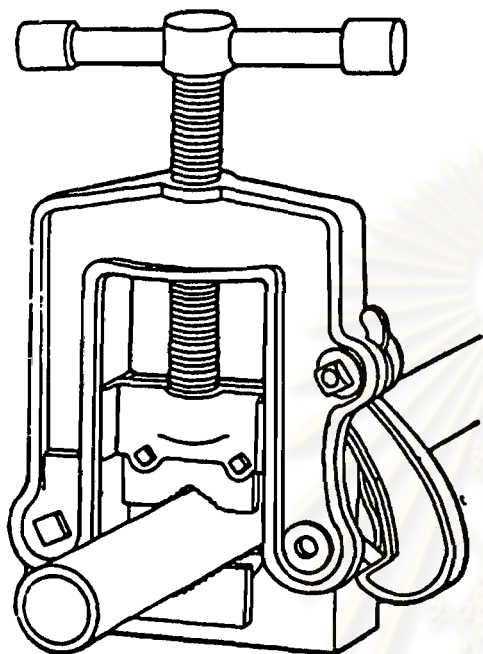
เครื่องมือทำเทเปอร์ ท่อไฟเบอร์ เป็นเครื่องมือพิเศษที่ใช้กลึงปลายของท่อไฟเบอร์ให้เรียวลง 2 องศา ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามขนาดต่าง ๆ ของท่อ

รูปที่ 13 เครื่องมือกลึงเรียวท่อไฟเบอร์

การตัดและการคว้านท่อ

การตัดและการคว้านท่อเป็นวิธีปฏิบัติที่สำคัญและต้องทำอยู่เสมอ เพื่อผลงานที่เรียบร้อย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง การคว้านด้านในก็เพื่อลบรอยเอินที่เกิดจากคมของใบมีดตัด ซึ่งจะทำให้ปลายท่อด้านในเสีกลง และรอยเอินนี้อาจจะเกี่ยวเอาสิ่งของภายในท่อเอาไว้ ซึ่งอาจเป็นต้นเหตุของการทำให้ท่ออุดตันได้ การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตัดและการคว้านที่ผิดดังนี้

1. เสียบท่อนปากกา สับท่อให้ได้ความยาวที่ต้องการ แล้วขีดเครื่องหมายบนรอยที่จะตัดด้วยขอล์หรือตะไบ



2. ล็อคท่อที่อยู่ในปากกาให้แน่น โดยให้รอยที่จะตัดนั้นห่างจากปากกาประมาณ 6 นิ้ว

3. หมุนด้ามของมิตตัดให้ได้ขนาดของท่อและวางใบมิตตัดให้อยู่บนรอยที่ขีดไว้จริง ๆ

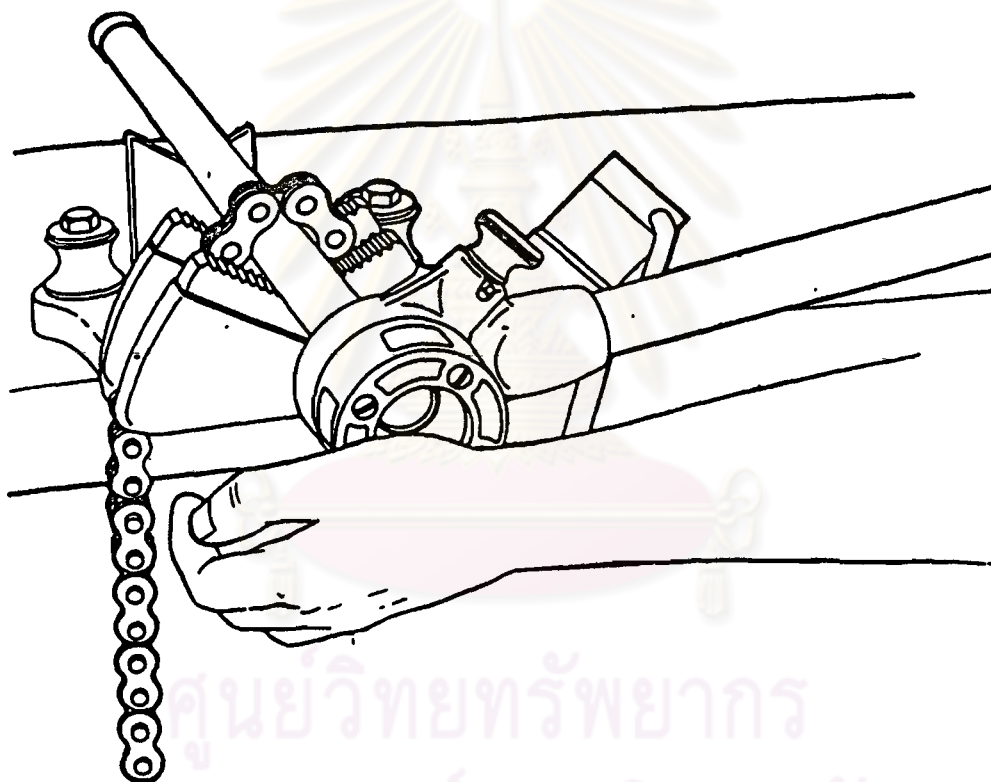
4. หมุนด้ามใบมิตให้กดลงบนท่อเบา ๆ ตรวจสอบรอยมิตที่กดลงบนท่ออีกครั้งเพื่อความแน่ใจว่าใบมิตกดลงบนรอยนั้นจริง ๆ หมุนต่อใบหนึ่งรอบ แล้วดึงหมุดด้ามของใบมิตเพื่อให้ใบมิตกดลึกลงในท่ออีกประมาณ $\frac{1}{4}$ รอบ แล้วหมุนด้ามมิตตัดต่อไปอีกหนึ่งรอบ ทำต่อไปเช่นนี้อีกจนกระทั่งท่อขาดแล้วดึงใบมิตออกแล้วหมุน

รูปที่ 14 การใช้ปากกา สับท่อเพื่อความงามภายในลบบรอย เอนและคมของท่อเสียบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำเกลียว (Threading)

เครื่องมือที่ใช้ทำเกลียวนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น แบบเฉพาะขนาด คือใช้กับท่อขนาดเดียวเท่านั้น ไม่สามารถปรับแต่งให้โตขึ้นหรือเล็กลงในเครื่องทำเกลียวอันเดียว แต่อีกชนิดหนึ่งสามารถปรับได้ถึง 3-4 ขนาด (ส่วนมากทำจากญี่ปุ่น) แต่ชนิดที่ใช้เฉพาะขนาดค่อนข้างใช้ง่าย สะดวกและรวดเร็วกว่าชนิดปรับแต่งมาก และส่วนใหญ่มีวิธีการปฏิบัติงานคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงอธิบายเฉพาะเครื่องทำเกลียวชนิดไม่ต้องปรับนี้เท่านั้น

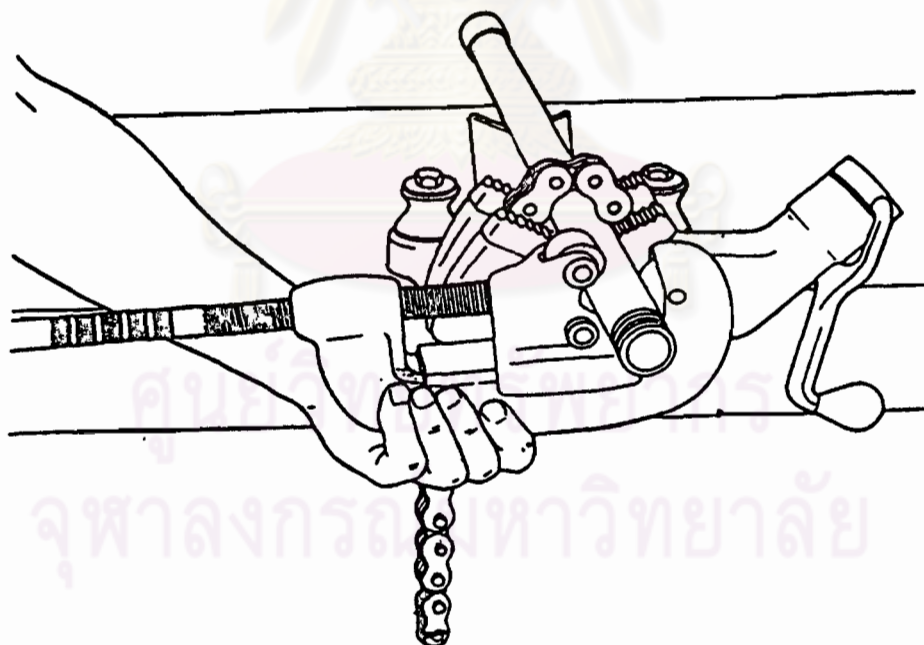


รูปที่ 15 การทำเกลียวท่อ

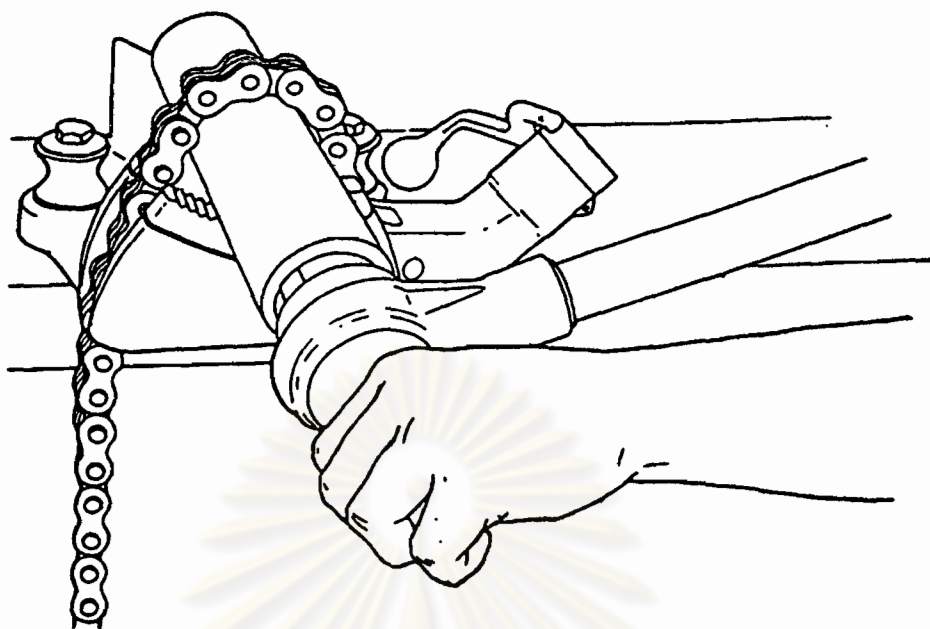


การทำเกลียวเริ่มตั้งแต่

1. สบล็อคท่อให้แน่นด้วยปากกา
2. เลือกขนาดของตัวทำเกลียวและตัวแม่ให้พอดีกับขนาดของท่อ แล้วจึงลุ่มตัวทำเกลียวเข้าไปในท่อด้านที่จะทำเกลียว
3. โยกตัวทำเกลียวพร้อมกับไข้ฝ่ามือกดเพื่อให้หันกัดเกลียวเริ่มต้นกินบนท่อ จนกระทั่งแน่ใจว่าเริ่มกัดเกลียวได้ 1-2 รอบแล้ว จึงเลิกไข้ฝ่ามือกดได้
4. เริ่มโยกตัวทำเกลียวต่อไปอีก 1 รอบ แล้วจึงหยุดถอยหลังกลับประมาณ $\frac{1}{4}$ รอบ เพื่อให้ซี่เหล็กที่ถูกต้องหลุดออกบ้าง ฉะนั้นจะทำให้เกลียวป็นหรือเดินได้ หรืออาจจะหยอดน้ำมันเครื่องเพื่อช่วยให้เบาแรงในการโยกก็ได้
5. ทำเช่นนั้นต่อไปจนเกลียวของท่อที่ทำไหล่ออกพ้นจากตัวกัดเกลียวประมาณ $\frac{1}{4}$ นิ้ว จึงหมุนกลับเพื่อถอดตัวทำเกลียวออก
6. เช็ดน้ำมันหรือเศษเหล็กที่ค้างอยู่ที่เกลียวออก เป็นอันว่าเกลียวนี้พร้อมที่จะต่อเข้าในข้อต่อได้แล้ว



รูปที่ 16 แสดงการตัดท่อ



รูปที่ 17 แสดงการคว้านท่อ

การประกอบท่อ (Joining)

เราอาจจะประกอบข้อต่อเข้ากับท่อโดยใช้ปากกาสับท่อด้านหนึ่งก่อนก็ได้ เพราะสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้ประแจสับท่อสับ การประกอบเพื่อป้องกันการรั่วซึมทำดังนี้

1. ตรวจสอบเกลียวของข้อต่อเสียก่อน ว่าเป็นขนาดเดียวกัน ไม่บิดเบี้ยว แล้วทำความสะอาดด้วยแปรงลวด หรือแปรงทาสีน้ำมันเก่า ๆ เพื่อขจัดคราบทรายที่ตกค้างตามเกลียว
2. ทาเกลียวด้วยสีฉาบหรือวัสดุประสานรอยต่อชนิดอื่น ๆ (อาจจะใช้ยางมะตอยแทนก็ได้) เพื่อป้องกันสนิมและเป็นตัวประสานแน่นระหว่างท่อและข้อต่อ
3. ใช้มือหมุนข้อต่อเข้าในท่อ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่บิดเบี้ยวสัก 2-3 รอบก่อน แล้วจึงใช้ประแจขนาดพอเหมาะกับข้อต่อ อย่าใช้ประแจที่มีขนาดเล็กเกินไป เพราะจะขันเกลียวได้ไม่แน่นเท่าที่ควร ข้อสำคัญอย่าต่อต้านของประแจให้ยาว เพื่อต้องการขันท่อให้แน่นขึ้น เพราะประแจหรือข้อต่ออาจแตกได้ ข้อสังเกตในการขันเกลียวเข้าในข้อต่อที่ได้ตามขนาดความยาวของเกลียวที่ทำไว้คือ จะยังเหลือเกลียวที่ยังล้นออกมานอกข้อต่ออีกประมาณ 2-3 เกลียว
4. ทารอบต่อนั้นด้วยสีกันสนิมอีกครั้ง

ตอนที่ 4

วิธีปฏิบัติงานของช่างประปาเบื้องต้น

(BASIC PLUMBING PROCEDURE)

การวัด การตัด และการทำเกลียวท่อ (Measuring Cutting and Threading)

การวัด (Measuring)

การวัดท่อเพื่อตัดและทำเกลียวนั้น มีการวัดอยู่หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ แต่ควรฝึกหัดให้มีความชำนาญมาก ๆ เพื่อความรวดเร็วและประณีตของงานนั้น ๆ การวัดโดยวิธีต่าง ๆ มีดังนี้ การวัดจากปลายท่อถึงปลายท่อ การวัดจากปลายท่อถึงศูนย์กลางข้อต่อ การวัดจากหน้าข้อต่อถึงปลายท่อ และการวัดจากศูนย์กลางข้อต่อด้านหนึ่งถึงศูนย์กลางของข้อต่ออีกด้านหนึ่ง หรือการวัดจากหน้าข้อต่อด้านหนึ่งถึงหน้าข้อต่ออีกด้านหนึ่ง แต่การวัดโดยวิธีเหล่านี้ เพื่อให้สะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการกะคำนวณ จะต้องจดจำส่วนสำคัญที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นหลักในการคิดเสียก่อน เช่น ความยาวของข้อต่อแต่ละชนิด แต่ละขนาด ความยาวของ เกลียวที่ขันเข้าในข้อต่อ ความยาวของ เกลียวที่จะกัดเกลียว

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



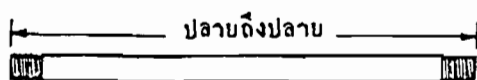
ตารางที่ 1

ความกว้างยาวของข้อต่อท่อเหล็กชนิดข้อควยเกลียว
(ตามภาพข้างบนนี้)

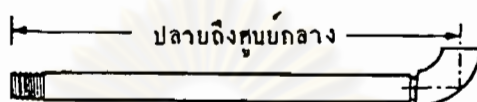
ความ กว้างยาว ตามรูป	ข้อต่อ ตามทางภาคขา และตามทางยาว															
	ความยาวของข้อต่อแต่ละชนิดเป็นนิ้ว															
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	
A	1 1/2	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4	4 1/4	5 1/4	
B	.....	3/4	1 1/4	3/4	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	3 1/4	
C	.....	.....	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	4 1/4	4 1/4	5 1/4	6 1/4	7 1/4	.....	8 1/4	.....	.....
D	.....	.....	1 1/4	1 1/4	2	2 1/4	2 1/4	3 1/4	4 1/4	4 1/4	5 1/4	.....	6 1/4	.....	.....
E	.....	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	3 1/4	4	4 1/4	.....	.....
F	1 1/2	3/4	3/4	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2	.....	2 1/4	2 1/4
G	.....	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	.....	.....	.....	.....	.....
H	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	3 1/4	4 1/4	.....	5 1/4	.....	.....	.....
K	.....	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2 1/4	.....	3	.....	3 1/4	.....	.....	.....
L	.....	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	.....	2 1/4	.....	2 1/4	.....	.....	.....

ตารางที่ 2 ความยาวของเกลียวท่อเหล็กชนิดมาตรฐาน

ขนาดของท่อ เป็นนิ้ว	จำนวนเกลียว ใน 1"	ความยาวของ เกลียว (โดยประมาณ)	ความยาวของ เกลียว ที่ขันเข้า ในข้อต่อ เป็นนิ้ว
$\frac{3}{8}$	18	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{1}{2}$	14	$\frac{13}{16}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$	14	$\frac{13}{16}$	$\frac{1}{2}$
1	$11\frac{1}{2}$	1	$\frac{9}{16}$
$1\frac{1}{4}$	$11\frac{1}{2}$	1	$\frac{5}{8}$
$1\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	1	$\frac{5}{8}$
2	$11\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{16}$	$\frac{11}{16}$
$2\frac{1}{2}$	8	$1\frac{9}{16}$	$\frac{15}{16}$
3	8	$1\frac{5}{8}$	1
4	8	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{16}$
5	8	$\frac{13}{16}$	$1\frac{3}{16}$
6	8	$1\frac{15}{16}$	$1\frac{1}{4}$



วิธีที่ 1. การวัดจากปลายถึงปลาย (End to End) คือการวัดความยาวตลอดของท่อรวมทั้งเกลียวทั้งสองข้าง โดยไม่คำนึงถึงความยาวของเกลียวที่ขันเข้าในท่อข้อต่อ



วิธีที่ 2. การวัดจากปลายท่อถึงศูนย์กลางข้อต่อ (End to Center) คือ การวัดจากปลายท่อด้านหนึ่ง ไปยังศูนย์กลางของข้อต่อ ซึ่งจะต้องหักลบเกลียวของท่อที่ขันเข้าในข้อต่อและส่วนที่เป็นข้อต่อด้วย อาจจะเป็นสูตรได้ง่าย ๆ ดังนี้

- E to C = ความยาววัดจากปลายท่อถึงศูนย์กลางของข้อต่อ
 F = Fitting หรือข้อต่อ
 T = Thread หรือเกลียวที่ขันเข้าในข้อต่อ
 P = Pipe หรือความยาวของท่อทั้งหมดที่จะตัด

หมายเหตุ ความยาวของส่วน A ตามภาพแสดงขนาดของข้อต่อเหล็กอบสังกะสี จะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}$ F สำหรับข้อต่อข้องอ, 90° สามทาง, และข้อต่อกากะบาด ความยาวของส่วน B จะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}$ F เช่นกัน เมื่อใช้กับการคำนวณของข้อต่อข้องอ 45° และ C ของข้อต่อสามทางวาง 45° จะมีค่าเท่ากับ F

สูตรของการวัดจากปลายท่อถึงศูนย์กลางข้อต่อ

$$P = E. \text{ to } C - \frac{1}{2} F + T$$

ตัวอย่างที่ 1 สันนิษฐานว่า วัดจากปลายถึงศูนย์กลาง ข้อต่อสามทางของท่อขนาด $\varnothing 1''$ ได้ 50 นิ้ว อยากทราบถึงความยาวของท่อที่จะตัดจริงว่ายาวเท่าใด ?

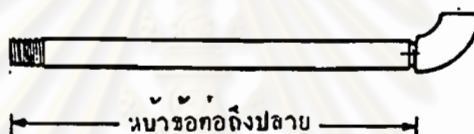
$$\text{สูตร} \quad P = E \text{ to } C - \frac{1}{2} F + T \quad \left(\frac{1}{2} F = A \right)$$

$$\text{แทนค่าสูตร} \quad = 50'' - \frac{1 \cdot 7 \cdot 1}{16} + \frac{9 \cdot 2}{16}$$

ความยาวของท่อที่ตัดจริง

หมายเหตุ *1 แทนค่าจาก A ของท่อขนาด 1" ในตารางที่ 1

*2 แทนค่าจากความยาวของเกลียวที่ขันเข้าไปในข้อต่อของท่อ 1" ในตารางที่ 2



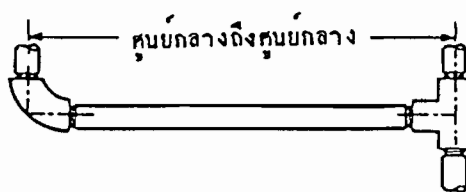
วิธีที่ 3. การวัดจากหน้าข้อต่อถึงปลายท่อ (Face to End) คือการวัดที่มีลักษณะคล้ายกันกับการวัดจากปลายถึงศูนย์กลาง แต่วิธีนี้ไม่วัดรวมข้อต่อเข้าด้วยเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องบวกความยาวของเกลียวเข้ากับการวัดแบบนี้ด้วย จึงจะได้ความยาวของท่อที่แท้จริง

ตัวอย่างที่ 2 สันนิษฐานว่า การวัดจากหน้าข้อต่อถึงปลายของท่อขนาด $\varnothing 1\frac{1}{2}$ นิ้ว ได้ยาว 140 นิ้ว อยากทราบความยาวของท่อที่จะตัดจริง ว่ายาวเท่าใด?

$$\text{สูตร} \quad P = F \text{ to } E + T$$

$$\text{แทนค่าสูตร} \quad = 104 + \frac{5''}{8}$$

$$\text{ความยาวของท่อที่ตัด} \quad = 104 + \frac{5''}{8}$$



วิธีที่ 4. การวัดจากศูนย์กลางข้อต่อถึงศูนย์กลางข้อต่อ (Center to Center)

คือการวัดจากจุดศูนย์กลางของข้อต่อด้านหนึ่งไปยังจุดศูนย์กลางอีกด้านหนึ่ง โดยบวกเอาความยาวของ $2A$ หรือ หนึ่งข้อต่อเอาไว้ด้วย ดังนั้นการหาความยาวของท่อที่แท้จริงจะต้องหักลบ ข้อต่อออกแล้วบวกด้วยความยาวของ เกลียวทั้งสองข้าง

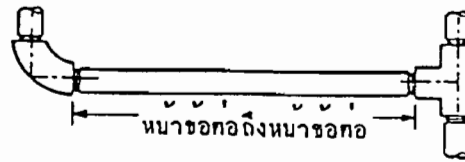
ตัวอย่างที่ 3 สันนิษฐานว่าในการวัดจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของข้อต่อสามทางขนาด $\varnothing 2\frac{1}{2}$ นิ้ว วัดได้ $94\frac{1}{2}$ นิ้ว อยากรู้ความยาวที่แท้จริงของท่อที่จะตัด

$$\text{สูตร} \quad P = C \text{ to } C - F + 2T \quad (F = 2A)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสูตร} &= 94\frac{1}{2} - \left(2\frac{11}{16} \times 2\right) + 2 \times \frac{5}{8} \\ &= 94\frac{1}{2} - 5\frac{3}{8} + 1\frac{1}{4} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ความยาวของท่อที่ตัด} = 90\frac{3}{8}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

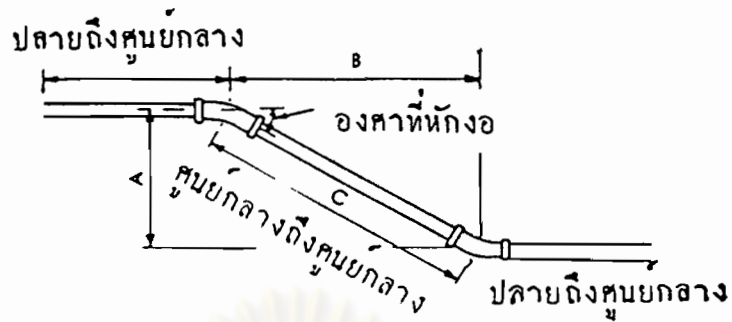


วิธีที่ 5. การวัดจากหน้าซอกต่อถึงหน้าซอกต่อ (Face to Face) คือการวัดที่ไม่ได้บวกเอาความยาวของซอกต่อหรือเกลียวไว้ด้วย เพียงวัดอยู่บนที่ผิวหน้าของซอกต่อเท่านั้น ดังนั้น การหาความยาวที่แท้จริงต้องบวกเอาความยาวของเกลียวที่ขันเข้าไปในซอกต่อทั้งสองข้างด้วย

ตัวอย่างที่ 4 สมมุติว่า ความยาวจากหน้าซอกต่อถึงหน้าซอกต่อของท่อขนาด 6" วัดได้ $9' 3\frac{1}{4}"$ อยากทราบความยาวของท่อที่แท้จริง

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร} \quad P &= F \text{ to } F + 2T \\
 \text{แทนค่าสูตร} &= 9' \frac{1}{4} + (2 \times 1\frac{1}{4}) \\
 &= 9' \frac{3}{4} + 2\frac{1}{2} \\
 \therefore \text{ความยาวของท่อที่แท้จริง} &= 9' 5\frac{3}{4}
 \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

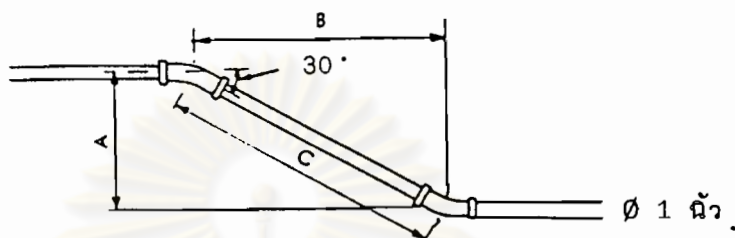


ตารางที่ 3 ค่าของมุมในลักษณะของมุมต่าง ๆ

มุมที่หักงอ	เมื่อ $A = 1, B =$	เมื่อ $B = 1, A =$	เมื่อ $A = 1, C =$
60°	0.5773	1.732	1.1547
45°	1.000	1.000	1.4142
30°	1.732	0.5773	2.000
$22\frac{1}{2}^{\circ}$	2.414	0.4142	2.6131
$11\frac{1}{4}^{\circ}$	5.027	0.1989	5.1258
$5\frac{5}{8}^{\circ}$	10.168	0.0983	10.217

ดังภาพจะเห็นได้ว่า การวัดมุมทแยงนี้แบ่งออกเป็นสามได้สามด้าน ในลักษณะของรูปสามเหลี่ยม ตามลักษณะของมุมต่าง ๆ ที่ต้องการมีด้าน A B C ซึ่งการคำนวณนี้ได้นำเอาหลักของ ตรีโกณมิติ หรือเรขาคณิตมาช่วย ดังนั้นอาจจะนำสูตรของการหาค่าของมุมต่าง ๆ มาใช้บ้างก็ได้ แต่ในที่นี้ได้คัดเอาสูตรเหล่านั้นมา คิดคำนวณจัดเป็นตารางไว้แล้ว เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว ง่ายต่อการคิดคำนวณ ดังตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 5 สุ่มคิดว่าต้องการเดินท่อน้ำประปาขนาด $\varnothing 1''$ ทแยงมุมของทางเท้า ซึ่งติดด้าน A (ตามภาพ) ยาว $4', 2''$ และมีมุมที่หักงอเป็น 30° ให้หาความยาวของด้าน C หรือท่อที่ทแยงมุม มีความยาวที่แท้จริงเป็นเท่าใด ?



ค่าอธิบาย เก็บได้จากตารางที่ 3 ค่าของมุม 30° เมื่อด้าน A = 1 ด้าน C จะเท่ากับ 2.0

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{เมื่อด้าน A ของมุม } 30^\circ &= 1. \quad \text{ด้าน C} = 2.0 \\ \text{เมื่อด้าน A ของมุม } 30^\circ &= 4' 2'' \quad \text{ด้าน C} = 2.0 \times 4', 2'' \\ &= 8', 4'' \end{aligned}$$

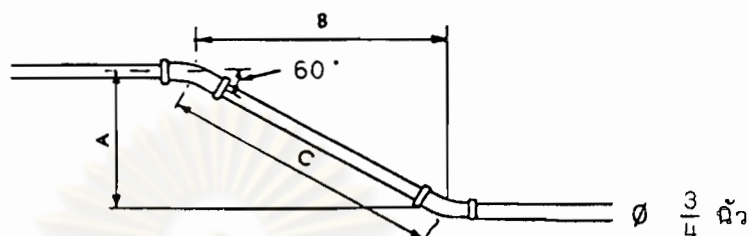
∴ ความยาวของด้าน C จะ

แต่ความยาวของด้าน C นี้ เป็นความยาวที่วัดได้จากจุดศูนย์กลางข้อต่อหนึ่งไปยังศูนย์กลางของอีกข้อต่อหนึ่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาความยาวที่แท้จริงอีกครั้ง ดังตัวอย่างที่ 3 วิธีที่ 4 ของการวัดจากศูนย์กลางข้อต่อถึงศูนย์กลางข้อต่อ เพื่อหาความยาวที่แท้จริง

$$\begin{aligned} \text{- สูตร} \quad P &= C \text{ to } C - F + 2T \\ \text{เมื่อ} \quad C \text{ to } C &= 8' 4'' \\ F &= 2A \text{ และ } A \text{ ของข้อต่อขนาด } 1'' = 1\frac{7}{16} \\ \text{ดังนั้น} \quad 2A &= 2 \times 1\frac{7}{16} \\ T &= \frac{9''}{16} \\ \text{แทนค่าสูตร} \quad P &= 8' 4'' - (2 \times 1\frac{7}{16}) + 2 \times \frac{9}{16} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ความยาวของท่อที่แท้จริง} = 8 \text{ ฟุต } 2\frac{1}{4} \text{ นิ้ว}$$

ตัวอย่างที่ 6 ในการเดินท่อขนาด $\phi \frac{3}{4}$ เป็นมุมทะแยงที่มุมหักงอเป็น 60° และวัดทางด้าน B ได้ 3' จงหาความยาวที่แท้จริงของท่อทะแยง C ว่ายาวเท่าใด ?



คำอธิบาย ให้เทียบด้าน B เพื่อหาค่าด้าน A ก่อน แล้วจึงเทียบ A ไปหา C

วิธีทำ เมื่อด้าน B ของมุม $60^\circ = 1$ ด้าน A = 1.732
 เมื่อด้าน C ของมุม $60^\circ = 3'$ A = 1.732 x 3
 \therefore ด้าน A = 5.196 ฟุต
 จากตาราง เมื่อ A ของมุม $60^\circ = 1$ ด้าน C = 1.1547
 เมื่อ A ของมุม $60^\circ = 5.196$, ด้าน C = 1.1547 x 5.196
 \therefore ด้าน C ที่วัดจากศูนย์กลางข้อต่อ = 5.9998 หรือ 6 ฟุต

สูตร $P = C \text{ to } C - F + 2T$

แทนค่า = $6' - 2\frac{5}{8}'' + 1''$

= $5' 10\frac{3}{8}''$

\therefore ความยาวจริงของท่อ = 5 ฟุต $10\frac{3}{8}$ นิ้ว

ข้อทดสอบของบทเรียนความรู้เบื้องต้นของช่างประปา ตอนที่ 1

- หมายเหตุ
- 1) ข้อทดสอบนี้ให้ทดสอบก่อนและหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว
 - 2) ให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้เท่านั้น
 - 3) ข้อสอบมี 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที

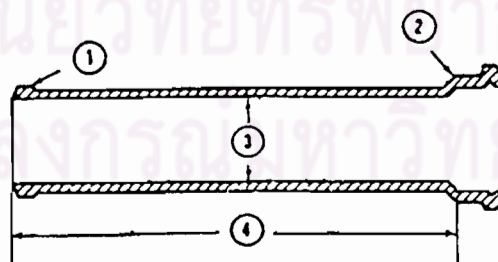
1. ท่อเหล็กหล่อใช้ในงานอะไรสิ่งจะเหมาะสมที่สุด

- ก. ใช้เป็นท่อน้ำประปา
- ข. ใช้เป็นท่อน้ำร้อน
- ค. ใช้เป็นท่อน้ำ
- ง. ใช้เป็นท่อระบายน้ำทิ้ง

2. การเรียกขนาดของท่อเหล็กหล่อ วัดขนาดที่ส่วนใด

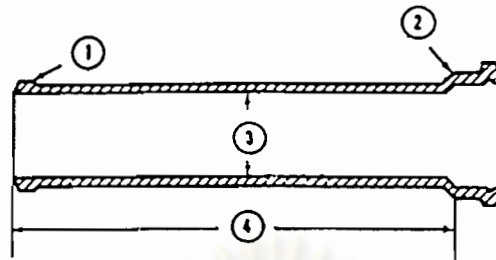
- ก. ความโตภายนอกของท่อ
- ข. รัศมีภายนอกของท่อ
- ค. ความโตภายในของท่อ
- ง. รัศมีภายในของท่อ

3. จากภาพส่วนที่เรียกว่า Hub ของท่ออยู่ที่ส่วนใด



- ก. (1)
- ข. (2)
- ค. (3)
- ง. (4)

๔. จากภาพส่วนที่เรียกว่า Spigot ของท่ออยู่ที่ส่วนใด

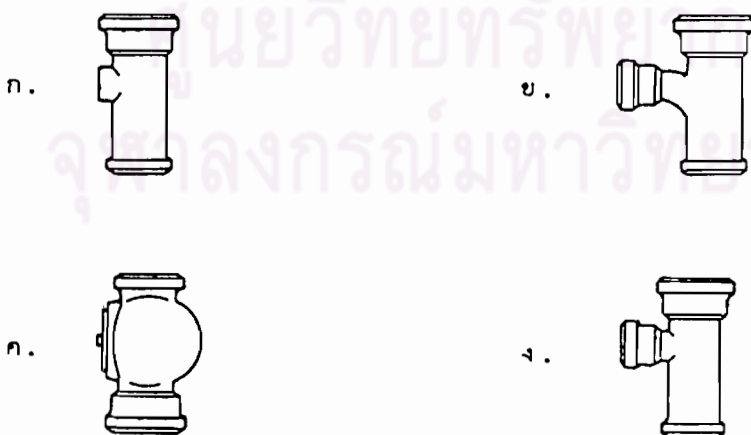


- ก. (1)
- ข. (2)
- ค. (3)
- ง. (4)

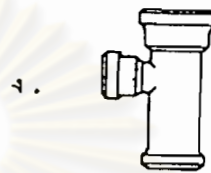
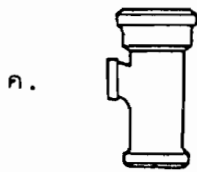
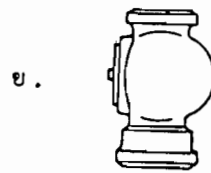
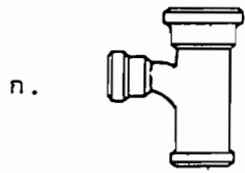
5. คุณสมบัติของท่อเหล็กหล่อคืออะไร

- ก. ตัดได้ยาก
- ข. ไม่เป็นสนิม
- ค. เปราะหักแตกง่าย
- ง. เชื่อมได้ง่าย

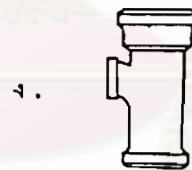
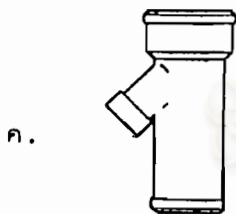
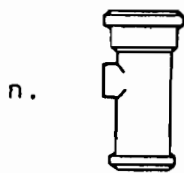
6. Sanitary T คือภาพใด



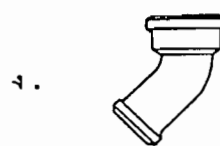
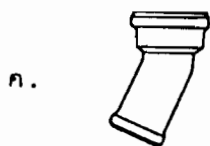
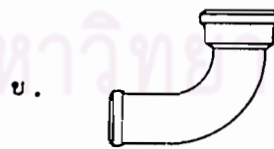
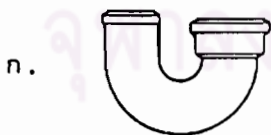
7. Straight T คือภาพใด



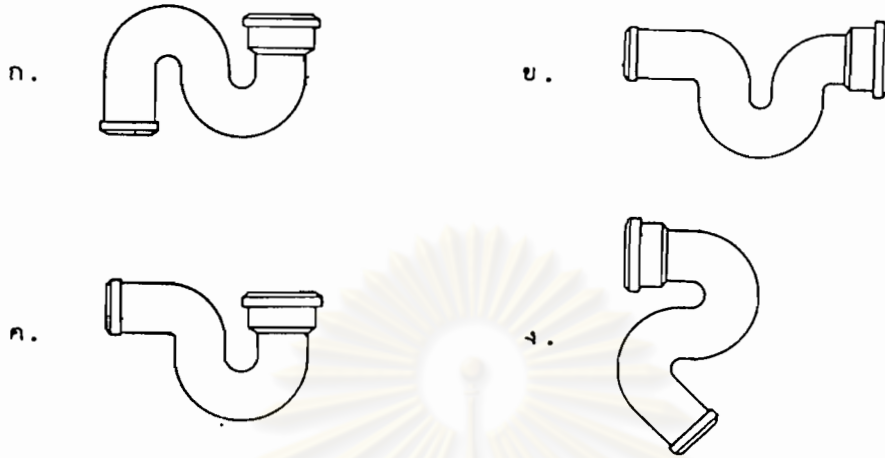
8. 90° Y Branch คือภาพใด



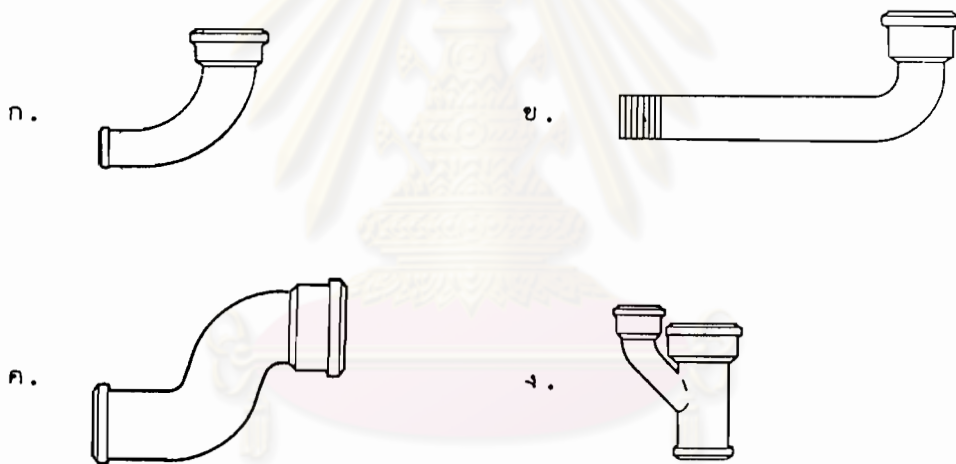
9. ข้องอ 180 องศา หรือข้องอ $\frac{1}{2}$ คือภาพใด



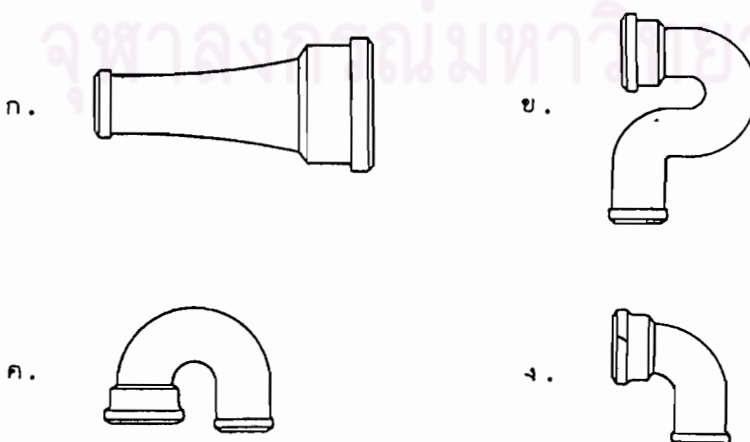
10. P - Trap คือภาพใด



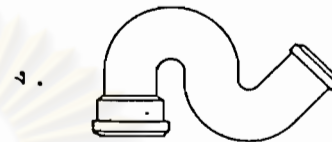
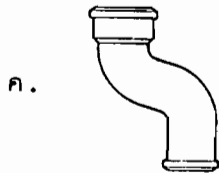
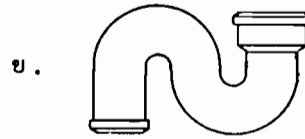
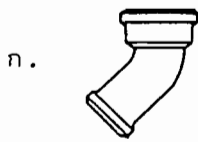
11. ข้อ Offset คือภาพใด



12. ในการต่อปลายท่อระบายอากาศบนหลังคา ควรใช้ข้อต่อชนิดใด



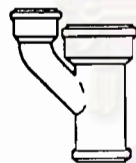
13. การต่อท่อในแนวยืน แต่ต้องการหลบสิ่งกีดขวางควรใช้อุปกรณ์ชนิดใดช่วย



14. ท่อระบายน้ำทิ้ง ในอาคารธรรมดาทั่วไป ควรใช้ท่อประเภทใด

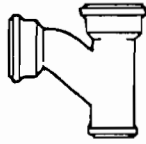
- ก. ท่อเหล็กอบสังกะสี
- ข. ท่อใยหิน
- ค. ท่อเหล็กหล่อชนิดบาง
- ง. ท่อเหล็กหล่อชนิดหนา

15. Tee ดังภาพ เหมาะที่จะใช้งานประเภทใด



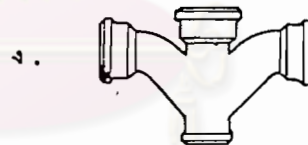
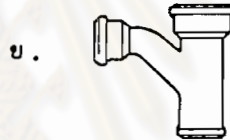
- ก. ใช้ให้น้ำไหลจากแนวนอนลงสู่แนวตั้ง
- ข. ใช้ในการรวมท่อในแนวตั้งทั้งสองท่อให้เป็นท่อเดียวกัน
- ค. ใช้ในการต่อท่อที่อยู่ในแนวนอนทั้งหมด
- ง. ใช้ได้ทั้งข้อ ก, ข และ ค

16. Tee ดังภาพ เหมาะที่จะใช้ในงานประเภทใด



- ก. ใช้ให้น้ำไหลจากแนวนอนลงสู่แนวตั้ง
- ข. ใช้ในการรวมท่อในแนวตั้งทั้งสองท่อให้เป็นท่อเดียวกัน
- ค. ใช้ในการต่อท่อที่อยู่ในแนวนอนทั้งหมด
- ง. ใช้ได้ทั้งข้อ ก, ข และ ค

17. ข้อใดที่ไม่ใช่ Y Branch



18. ข้อใด Bend $\frac{1}{6}$ เท่ามุมกึ่งค่า

- ก. $22\frac{1}{2}^{\circ}$
- ข. 45°
- ค. 60°
- ง. 90°

19. ข้องอ Bend $\frac{1}{4}$ ทำมุมกี่องศา

- ก. 45°
- ข. 60°
- ค. 90°
- ง. 180°

20. คอห่านเก็บน้ำใต้อ่างล้างหน้า มีลักษณะเป็น Trap ชนิดใด

- ก. S - Trap
- ข. P - Trap
- ค. Running Trap
- ง. $\frac{3}{4}$ S - Trap



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อทดสอบของบทเรียนความรู้เบื้องต้นของช่างประปา ตอนที่ 2

- หมายเหตุ**
- 1) ข้อทดสอบนี้ใช้ทดสอบก่อนและหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว
 - 2) ให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้เท่านั้น
 - 3) ข้อสอบมี 20 ข้อ ใช้เวลาทำ 20 นาที

1. ตามอาคารโดยทั่วไปนิยมใช้ท่อน้ำประปาแบบใด

- ก. ท่อเหล็กดำ
- ข. ท่ออบสังกะสีธรรมดา
- ค. ท่ออบสังกะสีชนิดหนา
- ง. ท่ออบสังกะสีชนิดหนาพิเศษ

2. ท่อประปาขนาดมาตรฐานจะมีความยาวเท่าไร

- ก. 4 เมตร
- ข. 6 เมตร
- ค. 20 ฟุต
- ง. มีจำหน่ายทั้งข้อ ก, ข และ ค

3. การเรียกขนาดความโตของท่อ วัดขนาดที่ส่วนใด

- ก. ความโตภายนอกของท่อ
- ข. รัศมีภายนอกของท่อ
- ค. ความโตภายในของท่อ
- ง. รัศมีภายในของท่อ

4. ในการต่อท่อแยก 1 นิ้ว ออกจากท่อเมน 1 นิ้ว เป็นมุม 90 องศา ต้องใช้อุปกรณ์เรียกว่าอะไร

- ก. Union
- ข. Elbow
- ค. Tee
- ง. Coupling

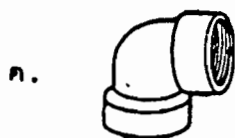
5. ในการต่อท่อให้ยาวออกไปในทางตรงโดยไม่มีการต่อแยกต้องใช้อะไร









- ก. Union
- ข. Elbow
- ค. Coupling
- ง. Nipple

6. ในการต่อท่อชนิดหนึ่ง ที่ต่อท่อในแนวตรงสองท่อน ซึ่งไม่สามารถหมุนท่อเพื่อขันเกลียวเข้าในข้อต่อได้ จำเป็นต้องใช้ข้อต่อพิเศษเรียกว่าอะไร





- ก. Coupling
- ข. Tee
- ค. Nipple
- ง. Union

7. Street elbow







๘. ในการเชื่อมท่อน้ำที่ชำรุด ไม่อาจจะถอดท่อตลอดระบบได้ จำเป็นต้องตัดออกมาบางส่วน ในการประกอบท่อเข้าดังเดิม อุปกรณ์ที่จำเป็นจะต้องใช้มากที่สุดคืออะไร
- Coupling
 - Union
 - Street elbow
 - Tee
๙. ในกรณีที่ตัดท่อประปาออกมายาวไม่เกิน 12 นิ้ว แล้วตีปเกลียว หัวและท้ายเป็นเกลียวตัวผู้ นิยมเรียกว่าอะไร
- Bushing
 - Plug
 - Coupling
 - Nipple
10. สัญลักษณ์ของ gate valve คือ ข้อใด
- 
 - 
 - 
 - 
11. สัญลักษณ์ของ Check valve คือข้อใด
- 
 - 
 - 
 - 

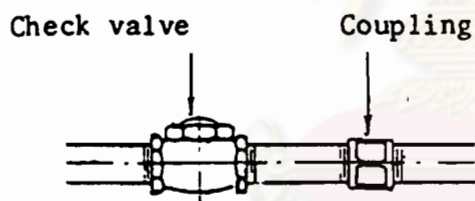
12. สัญลักษณ์ของข้อลุด คือข้อใด

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 





13. สัญลักษณ์ของข้องอ คือข้อใด

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 

14. จากภาพ



เขียนเป็นสัญลักษณ์ ต้องเขียนอย่างไร

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 



15. จากภาพจริง



เมื่อจะเขียนเป็นสัญลักษณ์ต้องเขียนอย่างไร

- ก.
- ข.
- ค.
- ง.

16. สัญลักษณ์ของสามทางคว่ำ คือข้อใด

- ก.
- ข.
- ค.
- ง.

17. สัญลักษณ์ของช่องอหงายคือ ข้อใด

- ก.
- ข.
- ค.
- ง.

18. สัญลักษณ์ของท่อน้ำประปา คือข้อใด

- ก.
- ข.
- ค.
- ง.

19. สัญลักษณ์ ของท่อน้ำร้อนคือข้อใด

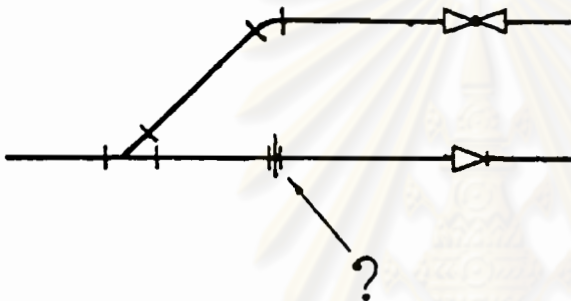
ก. _____

ข. - - - - -

ค. - + - + - + -

ง. _____

20. ลากภาพสัญลักษณ์ เครื่องหมาย (?) เรียกว่าอะไร



ก. Bushing

ข. Plug

ค. Coupling

ง. Union

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อทดสอบของบทเรียนความรู้เบื้องต้นของช่างประปา ตอนที่ 3

- หมายเหตุ**
- 1) ข้อทดสอบนี้ใช้ทดสอบก่อนและหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว
 - 2) ให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้เท่านั้น
 - 3) ข้อสอบมี 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที
-

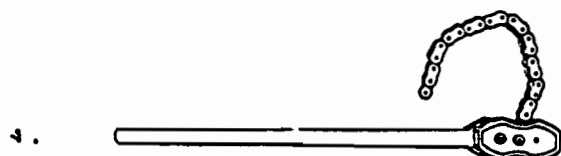
1. ท่อที่มีผิวมันหรือชุบโครเมียม ควรสับด้วยประแจประเภทใด
 - ก. แบบสลิตสัน
 - ข. แบบสแตริฟ
 - ค. แบบโซ่
 - ง. แบบโตกี้โต้

2. ท่อประปาขนาดโต 1 นิ้ว ควรใช้ประแจขนาดโตสับ
 - ก. 8 นิ้ว
 - ข. 10 นิ้ว
 - ค. 18 นิ้ว
 - ง. 23 นิ้ว

3. ท่อที่ใหญ่กว่า 8 นิ้ว ขึ้นไป ควรใช้ประแจขนาดโตสับ
 - ก. 10 นิ้ว
 - ข. 18 นิ้ว
 - ค. 24 นิ้ว
 - ง. ประแจโซ่

4. วัสดุที่เหมาะสมในการรองพื้นปากกาสีสำหรับสับท่อมิให้เป็นรอยโต้ดีที่สุด ควรใช้วัสดุอะไร
 - ก. ยาง
 - ข. ไม้
 - ค. แผ่นผ้าใบ
 - ง. แผ่นตะกั่ว

5. ในกรณีที่ต้องการตัดท่อประปา แต่อยู่ในที่จำกัดไม่อาจหมุนเครื่องตัดท่อได้รอบตัว ควรใช้เครื่องตัดท่อประเภทใดตัดจึงจะดีที่สุด
- เครื่องตัดท่อชนิดล้อตัดเดี่ยว
 - เครื่องตัดท่อชนิดล้อตัด 3 ใบ
 - ตัดด้วยเลื่อยตัดเหล็ก
 - ตัดด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
6. การใช้ Reamer คว้นรูภายในท่อ ภายหลังจากตัดด้วย Pipe cutter เพื่อประโยชน์อันใด
- ปลอดภัยในการทำงาน
 - ทำให้รัศมีภายในท่อโตขึ้น
 - ลดความผิดภายในท่อ
 - เป็นการขจัดต้นเหตุของการอุดตัน
7. จากภาพเป็นรูปประแจสี่ท่อนับต่าง ๆ ภาพใดที่เรียกว่า แบบ "สี่ลิ้น"



8. ข้อจำกัดพิเศษของ Pipe cutter ชนิดล้อตัดเดี่ยว คืออะไร

- ก. ตัดได้เพียงตรงดี
- ข. ตัดในที่จำกัดได้
- ค. ต้องหมุนเครื่องตัดได้รอบตัว
- ง. ตัดท่อขนาดเล็กกว่า $\frac{3}{4}$ นิ้ว ไม่ได้

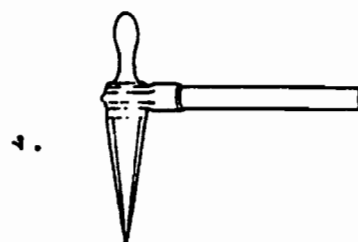
9. ข้อเสียของ Pipe cutter ชนิดล้อตัดเดี่ยว คืออะไร

- ก. ตัดในที่จำกัดไม่ได้
- ข. ตัดท่อขนาดเล็กกว่า $\frac{3}{4}$ นิ้ว ไม่ได้
- ค. ตัดท่อชนิดลึทัวไม่ได้
- ง. ตัดท่อเหล็กชนิดบางไม่ได้

10. ในการตัดท่อน้ำ ที่ฝังใต้ดินประมาณ 10 นิ้ว จำเป็นต้องตัดท่อบางส่วนเพื่อซ่อมแซม เครื่องมือตัดที่เหมาะสมที่สุด คือ

- ก. เครื่องตัดท่อชนิดล้อตัดเดี่ยว
- ข. เครื่องตัดท่อชนิดล้อตัด 3 ใบ
- ค. เลื่อยตัดเหล็ก
- ง. เหล็กสะเก็ด

11. จากภาพ ก, ข, ค และ ง เครื่องมือที่ใช้คว้านท่อภายในคือข้อใด



12. Tubing cutter ใช้ในการตัดท่อทองแดง มีลักษณะเช่นไร
- ขนาดไม่ต่างกับกับ Pipe cutter แต่เรียกชื่อต่างกัน
 - มีใบมีดตัด 2 ใบ
 - มีลักษณะคล้ายกับกับ Pipe cutter แต่มีขนาดเล็กกว่า
 - คำตอบที่ถูกต้องมีได้ให้ไว้
13. เครื่องบานปลายท่อ ชนิดที่เรียกว่า Flaring tool ใช้บานท่อโลหะชนิดใด
- ท่อเหล็กดำ
 - ท่อประปา
 - ท่อทองแดง
 - ใช้ได้กับท่อทุกชนิด
14. ในการบกระบน้ำภายในท่อ ให้เติมท่อ โดยใช้ Test plug จุดตรงส่วนใดส่วนหนึ่งของท่อเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของน้ำในท่อด้วยเหตุผลชนิดใด
- หาอัตราการไหลของน้ำภายในท่อ
 - หาจุดรั่วซึมของท่อ
 - เพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำในท่อ
 - เพื่อหาความสะอาดท่อ
15. ในการทำเหียวที่ปลายท่อไฟเบอร์ เพื่อประโยชน์อะไร
- เพื่อทำปลายท่อให้เรียบเรียบร้อยงาม
 - เพื่อลบเหลี่ยมของมุมท่อไม่ให้มีคม
 - เพื่อทำให้ท่อสวมกับข้อต่อได้คล่อง
 - ถูกต้องทั้ง ก, ข และ ค
16. ในการใช้เครื่องมือกลึงปลายท่อไฟเบอร์ ปลายท่อจะเหียวลงกี่องศา
- 1 องศา
 - 2 องศา

ค. 3 องค์

ง. 4 องค์

17. ในขณะที่ปฏิบัติการตัดท่อประปา ควรให้ปากกาที่สับรัดที่อยู่ห่างจากปลายท่อที่จะตัดประมาณเท่าใด

ก. 1 นิ้ว

ข. 2 นิ้ว

ค. 6 นิ้ว

ง. 8 นิ้ว

18. ในการตีบพันเกลียวท่อประปา ให้ลัมบูรณั้น ควรใช้ของเหลวชนิดใดหล่อลื่นพันเครื่องตีบเกลียว

ก. น้ำ

ข. น้ำมันเครื่อง

ค. น้ำมันโซล่า

ง. ไม่จำเป็นต้องหล่อลื่น

19. ในการประกอบท่อประปากับข้อต่อ หรืออุปกรณ์ควรใช้อะไรเป็นตัวประสานรอยต่อ

ก. เทปพันสายไฟฟ้า

ข. สีจาด

ค. สีกันสนิม

ง. เชือกป่าน

20. เมื่อขันรอยต่อของท่อประปาเรียบร้อยแล้ว ควรทำอย่างไรกับรอยต่อนั้น

ก. ใช้งานได้เลย

ข. ทาด้วยสีจาดจนลุดเกลียวท่อ

ค. ทาด้วยสีกันสนิมจนลุดเกลียวท่อ

ง. พันด้วยเทปจนปิดเกลียวท่อ

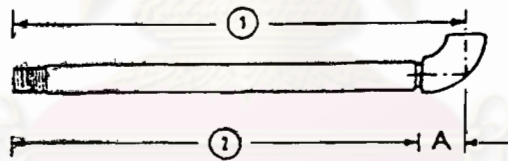
ข้อทดสอบของบทเรียนความรู้เบื้องต้นของช่างประปา ตอนที่ 4

- หมายเหตุ
- 1) ข้อทดสอบนี้ใช้ทดสอบก่อนและหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว
 - 2) ให้ตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้เท่านั้น
 - 3) ข้อสอบมี 20 ข้อ ใช้เวลาทำ 20 นาที

1. ในการต่อท่อประปาในทางตรง ยาว 63 เมตร จะต้องใช้ท่อประปามาตรฐานจำนวนกี่ท่อน

- ก. 8.87
- ข. 10.5
- ค. 15.75
- ง. 21.0

จากภาพต่อไปนี้ใช้เป็นคำถามในข้อ 2, 3 และข้อ 4



2. จากภาพ การวัดหาความยาวในการตัดท่อโดยวิธี (1) เรียกริธีนี้ว่าวิธีใด

- ก. End to End
- ข. End to Center
- ค. Center to Center
- ง. Face to Face

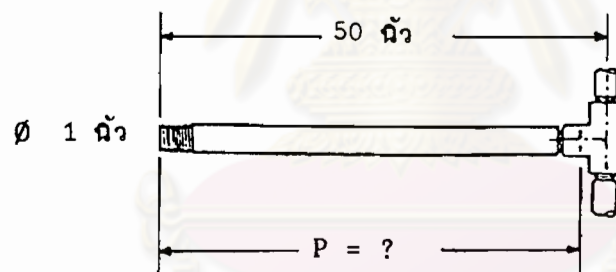
3. จากภาพ การวัดหาความยาวในการตัดท่อโดยวิธี (2) เรียกวิธีนี้ว่า วิธีใด

- ก. End to End
- ข. Face to End
- ค. Center to Center
- ง. Face to Face

4. จากภาพ ข้อต่ออง 90 องศา ส่วน A จะมีความเท่าใด

- ก. $\frac{1}{4}$ F
- ข. $\frac{1}{2}$ F
- ค. $\frac{3}{4}$ F
- ง. F

จากภาพต่อไปนี้เป็นค่าตามในข้อ 5 และข้อ 6



ตามภาพ ถ้าวัดท่อจากปลายถึงศูนย์กลางข้อต่อสามทางของท่อขนาด 1 นิ้ว ได้ระยะทาง 50 นิ้ว
อยากทราบว่า ความยาวของท่อที่จะต้องตัดจริงเท่าไร

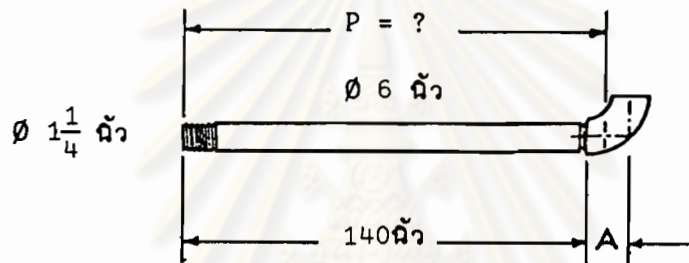
5. จากเงื่อนไขดังกล่าวในกรณีนี้ใช้สูตรคำนวณข้อใด

- ก. $P = F \text{ to } C - \frac{1}{2} F + T$
- ข. $P = E \text{ to } C - \frac{1}{2} F + T$
- ค. $P = E \text{ to } C - A + T$
- ง. ข้อ ข และ ค ถูกต้อง

6. จากภาพในขนาดท่อ 1 นิ้ว ถ้าเปิดตารางได้ ค่า $A = 1\frac{7}{16}$ นิ้ว และค่า $T = \frac{9}{16}$ นิ้ว
จงหาขนาดความยาวของท่อที่จะต้องตัดว่ายาวเท่าไร

- ก. $48\frac{3}{4}$ นิ้ว
ข. 49 นิ้ว
ค. $49\frac{1}{8}$ นิ้ว
ง. $49\frac{1}{4}$ นิ้ว

จากภาพต่อไปนี้ให้เป็นคำตอบในข้อ 7, 8 และข้อ 9



7. จากเงื่อนไขดังกล่าว ถ้าต้องการหาความยาวของท่อที่ต้องการตัด จะต้องใช้สูตรคำนวณข้อใด

- ก. $P = F$ to $F + T$
ข. $P = F$ to $E + T$
ค. $P = F$ to $C + T$
ง. $P = C$ to $C + T$

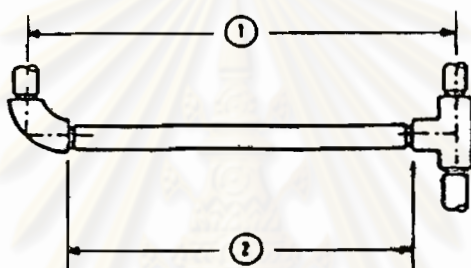
8. จากภาพเมื่อแทนสมการในสูตรที่ถูกต้อง จะได้ค่า P เท่าใด

- ก. $104\frac{1}{4}$ นิ้ว
ข. $104\frac{3}{8}$ นิ้ว
ค. $104\frac{1}{2}$ นิ้ว
ง. $104\frac{5}{8}$ นิ้ว

9. จากภาพดังกล่าว ถ้าเปิดตารางได้ค่า $A = 1\frac{3}{4}$ นิ้ว F หรือข้อต่อข้างเท่าไร

- ก. $1\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ข. $2\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ค. $3\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ง. $4\frac{1}{2}$ นิ้ว

จากภาพต่อไปนี้ให้เป็นคำตอบในข้อ 10, 11, 12 และข้อ 13



10. จากภาพการวัดหาความยาวของท่อในการตัดท่อโดยวิธี (1) เรียกรหัสนี้ว่าวิธีใด

- ก. End to End
- ข. End to Face
- ค. Center to Center
- ง. Face to Face

11. จากภาพ การวัดหาความยาวของท่อในการตัดท่อโดยวิธี (2) เรียกรหัสนี้ว่าวิธีใด

- ก. End to End
- ข. End to Face
- ค. Center to Center
- ง. Face to Face

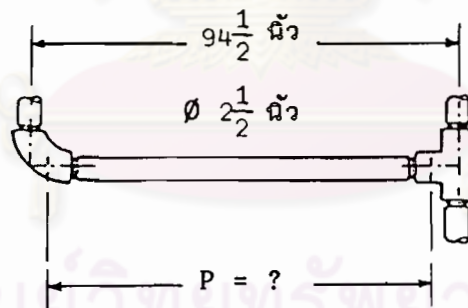
12. จากภาพในกรณี (1) จะหาค่า P โดยใช้อยู่ตรใด

- ก. $P = C \text{ to } C - F + 2T$
- ข. $P = C \text{ to } C - A + 2T$
- ค. $P = C \text{ to } C + 2A + 2T$
- ง. $P = C \text{ to } C - 2A - 2T$

13. จากภาพในกรณี (2) จะหาค่า P โดยใช้อยู่ตรใด

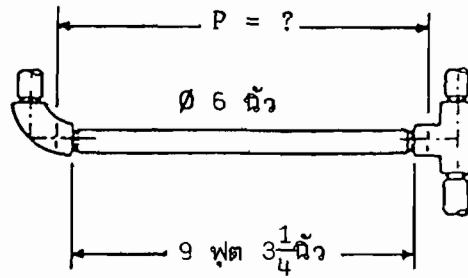
- ก. $P = C \text{ to } C + 2T$
- ข. $P = F \text{ to } C - 2T$
- ค. $P = F \text{ to } F - 2T$
- ง. $P = F \text{ to } F + 2T$

14.



- ก. 90 นิ้ว
- ข. $90\frac{3}{8}$ นิ้ว
- ค. $90\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ง. $90\frac{3}{4}$ นิ้ว

15.



- ก. 9 ฟุต $5\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ข. 9 ฟุต $5\frac{3}{4}$ นิ้ว
- ค. 9 ฟุต $5\frac{7}{8}$ นิ้ว
- ง. 9 ฟุต 6 นิ้ว

16. ในการใช้ข้ออมุนน้อยกว่า 90 องศา มีเหตุผลเนื่องมาจากอะไร

- ก. เพื่อลดการเสียดสีจากการใช้ข้ออ 90 องศา
- ข. เพื่อประหยัดท่อ
- ค. เพื่อสัดมุมในแนวทะแยง
- ง. ถูกต้องทั้ง ก, ข และ ค

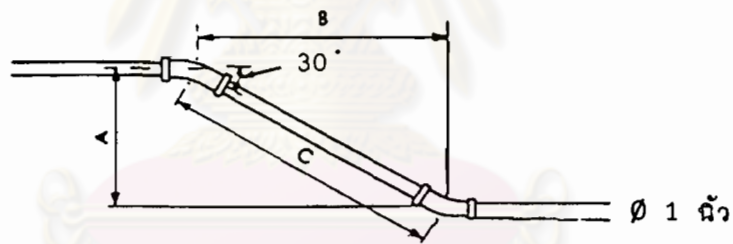
17. ท่อประปาขนาดโต \varnothing 1 นิ้ว ควรชันปลายเกลียวเข้าในข้อต่อสักเท่าใด

- ก. $\frac{1}{2}$ นิ้ว
- ข. $\frac{9}{16}$ นิ้ว
- ค. $\frac{5}{8}$ นิ้ว
- ง. 1 นิ้ว

จากตารางค่าของมุม ในลักษณะของมุมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ใช้ในการคำนวณในข้อ 18, 19 และข้อ 20

มุมที่หักงอ	เมื่อ A = 1, B =	เมื่อ B = 1, A =	เมื่อ A = 1, C =
60°	0.5773	1.732	1.1547
45°	1.000	1.000	1.4142
30°	1.732	0.5773	2.000
$22\frac{1}{2}^{\circ}$	2.414	0.4142	2.6131
$11\frac{1}{4}^{\circ}$	5.027	0.1989	5.1258
$5\frac{5}{8}^{\circ}$	10.168	0.0983	10.217

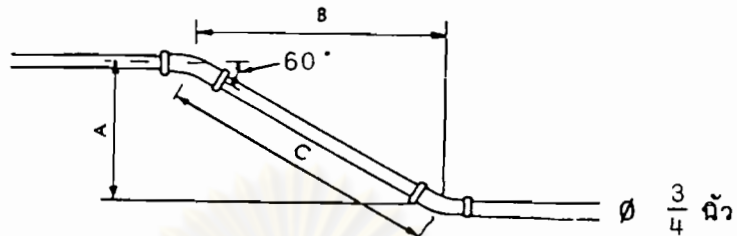
18.



ในการเดินท่อน้ำประปาขนาดโต 1 นิ้ว ทะแยงมุมของทางเท้าซึ่งมีด้าน A ยาว 4 ฟุต 2 นิ้ว และมีมุมที่หักงอเป็น 30 องศา ให้หาความยาวของด้าน C หรือท่อที่ทะแยงมุม มีความยาวที่แท้จริงเท่าใด

- ก. 8 ฟุต 2 นิ้ว
- ข. 8 ฟุต $2\frac{1}{8}$ นิ้ว
- ค. 8 ฟุต $2\frac{1}{4}$ นิ้ว
- ง. 8 ฟุต $2\frac{1}{2}$ นิ้ว

จากภาพต่อไปนี้เป็นคำถามในข้อ 19 และข้อ 20



19. ในการเดินท่อประปา 3/4 นิ้ว เป็นมุมทแยงหักงอ 60° วัดด้าน B ได้ 3 ฟุต

จากเงื่อนไขดังกล่าว จงหาความยาวด้าน A ยาวเท่าใด

- ก. 5.196 ฟุต
 ข. 4.00 ฟุต
 ค. 3.46 ฟุต
 ง. 3.0 ฟุต
20. จากเงื่อนไขดังกล่าว เมื่อได้ความยาวด้าน A จากข้อ 19 จงหาความยาวด้าน C (นั่นคือต้องตัดท่อ P ยาวเท่าใด)

- ก. 5 ฟุต $10\frac{1}{8}$ นิ้ว
 ข. 5 ฟุต $10\frac{1}{4}$ นิ้ว
 ค. 5 ฟุต $10\frac{3}{8}$ นิ้ว
 ง. 5 ฟุต $10\frac{1}{2}$ นิ้ว

ประวัติผู้เขียน

นายเฉลิมพล ว่องวิทย์การ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากวิทยาลัยครูพระนคร บางเขน
 วุฒิ ศบ. (อุตสาหกรรมศิลป์) เกียรตินิยมอันดับ 2 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์-
 มหาบัณฑิต สาขาวิชา โสวัตศึกษาศาสตร์ ภาควิชา โสวัตศึกษาศาสตร์ ปริญญาตรี สาขาวิชา
 เมื่อปีการศึกษา 2522 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งอาจารย์ วิทยาเขตเกษตรพระนครศรีอยุธยา
 อ.พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย