

บทที่ 6

การออกแบบระบบไฟฟ้า

ปัจจัยพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า มีดังนี้

- ⇒ ความปลอดภัย (Safety)
- ⇒ ความเชื่อถือได้ (Reliability)
- ⇒ ความง่ายในการใช้งาน (Simplicity of Operation)
- ⇒ ความสม่ำเสมอของแรงดัน (Voltage Regulation)
- ⇒ การดูแลรักษา (Maintenance)
- ⇒ ความคล่องตัว (Flexibility)
- ⇒ ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost)

6.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

6.1.1 หน่วยงานที่รับผิดชอบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า มี 3 หน่วยงาน

- ⇒ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย : กฟผ.
(Electricity Generating Authority of Thailand : EGAT)
- ⇒ การไฟฟ้านครหลวง : กฟน.
(Metropolitan Electricity Authority : MEA)
- ⇒ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค : กฟภ.
(Provincial Electricity Authority : PEA)



การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย : กฟผ.
(Electricity Generating Authority of Thailand : EGAT)

กฟผ.

เป็นหน่วยงาน ของรัฐวิสาหกิจที่มีหน้าที่ในการวางแผนการเตรียมระบบผลิตไฟฟ้าของทั้งประเทศไทย เช่น สร้างโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ , พลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ระบบที่ผลิตจะมีการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 500 กิโลโวลต์ (500KV), 230 กิโลโวลต์ (230KV) และ 115 กิโลโวลต์ (115KV) ขยายต่อการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้านครหลวง : กฟน.
(Metropolitan Electricity Authority : MEA)



กฟน.

ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อทำการส่งขายให้ลูกค้าทั้งเอกชน และหน่วยงานรัฐบาล ภายในกรุงเทพมหานคร , นนทบุรี , สมุทรสาคร , สมุทรปราการ

ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ามีหลายระดับแรงดันดังนี้

- 220V. 1P , 220V/380V. 3P
- 12KV. 3P
- 24KV. 3P
- 69KV. 3P

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค : กฟภ.
(Provincial Electricity Authority : PEA)



กฟภ.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่รับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเพื่อส่งขายให้ลูกค้าทั่วประเทศ โดยยกเว้นเขตการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้แบ่งพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 4 ภาค คือ ภาคกลาง , ภาคเหนือ , ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้

ระบบส่งจ่ายไฟฟ้ามีหลายระดับแรงดันดังนี้

- 230V. 1P , 230V/400V. 3P
- 11KV , 22KV. 3P
- 33KV. 3P
- 69KV , 115KV. 3P

6.1.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

- ⇒ ระบบการผลิตไฟฟ้า (Generating System)
- ⇒ ระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission System)
- ⇒ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System)

1. ระบบการผลิตไฟฟ้า (Generating System) ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ โรงจักรกลไฟฟ้า คือส่วนที่ผลิตไฟฟ้าขึ้นมา

2. ระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission System) ได้แก่ สายส่งไฟฟ้าแรงสูง และสถานีเปลี่ยนแปลงแรงดัน (Substation)

ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนี้จะส่งด้วย แรงดันไฟฟ้า 3 ระดับ คือ

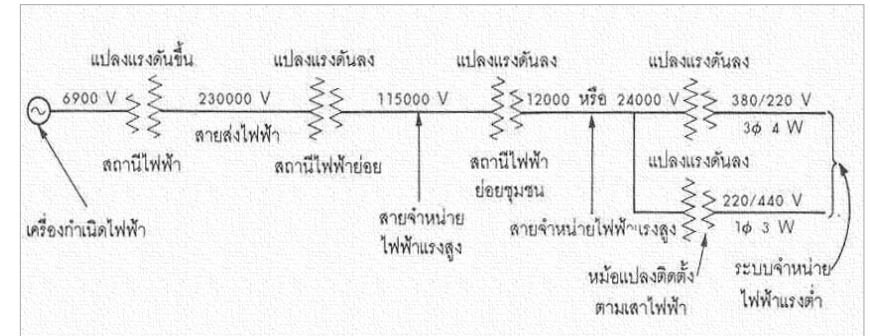
- ไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage) : HV. ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 230KV
- ไฟฟ้าแรงสูงเอ็กซ์ตรา (Extra High Voltage) : EHV. ระดับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 230-1000KV.
- ไฟฟ้าแรงสูงอัลตรา (Ultra High Voltage) : UHV. ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 1000KV. ขึ้นไป ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีใช้

3. ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System) ได้แก่ สายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง จากสถานีเปลี่ยนแรงดัน หรือสถานีไฟฟ้าย่อย(Substation)

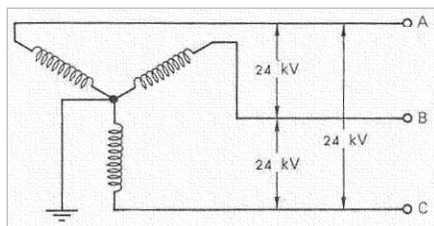
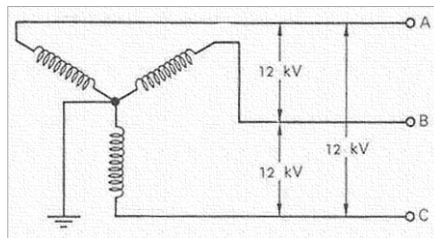
ระบบจำหน่ายไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง
- ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ

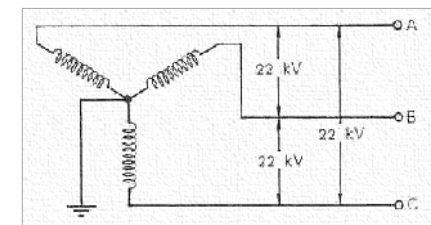
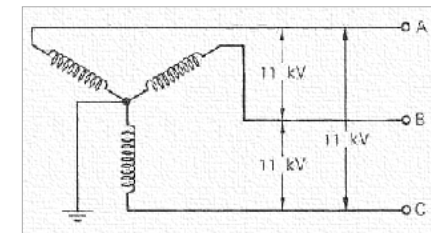
3.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง เริ่มตั้งแต่สถานีไฟฟ้าย่อย ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงเหลือ 115 KV. หรือ 69 KV. และจะถูกแยกจ่ายออกเป็นสายส่งออกเป็นชุด ๆ ส่งไปตามยังสถานีไฟฟ้าย่อยในชุมชน



รูปที่ 6.4 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง



รูปที่ 6.5 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงของ กฟน.

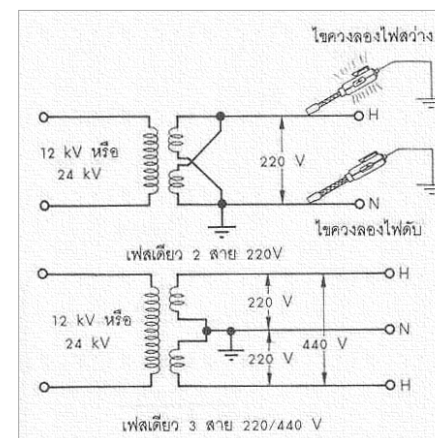


รูปที่ 6.6 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงของ กฟภ.

3.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

- ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำเฟสเดียว
- ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำสามเฟส

ก) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำเฟสเดียว

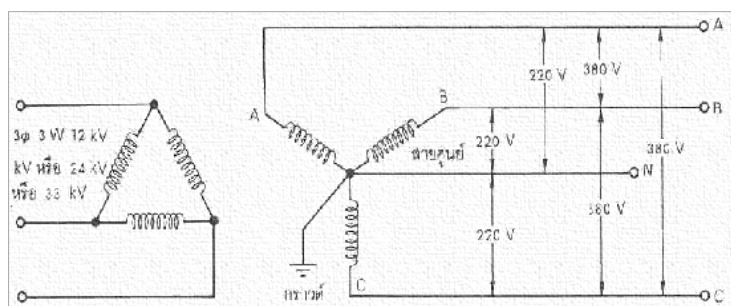


1 เฟส 2 สาย

1 เฟส 3 สาย

รูปที่ 6.7 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ 1 เฟส

ข) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำสามเฟส



รูปที่ 6.8 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ 3 เฟส

6.2 สายไฟฟ้าและระบบการเดินสาย

6.2.1 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าในปัจจุบันทำมาจากทองแดงและอลูมิเนียม ทองแดงถูกนำมาใช้ทำเป็นสายไฟฟ้าเนื่องจากคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนอลูมิเนียมจะมีความนำไฟฟ้าเพียง 61% เมื่อเทียบกับทองแดงในขนาดที่เท่ากัน แต่จะมีคุณสมบัติในด้านของน้ำหนักที่เบากว่าทองแดง จึงถูกนำมาใช้ในสายส่งที่ขึงในอากาศมากกว่าทองแดง และมักใช้เป็นสายส่งระบบไฟฟ้าแรงสูง ในด้านของราคาสายอลูมิเนียมยังมีราคาที่ถูกกว่าด้วยเมื่อเทียบกับขนาดเท่ากัน

➡ เป็นสื่อนำกำลังไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปสู่อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือโหลด (Load)

➡ มีหลายชนิดให้เลือกใช้งาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสถานที่และวิธีการติดตั้ง ตามตารางที่ 6.1 ถึง ตารางที่ 6.3

ชื่อทางการค้า	รหัสการ	อุณหภูมิใช้งาน สูงสุด (°C)	จำนวน	การใช้งาน
สายไฟฟ้าขั้วบน โพลีเอทิลีน	A	200	โพลีเอทิลีน	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือการเดินสายในเครื่องใช้ การเดินสายต้องยึดด้วยสายรัด ไม่เกิน 300V
สายไฟฟ้าขั้วบน พอลิเอทิลีน โพรพิลีน	FEP หรือ FEPB	90 200	พอลิเอทิลีน เอทิลีน โพรพิลีน	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดัน ที่อุณหภูมิสูงกว่า 90°C
สายไฟฟ้าขั้วบน พีวีซี (ไม่ยืดหยุ่น)	MI	85 250	เมกนิซึม ออกไซด์	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือที่อุณหภูมิสูง
สายไฟฟ้าขั้วบน ยางธรรมชาติ	RH	75	ยางธรรมชาติ	สำหรับการเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ
สายไฟฟ้าขั้วบน พอลิเอทิลีน เทอร์โมพลาสติก	TW	60	พีวีซี	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำและที่เปียก
สายไฟฟ้าขั้วบน เทอร์โมพลาสติก ทนความร้อน	THW	75 90	พีวีซี	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำและที่เปียก สำหรับเดินสายในตัวเครื่อง
สายไฟฟ้าขั้วบน พอลิเอทิลีน เทอร์โมพลาสติก	NM	60	พีวีซี	สำหรับเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำและที่เปียก ใช้เดินสายภายในอาคาร ห้ามฝังดินโดยตรง
สายไฟฟ้าขั้วบน พอลิเอทิลีน เทอร์โมพลาสติก	UF	60	พีวีซี	ใช้งานได้ทั่วไป สามารถฝังดิน ได้โดยตรง
สายไฟฟ้าขั้วบน ครอสลิงก์โพลีเอทิลีน ที่มีความต้านทาน	XHHW	90 75	ครอสลิงก์โพลีเอทิลีน ซิลิโคน	สำหรับการเดินสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ สำหรับการเดินสายในที่เปียก

สายไฟฟ้ามีทั้งชนิดที่ไม่มีฉนวนหุ้ม ซึ่งจะเรียกว่า สายเปลือย และสายที่มีฉนวนหุ้ม สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มสาย ฉนวนไฟฟ้าที่นำมาใช้ก็เพื่อประโยชน์ในด้าน การป้องกันสายไฟฟ้าไม่ให้ไปแตะกับสายตัวนำอื่นๆ , ป้องกันความชื้น , ความร้อน , สารเคมีต่างๆ

ฉนวนที่ใช้หุ้มสายสามารถแยกจัดแบ่งเป็นประเภทของฉนวนโดยใช้อักษรย่อ ได้ดังนี้

- A : โพลีเอทิลีน (Asbestos)
- R : ยาง (Rubber)
- T : เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)
- PE : โพลีเอทิลีน (Polyethylene)
- XLPE : ครอสลิงก์โพลีเอทิลีน (Crosslink Polyethylene)
- H : ทนความร้อน (Heat Resistance)
- W : ทนความชื้น (Mositure Resistance)

ตารางข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี
ตาม มอก. 11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70° องศาเซลเซียส

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
1 (IV)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- เดินลอยด้วยยึดด้วยวัสดุฉนวน - เดินในท่อหรือช่องเดินสายในสถานที่แห้ง - ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง
2 (VAF)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	สายกลม - เดินลอย - เดินเกาะผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - เดินซ่อน (conceal) ในผนัง - เดินในท่อหรือช่องเดินสาย - เดินร้อยท่อ (conduit) ฝังดินได้ แต่ต้อง ป้องกันไม่ให้มีน้ำซึมเข้าภายในท่อและป้องกัน ไม่ให้สายมีโอกาสน้ำ - ห้ามฝังดินโดยตรง สายแบน - เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - ห้ามฝังดินโดยตรง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ

ใน () รหัสอักษรทางการค้า

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
3 (VVR)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ห้ามฝังดินโดยตรง
4 (THW)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- เดินลอยด้วยยึดด้วยวัสดุฉนวน - เดินในท่อหรือช่องเดินสายในสถานที่แห้ง - ห้ามฝังดินโดยตรง - ร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้มีน้ำ เข้าไปในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสน้ำ ซึมเข้า
5 (VVF)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	สายกลม - เดินลอย - เดินเกาะผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - เดินซ่อนในผนัง - เดินในท่อหรือช่องเดินสาย - เดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้มีน้ำ เข้าไปในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสน้ำ ซึมเข้า สายแบน - เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - ห้ามฝังดินโดยตรง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ
6 (NYY)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
7 (NYY)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
8 (NYY-N)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
9 (VCT)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้สำหรับร้อยอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า

ใน () รหัสอักษรทางการค้า

** การเลือกใช้สายไฟฟ้า **

1. ด้านไฟฟ้า ต้องพิจารณาในการเลือกใช้สายไฟฟ้าในด้านต่างๆ ต่อไปนี้

ก) ขนาดสาย

- พิจารณากระแส แรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิ
- ภาวะโหลดเกินกะทันหัน
- แรงดันตก
- กระแสลัดวงจร

ข) ชนิดของสาย

ค) ความหนาแน่นของฉนวน

ง) การนำไปใช้งาน

2. ความแข็งแรงของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า

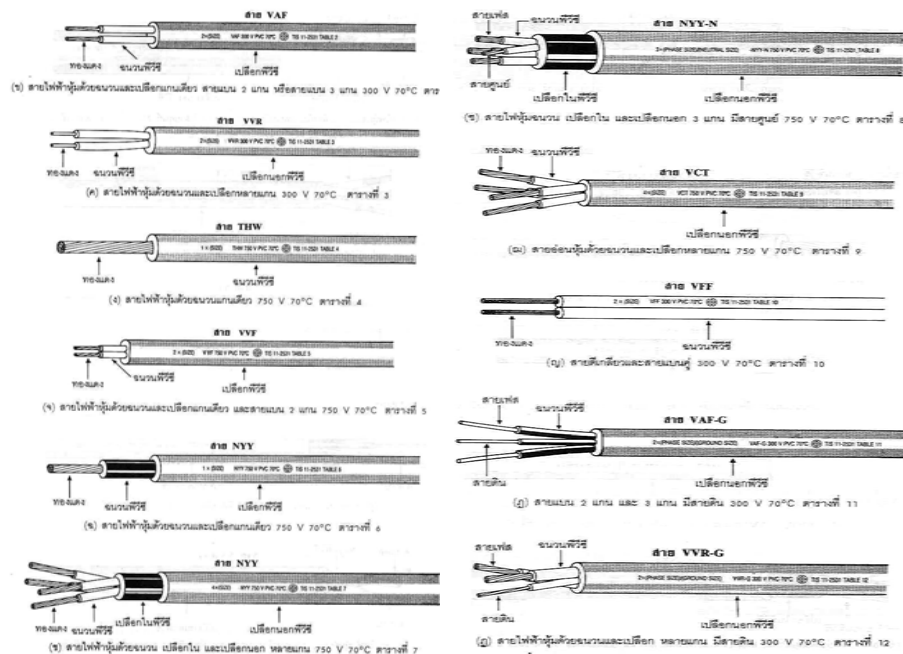
3. ความร้อน ความร้อนจะมีผลต่อความต้านทานของสายไฟฟ้า

4. ทางกล สายจะต้องมีความเหนียวและความยืดหยุ่น

5. ทางเคมี สายจะต้องทนต่อน้ำมัน เปลวไฟ โอโซน แสงอาทิตย์ กรดต่างๆ

สายไฟฟ้าที่นิยมใช้ทั่วไป

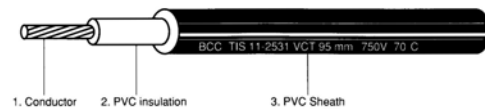
- สายไฟฟ้า VCT
- สายไฟฟ้า VAF
- สายไฟฟ้า THW
- สายไฟฟ้า NYY



สายไฟฟ้า VCT



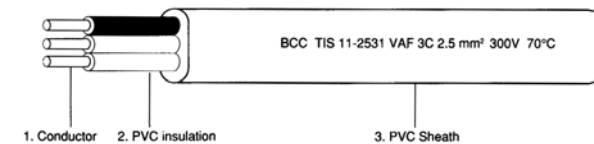
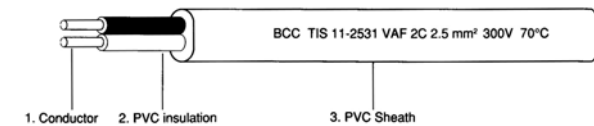
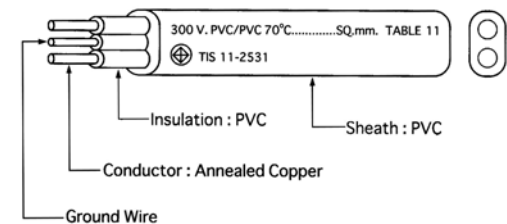
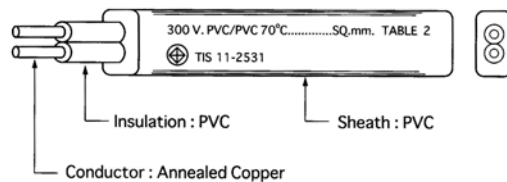
สายไฟฟ้าตารางนี้เรียกว่า สาย **VCT** นิยมใช้ในการเดินสายเข้าเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า โดยที่สายชนิดนี้จะมีฉนวน 2 ชั้น สามารถกันความชื้นได้ดี เช่นเดียวกับสาย **NYY** แต่มีความอ่อนตัวมากกว่าสาย **NYY**



สายไฟฟ้า VAF



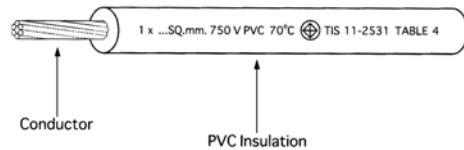
สายไฟฟ้าชนิดนี้ภายนอกเป็นเปลือกฉนวน **PVC** สีขาว ไว้ป้องกันความชื้นและช่วยป้องกันความเสียหายทางกลกับฉนวนภายใน ซึ่งหุ้มตัวนำทองแดงอีกชั้นหนึ่ง ตัวนำทองแดงอาจจะเป็นตัวนำเดี่ยวหรือตีเกลียวก็ได้ มีทั้งชนิด 2 แกน และ 3 แกน จะมีสายดินเพิ่มขึ้นอีก 1 สาย ซึ่งจะใช้กันมากขึ้น เนื่องจากการไฟฟ้า บังคับให้ต้องมีสายดินด้วย



สายไฟฟ้าTHW



เรียกว่าสาย THW ใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 70°C แรงดันไม่เกิน 750V. สายไฟฟ้าชนิดนี้มีลักษณะเป็นสายกลมเดี่ยว ตัวนำเป็นทองแดงหุ้มฉนวน PVC โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายวงจรย่อย สายป้อน และสายประธาน



แรงดันใช้งาน

750V.

อุณหภูมิใช้งาน

70°C

สถานที่ใช้งาน

สถานที่แห้งและสถานที่เปียก

ลักษณะการติดตั้ง

เดินลอย ต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน

เดินช่องเดินสาย ในสถานที่แห้ง

เดินในที่ร้อยสายฝังดินแต่ต้องป้องกัน

ไม่ให้น้ำเข้าในท่อและป้องกันไม่ให้สายมี

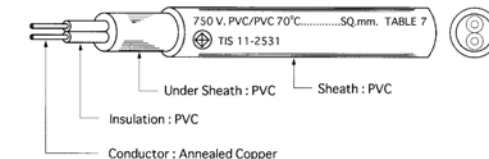
โอกาสแซ่น้ำ

ห้ามเดินฝังดินโดยตรง

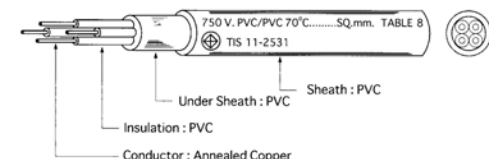
สายไฟฟ้าNYY



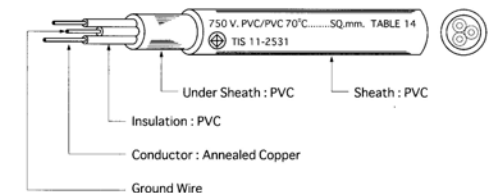
สายไฟฟ้าชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า NYY เป็นสายที่มีฉนวน 2 ชั้น โยฉนวน PVC ชั้นในจะทำหน้าที่เป็นฉนวนหุ้มตัวนำเอาไว้ ส่วนฉนวน PVC ชั้นนอกทำหน้าที่เป็นเปลือก ซึ่งสามารถทนความชื้นได้สูง สายชนิดนี้จึงสามารถใช้ฝังดินได้โดยตรง โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายป้อนและสายประธาน ที่ติดตั้งใต้ดิน

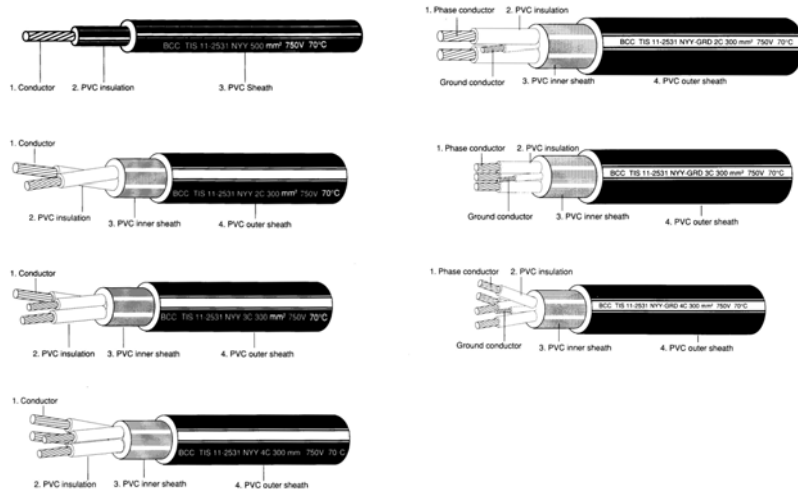


สายไฟฟ้าตารางที่ 7



สายไฟฟ้าตารางที่ 8





แรงดันใช้งาน
อุณหภูมิใช้งาน
สถานที่ใช้งาน
ลักษณะการติดตั้ง

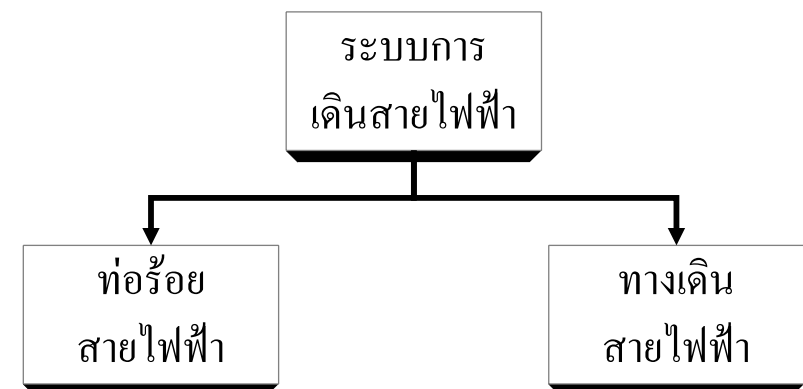
750V.
70°C
สถานที่แห้งและสถานที่เปียก
ใช้งานได้ทั่วไป
ฝังดินโดยตรง
เดินในที่ร้อยสายฝังดิน

สีของฉนวนหุ้มสายไฟ

เพื่อความสะดวกในการต่อสาย , การตรวจสอบวงจร จึงมีการกำหนดสีของฉนวนหุ้มสายไฟดังนี้

- สายหุ้มฉนวนชนิด 2 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน(N) กับ สีดำ(L)
- สายหุ้มฉนวนชนิด 3 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน (N) , สีดำ (L1) , สีแดง (L2)
- สายหุ้มฉนวนชนิด 4 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน (N) , สีดำ (L1) , สีแดง (L2) , สีน้ำเงิน (L3)
- สายหุ้มฉนวนชนิด 5 แกน (CORE) ใช้สีเทาอ่อน (N) , สีดำ (L1) , สีแดง (L2) , สีน้ำเงิน , สีเขียว (G)
- สายหุ้มฉนวนที่เป็นสายดิน (GROUND) จะใช้สีเขียว

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าในปัจจุบันนิยมกำหนดเป็นตารางมิลลิเมตร



ท่อร้อยสายไฟฟ้า

ท่อร้อยสาย โลหะ

- RSC
- IMC
- EMT
- FLEXIBLE CONDUIT

ท่อร้อยสาย อโลหะ

- ท่อไฟเบอร์
- ท่อซีเมนต์แอสเบสตอส
- ท่อพีวีซี (PVC : สีเหลือง)
- ท่อ HDPE

1.1 ท่อร้อยสายไฟฟ้าโลหะชนิดหนา (RSC : Rigid Steel Conduit) และหนาปานกลาง (IMC : Intermediate Metal Conduit)

⇒ ทำด้วยเหล็กกล้าเคลือบด้วยสังกะสี มีความแข็งแรงสูงมาก
และสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

ท่อแบบนี้มีขนาด ½", ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2", 2 ½", 3", 4", 5", 6" มีความยาว 3 เมตรต่อเส้น และที่ปลายท่อจะมีเกลียวเพื่อใช้ต่อกับอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งหรือใช้ต่อท่อให้ยาวขึ้น



IMC
(INTERMEDIATE METAL CONDUIT)

Nominal size	Outside Diameter						Wall Thickness				Length		Calculated Weight with Coupling			Number of Lengths in Standard Packing	
	Minimum		Maximum		Average		Minimum		Average								
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	ft-in	mm	lb/ft	kg/ft	kg/m	per Bundle	per Lift
½	0.810	20.57	0.820	20.83	0.815	20.70	0.070	1.78	0.0775	1.97	9-11¼	3029	0.622	0.282	0.926	10	250
¾	1.024	26.01	1.034	26.26	1.029	26.14	0.075	1.91	0.0825	2.10	9-11¼	3029	0.851	0.386	1.27	7	175
1	1.285	32.64	1.295	32.89	1.290	32.77	0.085	2.16	0.0925	2.35	9-11	3023	1.21	0.549	1.80	5	125
1¼	1.630	41.41	1.645	41.78	1.6375	41.59	0.085	2.16	0.0925	2.35	9-11	3023	1.56	0.708	2.32	3	75
1½	1.875	47.63	1.890	48.01	1.8825	47.82	0.090	2.29	0.0975	2.48	9-11	3023	1.91	0.866	2.84	3	75
2	2.352	59.74	2.367	60.12	2.3595	59.93	0.095	2.41	0.1025	2.60	9-11	3023	2.54	1.15	3.78	-	50
2½	2.847	72.31	2.867	72.82	2.857	72.57	0.130	3.30	0.140	3.56	9-10½	3010	4.23	1.92	6.30	-	35
3	3.466	88.04	3.486	88.54	3.476	88.29	0.130	3.30	0.140	3.56	9-10½	3010	5.20	2.36	7.74	-	30
3½	3.961	100.61	3.981	101.12	3.971	100.86	0.130	3.30	0.140	3.56	9-10½	3004	6.07	2.75	9.03	-	25
4	4.450	112.18	4.471	113.09	4.466	113.44	0.130	3.30	0.140	3.56	9-10½	3004	6.85	3.11	10.2	-	20

TOLERANCE : Outside Diameter : ± 0.2 mm (For 1/2" - 1"), ± 0.3 (For 1 1/4" - 2") ± 0.4 (For 2 1/2" - 4")
Wall Thickness : ± 0.2 mm (For 1/2" - 2") ± 0.3 mm (For 2 1/2" - 4")



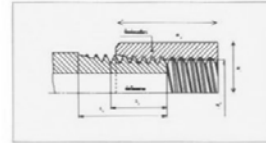
RSC
(RIGID STEEL CONDUIT)

Nominal size	Nominal Inside Diameter		Outside Diameter		Nominal Wall Thickness		Length without Coupling		Minimum Weight of 10 Unit Lengths with Coupling Attached		Calculated Weight with Coupling Attached		Number of Lengths in Standard Packing	
	in	mm	in	mm	in	mm	ft-in	mm	lb	kg	lb-ft	kg/m	per Bundle	per Lift
	in	mm	in	mm	in	mm	ft-in	mm	lb	kg	lb-ft	kg/m	per Bundle	per Lift
1/2	0.632	16.0	0.840	21.34	0.104	2.64	9-11 1/4	3029	79.0	35.83	0.83	0.376	1.24	10
3/4	0.836	21.3	1.050	26.67	0.107	2.72	9-11 1/4	3029	105.0	47.63	1.10	0.499	1.64	7
1	1.063	27.0	1.315	33.40	0.126	3.20	9-11	3023	153.0	69.40	1.63	0.739	2.43	5
1 1/4	1.394	35.4	1.680	42.16	0.133	3.38	9-11	3023	201.0	91.17	2.21	1.00	3.29	3
1 1/2	1.624	41.3	1.900	48.26	0.138	3.51	9-11	3023	249.0	112.95	2.65	1.20	3.94	3
2	2.083	52.9	2.375	60.32	0.146	3.71	9-11	3023	332.0	150.60	3.54	1.61	5.27	2
2 1/2	2.489	63.2	2.875	73.02	0.193	4.90	9-10 1/2	3010	527.0	239.05	5.70	2.59	8.48	-
3	3.090	78.5	3.500	88.90	0.205	5.21	9-10 1/2	3010	682.6	309.63	7.42	3.37	11.0	-
3 1/2	3.570	90.7	4.000	101.6	0.215	5.46	9-10 1/2	3004	831.0	378.94	9.03	4.10	13.4	-
4	4.050	102.9	4.500	114.3	0.225	5.72	9-10 1/2	3004	972.3	441.04	10.56	4.79	15.7	-
5	5.073	128.9	5.563	141.3	0.245	6.22	9-10	2997	1313.6	595.85	14.36	6.51	21.4	-
6	6.093	154.8	6.625	168.3	0.266	6.76	9-10	2997	1745.3	791.67	18.79	8.52	28.0	-

TOLERANCE : Outside Diameter : ± 0.38 mm (For 1/2" - 2"), ± 0.64 mm (For 2 1/2" - 4")
Wall Thickness : ± 125%
Length : ± 6.4 mm

เครื่องมือที่ใช้ตัดท่อ RSC และIMC

- หากท่อมีขนาดเล็กกว่า 1" ใช้ Hickey หรือ Hand Conduit Bender



DIMENSIONS OF THREADS FOR STEEL CONDUIT AND COUPLING

Trade Size (in.)	Thread per inch	Pitch Dia. at End of Thread & (mm.)	Effective L ₁ (mm.)	Overall L ₂ (mm.)	Outside Diameter (mm.) 1st	Min acceptable Length of Coupling (mm.) H2
1/2	14	19.3	13.5	19.8	25.7	41.3
3/4	14	24.6	14.0	20.1	31.8	41.7
1	11 1/2	30.8	17.3	24.9	38.7	50.0
1 1/4	11 1/2	39.5	18.0	25.7	47.5	51.6
1 1/2	11 1/2	45.6	18.3	26.2	54.7	52.4
2	11 1/2	57.6	19.3	26.9	67.3	54.0
2 1/2	8	69.1	29.0	39.9	82.6	81.0
3	8	84.9	30.5	41.4	98.3	84.1
3 1/2	8	97.5	31.8	42.7	111.1	86.5
4	8	110.1	33.0	43.9	123.8	89.3
5	8	136.9	35.8	46.7	152.4	100.0
6	8	163.7	38.4	49.5	182.9	108.0

- ถ้าท่อมีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า 1" จะใช้เครื่องมือตัดท่อแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Bending Machine)



- หากมีการตัดท่ออง 45 องศา หรือ 90 องศา อาจใช้ท่อที่ตัดโค้งสำเร็จรูปที่เรียกว่า Elbows



อุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการติดตั้งท่อ RSC และ IMC



รูปที่ 6.9

บุชชิง (Bushing)



ใช้ติดตั้งท่อกับกล่องต่อสาย เพื่อกันไม่ให้ท่อหรือกล่องต่อสาย
บาดสายไฟฟ้าในขณะที่ร้อยสายไฟฟ้าเข้าไปในท่อ



บุชชิง
BUSHING

ล็อกนัท (Lock nut)



จะใช้ติดตั้งท่อกับกล่องต่อสายเพื่อยึดท่อให้ติดแน่น
กับกล่องต่อสายมักใช้ร่วมกับบุชชิง



ล็อกนัท
LOCKNUT

คัปปลิง (Coupling)



จะใช้ในการต่อท่อเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มความยาวของท่อ



ข้อต่อหนา
I.M.C. COUPLING

กล่องต่อสายและ



มีให้เลือกใช้หลายๆ รูปแบบตามลักษณะการใช้งานดังรูปที่ 6.10

กล่องพักสาย (Condulet)



TYPE FS



TYPE FSS



TYPE FSC



TYPE FSCC



GUA



GUAC



GUAL



GUAT



GUAX



Entrance Cap



LB



LL



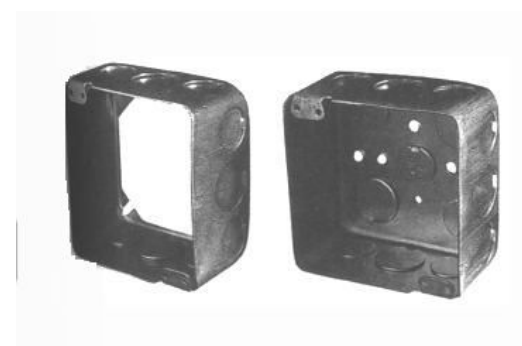
LR



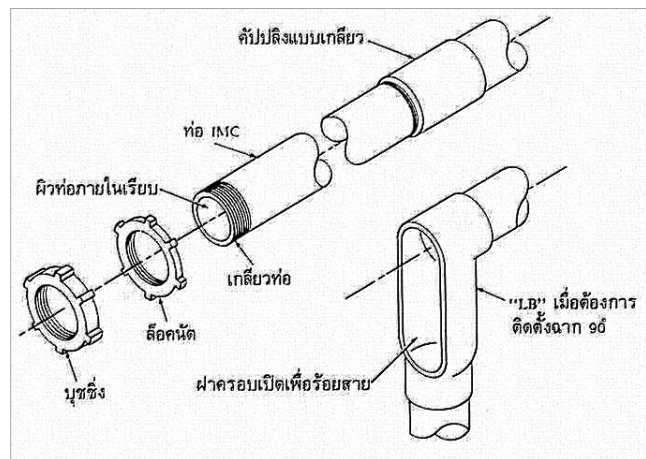
OT



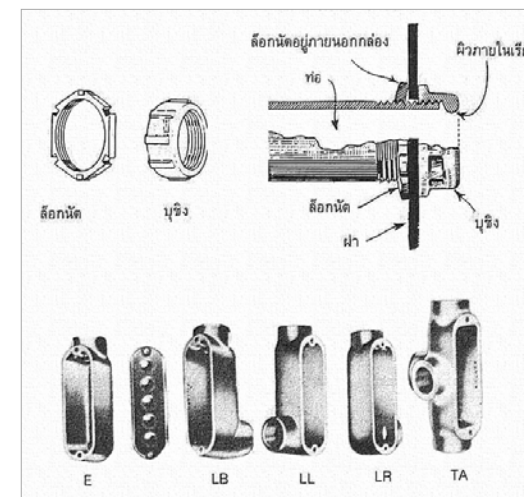
HANDY BOX



SQUARE BOX



รูปที่ 6.9 อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งท่อ RSC และ IMC



รูปที่ 6.10 แสดงกล่องต่อสายและกล่องพักสายแบบต่าง ๆ

1.2 ท่อร้อยสายไฟฟ้าโลหะชนิดบาง (EMT : Electrical Metallic Tube)

➡ จะบางกว่าท่อร้อยสายโลหะแบบหนา จึงมีน้ำหนักเบากว่าและราคาถูกกว่า
การใช้งานจะติดตั้งในบริเวณที่แห้ง

จะเป็นท่อซึ่งบางกว่าท่อร้อยสายโลหะแบบหนา จึงมีน้ำหนักเบากว่าและราคาถูกกว่า
การใช้งานติดตั้งจะใช้ในบริเวณที่แห้ง เช่น บนเพดาน หรือเดินเกาะบนเพดาน ผนัง
หรือใช้งานฝังในผนังคอนกรีต โดยท่อที่ฝังในคอนกรีตจะต้องไม่รับแรง

อุปกรณ์ประกอบ จะมีเช่นเดียวกับท่อ RSC,IMC ขนาดของท่อจะมีขนาด
ตั้งแต่ 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3" และยาวท่อนละ 3 เมตร



EMT
(ELECTRICAL METALLIC TUBING)

Nominal Size	Outside Diameter		Nominal Wall Thickness		Length		Minimum Weight per 100 feet		Calculated Weight			Number of Lengths in Standard Packing	
in	in	mm	in	mm	ft	mm	lb	kg	lb/ft	kg/ft	kg/m	per Bundle	per Lift
1/8	0.706	17.93	0.042	1.07	10	3048	28.5	12.93	0.298	0.135	0.443	15	300
1/4	0.922	23.42	0.049	1.24	10	3048	43.5	19.73	0.457	0.207	0.680	10	200
1	1.163	29.54	0.057	1.45	10	3048	64	29.03	0.673	0.305	1.00	7	140
1 1/4	1.510	38.35	0.065	1.65	10	3048	95	43.09	1.00	0.455	1.49	5	100
1 1/2	1.740	44.20	0.065	1.65	10	3048	110	49.90	1.16	0.527	1.73	3	60
2	2.197	55.80	0.065	1.65	10	3048	140	63.50	1.48	0.671	2.20	2	40

TOLERANCE : Outside Diameter : ± 0.13 mm Wall Thickness : ± 10% Length : ± 6.4 mm

อุปกรณ์ประกอบ จะมีเหมือนกับท่อโลหะหนา แต่มีอุปกรณ์เพิ่มเติมอีกคือ

คอนเนคเตอร์
(Connector)



ใช้ในการต่อท่อ EMT เข้ากับกล่องต่อสาย โดยใช้ร่วมกับ
ล็อกนัท (Lock nut)



คอนเนคเตอร์ บาง
E.M.T. CONNECTOR

คัปปลิงแบบสกรูยึด



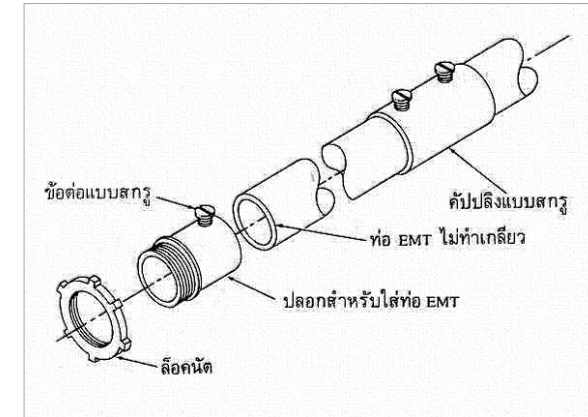
จะต่างกับคัปปลิงของท่อ RSC และ IMC เนื่องจาก
ท่อ EMT มีความบางมากไม่สามารถทำเกลียวได้



ข้อต่อบาง
E.M.T. COUPLING



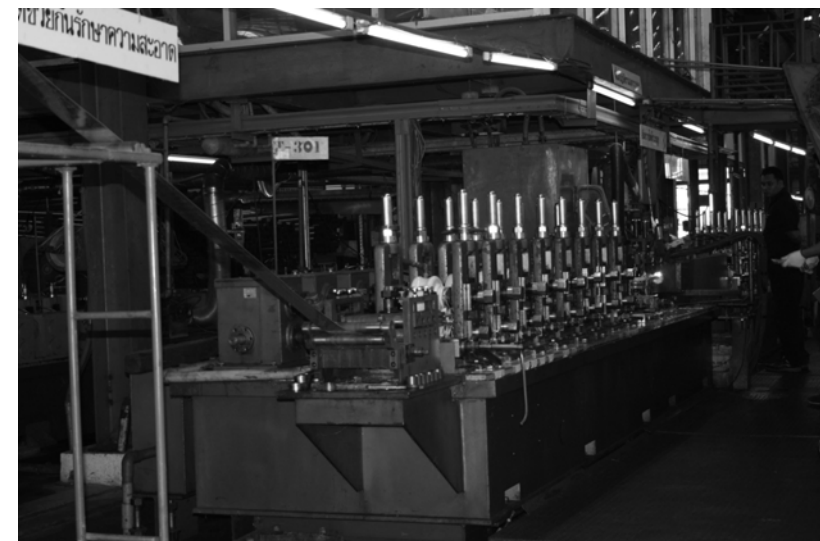
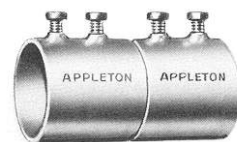
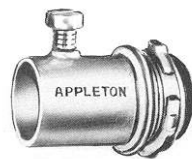
ข้อต่อบางกันน้ำ
RAIN TIGHT E.M.T. COUPLING



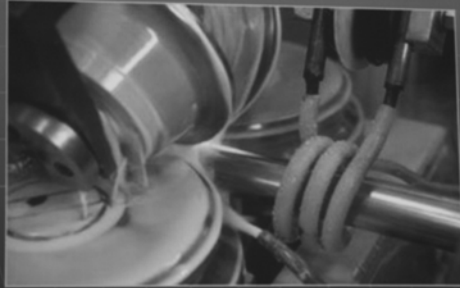
รูปที่ 6.11 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งท่อ EMT



Fig. 8-9 Electrical metallic tubing.



High Frequency Welding With Solid state

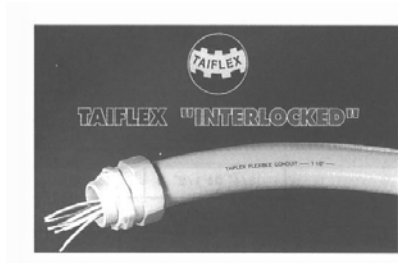


1.3 ท่อร้อยสายไฟฟ้าโลหะชนิดอ่อน (Flexible Metal Conduit)

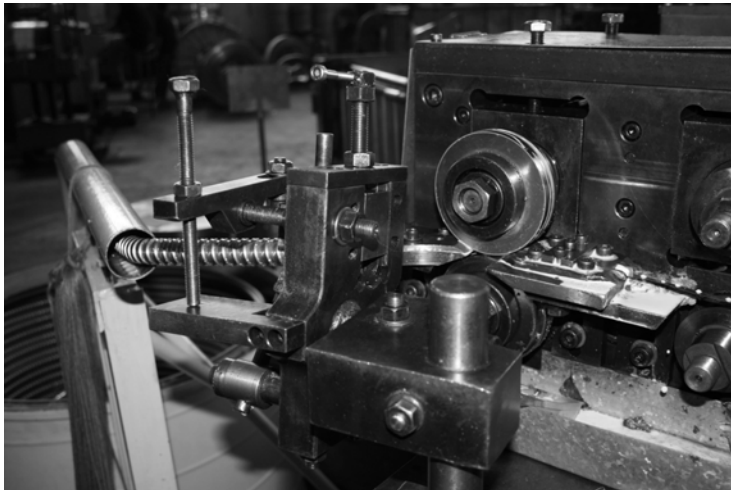
➡ จะทำด้วยเหล็กกล้าชุบสังกะสี มีลักษณะที่มีความอ่อนตัวโค้งงอได้ มีทั้งแบบธรรมดาและแบบกันน้ำ (Rain Type)

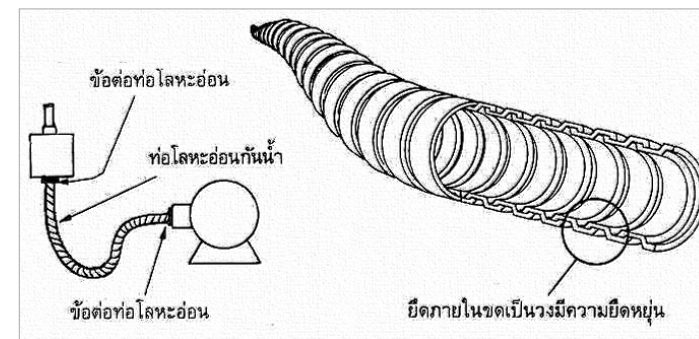
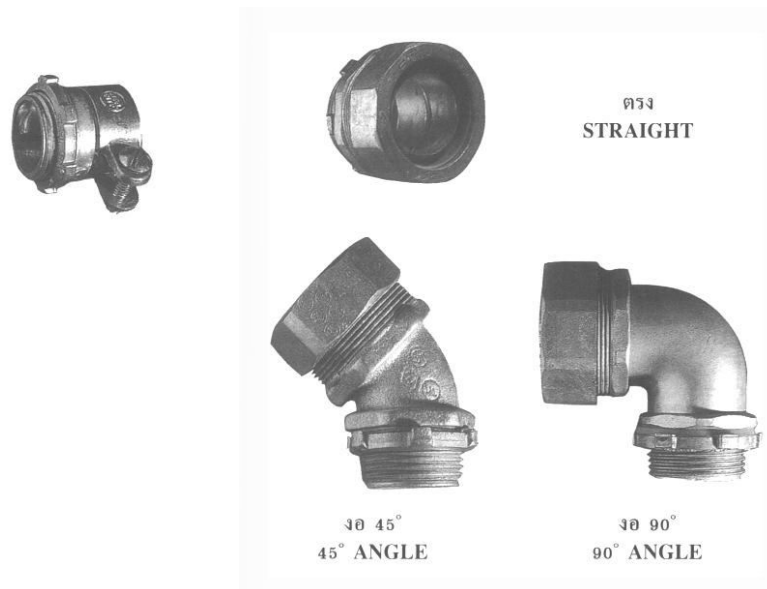
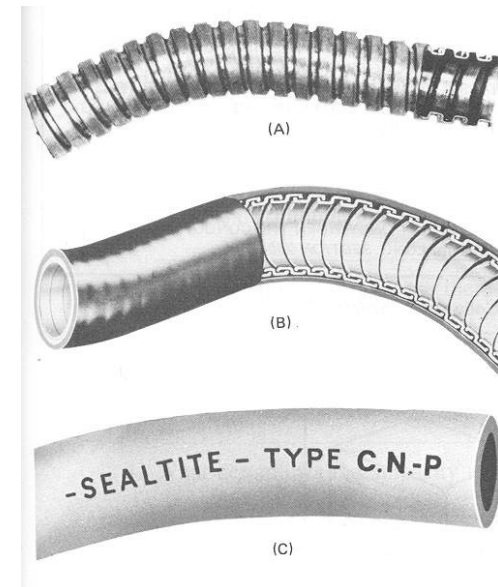


แบบธรรมดา

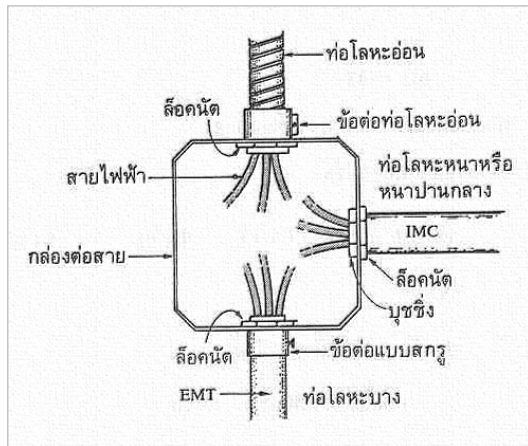


แบบกันน้ำ





รูปที่ 6.12 ลักษณะของท่อโลหะอ่อน



รูปที่ 6.13 แสดงการติดตั้งท่อโลหะอ่อน EMT และ IMC

1.4 ท่อร้อยสายไฟฟ้าโลหะชนิดหนา (Rigid nonmetallic Conduit)

⇒ จะทำมาจากวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ ซึ่งทนทานต่อการกัดกร่อนและทนการกระแทกสูง จะติดตั้งใต้ดิน หรือเดินสายลอยเหนือผิวดินก็ได้

ท่อโลหะหนามีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่

- ไฟเบอร์ (Fiber)
- ท่อซีเมนต์แอสเบสตอส (Asbestos Cement)
- ท่อพีวีซี ทำมาจากสารพลาสติก (PVC : สีเหลือง)
- ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) ใช้กับงานระบบจำหน่าย

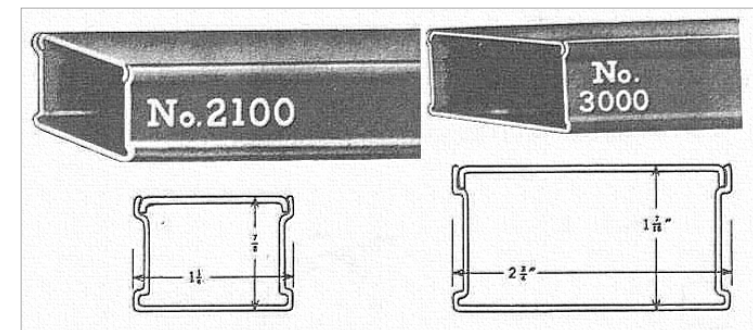
ไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน



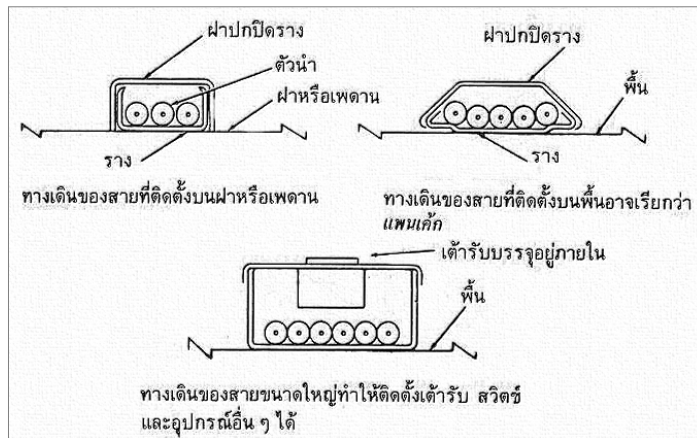
2. ทางเดินสายไฟฟ้า มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ดังนี้

- ช่องเดินสายไฟฟ้าบนพื้นผิว (Surface Raceway)
- ทางเดินสายแบบเป็นเซลล์คอนกรีต
- ทางเดินสายแบบเป็นเซลล์โลหะ
- ทางเดินสายใต้พื้น
- ทางเดินบัส (Busway)
- ไวร์เวย์ (Wireway)
- รางเดินสาย (Cable Tray)

2.1 ช่องเดินสายไฟฟ้าบนพื้นผิว (Surface Raceway)

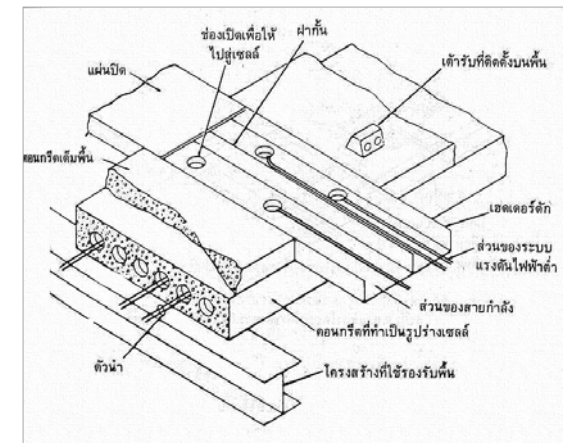


รูปที่ 6.14 ช่องเดินสายบนพื้นผิว



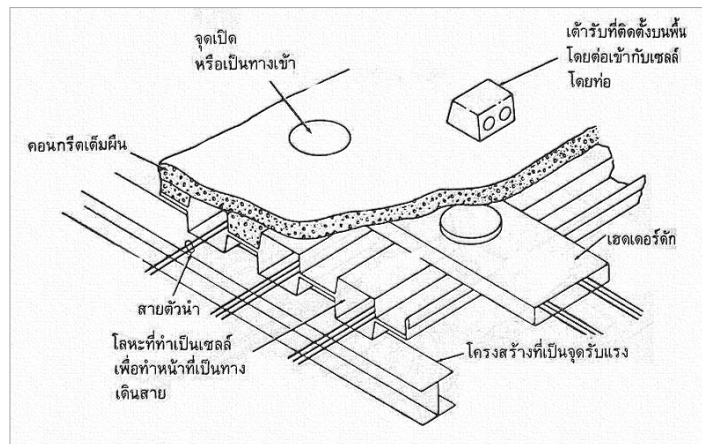
รูปที่ 6.15 แสดงการใช้ช่องเดินสายบนพื้นผิว

2.2 ทางเดินสายแบบเป็นเซลล์คอนกรีต



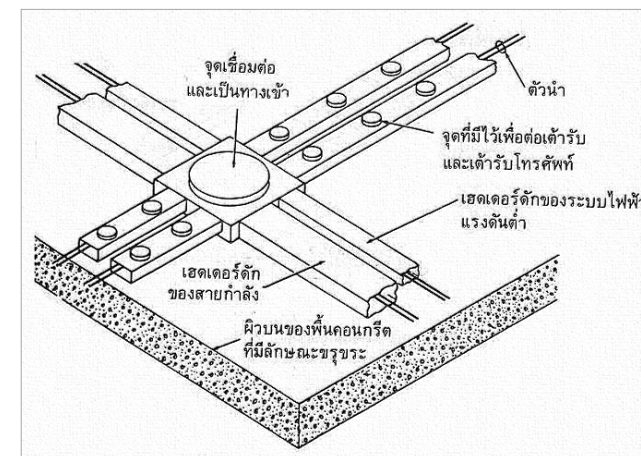
รูปที่ 6.16 ทางเดินสายแบบเซลล์คอนกรีต

2.3 ทางเดินสายแบบเป็นเซลล์โลหะ



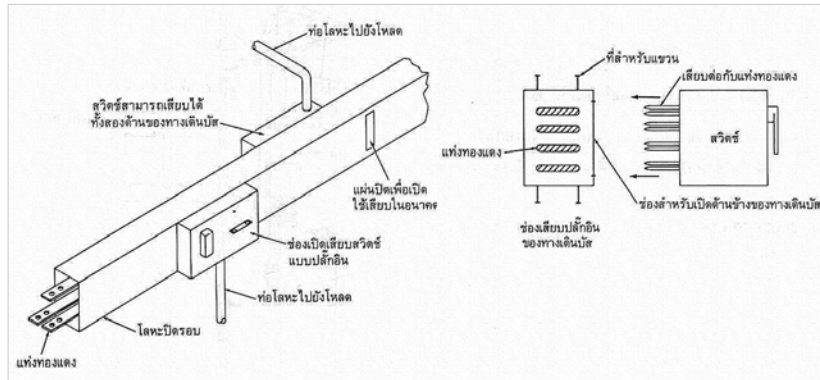
รูปที่ 6.17 ทางเดินสายแบบเซลล์โลหะ

2.4 ทางเดินใต้พื้นดิน



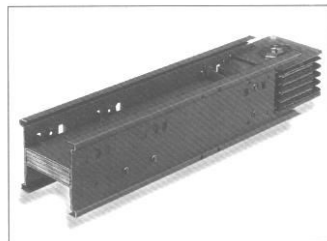
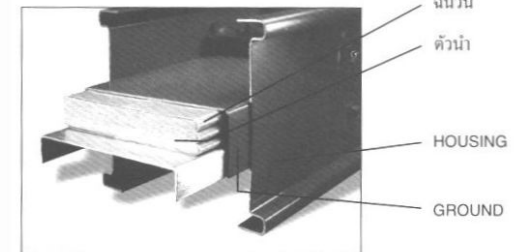
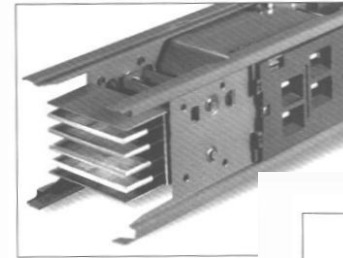
รูปที่ 6.18 ทางเดินสายใต้พื้นดิน

2.5 ทางเดินบัส (Busway)

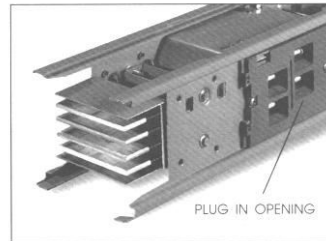


รูปที่ 6.19 ทางเดินบัส

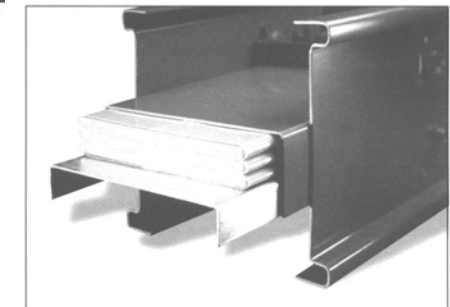
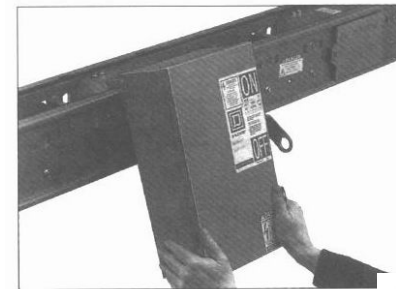
BUSWAY



FEEDER

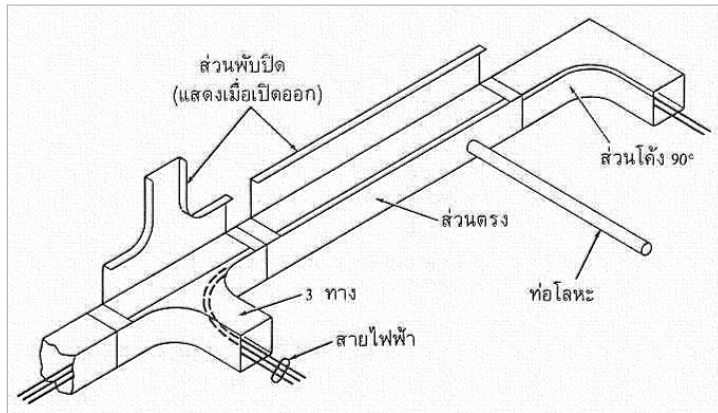


PLUG IN FEEDER

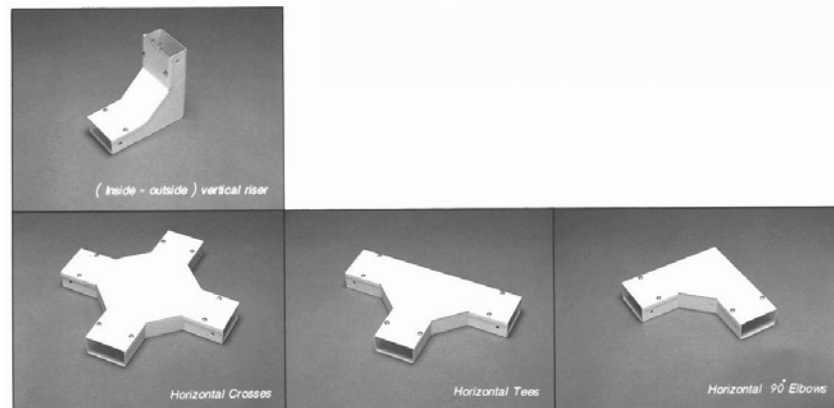
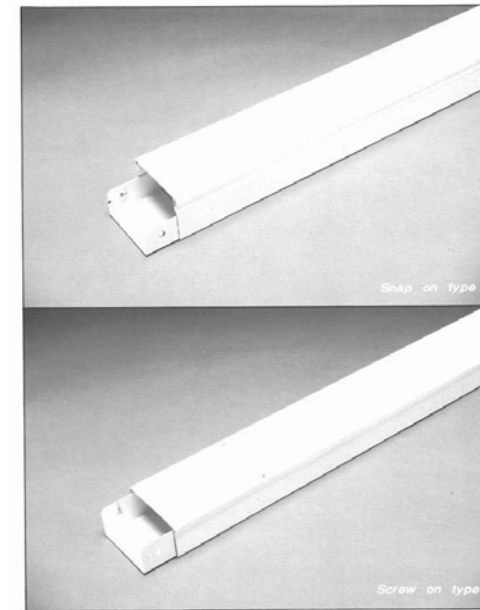


2.6 ไวร์เวย์ (Wireway)

ขนาดมาตรฐานของไวร์เวย์ มีหลายขนาด เช่น 2"x3" , 2"x4" , 4"x4" , 6"x6" 8"x8" สำหรับความยาวมาตรฐาน 12" , 24" และ 60"

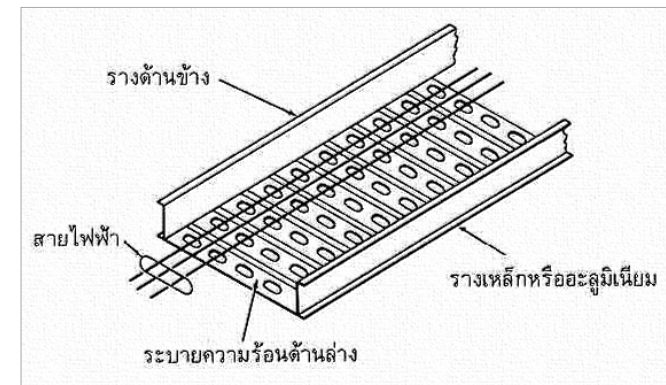


รูปที่ 6.20 ไวร์เวย์

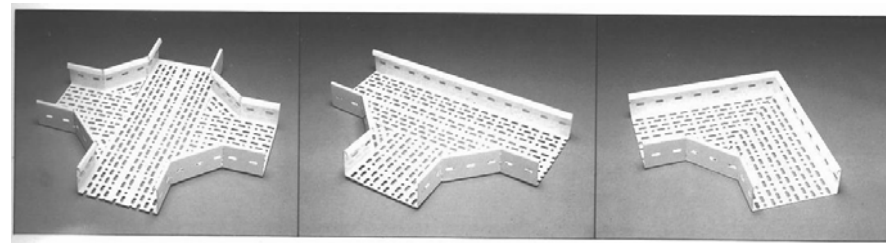
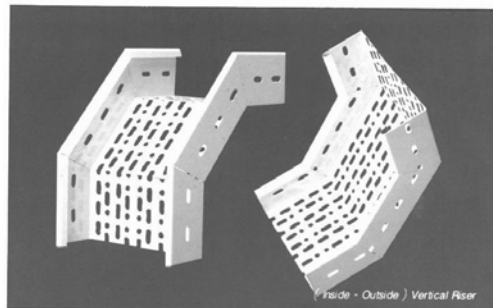
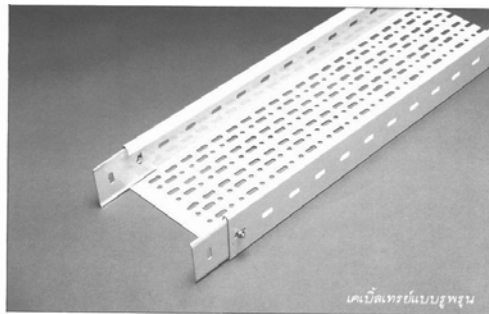


2.7 รางเดินสาย แบ่งออกเป็นหลายแบบ ดังนี้

- รางเดินสายแบบรางต่อ (Trough Type)

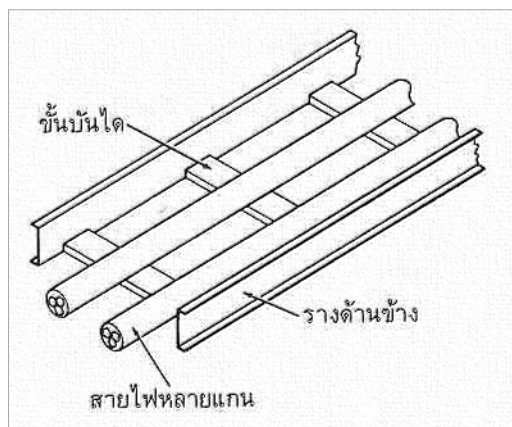


รูปที่ 6.21 รางเดินสายแบบรางต่อ

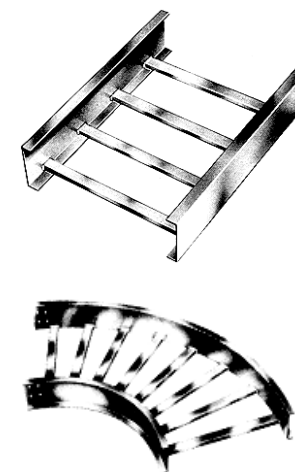


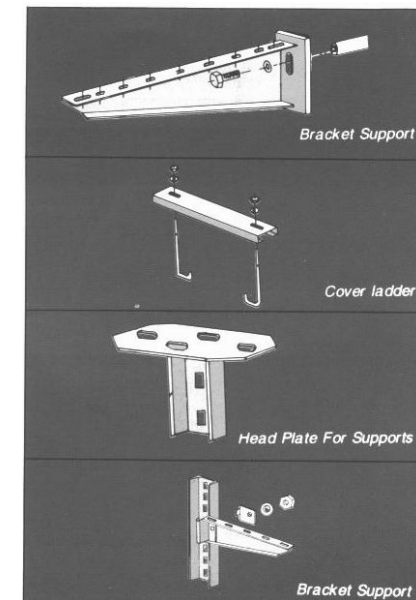
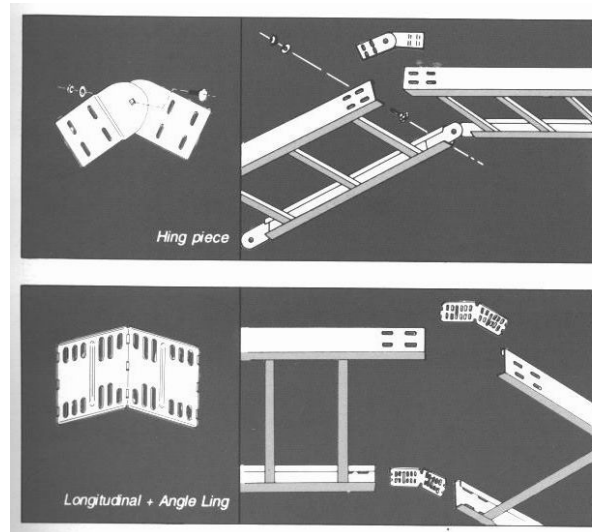
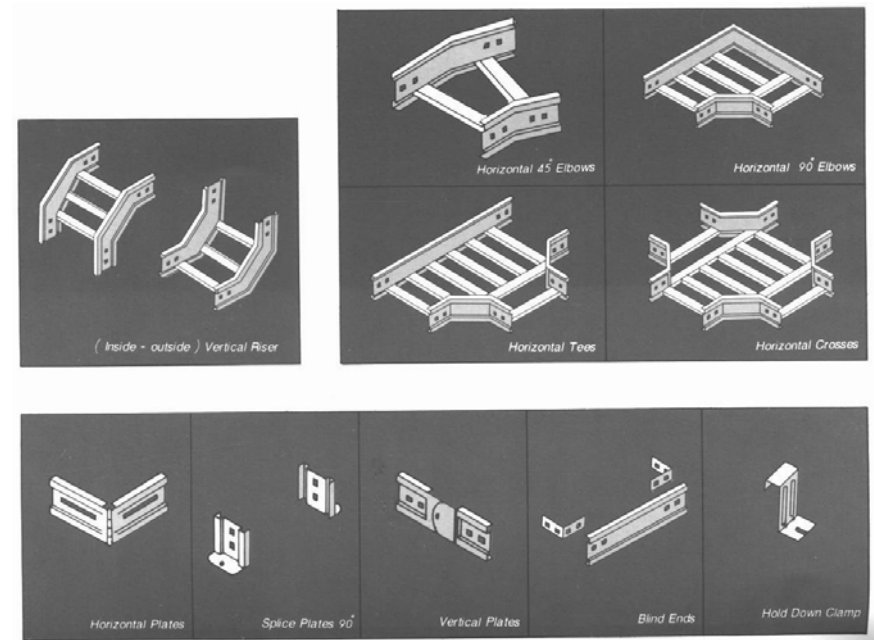
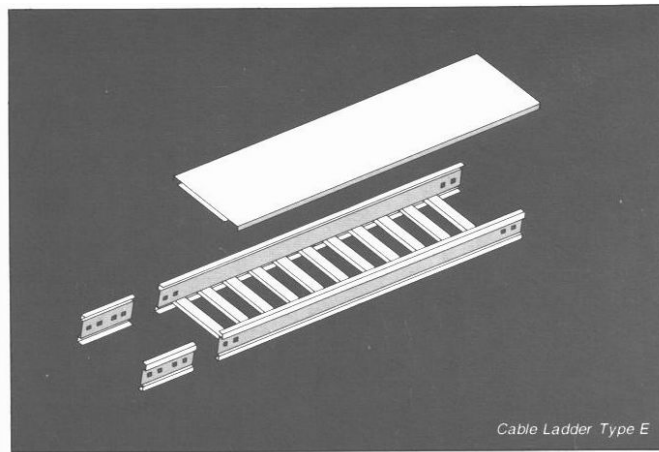
Type ชนิด	Width × Height กว้าง × สูง (m.m.) (ม.ม.)	Type ชนิด	Width × Height กว้าง × สูง (m.m.) (ม.ม.)
ZR-A 10	100×30	ZR-B 10	100×100
ZR-A 20	200×30	ZR-B 20	200×100
ZR-A 30	300×30	ZR-B 30	300×100
ZR-A 40	400×30	ZR-B 40	400×100
ZR-A 50	500×30	ZR-B 50	500×100
ZR-A 60	600×30	ZR-B 60	600×100
ZR-A 70	700×30	ZR-B 70	700×100
ZR-A 80	800×30	ZR-B 80	800×100

- รางเดินสายแบบรางบันได (Ladder Type or Cable Ladder)



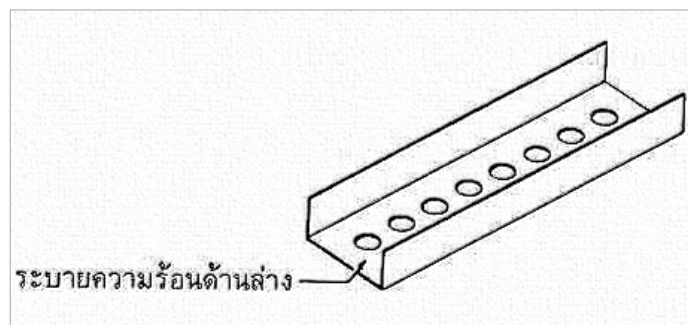
รูปที่ 6.22 รางเดินสายแบบรางบันได



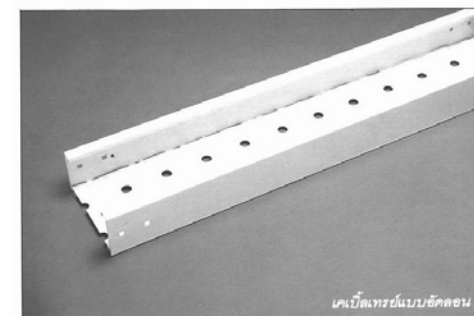




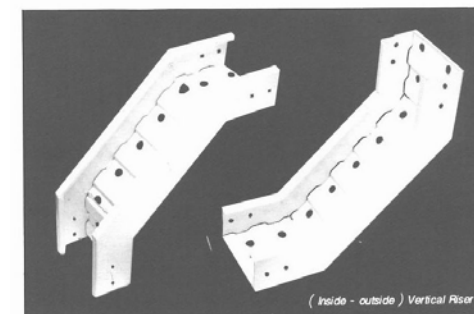
- รางเดินสายแบบรางพับ (Channel Type)



รูปที่ 6.23 รางเดินสายแบบรางพับ



เคเบิลเทรย์แบบซัดลอน



(Inside - outside) Vertical Riser

