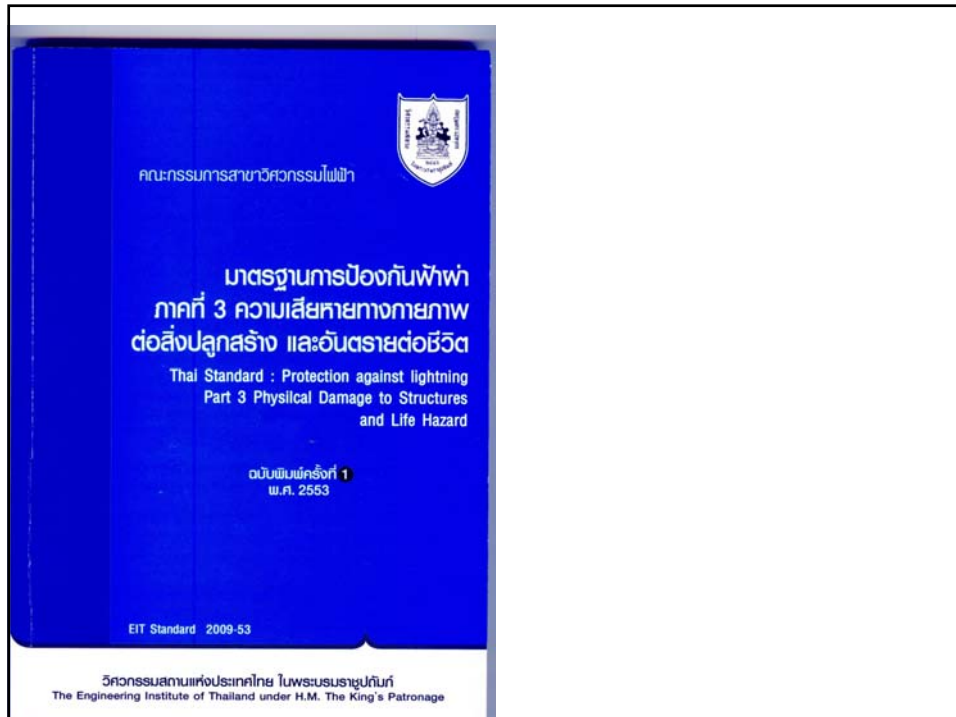


การป้องกันฟ้าผ่าภาคที่ 3

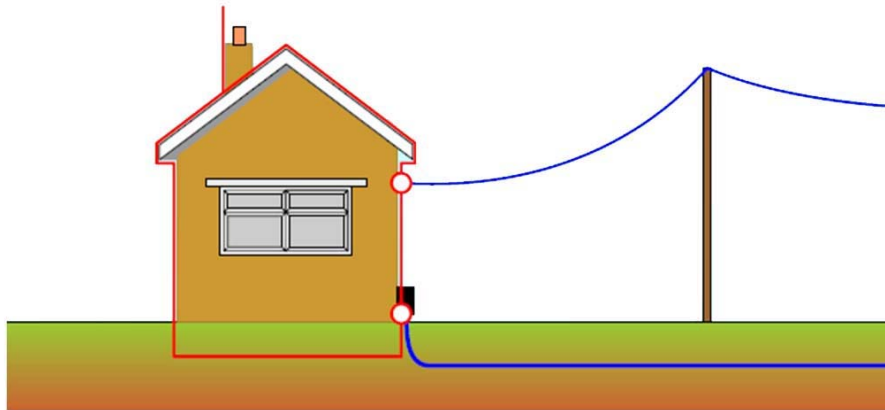
วิวัฒน์ กุลวงศ์วิทย์



คณะอนุกรรมการ

1. รศ.ดร.ลำรววย	สังข์สะอาด	ที่ปรึกษา
2. นายโสภณ	ศิลาพันธ์	ที่ปรึกษา
3. นายประสิทธิ์	เหมวราพรชัย	ที่ปรึกษา
4. นายสมชาย	หอมกลิ่นแก้ว	ที่ปรึกษา
5. นายอรรถ	พยอมหอม	ที่ปรึกษา
6. นายสมศักดิ์	นิติศฤงคาริน	ที่ปรึกษา
7. ผศ.ดร.โสทธิพงศ์	พิชัยสวัสดิ์	ที่ปรึกษา
8. ผศ.ดร.ปฐมทัศน์	จิระเดชะ	ที่ปรึกษา
9. ดร.ณัฐภาพ	นิมปิติวัน	ที่ปรึกษา
10. นายปรากฏ	กาญจนวดี	ที่ปรึกษา
11. นายเกียรติ	อัครพงศ์	ที่ปรึกษา
12. นายอธิคม	แซ่ลิม	ที่ปรึกษา

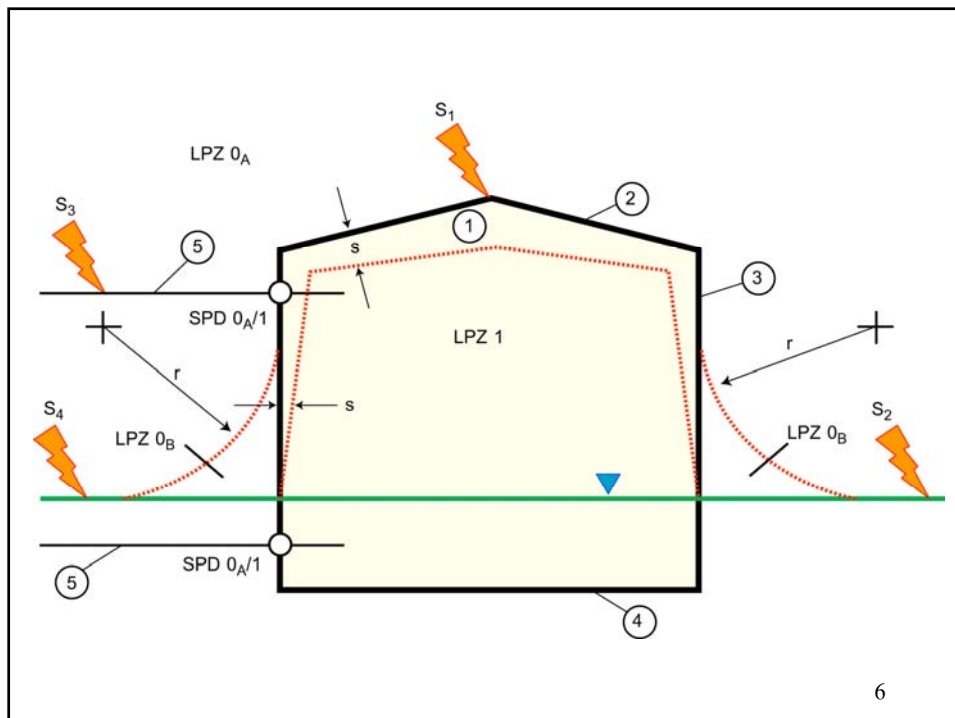
13. นายวิวัฒน์	กุลวงศ์วิทย์	ประธาน
14. นายสุกิจ	เกียรติบุญศรี	อนุกรรมการ
15. นายบุญมาก	สมิทธิสีลา	อนุกรรมการ
16. นายกิตติศักดิ์	วรรณแก้ว	อนุกรรมการ
17. นายอุทัย	จิตเสรี	อนุกรรมการ
18. ดร.วินัย	พฤกษ์วัน	อนุกรรมการ
19. ดร.นิตยา	คล้ายเรือง	อนุกรรมการ
20. นางสาวนพดา	ธีรอัษฎกุล	อนุกรรมการ
21. นางสาวเทพกัญญา	ชาติแสง	อนุกรรมการ
22. นายวีระพันธ์	รังสิวิจิตรประภา	อนุกรรมการ
23. นายโสภณ	สิขโกศล	อนุกรรมการ
24. นายบุญศักดิ์	เกียรติจัญญ์เลิศ	อนุกรรมการ
25. นางสาวพุทธพร	ศรียะพันธ์	อนุกรรมการ
26. นายศิริชัย	คันธมาล	อนุกรรมการ
27. นายชายชาญ	โพธิสาร	อนุกรรมการ และเลขานุการ
28. นางสาวเมตตา	หมอนเชื่อน	เจ้าหน้าที่ประสานงานวิชาการ



• **LPS (Lightning Protection System) – IEC 62305-3**

– complete system used to reduce physical damages to a structure.

Consists of external and internal lightning protection systems.



บทที่ 1

ขอบเขต

มาตรฐานนี้ระบุถึงข้อกำหนดสำหรับการป้องกันสิ่งปลูกสร้างจากความเสียหายทางกายภาพจากฟ้าผ่าโดยใช้ระบบป้องกันฟ้าผ่า และการป้องกันการบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก๊าวในบริเวณใกล้เคียงกับระบบป้องกันฟ้าผ่า (ดูมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภาค 1)

มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึง

- ก) การออกแบบ การติดตั้ง การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบป้องกันฟ้าผ่าของสิ่งปลูกสร้าง โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องความสูง
- ข) กำหนดมาตรการป้องกันการบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก๊าว

หมายเหตุ

- 1 ข้อกำหนดโดยเฉพาะสำหรับระบบป้องกันฟ้าผ่าในสิ่งปลูกสร้าง ที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อบริเวณโดยรอบ เนื่องจากความเสี่ยงต่อการระเบิดอยู่ในระหว่างพิจารณา ในระหว่างนี้ให้ใช้ข้อกำหนดในภาคผนวก ง ไปก่อน
- 2 มาตรฐานภาคนี้ไม่ครอบคลุมถึงการป้องกันระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากความเสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน ดูมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภาค 4 สำหรับข้อกำหนดโดยเฉพาะสำหรับกรณีดังกล่าว

7

บทที่ 2

มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานอ้างอิงต่อไปนี้เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการใช้มาตรฐานภาคนี้ กรณีมาตรฐานอ้างอิงมีวันที่กำกับให้ใช้ฉบับดังกล่าวเท่านั้น ส่วนกรณีไม่มีวันที่กำกับให้ใช้ฉบับล่าสุดรวมทั้งฉบับแก้ไขในการอ้างอิง

IEC 60079-10:2002, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas

IEC 60079-14:2002, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines)

IEC 61241-10:2004, Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present

IEC 61241-14:2004, Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 14: Selection and installation

IEC 61643-12:2002, Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles

มาตรฐานป้องกันฟ้าผ่า ภาค 1, 2 และ 4

8

IEC 61663-1:1999-07, Lightning protection – Telecommunication lines - Part 1:
Fibre optic installations

IEC 61663-2:2001-03, Lightning protection – Telecommunication lines - Part 2:
Lines using metallic conductors

ISO 3864-1, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1:
Design principles for safety signs in workplaces and public areas

9

บทที่ 3 คำและนิยาม

เพื่อวัตถุประสงค์ของมาตรฐานภาคนี้ให้ใช้คำและนิยามดังต่อไปนี้ ซึ่งบางส่วนได้กล่าวไว้
แล้วในมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาค 1 แต่ได้ยกมารวมไว้ด้วยเพื่อความสะดวกอ้างอิง
เช่นเดียวกับคำและนิยามที่กล่าวถึงในมาตรฐานภาคอื่น ๆ

3.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (lightning protection system)

ระบบสมบูรณ์ที่ใช้เพื่อลดความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากฟ้าผ่าสิ่งปลูกสร้าง
หมายเหตุ ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์ประกอบด้วยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกและภายใน

3.2 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก (external lightning protection system : LPS)

ส่วนของระบบป้องกันฟ้าผ่า ประกอบด้วย ระบบตัวนำล่อฟ้า ระบบตัวนำลงดิน และ
ระบบรากสายดิน

10

บทที่ 4 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.1 ชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า

คุณลักษณะของระบบป้องกันฟ้าผ่ากำหนดโดยคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน และระดับป้องกันฟ้าผ่าที่พิจารณา

ระบบป้องกันฟ้าผ่ามี 4 ชั้น สอดคล้องกับระดับป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานการป้องกัน ฟ้าผ่าภาค 1 (ดูตารางที่ 4.1)

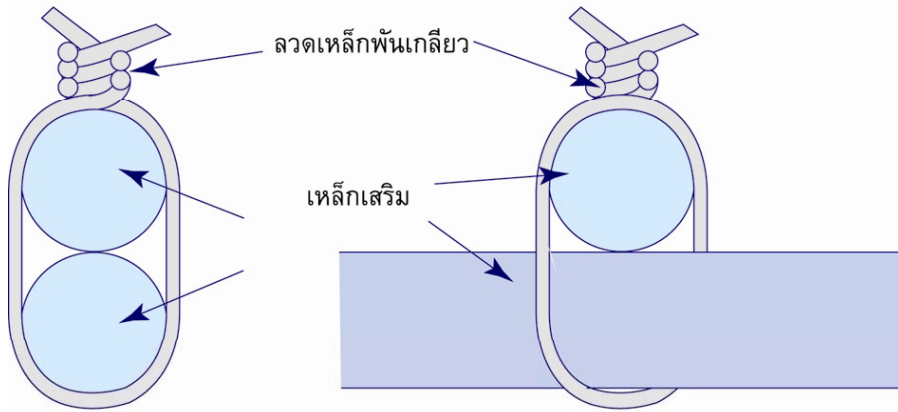
ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับป้องกันฟ้าผ่ากับชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า (ดูมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภาค 1)

ระดับป้องกันฟ้าผ่า	ชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า
1	1
2	2
3	3
4	4

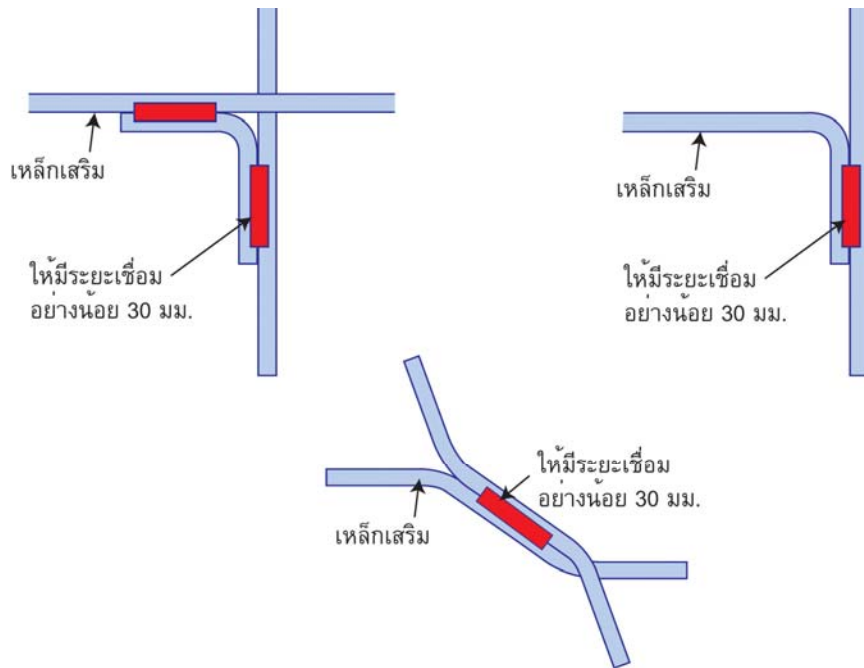
3.31 ชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า (class of LPS)

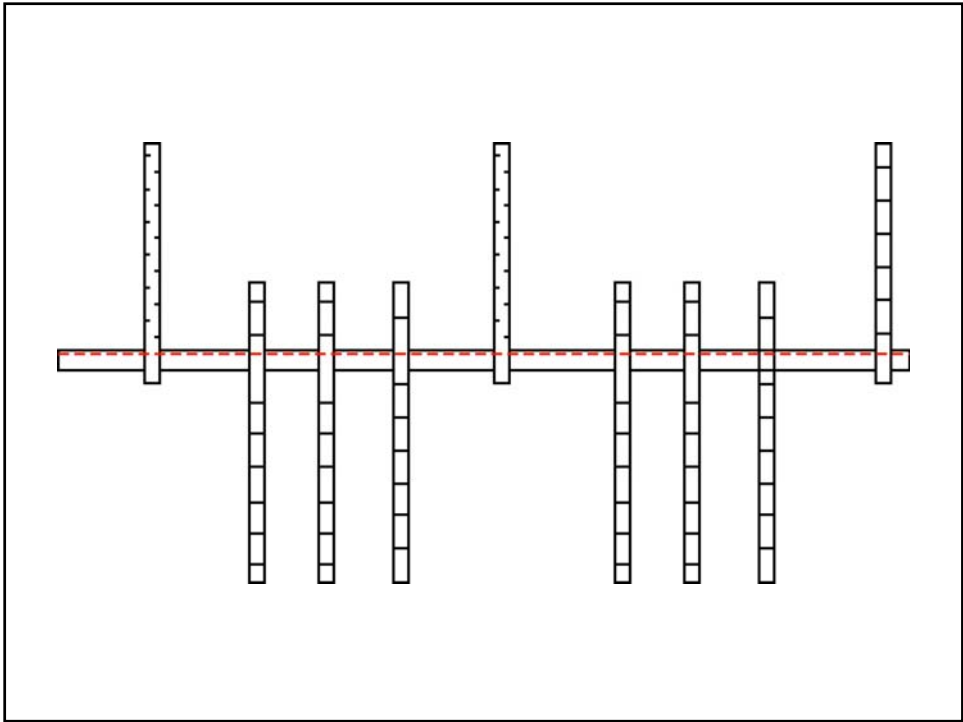
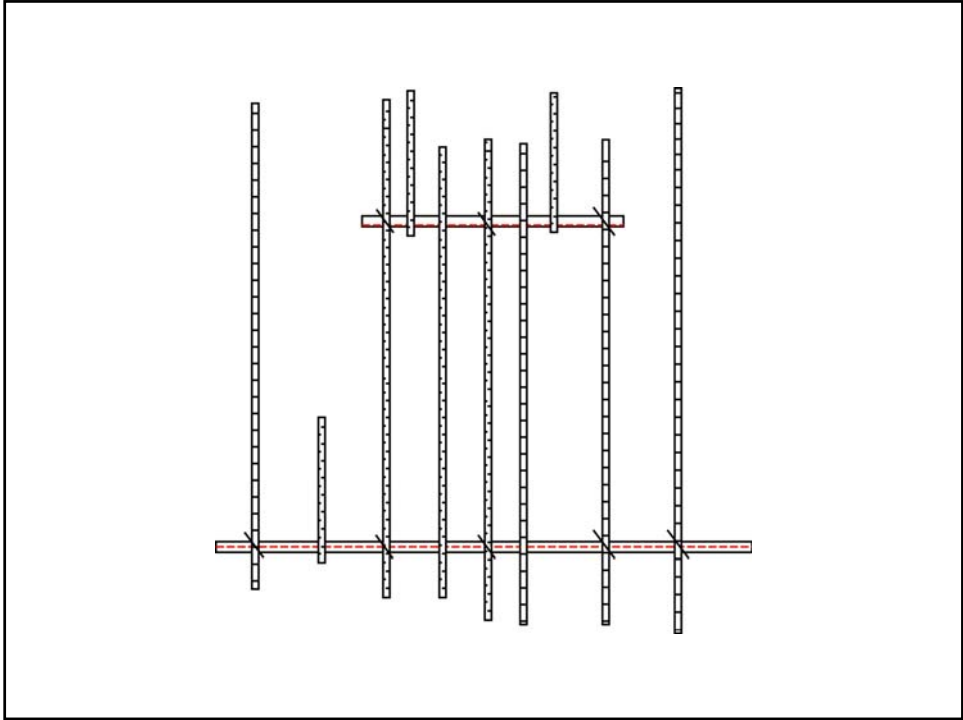
ตัวเลขแสดงการแบ่งชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่าตามระดับป้องกันฟ้าผ่าที่ออกแบบมา

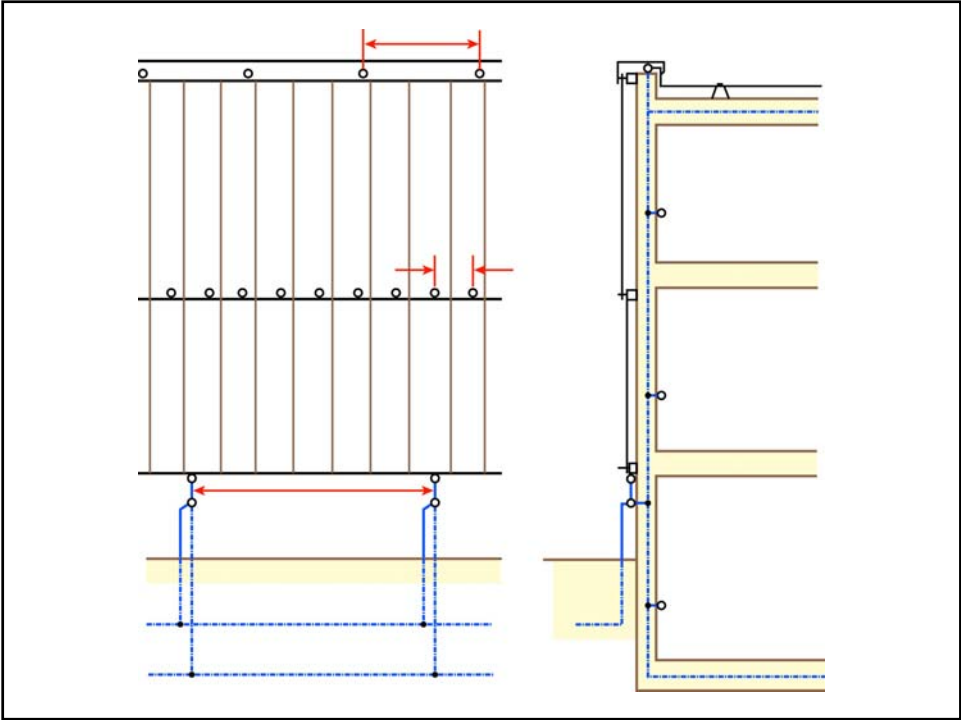
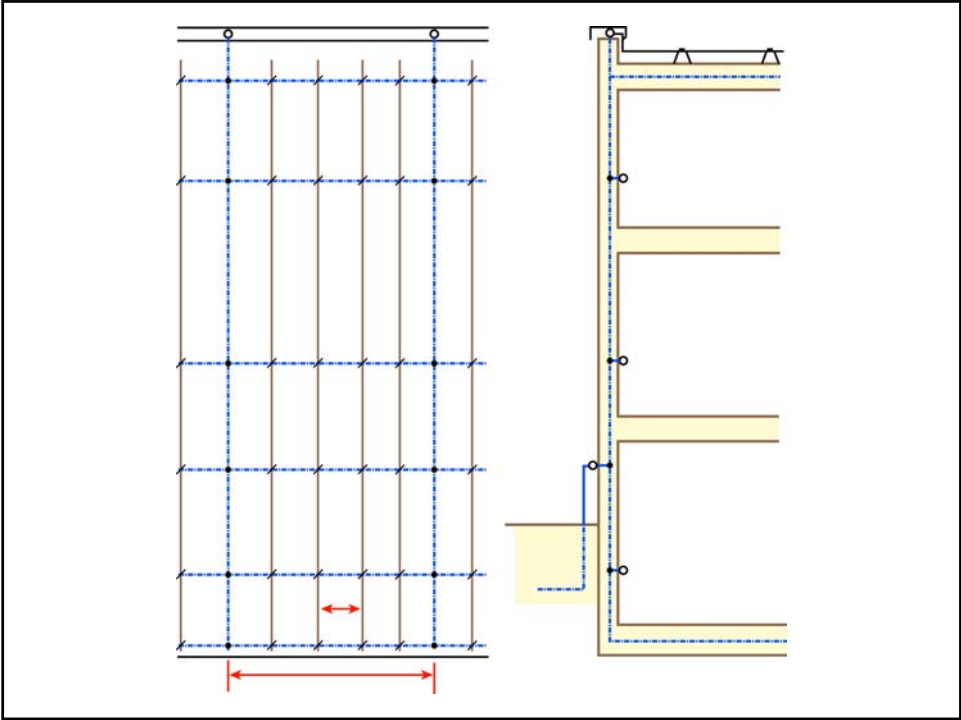
การต่อระหว่างเหล็กเสริมความแข็งแรงโดยการมัดด้วยลวด

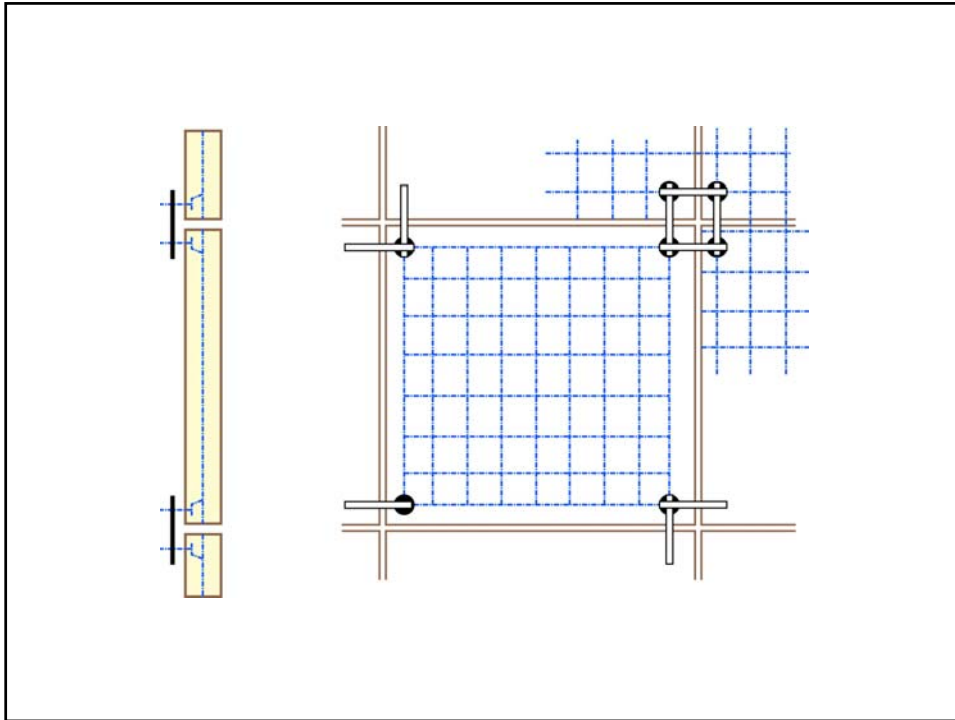


- เหล็กเส้นขนานกัน (ซ้าย)
- เหล็กเส้นตั้งฉากกัน (ขวา)



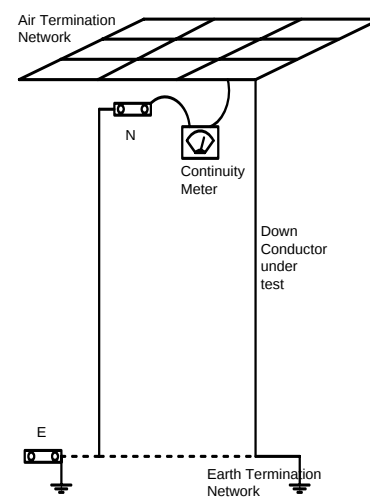






Electrical continuity check of reinforcement steel bar down conductors

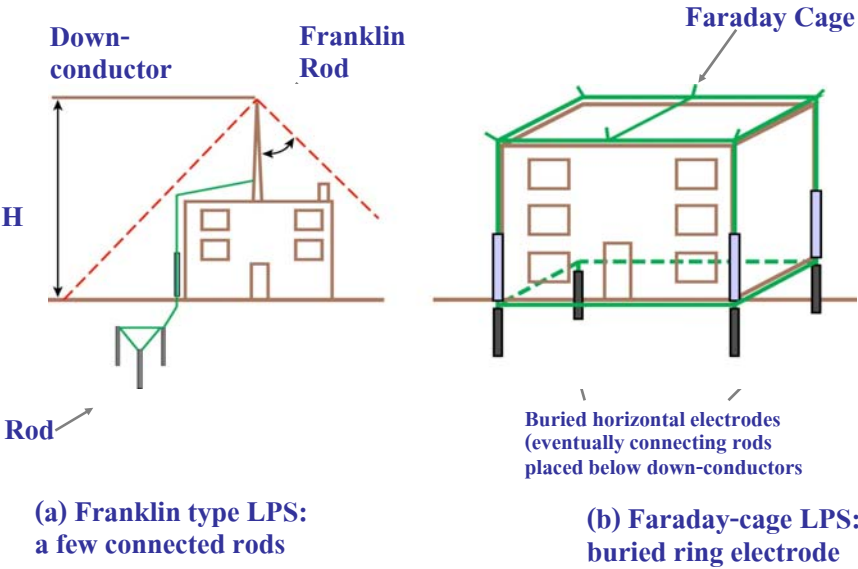
- Suggest to make use of the roof neutral terminal
- Otherwise can try the method indicated



*Only one down conductor is shown for clarity

บทที่ 5 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

21

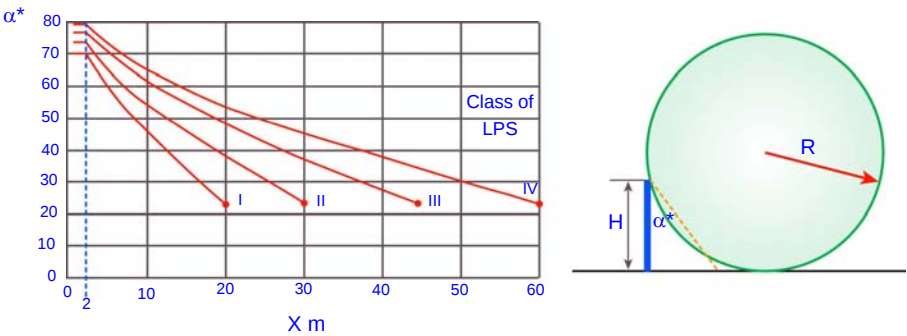


Typical grounding electrode arrangement for LPS-adapted from[17]

The International Standard IEC 62305-3

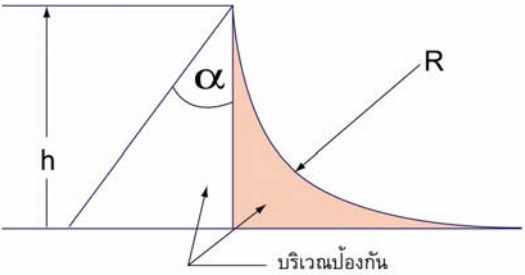
Class of LPS	Efficiency E %	Lightning current I (kA)	Rolling sphere radius R (m)	Mesh size W (m)	Protection angle α (°)
I	98	2,8	20	5x5	
II	95	5,2	30	10x10	see figure
III	90	9,5	45	15x15	below
IV	80	14,7	60	20x20	

Maximum values of efficiency, rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the class of LPS according to IEC 62305-3



ในการออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าสามารถใช้ได้ 3 วิธีอย่างอิสระหรืออาจใช้ร่วมกันได้ดังนี้

- ก) วิธีมุมป้องกัน
- ข) วิธีทรงกลมกลิ้ง
- ง) วิธีตาข่าย



ให้ใช้วิธีทรงกลมกลิ้งและตาข่ายเมื่อ $h > R$

R รัศมีของทรงกลมกลิ้ง

h ความยาวของแท่งตัวนำล่อฟ้าแนวตั้ง หรือ ความสูงของตัวนำล่อฟ้าแนวราบ

α มุมป้องกัน (องศา) ตามระดับการป้องกันในตารางที่ 2.1.2

ตารางที่ 2.1.2 การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าตามระดับการป้องกัน

ระดับการป้องกัน	กระแสค่ายอดต่ำสุด kA	วิธีป้องกัน		
		วิธีมุมป้องกัน มุมป้องกัน	วิธีทรงกลมกลิ้ง รัศมี R (ม.)	วิธีตาข่าย ขนาด m (ม.)
1	2.9	ดูกราฟข้างล่าง	20	5
2	5.4		30	10
3	10.1		45	15
4	15.7		60	20

25

LPS (LPS Type I to IV) – Complete system used to reduce the danger of physical damages and injuries due to direct flashes to the structure. It consists of both **external** and **internal LPS** and is defined as a set of construction rules, based on corresponding protection level.

Lightning protection zone (LPZ) – With respect to the lightning threat, a zone may be defined, inside of which is sensitive equipment. Extra protection is applied at the **zone boundary** to minimize the risk of damage to equipment inside the zone

Protection level (I to IV) – Four protection levels of lightning protection. For each protection level, a set of maximum (sizing criteria) and minimum (interception criteria) lightning current parameters is fixed, together with the corresponding rolling sphere radius.

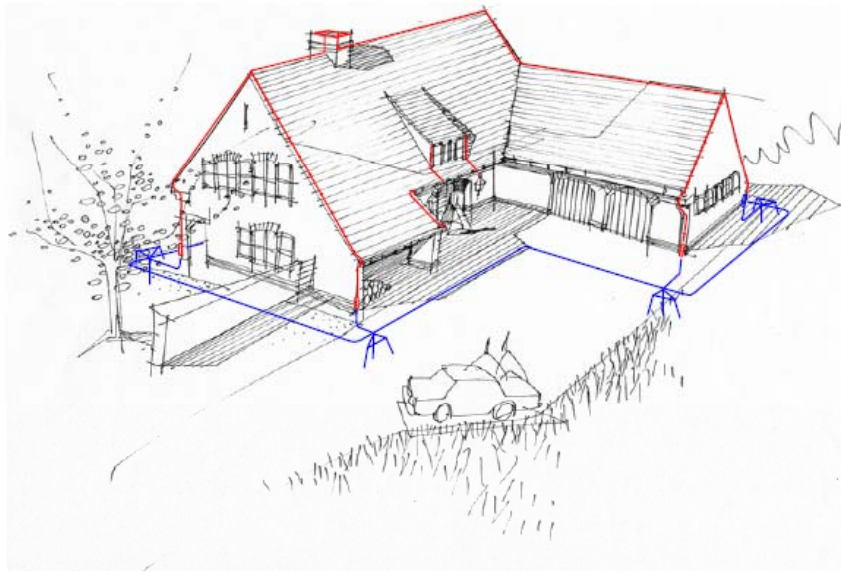


Figure 11. External lightning protection system of a villa

7

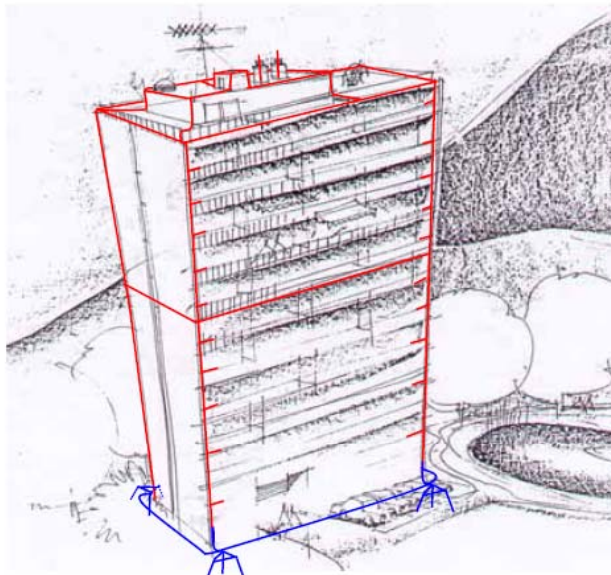


Figure 12. External lightning protection system of a building

28

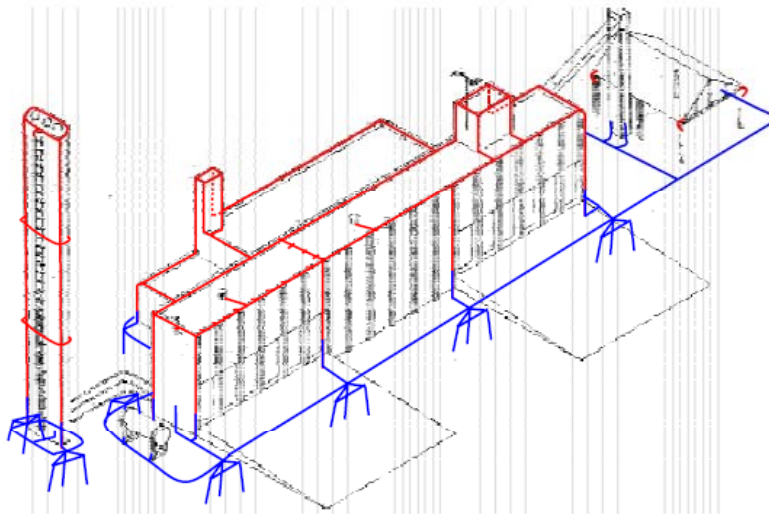
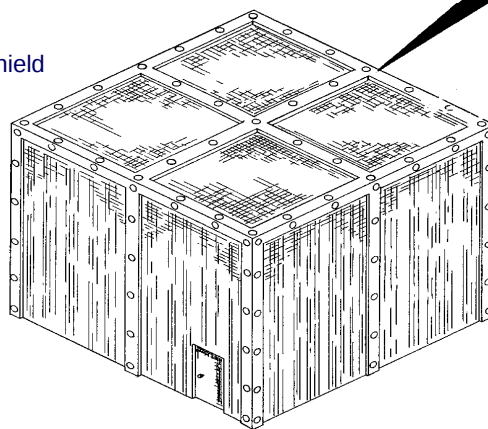


Figure 13. External lightning protection system of an industrial plant

Faradayscher cage

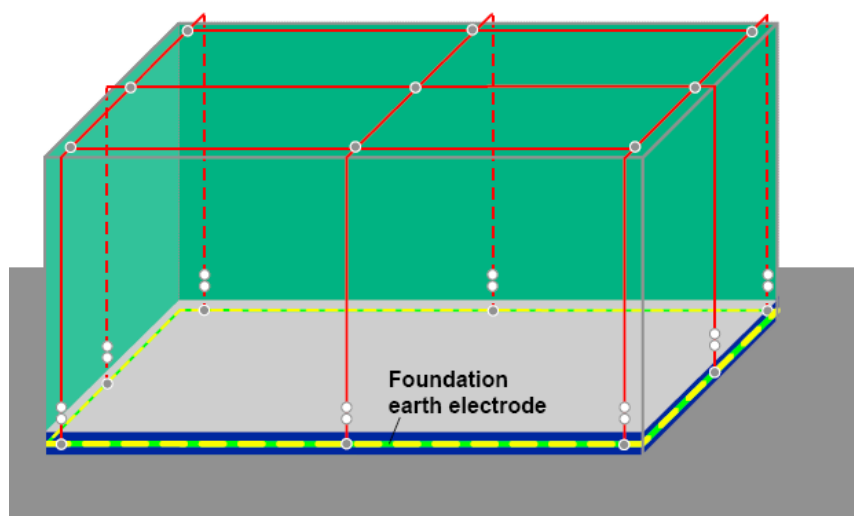
Metall shield







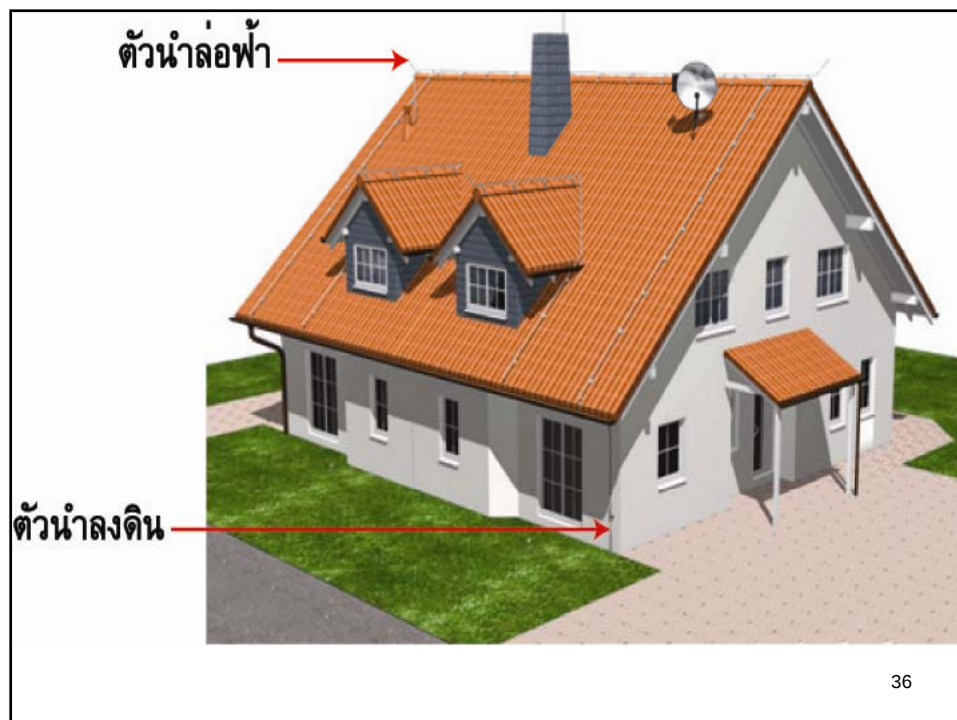
**External Lightning Protection System
(Interception System, Down Conductor, Foundation
Earth Electrode)**



การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าให้ปฏิบัติตามตารางที่ 2.1.2

- ก. วิธีมุมป้องกัน
- ข. วิธีทรงกลมกลิ้ง
- ค. วิธีตาข่าย

35



36

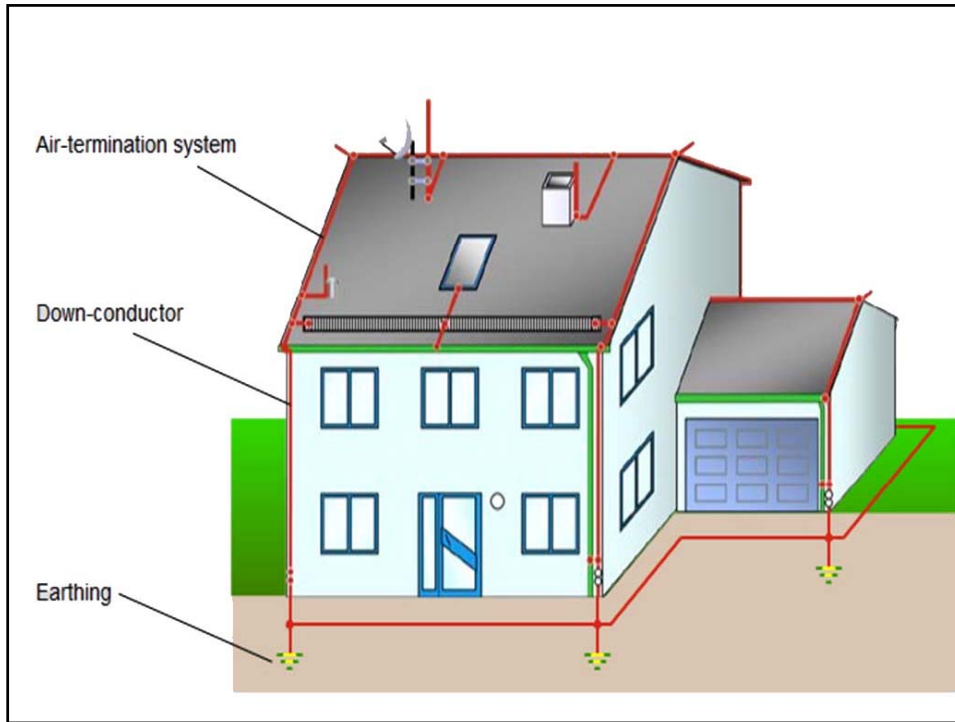
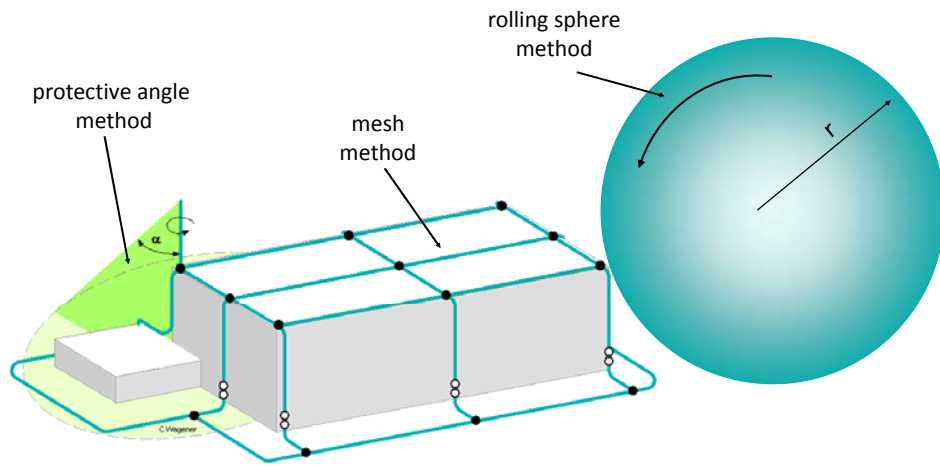


Table 2- Maximum values of rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the class of LPS

	Protection method		
Class of LPS	Rolling sphere radius /m	Mesh size II m	Protection angle m ²
I	20	5 x 5	See figure below
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

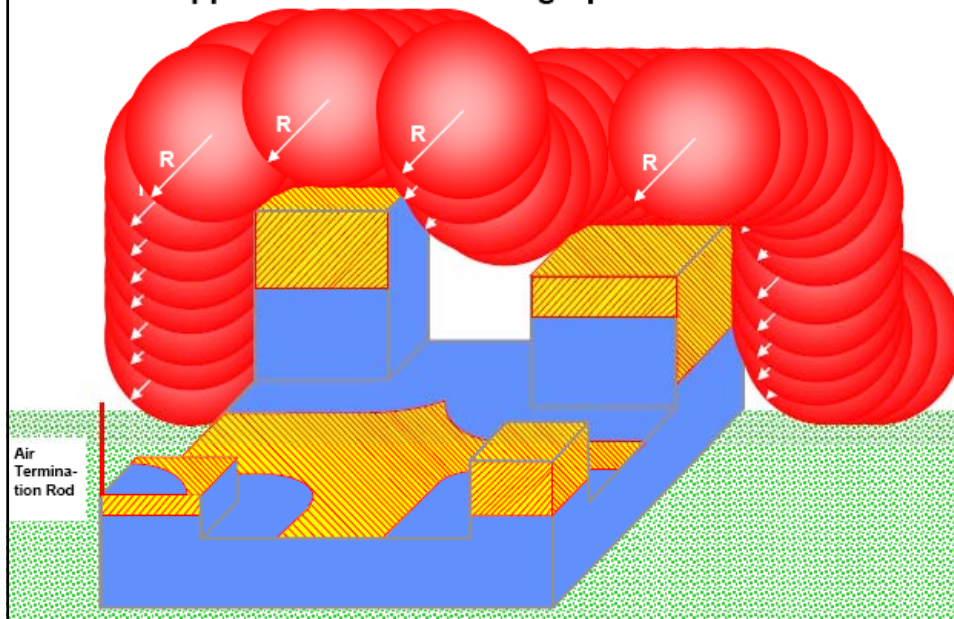
Positioning of air-termination systems

General

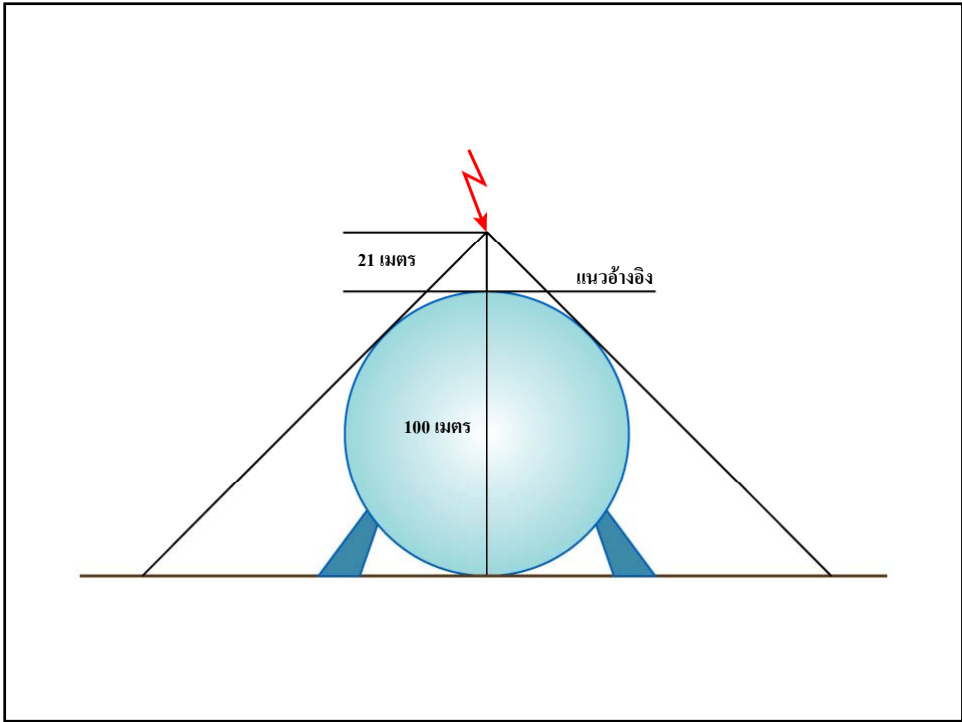
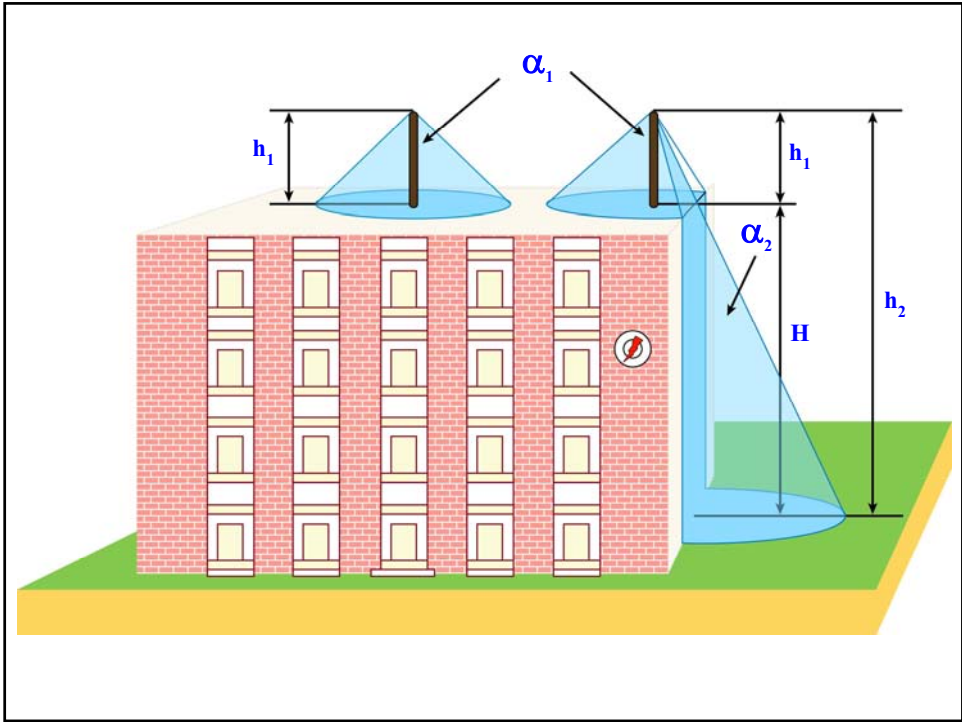


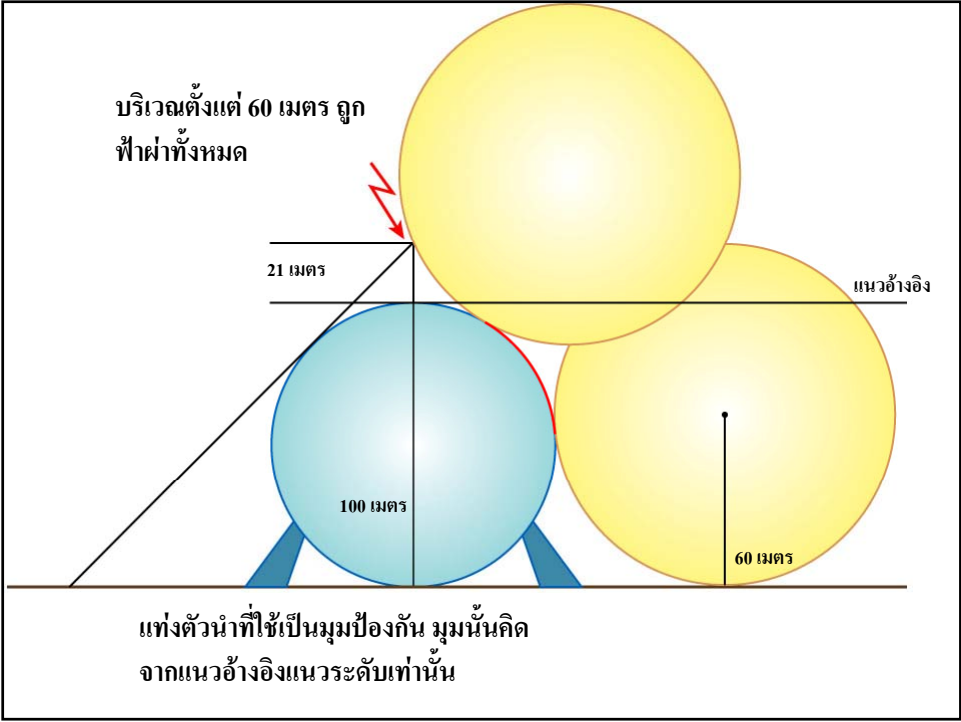
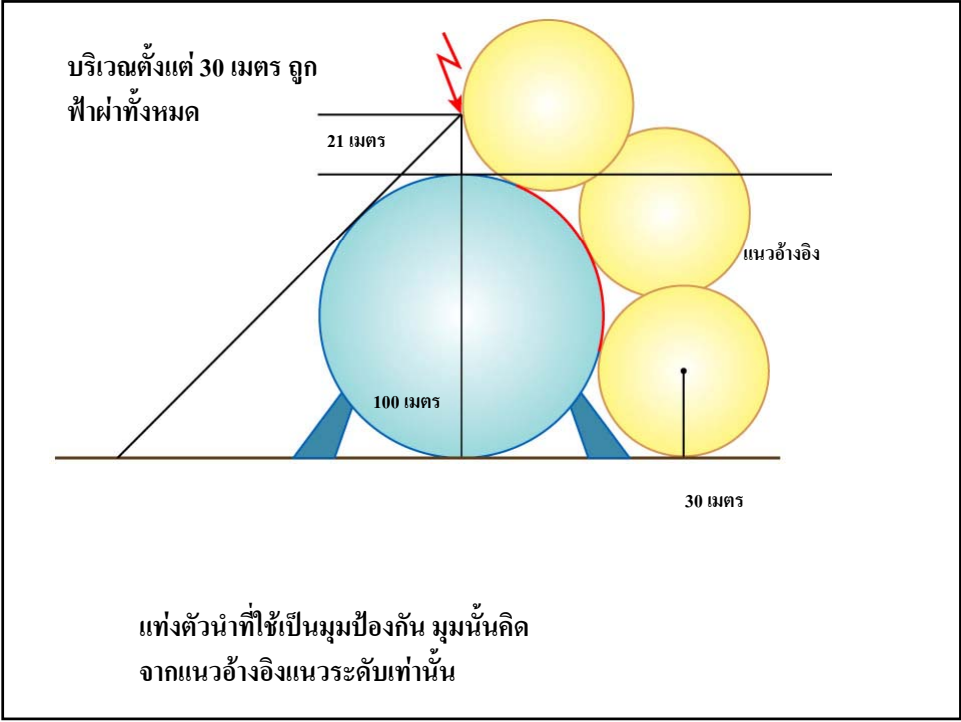
39

Application of the Rolling Sphere Method



40





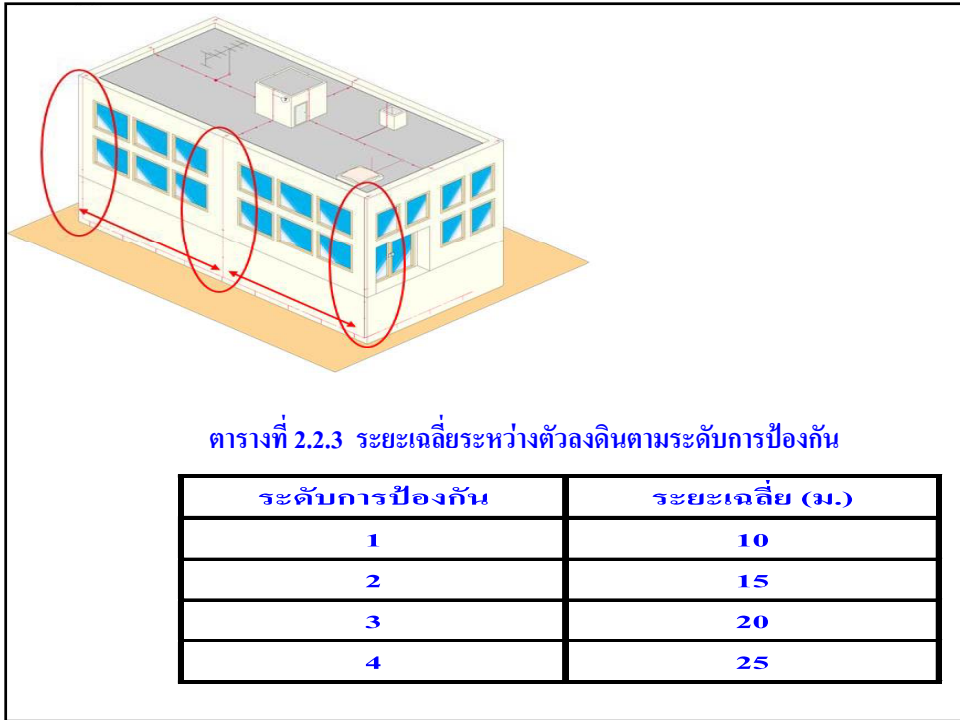
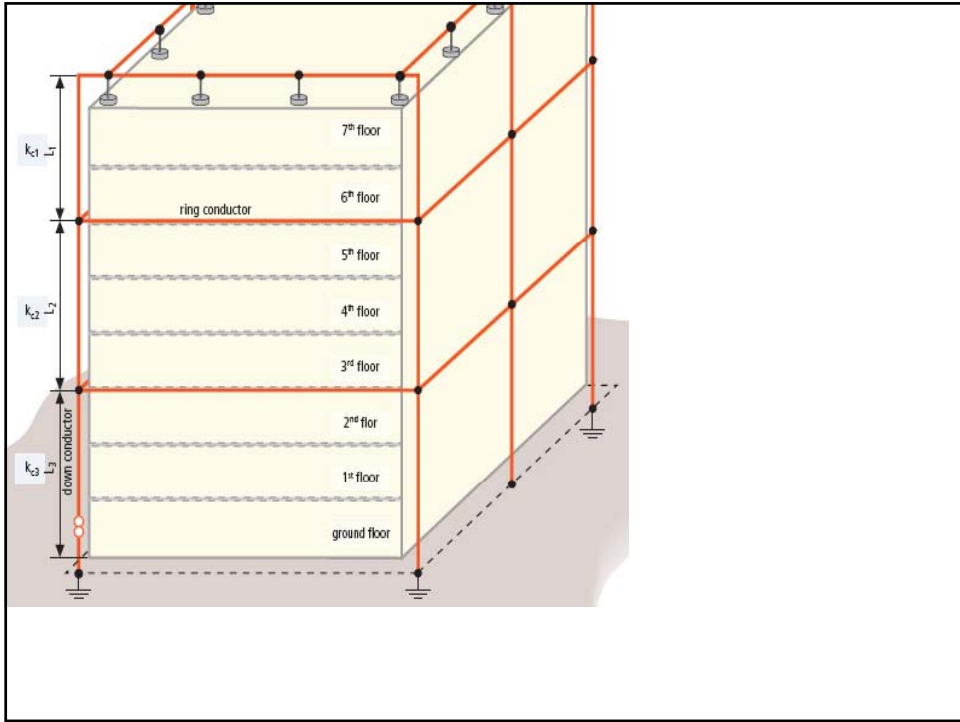




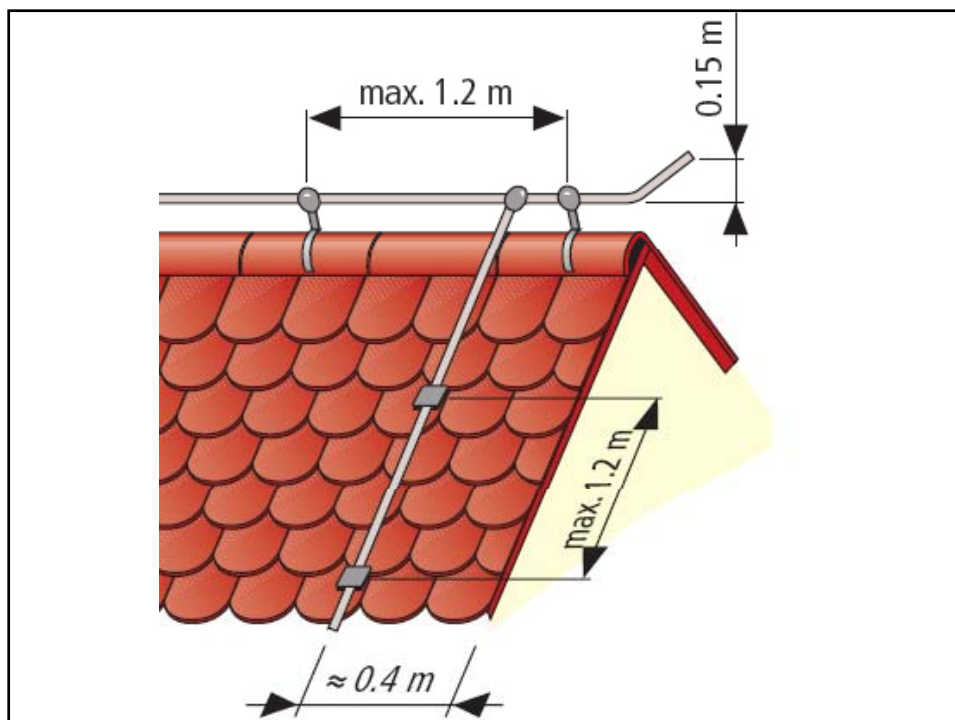
Figure 10: Photograph of a stricken point on the slanting edge of the gable roof. The air terminal conductor should also be installed on the edges of the gable roof.

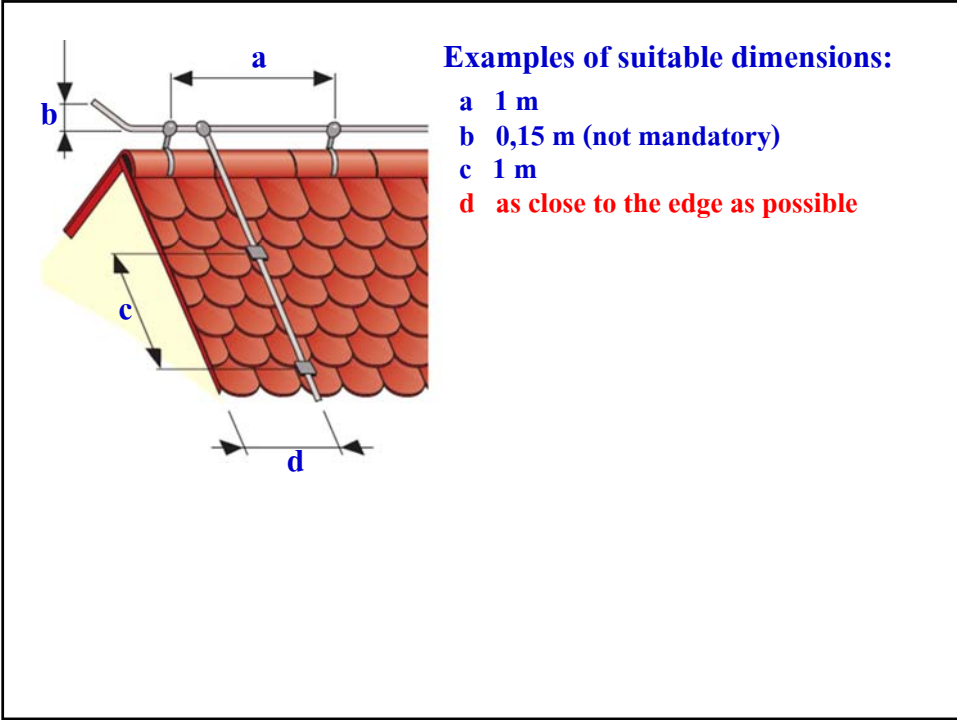


Figure 9: Photograph of a stricken point at the gable roof ridge end. The Franklin rod should have been installed right on top of the ridge end instead of about 1m away from it.



The typical conventional air terminal or Franklin rod (arrowed) which had been installed on the roof of a building. It can either have a sharp or blunt tip (preferred).





ตารางที่ 5.4 วัสดุที่ใช้ทำระบบป้องกันฟ้าผ่า และสภาพการใช้งาน

วัสดุ	สภาพการใช้งาน			การกัดกร่อน		
	ในอากาศที่โล่ง	ในดิน	ในคอนกรีต	ความต้านทาน	เพิ่มขึ้นโดย	อาจถูกทำลายจากการคาบเกี่ยวทางไฟฟ้ากับ
ทองแดง	• ดัน • ดีเกลือ	• ดัน • ดีเกลือ • ที่เคลือบผิว	• ดัน • ดีเกลือ • ที่เคลือบผิว	ดีในหลายสภาพแวดล้อม	• สารประกอบกำมะถัน • อินทรีย์สาร	-
เหล็กอาบสังกะสีแบบจุ่มร้อน	• ดัน • ดีเกลือ	• ดัน	• ดัน • ดีเกลือ	ยอมรับได้ในอากาศ ในคอนกรีต และในดินอ่อน	ที่มีคลอไรด์สูง	ทองแดง
เหล็กกล้าไร้สนิม	• ดัน • ดีเกลือ	• ดัน • ดีเกลือ	• ดัน • ดีเกลือ	ดีในหลายสภาพแวดล้อม	ที่มีคลอไรด์สูง	-
อะลูมิเนียม	• ดัน • ดีเกลือ	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ดีในบรรยากาศที่มีกำมะถัน และคลอไรด์ความเข้มข้นต่ำ	สารละลายต่าง	ทองแดง
ตะกั่ว	• ดัน • ที่เคลือบผิว	• ดัน • ที่เคลือบผิว	ไม่เหมาะสม	ดีในบรรยากาศที่มีซัลเฟตความเข้มข้นสูง	ดินที่มีสภาพเป็นกรด	• ทองแดง • เหล็กกล้าไร้สนิม

บทที่ 6
ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน

6.1 ททั่วไป

ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดประกายอันตรายภายในสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน เนื่องจากกระแสฟ้าผ่าในในระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกหรือส่วนตัวนำขึ้น ๆ ของสิ่งปลูกสร้าง

- ประกายอันตรายอาจเกิดขึ้นระหว่างระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกกับส่วนอื่น ๆ เช่น
- สิ่งติดตั้งโลหะ
 - ระบบภายใน
 - ส่วนตัวนำภายนอกและสายต่าง ๆ ที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้าง

หมายเหตุ

- 1 การเกิดประกายภายในสิ่งปลูกสร้างที่มีลักษณะเป็นอันตรายอยู่แล้ว ในกรณีนี้ต้องทำการให้มีมาตรการป้องกันเพิ่มเติม (ดูภาคผนวก จ)
- 2 การป้องกันแรงดันเกินของระบบภายใน ดูมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภาค 4

- การเกิดประกายอันตรายระหว่างส่วนต่าง ๆ สามารถหลีกเลี่ยงได้โดย
- การประสานให้สัณยเท่ากันตามข้อ 6.2 หรือ
 - การฉนวนไฟฟ้าระหว่างส่วนต่าง ๆ ตามข้อ 6.3

หมายเหตุ

- 1 ตารางนี้ให้คำแนะนำทั่วไปเท่านั้น ในสภาวะพิเศษต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนเพิ่มเติม (ดูภาคผนวก จ)
- 2 ตัวนำดีเกลือจะทนการกัดกร่อนได้น้อยกว่าตัวนำตัน ตัวนำดีเกลือจะกัดกร่อนได้ง่ายในตำแหน่งที่เข้าหรือออกระหว่างดินกับคอนกรีต นี่คือเหตุผลที่ไม่แนะนำให้ใช้เหล็กอาบสังกะสีดีเกลือในดิน
- 3 เหล็กอาบสังกะสีอาจกัดกร่อนได้ในดินเหนียวหรือดินชื้น
- 4 เหล็กอาบสังกะสีในคอนกรีตไม่ควรยื่นเข้าไปในดินเนื่องจากเหล็กจะกัดกร่อนได้ที่บริเวณโผล่พ้นคอนกรีต
- 5 เหล็กอาบสังกะสีที่สัมผัสกับเหล็กเสริมแรงในคอนกรีต ในบางกรณีอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อคอนกรีตได้
- 6 การใช้ตะกั่วในดินมักจะถูกห้ามหรือจำกัดการใช้เนื่องจากปัญหาล้างแวล้อม

ตารางที่ 5.5 วัสดุ รูปแบบ และพื้นที่หน้าตัดขั้นต่ำของตัวนำล่อฟ้า แท่งตัวนำล่อฟ้า และตัวนำลงดิน

วัสดุ	รูปแบบ	พื้นที่หน้าตัดขั้นต่ำ (ตารางมิลลิเมตร)	หมายเหตุ ¹⁰⁾
ทองแดง	เทปตัน	50 ⁸⁾	ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	แท่งกลมตัน ⁷⁾	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
	แท่งกลมตัน ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.
ทองแดงเคลือบดีบุก ¹⁾	เทปตัน	50 ⁸⁾	ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	แท่งกลมตัน ⁷⁾	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
อะลูมิเนียม	เทปตัน	70	ความหนาขั้นต่ำ 3 มม.
	แท่งกลมตัน	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
อะลูมิเนียมเคลือบ	เทปตัน	50 ⁸⁾	ความหนาขั้นต่ำ 2.5 มม.
	แท่งกลมตัน	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
	แท่งกลมตัน ³⁾	200 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.

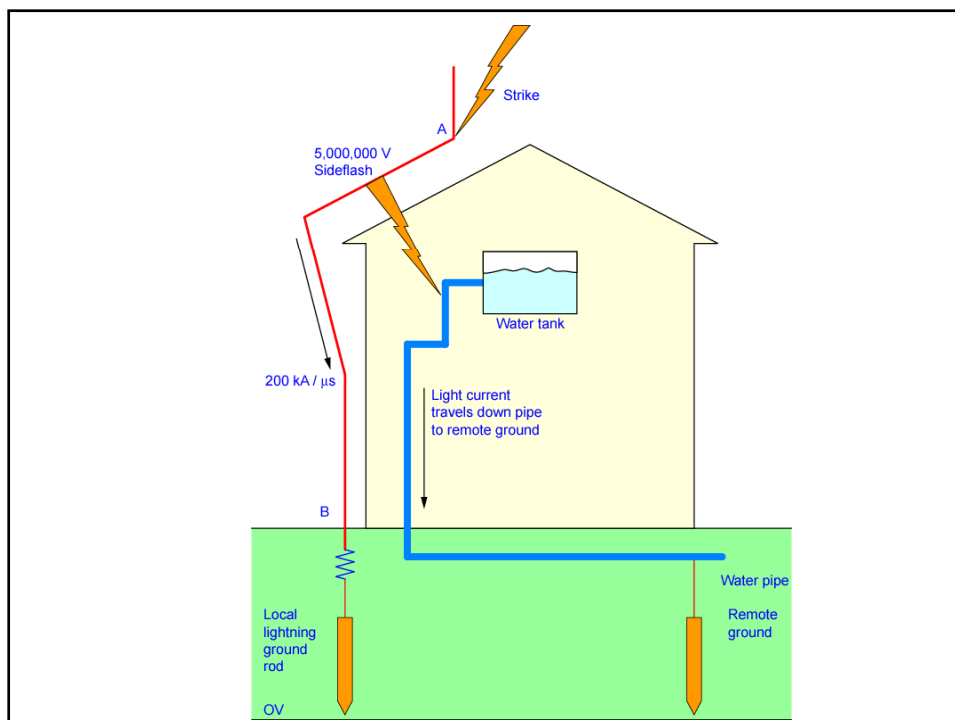
เหล็กอาบสังกะสี แบบจุ่มร้อน ²⁾	เทปตัน	50 ⁸⁾	ความหนาขั้นต่ำ 2.5 มม.
	แท่งกลมตัน ⁹⁾	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	50 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
	แท่งกลมตัน ^{3), 4), 9)}	200 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.
เหล็กกล้าไร้สนิม ⁵⁾	เทปตัน ⁶⁾	50 ⁸⁾	ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	แท่งกลมตัน ⁶⁾	50	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	ดีเกลียว	70 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
	แท่งกลมตัน ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.
1) เคลือบด้วยวิธีจุ่มร้อนหรือเคลือบด้วยวิธีทางไฟฟ้าที่มีความหนาขั้นต่ำ 1 ไมโครเมตร 2) ผิวที่เคลือบต้องมีความเรียบ สม่ำเสมอ และไม่มียอยต่างจากน้ำยาประสาน ความหนาขั้นต่ำของการเคลือบ 50 ไมโครเมตร 3) ใช้สำหรับแท่งตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น กรณีการใช้ในที่มีความเครียดทางกล เช่น แรงกระทำเนื่องจากลมในวิกฤต อาจใช้แท่งตัวนำล่อฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ความยาวสูงสุดของแท่งตัวนำล่อฟ้าไม่เกิน 1 เมตร โดยมีการจับยึดเสริมได้ 4) ใช้เป็นแท่งตัวนำล่อฟ้าเท่านั้น 5) โดรมียม $\geq$ ร้อยละ 16 นิกเกิล $\geq$ ร้อยละ 8 และคาร์บอน $\leq$ ร้อยละ 0.07 6) กรณีเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีฟอสฟอรัสในคอนกรีต และ/หรือ สัมผัสโดยตรงกับวัสดุฉนวนไฟ ควรเพิ่มขนาดขั้นต่ำเป็น 78 ตารางมิลลิเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร) สำหรับแท่งกลมตัน และ 75 ตารางมิลลิเมตร (ความหนาขั้นต่ำ 3 มิลลิเมตร) สำหรับเทปตัน 7) การใช้ในที่นี้ไม่ต้องการความแข็งแรงทางกลมาก ขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร) อาจลดเหลือ 28 ตารางมิลลิเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) ในกรณีนี้ควรพิจารณาผลกระทบระหว่างจุดจับยึดด้วย 8) ถ้าพิจารณาทางความร้อนและทางกลเป็นเรื่องสำคัญ มิติเหล่านี้สามารถเพิ่มเป็น 60 ตารางมิลลิเมตร สำหรับเทปตัน และ 78 ตารางมิลลิเมตร สำหรับแท่งกลมตัน 9) พื้นที่หน้าตัดขั้นต่ำเป็นตารางมิลลิเมตรที่หลีกเลี่ยงการหลอมเหลว คือ 16 (ทองแดง), 25 (อะลูมิเนียม), 50 (เหล็ก) และ 50 (เหล็กกล้าไร้สนิม) โดยพิจารณาจากพลังงานจำเพาะ 10,000 กิโลจูลต่อไอรัม รายละเอียดเพิ่มเติมดูภาคผนวก จ 10) ความหนา ความกว้าง และเส้นผ่านศูนย์กลางยอมให้คลาดเคลื่อนได้ $\pm$ ร้อยละ 10			

ตารางที่ 5.6 วัสดุ รูปแบบ และมิติขั้นต่ำสำหรับรากสายดิน

วัสดุ	รูปแบบ	มิติขั้นต่ำของรากสายดิน			หมายเหตุ
		แท่งรากสายดิน (เส้นผ่าน ศูนย์กลาง มม.)	ตัวนำ รากสายดิน	แผ่น รากสายดิน (มม.)	
ทองแดง	ตีเกลียว ²⁾	15 ⁴⁾	50 ตร.มม.		เส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำของลวดแต่ละเส้น 1.7 มม.
	แท่งกลมตัน ²⁾		50 ตร.มม.		เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
	เทปตัน ²⁾		50 ตร.มม.		ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	แท่งกลมตัน	20		500 × 500 600 × 600	ความหนาขั้นต่ำของผนังท่อ 2 มม.
	ท่อ				ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	แผ่นทึบ				ขนาดหน้าตัด 25 มม. × 2 มม.
	แผ่นตาข่าย				ความยาวรวมขั้นต่ำของตัวนำ 4.8 ม.

เหล็กกล้า	แท่งกลมตันอาบ สังกะสี ^{1), 2)}	16 ³⁾	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.	500 × 500 600 × 600	ความหนาขั้นต่ำของผนังท่อ 2 มม. ความหนาขั้นต่ำ 3 มม. ความหนาขั้นต่ำ 3 มม. ขนาดหน้าตัด 30 มม. × 3 มม.
	ท่ออาบสังกะสี ^{1), 2)}	25	90 ตร.มม.		
	เทปตันอาบสังกะสี ¹⁾				
	แผ่นทึบอาบสังกะสี ¹⁾				
	แผ่นตาข่ายอาบ สังกะสี ¹⁾	14	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.		ทองแดงที่นำมาเคลือบมีส่วนผสมทองแดงร้อยละ 99.9 และมีรัศมีขั้นต่ำ 250 ไมโครเมตร
	แท่งกลมตันเคลือบ				
	ทองแดง ²⁾				
	แท่งกลมเบรียล ²⁾	50 × 50 × 3	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.		ความหนาขั้นต่ำ 3 มม.
	เทปตันเบรียลหรืออาบ สังกะสี ^{2), 3)}				
	ตีเกลียวอาบสังกะสี ^{2), 3)}				
	หน้าตัดกากบาทอาบ สังกะสี				
เหล็กกล้าไร้ สนิม	แท่งกลมตัน	15	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.		ความหนาขั้นต่ำ 2 มม.
	เทปตัน		100 ตร.มม.		

- 1) ตัวที่เคลือบต้องเรียบสม่ำเสมอ และไม่มีรอยต่างจากน้ำยาประสาน โดยมีความหนาในการชุบชั้นดำ 50 ไมโครเมตร สำหรับแท่งกลม และ 70 ไมโครเมตร สำหรับวัสดุแบน
- 2) การทำเกลียวต้องทำก่อนอบสังกะสี
- 3) อาจใช้การเคลือบตีบุก
- 4) ทองแดงต้องประสานเป็นเนื้อเดียวกับเหล็ก
- 5) อนุญาตให้ใช้เฉพาะกรณีฝังในคอนกรีตอย่างสมบูรณ์เท่านั้น
- 6) อนุญาตให้ใช้เฉพาะกรณีมีการต่ออย่างถูกต้องทุกระยะ 5 เมตร กับเหล็กเสริมแรงโดยธรรมชาติในฐานรากที่สัมผัสกับดิน
- 7) โครเมียม $\geq$ ร้อยละ 16 นิกเกิล $\geq$ ร้อยละ 5 โมลิบดีนัม $\geq$ ร้อยละ 2 และคาร์บอน $\leq$ ร้อยละ 0.08
- 8) ในบางประเทศอนุญาตให้ใช้ 12 มม.
- 9) ในบางประเทศใช้แท่งรากสายดินต่อกับตัวนำลงดิน ณ จุดที่ลงสู่ดิน

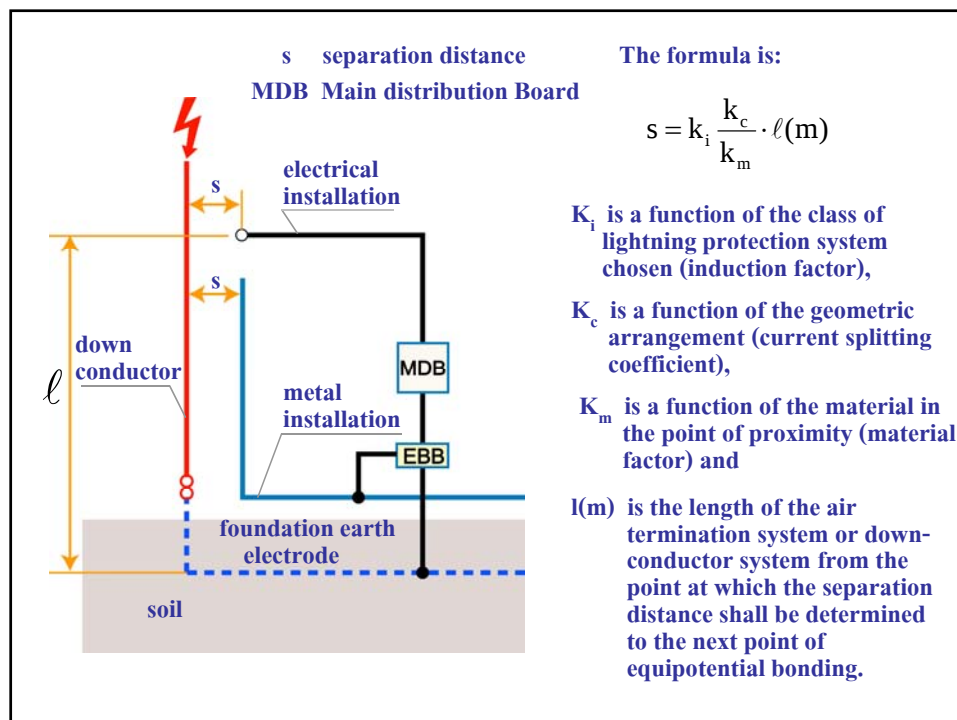


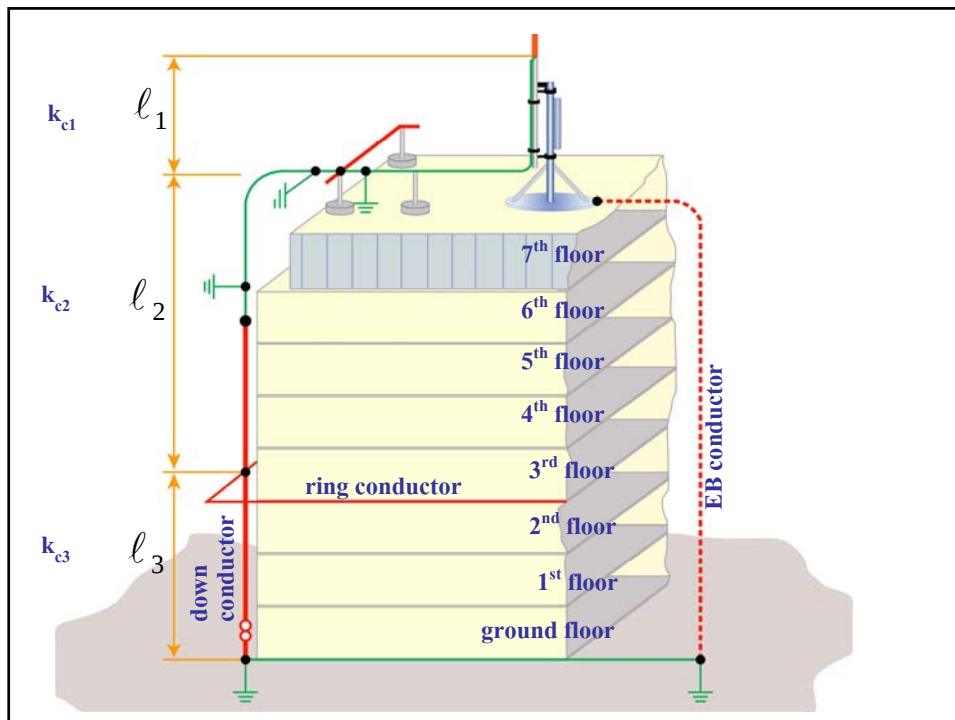
3.2 การอยู่ใกล้เคียงของสิ่งติดตั้งกับระบบป้องกันฟ้าผ่า

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดประกายอันตราย เมื่อไม่สามารถติดตั้งให้มีการประสานให้สัณฐานเท่ากัน ระยะห่าง s ระหว่างระบบป้องกันฟ้าผ่าและสิ่งติดตั้งโลหะ เช่นเดียวกันกับระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนตัวนำที่ไม่เกี่ยวข้องกับสายไฟฟ้า ต้องเพิ่มระยะห่างให้มากกว่าระยะปลอดภัย d

$$s \geq d \quad (3.2.1)$$

$$d = k_i \frac{k_c}{k_m} \ell \quad (\text{เมตร}) \quad (3.2.2)$$

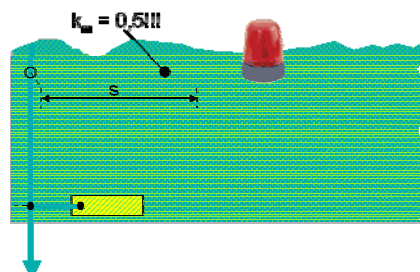


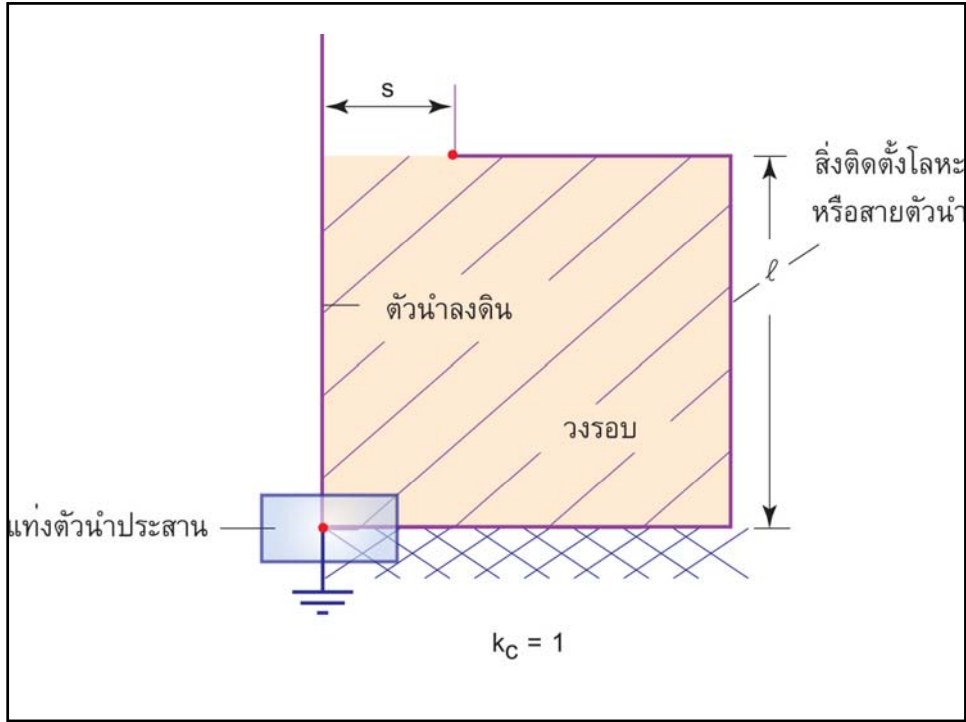


Determination of the coefficients k_i and k_m

Protection level	k_i	Material	k_m
I	0,1	Concrete, bricks	0,5
II	0,075	Air	1
III	0,05	PVC	20
IV	0,05	PE	60

Regarding the determination of k_m , the most unfavourable material is to be selected!!!

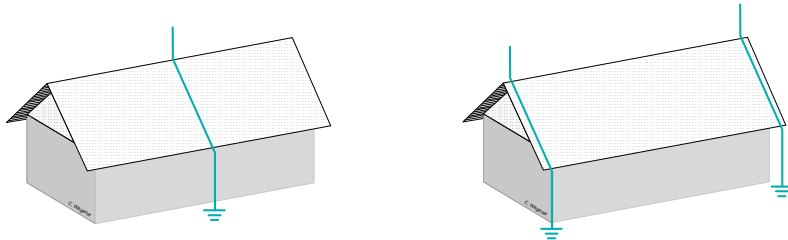


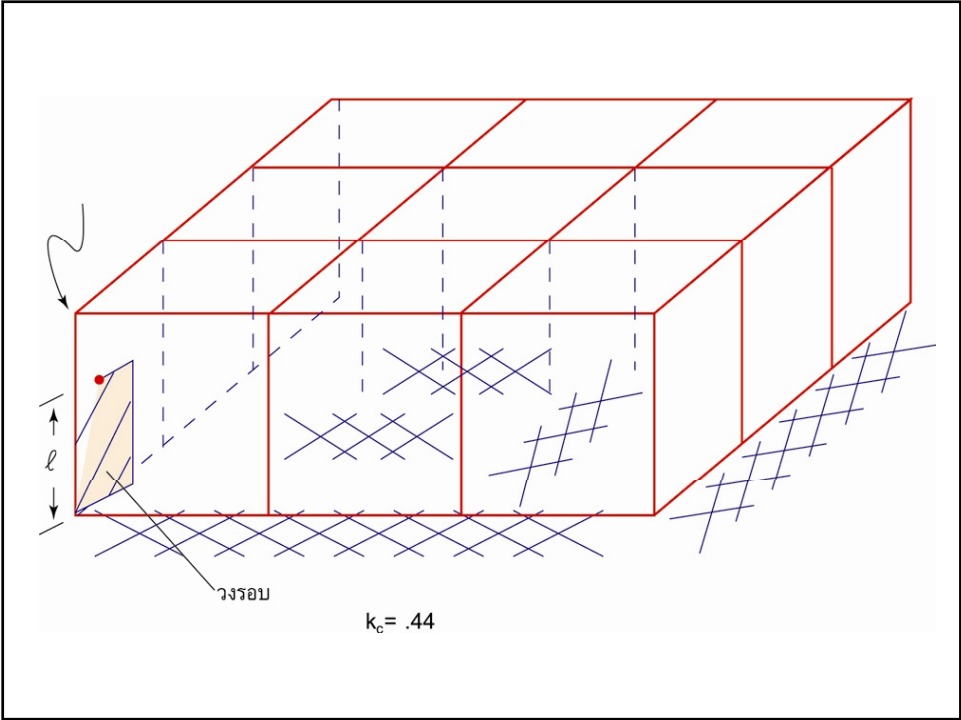
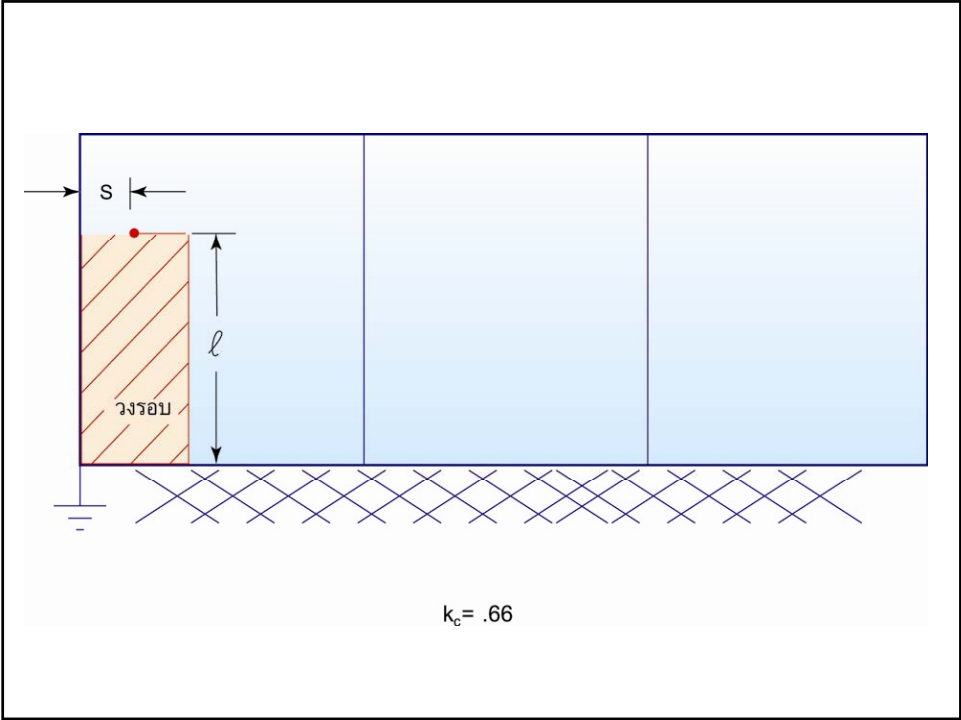


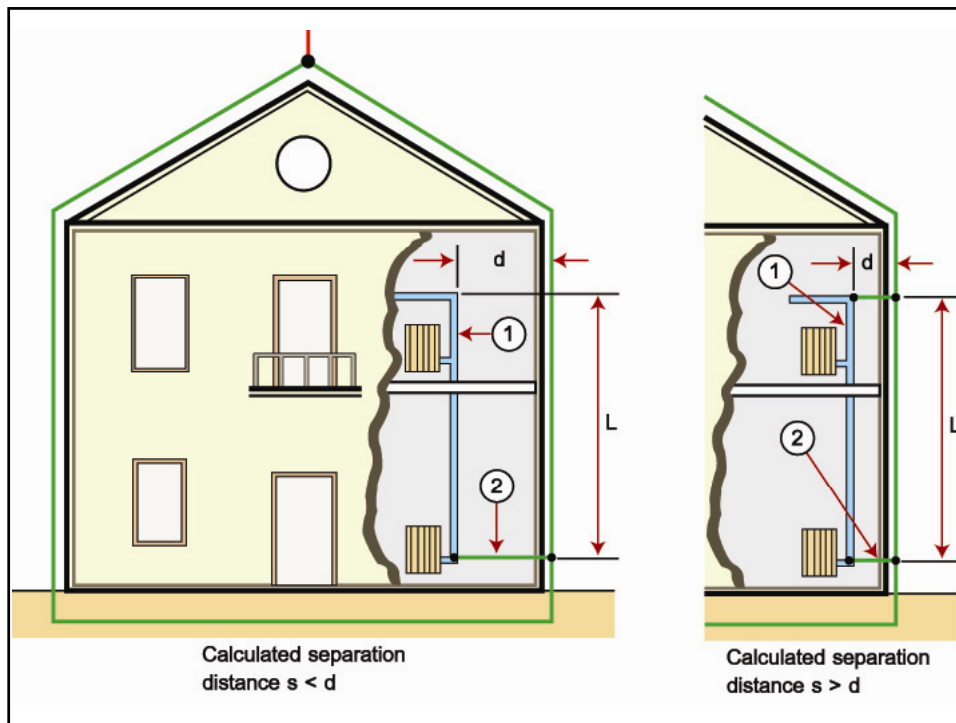
Determination of the coefficient k_c

Earth electrodes are not connected to each other

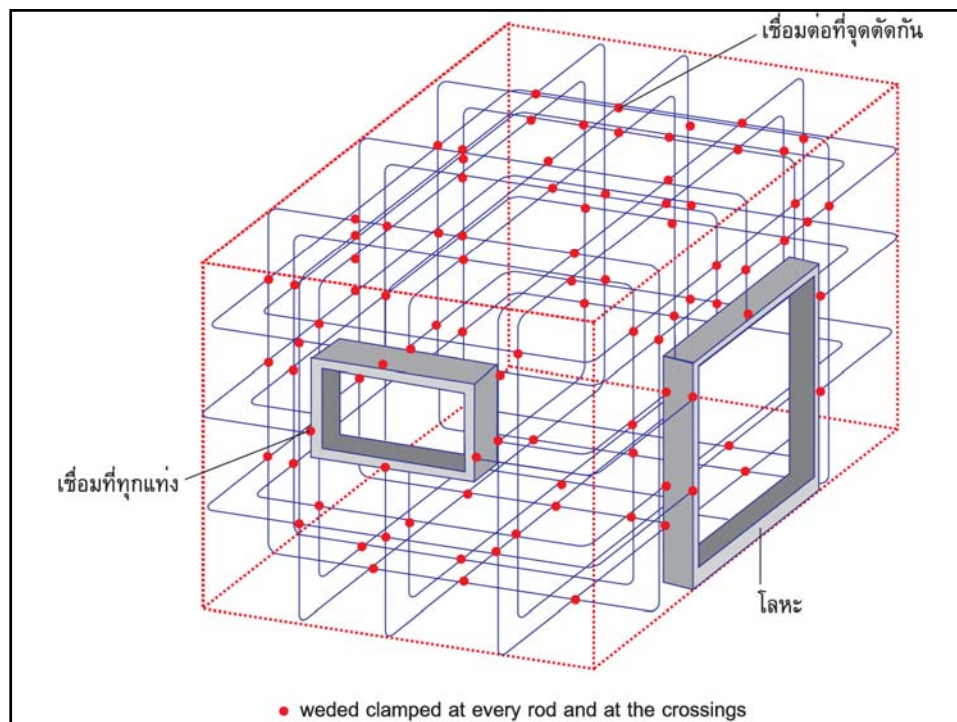
$k_c = 1$







หมายเหตุ ในกรณีที่สิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มี
เหล็กเสริมเชื่อมต่อ และในกรณีที่สิ่งปลูกสร้างโครงเหล็ก
หรือสิ่งปลูกสร้างที่มีสมรรถนะการก้ำบั้งที่เทียบเท่าทรงฟาราเดย์
ความต้องการในการประสานสิ่งที่อยู่ใกล้เคียงถือว่าสมบูรณ์แล้ว



บทที่ 7

การบำรุงรักษาและการตรวจสอบระบบป้องกันฟ้าผ่า

7.1 การประยุกต์การตรวจสอบ

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ เพื่อให้แน่ใจว่า

- ก) ระบบป้องกันฟ้าผ่าเป็นไปตามการออกแบบตามมาตรฐานนี้
- ข) องค์ประกอบทั้งหมดของระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในสภาพที่ดีและสามารถทำหน้าที่ตามที่ได้ออกแบบมา และไม่มีการกัดกร่อน
- ค) ระบบสาธารณูปโภคหรือการก่อสร้างใหม่เพิ่มเติมใด ๆ มีการต่อเข้ากับระบบป้องกันฟ้าผ่า

บทที่ 8
มาตรการป้องกันอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต
เนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว

- 8.1 มาตรการป้องกันอันตรายเนื่องจากแรงดันสัมผัส
- ในบางสถานการณ์ บริเวณใกล้เคียงรอบตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า ภายนอกสิ่งปลูกสร้าง อาจมีอันตรายต่อชีวิต ถึงแม้ว่าระบบป้องกันฟ้าผ่าจะมีการออกแบบและก่อสร้างตามข้อกำหนดข้างต้น
- อันตรายนี้ลดลงถึงระดับที่ทนได้ถ้าสภาวะได้เป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้
- ก) ความน่าจะเป็นน้อยมากที่บุคคลจะเข้าใกล้บริเวณด้านนอกสิ่งปลูกสร้างและใกล้กับตัวนำลงดิน หรือระยะเวลาที่อยู่ในบริเวณดังกล่าว มีค่าน้อยมาก
 - ข) ระบบตัวนำลงดินโดยธรรมชาติ ประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้างที่ประกอบด้วยโครงโลหะจำนวนมาก หรือสิ่งปลูกสร้างที่ประกอบด้วยเสาหลายต้นที่มีเหล็กของสิ่งปลูกสร้างต่อถึงกัน ที่มั่นใจว่าต่อเนื่องถึงกันทางไฟฟ้า
 - ค) ความต้านทานจำเพาะของชั้นผิวหน้าดินภายในระยะ 3 เมตรจากตัวนำลงดิน มีค่าไม่น้อยกว่า 5 กิโลโห์มเมตร
- หมายเหตุ ชั้นของวัสดุฉนวน เช่น แอสฟัลต์ ความหนา 5 เซนติเมตร (หรือชั้นรองกรวดหนา 15 เซนติเมตร) โดยทั่วไปลดอันตรายนี้ลงถึงระดับที่ทนได้

E.5.2.4 Construction

E.5.2.4.1 General information

The maximum permissible temperature for a conductor will not be exceeded if the cross-section of the conductor conforms to Table 6.

A roof or wall constructed from combustible material should be protected from the dangerous effect of lightning current heating the LPS conductors by using one or more of the following measures:

- reducing the temperature of the conductors by increasing the cross-section;
- increasing the distance between the conductors and the roof covering (see also 5.2.4);
- inserting a heat-protective layer between the conductors and the flammable material.

NOTE Research has shown that it is advantageous for air-termination rods to have a blunt tip.



RODS STUCK BY LIGHTNING

