กรณี ลูกจ้างเสียชีวิตจากการถูกฟ้าผ่าขณะเทคอนกรีตเสาอาคาร

๑. ข้อมูลสถานประกอบกิจการ/นายจ้าง

๑.๑ ชื่อสถานประกอบกิจการ บริษัท ซ จำกัด (มหาชน) (ผู้รับเหมาชั้นต้น) ประกอบกิจการรับเหมาก่อสร้าง สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร

๑.๒ ชื่อสถานประกอบกิจการ บริษัท ส จำกัด (ผู้รับเหมาช่วง) ประกอบกิจการรับเหมาก่อสร้าง สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ แขวงพระโขนงเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร บริษัทฯ กำหนดให้ลูกจ้างทำงานสัปดาห์ละ ๖ วัน วันจันทร์ถึงวันเสาร์ กำหนดให้วันอาทิตย์เป็นวันหยุดประจำสัปดาห์ กำหนดเวลาทำงาน ๐๘.๐๐ น. ถึง ๑๗.๐๐ น. และมีเวลาพักจำนวน ๑ ชั่วโมง จำนวนลูกจ้างของบริษัทฯ ในโครงการก่อสร้างจำนวนทั้งหมด ๗๗ คน แบ่งเป็นสัญชาติไทย จำนวน ๔๗ คน และสัญชาติเมียนมา จำนวน ๓๐ คน

บริษัท ส จำกัด จัดให้มีการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย ดังนี้

(๑) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ จำนวน ๑ คน

(๒) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน จำนวน ๕ คน

(๓) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับบริหาร จำนวน ๒ คน

(๔) คณะกรรมการความปลอดภัยฯ (คปอ.) จำนวน ๗ คน

๑.๓ ชื่อสถานประกอบกิจการ บริษัท ฉ จำกัด (ผู้รับเหมาช่วงของบริษัท ส จำกัด) (ลูกจ้างผู้เสียชีวิตเป็นลูกจ้างของบริษัท ฉ จำกัด) ประกอบกิจการรับเหมาก่อสร้าง สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร จำนวนลูกจ้างของบริษัทฯ ในโครงการก่อสร้าง จำนวนทั้งหมด ๓๔ คน มีสัญชาติไทยและสัญชาติเมียนม่า

๑.๔ สถานที่เกิดเหตุ โครงการก่อสร้าง ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร เป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน จำนวน ๓๖ ชั้น โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่วันที่ ๑ เมษายน ๒๕๖๔ สิ้นสุดสัญญาวันที่ ๓๐ กันยายน ๒๕๖๖ ปัจจุบันดำเนินการก่อสร้างอยู่ที่ชั้นที่ ๒๐ และกำลังเทปูนเสาอาคารระหว่างชั้นที่ ๒๐ กับ ๒๑

๑.๕ ไม่มีการประสบอันตรายจากการทำงานของลูกจ้างบริษัท ส จำกัด และบริษัท ฉ จำกัด กรณีเสียชีวิตหยุดงานเกิน ๓ วัน และหยุดงานไม่เกิน ๓ วัน (ข้อมูลจาก Dashboard ตั้งแต่เดือนตุลาคม ๒๕๖๒ ถึง พฤศจิกายน ๒๕๖๕)

๒. ข้อมูลทั่วไป/รายละเอียดและลำดับเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ

๒.๑ ข้อมูลทั่วไปและสภาพแวดล้อมของสถานที่เกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน

- สภาพอาคารหรือสิ่งแวดล้อม

สถานที่เกิดเหตุ โครงการก่อสร้าง ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร เป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน จำนวน ๓๖ ชั้น ปัจจุบันดำเนินการก่อสร้างอยู่ที่ชั้นที่ ๒๐ และกำลังเทคอนกรีตเสาอาคารระหว่างชั้นที่ ๒๐ กับ ๒๑ ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง และในขณะปฏิบัติงานดังกล่าวมีฝนตกลงมาเป็นระยะๆ

- เครื่องจักร/เครื่องมือ/อุปกรณ์

ภายในบริเวณพื้นที่ทำงาน ประกอบด้วย

(๑) นั่งร้านสำหรับให้ลูกจ้างปฏิบัติงาน

(๒) แบบเหล็กที่เข้าแบบแล้ว เพื่อเตรียมเทปูนเสาอาคารคอนกรีต

(๓) ปั่นจั่นหอสูง (Tower Crane) สำหรับยกถังเทคอนกรีต (Concrete Bucket)

- มาตรการการดำเนินงานของนายจ้างเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ลูกจ้างที่ปฏิบัติงาน

๑. บริษัท ส จำกัด จัดให้มีมาตรการด้านความปลอดภัยในการทำงาน ดังนี้

(๑) มีการควบคุมดูแลให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment) เช่น หมวกนิรภัย ถุงมือผ้า เข็มขัดนิรภัย รองเท้านิรภัย เป็นต้น

(๒) มีการอบรมหลักสูตรลูกจ้างเข้าทำงานใหม่ตามที่กฎหมายกำหนดให้กับลูกจ้างของบริษัทเหมาช่วงก่อนเริ่มงาน

(๓) มีการพูดคุยเรื่องความปลอดภัย (Safety Talk) ให้กับลูกจ้างของบริษัทเหมาช่วงก่อนเริ่มงานทุกวัน

๒. บริษัท ฉ จำกัด จัดให้มีมาตรการด้านความปลอดภัยในการทำงาน ดังนี้

(๑) ให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment) เช่น หมวกนิรภัย ถุงมือผ้า เข็มขัดนิรภัย รองเท้านิรภัย เป็นต้น

(๒) ให้ลูกจ้างของบริษัทเข้าร่วมรับฟังการพูดคุยเรื่องความปลอดภัย (Safety Talk) จากบริษัท ส จำกัด ก่อนเริ่มงานทุกวัน

๒.๒ ขั้นตอนการปฏิบัติงานการเทคอนกรีตเสาอาคาร

การที่จะให้ได้โครงสร้างคอนกรีตที่ดี จะต้องประกอบไปด้วยการเลือกใช้คอนกรีตประเภทที่เหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ และขั้นตอนการทำงานคอนกรีตที่ดี ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม จึงจะได้คุณภาพของงานที่ดี โครงสร้างคอนกรีตมีคุณสมบัติตามที่ต้องการและมีความแข็งแรง ทนทาน ขั้นตอนการปฏิบัติงานการเทคอนกรีต ๕ ขั้นตอน มีดังนี้

๒.๒.๑ การลำเลียงคอนกรีต

ในการลำเลียงคอนกรีตที่ผสมแล้วต้องคำนึงถึงสภาพการลำเลียงคอนกรีต โดยต้องระวังให้เนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ และไม่แยกตัวก่อนการเทลงแบบ โดยต้องป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน และความชื้น เป็นต้น

การเลือกวิธีการลำเลียงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

(๑) ปริมาณและอัตราการเทในแต่ละครั้ง

(๒) ขนาดและประเภทของโครงสร้าง

(๓) ลักษณะภูมิประเทศ สถานที่ทำงาน และเส้นทางการขนส่ง

(๔) ค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าแรง ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ เป็นต้น

ควรใช้เวลาในการลำเลียงคอนกรีตให้น้อยที่สุด โดยวิธีการที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด เพื่อลดระยะเวลาในการเทคอนกรีตซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตไม่เปลี่ยนแปลงและสม่ำเสมอ นอกจากนั้นเพื่อให้การลำเลียงและการเทคอนกรีตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรวางแผนการเทคอนกรีตทุกครั้ง โดยคำนึงถึงสภาพของคอนกรีต ลักษณะของโครงสร้างที่จะเทคอนกรีต วิธีการลำเลียง และวิธีการเทคอนกรีต โดยมีหัวข้อที่ต้องพิจารณา ดังนี้

(๑) การเลือกใช้คอนกรีต นอกจากกำลังอัดคอนกรีตแล้ว ควรเลือกใช้คอนกรีตให้เหมาะสมกับการเทลงแบบโครงสร้าง และเลือกวิธีการลำเลียงโดยคำนึงถึงระยะเวลาในการก่อตัว ความข้นเหลว เป็นต้น โดยทั่วไประยะเวลาในการก่อตัวของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมคอนกรีต วัตถุดิบที่ใช้ สารผสมเพิ่ม อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และวิธีการลำเลียง

(๒) แผนการเทคอนกรีต การกำหนดแผนการเทคอนกรีตต้องพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีต ชนิดของโครงสร้าง วิธีการเทคอนกรีต ปริมาณการเทคอนกรีตในแต่ละครั้ง ความยากง่ายในการเท สภาพอากาศ และอื่นๆ ที่มีผลต่อการเทคอนกรีต

(๓) เครื่องมือและคนงานสำหรับการลำเลียง และการเทลงแบบ การลำเลียงคอนกรีตควรรวดเร็วและใช้วิธีที่ประหยัด เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต และลดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีตในด้านความสม่ำเสมอและความสามารถในการเท ดังนั้นต้องพิจารณาจำนวน ประเภทของเครื่องมือ และจำนวนคนงานที่ใช้ในการลำเลียงคอนกรีต

(๔) เส้นทางการลำเลียงคอนกรีต ควรเตรียมเส้นทางการลำเลียงคอนกรีตให้พร้อมก่อนการเท เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการลำเลียง และเพื่อให้งานเทคอนกรีตสำเร็จลงได้โดยใช้เวลาน้อยที่สุด

(๕) การตรวจสอบคอนกรีต ในขณะที่ทำการลำเลียงควรมีวิธีการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตมีความสม่ำเสมอไม่แยกตัว

๒.๒.๒ การเทคอนกรีต

การเตรียมก่อนเทคอนกรีต

สิ่งที่ควรเตรียมก่อนเทคอนกรีต มีดังต่อไปนี้

(๑) ต้องตรวจสอบปริมาณและตำแหน่งของเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ตลอดจนตรวจสอบแบบเทคอนกรีตและอุปกรณ์อื่นๆ ให้ถูกต้องตามแผนที่วางไว้

(๒) ตรวจสอบผนังของเครื่องมือลำเลียง เครื่องมือเท และผนังด้านในของแบบเทคอนกรีต เพื่อไม่ให้มีสิ่งสกปรกที่จะเข้าไปผสมกับคอนกรีตที่จะเท เช่น เศษดินโคลน หรือเศษไม้ เป็นต้น ผนังด้านในของเครื่องมือและแบบเทคอนกรีตดังกล่าว ควรจะมีการทำให้ชื้นก่อนเพื่อป้องกันการดูดซับน้ำจากคอนกรีตที่ลำเลียงหรือเท

(๓) ในการเทหลุมหรือบ่อ ควรกำจัดน้ำที่หลงเหลืออยู่ในบ่อก่อนที่จะเทคอนกรีต และควรป้องกันไม่ให้น้ำไหลลงไปในบ่อในขณะที่เทคอนกรีตหรือขณะที่เทเสร็จแล้วใหม่ๆ

การผูกเหล็กเสริมและวางตำแหน่งเหล็กเสริมต้องมีความมั่นใจว่ามีความแข็งแรงพอที่จะไม่เลื่อนตำแหน่งในขณะที่เทคอนกรีต ไม้แบบต้องมีความแข็งแรงพอเช่นกัน เศษดิน โคลน หรือเศษไม้ ที่ตกค้างอยู่ตามผนังของเครื่องมือลำเลียงหรือในแบบ จะมีผลเสียต่อกำลังของคอนกรีตในบริเวณที่มีวัสดุเหล่านี้ปะปนเข้าไป การที่ผนังของเครื่องมือลำเลียงหรือผนังแบบเทคอนกรีตดูดซับน้ำจากคอนกรีตในขณะที่เทคอนกรีต

จะทำให้ผิวคอนกรีตไม่เรียบเมื่อแกะแบบแล้ว จึงควรทำให้ผนังเหล่านั้นชื้นก่อนการเทคอนกรีต แต่ไม่ควรทำให้เปียกมากจนมีน้ำขังอยู่ในแบบ

การลำเลียงคอนกรีตผ่านท่อเป็นระยะทางไกลๆ ควรมีการส่งมอร์ต้าร์นำไปก่อน มอร์ต้าร์ที่ใช้ส่งนำไปควรเป็นมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมเหมือนกับมอร์ต้าร์ในคอนกรีตที่จะเท ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียมอร์ต้าร์ไปเคลือบที่ผนังด้านในของท่อในช่วงต้นของการลำเลียงคอนกรีต

การเทคอนกรีตลงบนคอนกรีตเดิมหรือบนคอนกรีตที่เริ่มแข็งตัวแล้ว ควรเทมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมเหมือนกับมอร์ต้าร์ในคอนกรีตที่จะเทลงไปก่อน ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่เทใหม่ น้ำที่หลงเหลืออยู่ในบ่อที่จะเทคอนกรีตจะทำให้ส่วนผสมของคอนกรีตเปลี่ยนไป โดยทำให้กำลังของคอนกรีตและความทนทานลดลง ดังนั้นจึงควรกำจัดออกไปก่อนการเทคอนกรีต ในขณะที่เทคอนกรีตหรือในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวนั้น หากมีน้ำที่ไหลผ่านคอนกรีตน้ำจะกัดเซาะมอร์ต้าร์ออกจากผิวหน้าคอนกรีตได้ ทำให้ผิวคอนกรีตไม่สวย อีกทั้งกำลังและความทนทานในบริเวณนั้นจะลดลงด้วย

การเทคอนกรีต

ควรมีการวางแผนการเทคอนกรีตเพื่อให้สามารถเทได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคต่องานที่ไม่เกี่ยวข้อง การเทคอนกรีตที่ดี คือการเทเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอ ไม่มีการแยกตัว และไม่เกิดรูพรุน ไม่ควรเทคอนกรีตให้กระทบโดยตรงกับเหล็กเสริมหรือข้างแบบ ควรเทคอนกรีตลงมาตรงๆ และไม่ควรให้คอนกรีตไหลไปในแนวราบเป็นระยะทางไกล ยกเว้นในกรณีของคอนกรีตไหล ซึ่งถูกออกแบบโดยมีการควบคุมการแยกตัว ถ้าพบว่ามีการแยกตัวของคอนกรีตหลังเริ่มการเทคอนกรีต จะต้องมีการแก้ไขทันที

ในกรณีที่แบ่งเทคอนกรีตต่อเนื่องกันเป็นชั้นๆ คอนกรีตที่เทใหม่ในชั้นบนควรเททับก่อนที่คอนกรีตชั้นล่างจะเริ่มก่อตัว ในกรณีที่แบบมีความสูงมาก ไม่ควรเทคอนกรีตโดยปล่อยให้คอนกรีตตกอิสระจากส่วนบนที่สุดของแบบ แต่ควรใช้วิธีการใด ๆ เช่น สายพาน รางเท (Chute) ถัง หรือต่อท่อ เพื่อให้ระยะตกอิสระของคอนกรีตไม่เกิน ๑.๕ เมตร ถ้าตรวจพบการเยิ้มของคอนกรีตระหว่างการเทคอนกรีต ควรหยุดเทจนกว่าจะกำจัดน้ำที่เยิ้มออกมาบนผิวคอนกรีตให้หมดก่อนที่จะเทคอนกรีตทับชั้นบนต่อไป การเทคอนกรีตต่อเนื่องกันในองค์อาคารที่มีความสูง เช่น เสา หรือกำแพง ควรเทด้วยอัตราที่ไม่เร็วเกินไป โดยปกติอัตราการเทที่เหมาะสมจะอยู่ที่ประมาณ ๒ ถึง ๓ เมตร (ความสูง) ต่อชั่วโมง

การแยกตัวของคอนกรีตในขณะที่เทอาจทำให้เกิดรูพรุน (Honey-comb) ในคอนกรีตที่เทแล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่หินซึ่งแยกตัวจากมอร์ต้าร์จะรวมกันอุดตัวอยู่ในบริเวณเหล็กเสริมที่หนาแน่นและกีดขวางไม่ให้คอนกรีตผ่านเข้าไปเติมในบริเวณเหล่านั้นได้

การเทคอนกรีตอาจทำให้เหล็กเสริมหรือแบบเคลื่อนตัวได้ ดังนั้นเหล็กเสริมและแบบต้องมั่นคงเพียงพอ อย่างไรก็ตามในขณะเทคอนกรีตควรให้ช่างเหล็กและช่างแบบเตรียมพร้อมอยู่เสมอ หากจำเป็นต้องแก้ไขตำแหน่งของเหล็กเสริมและแบบที่เคลื่อนตัวเนื่องจากการเทคอนกรีตอย่างทันท่วงที

การบังคับให้คอนกรีตไหลไปในแนวราบเป็นระยะทางยาวๆ จะทำให้เกิดการแยกตัว ยกเว้นในกรณีของคอนกรีตไหลที่มีการออกแบบโดยควบคุมการแยกตัวที่ดี ดังนั้นไม่ควรใช้เครื่องเขย่าเพื่อทำให้คอนกรีตไหลไปเติมบริเวณข้างเคียง ควรระลึกอยู่เสมอว่าจุดประสงค์ของการใช้เครื่องเขย่า คือการทำให้คอนกรีตแน่นเท่านั้น ไม่ใช่เพื่อเป็นการทำให้คอนกรีตไหลไปในแนวราบ ถ้าพบว่าคอนกรีตที่เทไปแล้วมีการ

แยกตัวเกิดขึ้น แสดงว่าส่วนผสมของคอนกรีตไม่เหมาะสม จึงควรแก้ไขส่วนผสมของคอนกรีตทันทีที่ตรวจพบการแยกตัวก่อนที่จะทำการเทต่อไป

ควรเทคอนกรีตให้ต่อเนื่องให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยหลีกเลี่ยงการมีรอยต่อ ทั้งนี้เนื่องจากรอยต่อที่เกิดจากการเทไม่ต่อเนื่องจะเป็นบริเวณที่มีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตเดิมน้อยกว่าบริเวณที่เทได้อย่างต่อเนื่อง

การเทคอนกรีตโดยปล่อยให้ตกจากที่สูงมากเกินไปจะทำให้คอนกรีตบางส่วนค้างอยู่ตามเหล็กเสริมและข้างแบบในส่วนบน และเมื่อคอนกรีตเหล่านี้แข็งตัวในขณะที่ยังเทขึ้นมาไม่เต็มแบบ อาจจะเป็นอุปสรรคสำหรับการเทต่อไป เช่น กีดขวางการไหลของคอนกรีตที่เทขึ้นมาถึงระดับดังกล่าว หรือทำให้ได้ผิวหน้าของคอนกรีตไม่เรียบ อีกทั้งอาจเกิดการแยกตัวเนื่องจากหินในคอนกรีตกระทบกับเหล็กเสริมหรือข้างแบบแล้วกระเด็นไปในส่วนอื่นของแบบ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องกำหนดระยะตกอิสระของคอนกรีตเพื่อป้องกันการเสียหายดังกล่าว

การเทคอนกรีตในองค์อาคารที่มีความสูง เช่น เสาหรือกำแพง จะทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำในคอนกรีตมาก ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตด้านล่างจะต้องรับน้ำหนักของคอนกรีตที่อยู่ด้านบนมาก ทำให้น้ำเคลื่อนที่ขึ้นไปด้านบน น้ำที่เคลื่อนที่เหล่านี้จะทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) และมักจะสะสมตัวอยู่บริเวณด้านล่างของเหล็กเสริมและบริเวณด้านล่างของมวลรวม ทำให้แรงยึดหน่วงระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมและแรงยึดหน่วงระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมลดลง

๒.๒.๓ การทำให้แน่น

ในขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่นั้น จำเป็นต้องทำคอนกรีตให้แน่นโดยทั่วถึง โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้มือใช้เครื่องเขย่า หรือจะใช้เครื่องตบแต่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่แน่น มีการยึดหน่วงกับเหล็กเสริมดีและได้ผิวเรียบ โดยรอบๆ เหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต และตามมุมของแบบหล่อควรจะทำคอนกรีตให้แน่นเป็นพิเศษ อาจจะใช้ค้อนเคาะภายนอกของแบบหล่อด้านข้างเพื่อช่วยกระจายคอนกรีตไปแทรกทุกๆ มุมของแบบหล่อ แต่ไม่ควรจะทำมากเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวโดยน้ำและส่วนที่ละเอียดทั้งหลายจะเคลื่อนตัวขึ้นข้างบน น้ำที่ขึ้นมานี้มักจะรวมตัวอยู่ใต้เหล็กเสริมและใต้มวลรวมขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้แรงยึดหน่วงน้อยลง และกลายสภาพเป็นร่องขึ้นจนน้ำสามารถไหลผ่านคอนกรีตได้

(๑) การกระทุ้งด้วยมือ สำหรับคอนกรีตที่อยู่ในสภาพเทได้ ต้องใช้เครื่องมือกระทุ้งให้สุดความหนาของชั้นที่กำลังเท และควรกระทุ้งให้ถึงหรือเลยเข้าไปในชั้นคอนกรีตข้างใต้เป็นระยะประมาณ ๑๐ ซั่วโมง การใช้เกรียงตบตรงหน้าแบบหรือใกล้ๆ กับแบบตั้ง จะช่วยลดความขรุขระที่ผิว และลดรูช่องว่างที่เกิดจากฟองอากาศด้วย สำหรับการกระทุ้งคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้งด้วยมือ จะใช้เครื่องมือที่มีผิวหน้าเรียบๆ และหนักตบตรงผิวจนกระทั่งมอร์ต้าร์หรือซีเมนต์เพสต์ปรากฏเป็นแผ่นบางๆ ขึ้นที่ผิว ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงว่าช่องว่างในมวลรวมนั้นถูกซีเมนต์เพสท์แทรกเต็มหมดแล้ว

(๒) การเขย่าด้วยเครื่อง โดยทั่วไปการเขย่าด้วยเครื่องมีผลดีคือ สามารถใช้กับกรณีที่ไม่สามารถทำให้แน่นด้วยการกระทุ้งด้วยมือ ฉะนั้น การเขย่าด้วยเครื่องจะช่วยทำให้คอนกรีตที่มีค่าการยุบตัวต่ำสามารถอัดตัวแน่นได้ในแบบหล่อที่ลึกและแคบ หรือบริเวณที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นและมีระยะเรียงของเหล็กเสริมแคบมาก ในกรณีคอนกรีตที่มีส่วนผสมเหลวและมีค่าการยุบตัวสูงจำเป็นต้องกระทุ้งคอนกรีตให้แน่น

ด้วยมือ แต่ถ้ามวลรวมหยาบเกิดแยกตัวเนื่องจากการเทคอนกรีตผิดวิธี จะแก้ไขด้วยวิธีใช้การเขย่าด้วยเครื่องไม่ได้ โดยเครื่องเขย่าคอนกรีตแบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ ๑. เครื่องเขย่าภายในแบบหล่อ ๒. เครื่องเขย่าที่วางบนผิวคอนกรีต และ ๓. เครื่องเขย่าชนิดที่ตรึงติดกับแบบหล่อ

๑. เครื่องเขย่าภายในแบบหล่อ โดยทั่วไปหมายถึงเครื่องเขย่าแบบหัวจุ่ม ควรจะแหย่ลงไปในแนวดิ่งจนสุดความลึกของชั้นที่จะเท ไม่ควรลากหัวจุ่มผ่านคอนกรีตนั้นในแนวราบ ควรใช้วิธีแหย่หัวจุ่มลงไปและถอนขึ้นมาอย่างช้าๆ โดยเดินเครื่องอยู่ตลอดเวลาขณะที่กำลังถอนหัวจุ่มออกจากมวลคอนกรีต เพื่อจะได้ไม่มีรูช่องว่างเหลือค้างอยู่ในคอนกรีต ไม่ควรใช้เครื่องเขย่าเพื่อทำให้คอนกรีตไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เพราะจะทำให้เกิดการแยกตัวขึ้นโดยหินจะตกค้างอยู่ในบริเวณที่แหย่หัวจุ่มค่อนข้างนาน

๒. เครื่องเขย่าชนิดวางบนผิวคอนกรีต จะใช้ทำให้ชั้นที่กำลังเทแน่นตัวจนตลอดความหนาของชั้น แต่ถ้าทำให้แน่นตลอดชั้นไม่ได้ควรลดความหนาของชั้นลงมา หรือใช้เครื่องเขย่าที่มีกำลังสูงกว่า

๓. เครื่องเขย่าชนิดที่ตรึงติดแบบหล่อ จะใช้ได้ดีสำหรับการเขย่าคอนกรีตที่มีความหนาน้อย หรือที่ตำแหน่งซึ่งเครื่องเขย่าภายในเข้าไม่ถึงเท่านั้น

(๓) การขจัดรอยร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบพลาสติกและการทรุดตัวของคอนกรีต ถ้ามีรอยร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบพลาสติกและรอยร้าวเนื่องจากการทรุดตัวของคอนกรีตเกิดขึ้น ควรทำให้คอนกรีตแน่นทันทีโดยการใช้เกรียงปาดหรือตบที่ผิวเพื่อขจัดรอยร้าวดังกล่าว

ข้อแนะนำ ถ้าพื้นหรือคานคอนกรีตมีการต่อเชื่อมกับผนังหรือเสา เพื่อป้องกันการเกิดรอยร้าวเนื่องจากการทรุดตัว คอนกรีตของพื้นหรือคานควรจะเทหลังจากการทรุดตัวของคอนกรีตของผนังและเสาสิ้นสุดแล้ว นอกจากนี้ วิธีการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงสร้างที่มีส่วนยื่น

๒.๒.๔ การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีต

เพื่อที่จะให้ได้ผิวหน้าของคอนกรีตที่สวยงามและเป็นเนื้อเดียวกัน ควรเทคอนกรีตให้ต่อเนื่องกันด้วยคอนกรีตที่มีส่วนผสมเหมือนกัน ใช้วัสดุผสมคอนกรีตประเภทเดียวกันและใช้วิธีการเทคอนกรีตแบบเดียวกัน

การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่ไม่ได้มีการใช้แบบหล่อ

โดยปกติผิวหน้าคอนกรีตที่ไม่ได้มีการใช้แบบหล่อจะหมายถึงผิวหน้าของคอนกรีตในแนวราบ

(๑) หลังจากทำให้คอนกรีตแน่นและปาดผิวหน้าคอนกรีต เพื่อให้ได้ระดับและรูปร่างที่ต้องการแล้ว ควรรอให้น้ำที่เยิ้มออกจากคอนกรีตระเหยหรือถูกกำจัดหมดก่อนที่จะตกแต่งผิวหน้าคอนกรีต แต่ไม่ควรตกแต่งผิวมากหรือนานเกินไป

(๒) รอยแตกที่เกิดบนผิวที่ตกแต่งไปแล้ว สามารถจะกำจัดได้โดยการทำให้แน่นหรือตกแต่งอีกครั้งก่อนคอนกรีตเริ่มก่อตัว

(๓) ในกรณีที่ต้องการผิวหน้าคอนกรีตที่เรียบและแน่น สามารถทำได้โดยกดเกรียงลงบนผิวหน้าคอนกรีตที่ต้องการตกแต่งให้ทั่ว

(๔) ควรหลีกเลี่ยงงานตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตในขณะที่ฝนตก

การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่มีการใช้แบบหล่อ

(๑) โครงสร้างหรือองค์อาคารที่เป็นคอนกรีตเปลือย จะต้องมีการควบคุมการคอนกรีตและการทำให้คอนกรีตแน่น เพื่อให้ได้ผิวหน้าที่มีมอร์ต้าร์ปกคลุมจนทั่ว

(๒) รอยสันหรือนูนบนผิวคอนกรีตควรได้รับการกำจัดเพื่อให้ได้ผิวหน้าคอนกรีตที่เรียบ ส่วนรูพรุนหรือรอยแตกควรทำการซ่อมแซมด้วยมอร์ต้าร์หรือคอนกรีตที่มีส่วนผสมที่เหมาะสม โดยการสกัดคอนกรีตส่วนที่ไม่แข็งแรงออก พรมน้ำให้เปียกแล้วจึงซ่อมด้วยมอร์ต้าร์หรือคอนกรีตที่เตรียมไว้

(๓) ในกรณีที่เกิดรอยแตกร้าวอย่างรุนแรงเนื่องจากการหดตัว หรือจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ต้องทำการซ่อมแซมโดยวิธีที่เหมาะสม

ข้อแนะนำ

(๑) โดยปกติหลังจากแกะแบบหล่อแล้ว ผิวหน้าของคอนกรีตที่ดีควรจะเป็นผิวหน้าที่เคลือบคลุมไปด้วยมอร์ต้าร์ โดยไม่เห็นเม็ดหินหรือทรายอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ยกเว้นในกรณีพิเศษที่ผิวหน้าถูกออกแบบให้เห็นเม็ดทรายหรือหิน

(๒) การตกแต่งผิวเป็นพิเศษบางอย่าง เช่น การใช้แปรง การขัด การถู หรือการฉาบด้วยพลาสเตอร์ อาจทำได้เมื่อถอดแบบแล้ว และคอนกรีตมีกำลังบ้างพอสมควร แต่สำหรับการทำหินขัดการสกัดโดยใช้ฆ้อนหรือใช้ทรายพ่นผิว จะทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตแข็งตัวโดยตลอดเสียก่อน การอุดรูพรุนและฟองอากาศอาจทำได้โดยที่ทำให้ผิวคอนกรีตเปียกโดยทั่วกันก่อนแล้วให้ใช้ส่วนผสมปูนซีเมนต์ ๑ ส่วน ต่อทรายละเอียด ๒.๕ ส่วน ถูให้ทั่วๆ ด้วยอุปกรณ์แต่งผิว

(๓) รอยแตกบางชนิดมีผลเสียต่อการรับแรงขององค์อาคาร ดังนั้น การซ่อมรอยแตกต่างๆ ต้องคำนึงถึงความจำเป็นและวิธีการที่เหมาะสมด้วย การซ่อมบริเวณที่ชำรุดควรกระทำโดยที่ไม่ขัดขวางการบ่มคอนกรีต

๒.๒.๕ การบ่มคอนกรีต

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเท และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังอัดตามต้องการ หลักการทั่วไปของการบ่มที่ดีจะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลม ไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไป ไม่ให้สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตและไม่ถูกชะล้างโดยน้ำฝนหลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ๆ เป็นต้น

การบ่มเปียก

ในกรณีทั่วไปคอนกรีตต้องได้รับการป้องกันจากการสูญเสียความชื้นจากแสงแดดและลม หลังจากเสร็จสิ้นการเทจนกระทั่งคอนกรีตเริ่มแข็งแรง และหลังจากคอนกรีตเริ่มแข็งแรงแล้ว ผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังต้องคงความเปียกชื้นอยู่ ซึ่งอาจทำได้โดยการปกคลุมด้วยกระสอบเปียกน้ำ ผ้าเปียกน้ำ หรือฉีดน้ำให้ชุ่ม เป็นต้น

ข้อแนะนำ

คอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มอย่างถูกต้องจะไม่มีการพัฒนากำลังเท่าที่ควรเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นต้องการน้ำ นอกจากนั้น การสูญเสียความชื้นจากผิวหน้าของคอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มจะทำให้เกิดการแตกร้าวด้วย กรณีใช้กระสอบหรือผ้าในการบ่มคอนกรีต กระสอบหรือผ้าที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่มีความหนาพอสมควรเพื่อไม่ให้แห้งเร็วเกินไป และต้องรดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่ตลอดเวลาการบ่ม

ข้อควรระวังสำหรับการบ่ม

สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเพื่อไม่ให้คอนกรีตได้รับความเสียหายในขณะที่บ่มอยู่มีดังต่อไปนี้ การสั่นสะเทือน การกระแทก การรับน้ำหนักมากเกินไป การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมากในเวลาสั้นๆ เป็นต้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอายุต้นๆ ของคอนกรีต

๒.๒.๕ การถอดแบบหล่อและค้ำยัน

(๑) จะถอดแบบหล่อและค้ำยันออกได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดเพียงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักของคอนกรีตและน้ำหนักอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างต่อไป

(๒) ขั้นตอนและระยะเวลาในการถอดแบบและค้ำยัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ส่วนผสมของคอนกรีต ความสำคัญของโครงสร้าง ชนิดและขนาดของโครงสร้าง น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง อุณหภูมิ และอื่น ๆ

(๓) กรณีโครงสร้างทั่วไปซึ่งมิได้มีข้อกำหนดระบุไว้ สามารถถอดแบบหล่อและค้ำยันโดยมีค่ากำลังอัดของคอนกรีตขั้นต่ำดังแสดงในตารางที่ ๑

(๔) กรณีโครงสร้างทั่วไปซึ่งมิได้มีข้อระบุไว้ และไม่มีผลทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ให้ใช้ระยะเวลาถอดแบบและค้ำยันเร็วที่สุดดังตารางที่ ๒

ตารางที่ ๑ กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีตสำหรับการถอดแบบหล่อและค้ำยันของโครงสร้างทั่วไป

ชนิดแบบหล่อของโครงสร้าง	กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)
แบบหล่อด้านข้างของ เสา คาน กำแพงและฐานราก	๕๐
แบบหล่อท้องพื้นและคาน	๑๔๐

ตารางที่ ๒ อายุขั้นต่ำของคอนกรีตสำหรับการถอดแบบหล่อและค้ำยันของโครงสร้างทั่วไป

ชนิดแบบหล่อของโครงสร้าง	อายุขั้นต่ำของคอนกรีต (วัน)
แบบหล่อด้านข้าง เสา คาน กำแพงและฐานราก	๒
แบบหล่อท้องพื้น	๑๔
แบบหล่อท้องคาน	๒๑

ข้อแนะนำ

(๑) ขั้นตอนและลำดับการถอดแบบหล่อและค้ำยัน ควรคำนึงว่าโครงสร้างซึ่งมีค้ำยันค้างอยู่บางส่วนจะสามารถรับแรงหรือโมเมนต์ที่จะเกิดขึ้นได้โดยไม่แตกร้าว

(๒) การกองวัสดุบนโครงสร้างคอนกรีต หลังจากการถอดค้ำยันแล้ว ต้องตรวจสอบว่าไม่เป็นอันตรายต่อโครงสร้าง เนื่องจากโครงสร้างขณะนั้นอาจจะยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ อาจจะต้องเคลื่อนย้ายวัสดุที่กองไว้บนโครงสร้างตั้งแต่ก่อนการถอดค้ำยันออกไป หากตรวจพบว่าอาจเกิดอันตรายต่อโครงสร้างเมื่อถอดค้ำยันออก

๒.๓ ทฤษฎีการเกิดฟ้าผ่า

ภัยธรรมชาติที่มักเกิดในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน นั่นคือฟ้าผ่า เป็นการปลดปล่อยประจุไฟฟ้าในอากาศ ซึ่งอาจเกิดร่วมกับปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น ฝนฟ้าคะนอง พายุฝุ่น และภูเขาไฟระเบิด อย่างไรก็ดี ฟ้าผ่าที่เกี่ยวข้องกับคนส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยประจุไฟฟ้าออกจากเมฆฝนฟ้าคะนอง (Thundercloud) หรือที่นักอุตุนิยมวิทยาเรียกว่า เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus)

เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) เป็นเมฆฝนฟ้าคะนองมีลักษณะเป็นก้อนขนาดใหญ่มหึมา บริเวณฐานเมฆ (ขอบล่าง) สูงจากพื้นราว ๒ กิโลเมตร และส่วนยอดเมฆ (ขอบบน) อาจสูงถึง ๒๐ กิโลเมตร ภายในก้อนเมฆมีการไหลเวียนของกระแสอากาศอย่างรวดเร็วและรุนแรง ทำให้หยดน้ำและก้อนน้ำแข็งในเมฆเสียดสีกันจนเกิดประจุไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่าประจุบวกมักจะออกันอยู่บริเวณยอดเมฆ ส่วนประจุลบอยู่บริเวณฐานเมฆ ทั้งนี้ ประจุลบที่ฐานเมฆอาจจะเหนี่ยวนำให้พื้นผิวของโลกที่อยู่ “ใต้เงา” ของมันมีประจุบวก

ภาพที่ ๒.๓.๑ แผนภาพแสดงการกระจายของประจุภายในเมฆฝนฟ้าคะนอง

เมื่อยึดหลักการที่ว่า ฟ้าผ่าจะเชื่อมโยงบริเวณ ๒ แห่งที่มีประจุต่างกัน จะพบว่าฟ้าผ่ามีอย่างน้อย ๔ แบบหลัก ได้แก่

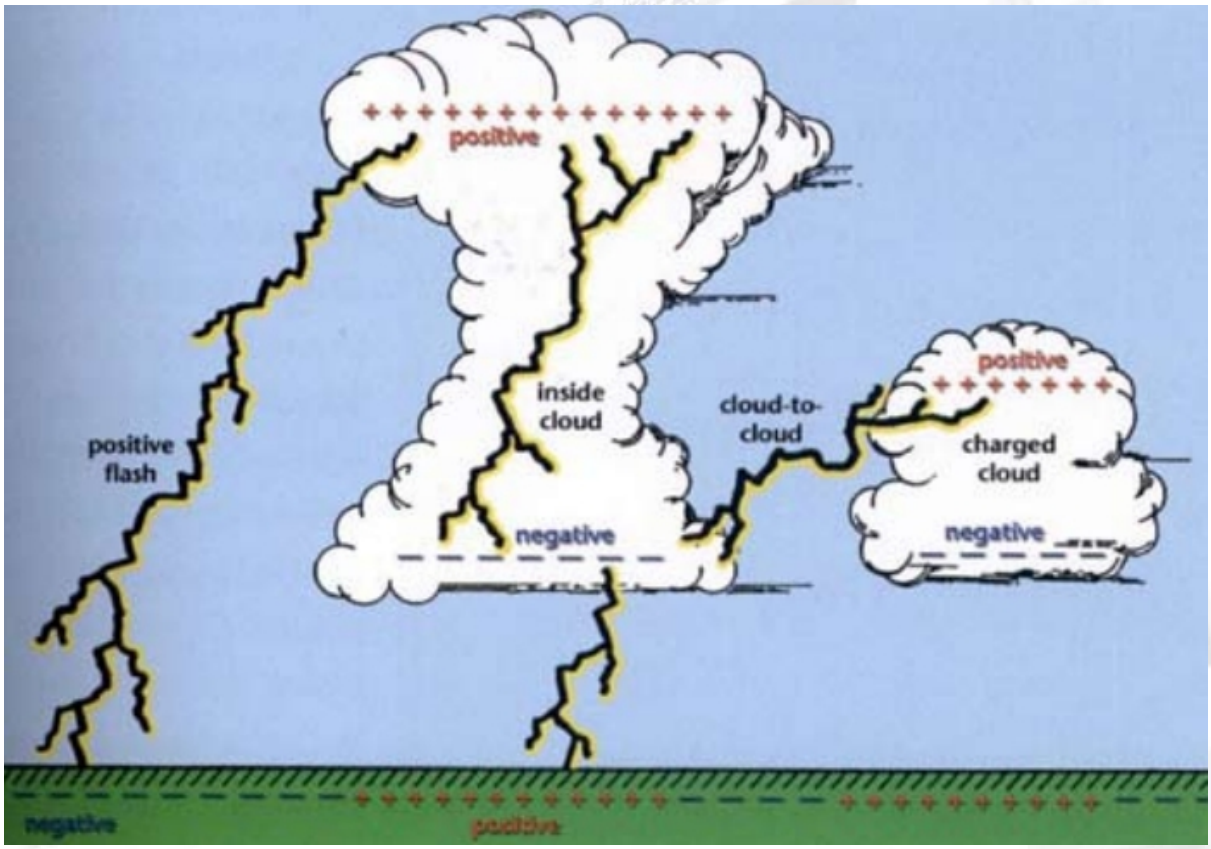
(๑) ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ ซึ่งเชื่อมต่อประจุลบด้านล่างกับประจุบวกด้านบนเข้าด้วยกัน ฟ้าผ่าลักษณะนี้จะเกิดขึ้นมากที่สุด

(๒) ฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังเมฆอีกก้อนหนึ่ง เช่น จากประจุลบในเมฆก้อนหนึ่งไปยังประจุบวกในเมฆอีกก้อนหนึ่ง

(๓) ฟ้าผ่าจากฐานเมฆลงสู่พื้น เป็นการปลดปล่อยประจุลบออกจากก้อนเมฆ จึงเรียกว่าฟ้าผ่าแบบลบ (Negative lightning)

(๔) ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น เป็นการปลดปล่อยประจุบวกออกจากก้อนเมฆ จึงเรียกว่าฟ้าผ่าแบบบวก (Positive lightning)

ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ (แบบที่ ๑) และฟ้าผ่าระหว่างก้อนเมฆ (แบบที่ ๒) นั้นทำให้เมฆเปล่งแสงกระพริบที่คนไทยเราเรียกว่า “ฟ้าแลบ” นั่นเอง ส่วนฟ้าผ่าที่เป็นอันตรายต่อคน สัตว์ และสิ่งของต่างๆ ที่อยู่บนพื้น ได้แก่ ฟ้าผ่าแบบลบ (แบบที่ ๓) และฟ้าผ่าแบบบวก (แบบที่ ๔)



ภาพที่ ๒.๓.๒ แผนภาพแสดงฟ้าผ่า ๔ แบบหลัก

๒.๓.๑ ระยะที่ฟ้าผ่าสามารถทำอันตรายได้

ฟ้าผ่าแบบลบ (Negative lightning) จะผ่าลงบริเวณ “ใต้เงา” ของเมฆฝนฟ้าคะนองเป็นหลัก เพราะพื้นที่ดังกล่าวถูกเหนี่ยวนำให้มีสภาพเป็นประจุบวก (ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ ๒.๓.๒)

สำหรับฟ้าผ่าแบบบวก (Positive lightning) สามารถผ่าได้ไกลออกไปจากก้อนเมฆได้ถึง ๔๐ กิโลเมตร นั่นคือ แม้ท้องฟ้าเหนือศีรษะของเราจะดูปลอดโปร่ง แต่เราก็อาจจะถูกฟ้าผ่าแบบบวกได้

๒.๓.๒ ลำดับขั้นตอนการเกิดฟ้าผ่า

แม้ว่าสายตาของเราจะเห็นสายฟ้าเพียงแว่บเดียวระดับเสี้ยววินาที แต่จากการศึกษาโดยใช้กล้องความเร็วสูงจับภาพ ประกอบกับความรู้ทางฟิสิกส์ ทำให้ทราบว่า การเกิดฟ้าผ่ามีขั้นตอนค่อนข้างสลับซับซ้อน โดยความต่างศักย์ระหว่างฐานเมฆกับพื้นดินจะต้องสูงกว่า ๙,๐๐๐ โวลต์ต่อเมตร จึงจะเอาชนะความต้านทานไฟฟ้าของอากาศได้ ขั้นตอนการเกิดฟ้าผ่ามี ๕ ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(๑) อิเล็กตรอน (ซึ่งมีประจุลบ) กลุ่มแรกเคลื่อนที่ออกจากบริเวณฐานเมฆลงมา เรียกว่า กระแสนำกรุยทาง (Pilot leader) ตามมาด้วยอิเล็กตรอนอื่นๆ ที่เคลื่อนที่ลงมาในลักษณะซิกแซ็กและแตกแขนงเป็นขั้นๆ เรียกว่า กระแสนำแบบขั้น (Stepped leader)

กระแสนำแบบขั้นแต่ละขั้นยาวประมาณ ๕๐ เมตร และจะคงอยู่นานประมาณ ๑ ไมโครวินาที ระหว่างกระแสแต่ละขั้นจะมีช่วงหยุดสั้นๆ ประมาณ ๕๐ ไมโครวินาที โดยกระแสจะเลือกทิศทางใหม่ที่จะพุ่งออกไป ลักษณะแบบนี้จึงทำให้สายฟ้ามีลักษณะซิกแซ็ก

(๒) เมื่อกระแสนำแบบขั้นลงมาใกล้พื้น จะดึงดูดให้ประจุบวกบนพื้นไหลขึ้นมาใกล้ๆ โดยในที่นี้ประจุบวกไหลจะขึ้นมาตามต้นไม้และหลังคาบ้าน กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากประจุบวกนี้เรียกว่า กระแสสตรีมเมอร์ (Steamer)

(๓) เมื่อกระแสนำแบบขั้น (ประจุลบ) และกระแสสตรีมเมอร์ (ประจุบวก) เคลื่อนที่มาพบกัน (ที่ความสูงจากพื้นดินในช่วง ๓๐-๑๐๐ เมตร) จะทำให้ประจุลบเคลื่อนที่ลงไป ในขณะเดียวกันประจุบวกจะเริ่มไหลจากพื้นดินสวนขึ้นไปตามช่องทางที่ประจุลบเคลื่อนที่ลงมาก่อนหน้านี้แล้ว

(๔) กระแสไฟฟ้าประจุบวกไหลขึ้นนี้เรียกว่า กระแสโต้กลับ (Return stoke) ประจุบวกในกระแสโต้กลับนี้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงมากถึง ๙๖,๐๐๐ กิโลเมตร/วินาที (ประมาณ ๑/๓ ของอัตราเร็วแสงในสุญญากาศ) (แสงสว่างของสายฟ้าที่เราเห็นขณะเกิดฟ้าผ่าเกิดจากกระแสโต้กลับ)

(๕) หากภายในก้อนเมฆยังมีประจุลบเหลืออยู่ ก็เป็นไปได้ว่า ประจุเหล่านี้จะถ่ายเทลงมาอีกแต่คราวนี้จะเรียกว่า กระแสนำฉับพลัน (Dart leader) เพราะจะไหลลงมาตามช่องทางเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว (ไม่ซิกแซ็กแตกแขนงเหมือนกระแสนำแบบขั้น) เมื่อกระแสนำฉับหลันลงมาใกล้พื้น จะเหนี่ยวนำกระแสสตรีมเมอร์ชุดใหม่จากพื้นอีกครั้ง กระบวนการถ่ายเทประจุตามเส้นทางของสายฟ้าในเส้นแรกนี้อาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งภายในเวลาไม่ถึงครึ่งวินาที ทำให้สายฟ้าดูเหมือนกระพริบ

ภาพที่ ๒.๓.๓ ภาพแสดงขั้นตอนการเกิดฟ้าผ่า

๒.๔ ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System)

ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System) เป็นระบบทางวิศวกรรมที่มีความสำคัญช่วยลดความเสียหายจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่าที่อาจเกิดกับโครงสร้างของอาคาร ชีวิต และทรัพย์สินที่อยู่ภายในอาคารนั้น หากไม่ได้มีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ครอบคลุมหรือมีการติดตั้งที่ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานหรือขาดการตรวจสอบบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ อาจทำให้อาคารนั้นมีความเสี่ยงหรือได้รับความเสียหายจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ซึ่งในปัจจุบันสามารถแบ่งตามรูปแบบการติดตั้งออกเป็น ๒ แบบ ดังนี้

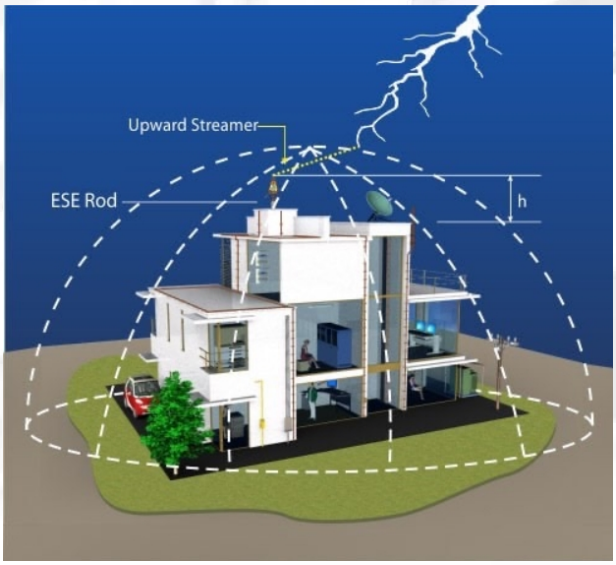
๒.๔.๑ ระบบสายล่อฟ้าแบบ Early Streamer Emission (ESE)

หลักการทำงานของระบบสายล่อฟ้าแบบ ESE หรือหัวล่อฟ้าแบบ ESE คือ เมื่อมีลำประจุเริ่มจากก้อนเมฆลงมาทำให้สนามแม่เหล็กมีค่าสูงขึ้น ทำให้หัวล่อฟ้าแบบ ESE ปล่อยประจุออกมาและสร้างลำประจุอย่างรวดเร็ว ทำให้ฟ้าผ่าลงมาที่หัวล่อฟ้าแบบ ESE แทนการลงที่จุดอื่นซึ่งไม่มีประจุล่อ โดยหัวล่อฟ้าดังกล่าวถูกออกแบบและออกมาตรฐานโดยประเทศฝรั่งเศส ระบบสายล่อฟ้า ESE จำนวน ๑ หัว สามารถป้องกันเป็นรัศมีวงกล้างตามแต่สเปคของแต่ละรุ่นหรือแต่ละยี่ห้อ หากพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าเป็นบริเวณกว้าง ระบบสายล่อฟ้าดังกล่าวสามารถลดต้นทุนในเรื่องของสายทองแดงและแท่งกราวด์ได้

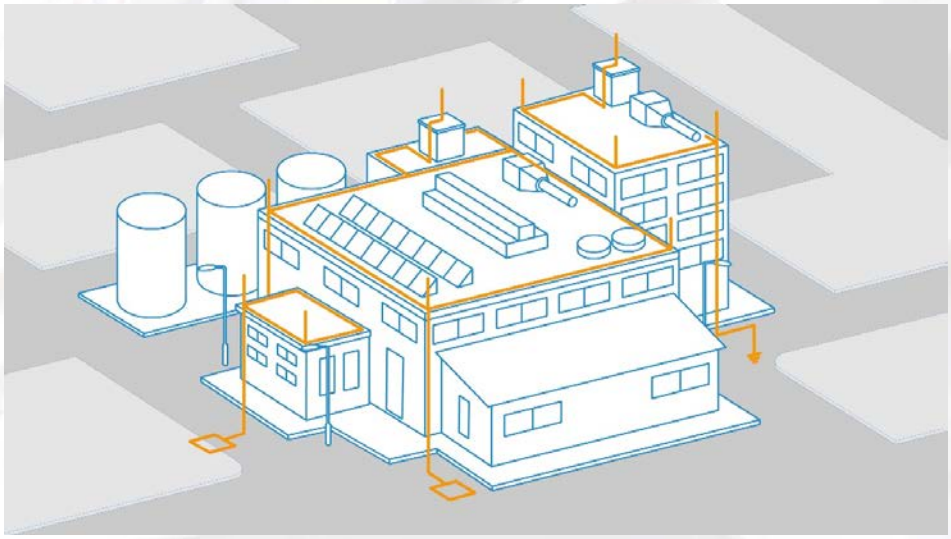
แต่อย่างไรก็ตาม ระบบสายล่อฟ้าแบบ ESE ไม่เป็นที่ยอมรับจากมาตรฐานสากลทั่วไป เช่น IEC NFPA หรือ NASA เนื่องจากระบบสายล่อฟ้าแบบ ESE เป็นการป้องกันแบบ Non-conventional แต่มาตรฐานสากลเป็นการป้องกันแบบ Conventional

๒.๔.๒ ระบบสายล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์ (Faraday Cage)

หลักการทำงานของระบบสายล่อฟ้อแบบกรงฟาราเดย์ คือ มีแท่งแฟรงกลิน (Franklin – rod) เป็นตัวล่อ โดยมีการต่อแท่งแฟรงกลินเชื่อมกันด้วยสายทองแดงเป็นลักษณะตาราง โดยแท่งแฟรงกลินแต่ละแท่งจะห่างกันไม่เกิน ๒๕-๕๐ เมตร ทำให้การติดตั้งระบบสายล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์จะใช้สายทองแดง แท่งแฟรงกลิน และแท่งกราวด์เป็นจำนวนมาก

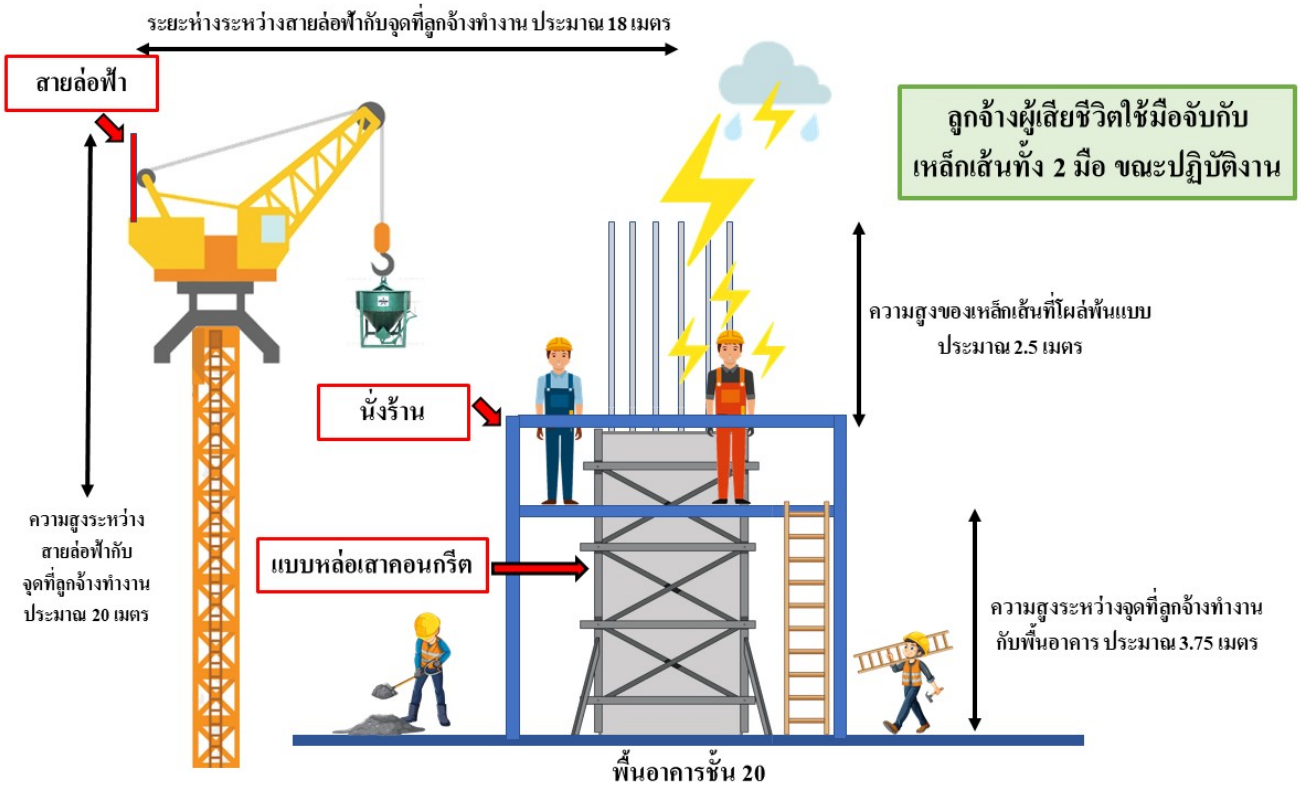


ภาพที่ ๒.๔.๑ ภาพจำลองระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบ ESE และหัวล่อฟ้าแบบ ESE



ภาพที่ ๒.๔.๒ ภาพจำลองระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบกรงฟาราเดย์และแท่งแฟรงกลิน

๒.๕ ภาพจำลองเหตุการณ์ในวันที่เกิดเหตุ



ภาพที่ ๒.๕.๑ ภาพจำลองเหตุการณ์ในวันที่เกิดเหตุ

๒.๖ รายละเอียด/ลำดับเหตุการณ์

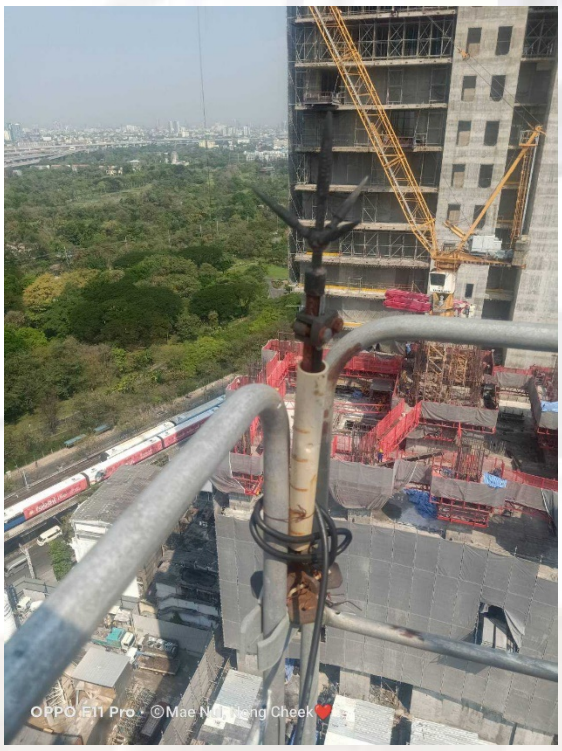
เมื่อวันที่ ๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖ เวลาประมาณ ๑๕.๓๐ น. ลูกจ้างของบริษัท ฉ จำกัด (บริษัทผู้รับเหมาช่วง) ชื่อนาย อ สัญชาติเมียนมา ตำแหน่งช่างไม้แบบ ถูกฟ้าผ่าขณะปฏิบัติงานเทคอนกรีตเสาอาคารบนชั้นที่ ๒๐ (บริเวณจุดสูงสุดของอาคาร ณ ขณะนั้น และที่ปฏิบัติงานเป็นที่เปิดโล่ง) และเสียชีวิตในเวลาต่อมา โดยก่อนหน้านี้เวลาประมาณ ๑๔.๐๐ น. มีฝนตกลงมา ผู้ควบคุมงาน นาย น ตำแหน่งวิศวกรสนามของบริษัท ส จำกัด ได้สั่งให้หยุดการปฏิบัติงานเทคอนกรีตเสาอาคารด้านบนอาคาร และมาปฏิบัติงานในร่มแทน เนื่องจากมีสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (จากคำให้การของ รปภ. และเพื่อนร่วมงานแจ้งว่าลูกจ้างปฏิบัติงานในขณะที่ฝนตกและเกิดฟ้าผ่าดังกล่าว) และฝนได้หยุดตกในเวลาประมาณ ๑๕.๓๐ น. วิศวกรสนามจึงได้สั่งให้ลูกจ้างขึ้นไปปฏิบัติงานเทคอนกรีตเสาอาคารต่อ โดยมีลูกจ้างของบริษัท ฉ จำกัด ปฏิบัติงานอยู่ประมาณ ๔ คน แบ่งเป็นปฏิบัติงานบนนั่งร้าน บริเวณปากไม้แบบ (สูงจากพื้นอาคารชั้น ๒๐ ประมาณ ๓.๗๕ เมตร) จำนวน ๒ คน และปฏิบัติงานบนพื้นอาคารชั้น ๒๐ จำนวน ๒ คน เมื่อเทคอนกรีตไปได้ประมาณ ๕ นาที เกิดฟ้าผ่าลงมาส่งผลให้ลูกจ้างผู้เสียชีวิตที่ปฏิบัติงานอยู่บนนั่งร้านได้รับบาดเจ็บ หลังจากเกิดเหตุลูกจ้างยังคงมีสติสามารถพูดโต้ตอบได้ แต่หัวหน้างานทำการประเมินสภาพร่างกายแล้วเห็นว่าไม่สมบูรณ์ จึงช่วยเหลือนำลูกจ้างลงมาที่ชั้น ๑ จากนั้นลูกจ้างเกิดหัวใจหยุดเต้น จึงได้ทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นด้วยวิธี CPR และลูกจ้างเสียชีวิตในเวลาต่อมา โดยสาเหตุการเสียชีวิตเกิดจาก ถูกกระแสไฟฟ้าจากฟ้าผ่า ร่วมกับสมองฟกช้ำกะโหลกแตก จากคำให้การของเพื่อนร่วมงานกล่าวว่า ลูกจ้างผู้เสียชีวิตได้ใช้มือทั้งสองข้างจับเหล็กเส้นที่ใช้ในการเสริมความ

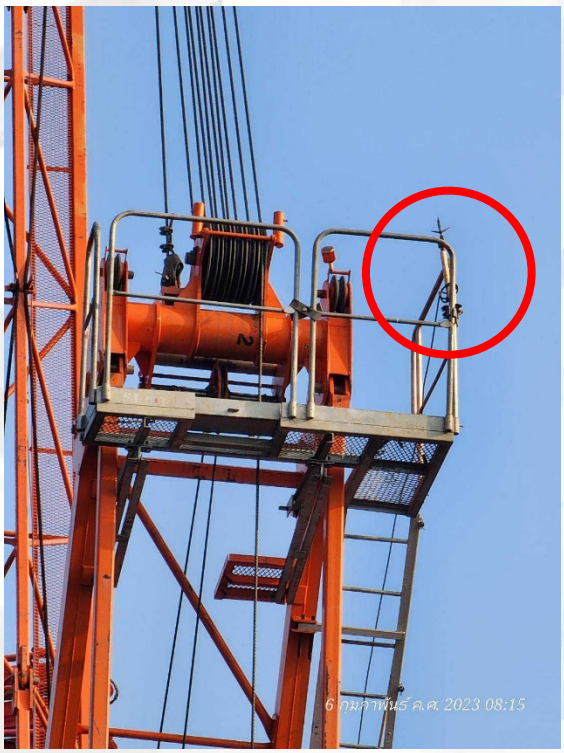
แข็งแรงของเสาคอนกรีตไว้ (เหล็กเส้นดังกล่าว มีความสูงขึ้นไปอีกประมาณ ๒ เมตร จากจุดที่ลูกจ้างยืนปฏิบัติงาน) ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดเหตุฟ้าผ่าลงมาที่เหล็กเส้น และกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตัวลูกจ้างได้ ซึ่งเพื่อนร่วมงานที่ยืนปฏิบัติงานอยู่ใกล้เคียงกันไม่ได้รับบาดเจ็บใดๆ เนื่องจากขณะนั้นไม่มีส่วนใดของร่างกายสัมผัสกับเหล็กเส้นดังกล่าว ทั้งนี้ บริษัทมีการติดตั้งสายล่อฟ้าบนปั้นจั่นหอสูง (Tower Crane) สำหรับยกถังเทคอนกรีต (Concrete Bucket) ขึ้นไปเทบนแบบหล่อ โดยระยะห่างจากสายล่อฟ้าจนถึงจุดที่ลูกจ้างยืนปฏิบัติงาน ประมาณ ๑๘ เมตร และสายล่อฟ้าอยู่สูงจากจุดที่ลูกจ้างยืนปฏิบัติงาน ประมาณ ๒๐ เมตร

๒.๗ ภาพบริเวณพื้นที่เกิดเหตุ

ภาพที่ ๒.๗.๑ ภาพบริเวณพื้นที่เกิดเหตุ

ภาพที่ ๒.๗.๒ ภาพการตั้งนั่งร้านเพื่อเทคอนกรีตเสาอาคาร





ภาพที่ ๒.๗.๓ ลักษณะการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าบนปั้นจั่นหอสูง

ภาพที่ ๒.๗.๔ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่า

๓. รายละเอียดการประสบอันตรายหรือความสูญเสียหรือหยุดการผลิตจากอุบัติเหตุ

จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวน ๑ คน

จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวน - คน

จำนวนผู้ทุพพลภาพ จำนวน - คน

ค่าทำศพ ค่าชดเชย และเงินประกันชีวิต จำนวน - บาท

การสูญเสียทรัพย์สินหรืออาคารสถานที่/เครื่องจักรอุปกรณ์ -

๔. การวิเคราะห์ปัจจัย/สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

๔.๑ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม /สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

๔.๑.๑ มีการปฏิบัติงานเทคอนกรีตเสาอาคารบนชั้นที่ ๒๐ ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง และอยู่สูงกว่าการทำงานปกติทั่วไป และในขณะปฏิบัติงานดังกล่าว ฝนอาจกำลังตกอยู่หรือฝนหยุดตกแล้ว แต่ยังถือว่าเป็นช่วงที่อาจเกิดฟ้าผ่าได้ตลอดเวลา แม้ว่าฝนจะหยุดตกแล้วก็ตาม ซึ่งในกรณีนี้ ลูกจ้างอาจปฏิบัติงานในขณะที่ฝนกำลังตกหรือช่วงฝนหยุดตกใหม่ๆ ซึ่งมีความเสี่ยงอันตรายจากฟ้าผ่าเช่นเดียวกัน

๔.๑.๒ การทำงานขณะฝนตก หรือหลังจากฝนหยุดตก จะทำให้พื้นที่การทำงานหรือวัสดุอุปกรณ์มีความเปียกชื้น ซึ่งทำให้มีความสามารถในการนำไฟฟ้ามากขึ้น ลูกจ้างผู้ปฏิบัติงานจึงมีความเสี่ยงจากการถูกไฟฟ้าดูดหรือถูกฟ้าผ่าได้มากยิ่งขึ้น

๔.๑.๓ ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ติดตั้งกับปั้นจั่นหอสูงอาจยังไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันฟ้าผ่าเพียงพอ เนื่องจากไม่มีเอกสารรับรองการติดตั้งโดยวิศวกร

๔.๓ ปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยฯ

๔.๓.๑ ไม่มีข้อบังคับหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยในการทำงานในที่สูง ซึ่งอย่างน้อยต้องประกอบด้วย การระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน การวางแผนการปฏิบัติงาน และการป้องกันและควบคุมอันตราย โดยต้องมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับอันตรายและการป้องกันและควบคุมอันตรายที่เกิดจากภัยธรรมชาติรวมอยู่ด้วย รวมทั้งต้องอบรมหรือชี้แจงให้ลูกจ้างรับทราบก่อนเริ่มปฏิบัติงานและควบคุมดูแลให้ลูกจ้างปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

๔.๓.๒ ไม่มีการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน โดยการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานเพื่อชี้บ่งอันตราย และจัดทำแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งรวมถึงการประเมินความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ ทั้งก่อนเกิดเหตุ ขณะเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ จนถึงช่วงเวลาที่ปลอดภัย

๕. ข้อเสนอแนะหรือมาตรการสำหรับการแก้ไขป้องกัน

จากสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้ ในเบื้องต้นสามารถกำหนดมาตรการ แนวทางในการป้องกันและควบคุมอันตรายได้ ดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะหรือมาตรการแก้ไขป้องกันที่เหมาะสม

มาตรการควบคุมด้านวิศวกรรม (Engineering controls)

ต้องติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association: NFPA) หรือมาตรฐานคณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์ (International Electronical Commission: IEC) หรือมาตรฐานอื่นตามที่อธิบดีประกาศกำหนด ไว้บริเวณที่สามารถใช้งานระบบป้องกันฟ้าผ่าดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้วิศวกรเป็นผู้ออกแบบและรับรองการติดตั้ง

มาตรการควบคุมด้านการบริหารจัดการ (Administrative control)

๑. จัดให้มีข้อบังคับและขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยในการทำงานในที่สูง ซึ่งอย่างน้อยต้องประกอบด้วย การระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน การวางแผนการปฏิบัติงาน และการป้องกันและควบคุมอันตราย โดยต้องมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับอันตรายและการป้องกันและควบคุมอันตรายที่เกิดจากภัยธรรมชาติรวมอยู่ด้วย รวมทั้งต้องอบรมหรือชี้แจงให้ลูกจ้างรับทราบก่อนเริ่มปฏิบัติงานและควบคุมดูแลให้ลูกจ้างปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

๒. จัดให้มีการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน โดยการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานเพื่อชี้บ่งอันตราย และจัดทำแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งรวมถึงการประเมินความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ ทั้งก่อนเกิดเหตุ ขณะเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ จนถึงช่วงเวลาที่ปลอดภัย

๖. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ

๖.๑ พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔

ฯลฯ

มาตรา ๖ ให้นายจ้างมีหน้าที่จัดและดูแลสถานประกอบกิจการและลูกจ้างให้มีสภาพการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนการปฏิบัติงานของลูกจ้างมิให้ลูกจ้างได้รับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ และสุขภาพอันตราย

ให้ลูกจ้างมีหน้าที่ให้ความร่วมมือกับนายจ้างในการดำเนินการและส่งเสริมด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ

ฯลฯ

มาตรา ๘ ให้นายจ้างบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง

การกำหนดมาตรฐานตามวรรคหนึ่ง ให้นายจ้างจัดทำเอกสารหรือรายงานใด โดยมีการตรวจสอบหรือรับรองโดยบุคคล หรือนิติบุคคลตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ให้ลูกจ้างมีหน้าที่ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานตามมาตรฐานที่กำหนดในวรรคหนึ่ง

ฯลฯ

มาตรา ๑๔ ในกรณีที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในสภาพการทำงานหรือสภาพแวดล้อมในการทำงานที่อาจทำให้ลูกจ้างได้รับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ หรือสุขภาพอนามัย ให้นายจ้างแจ้งให้ลูกจ้างทราบถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานและแจกคู่มือปฏิบัติงานให้ลูกจ้างทุกคนก่อนที่ลูกจ้างจะเข้าทำงาน เปลี่ยนงาน หรือเปลี่ยนสถานที่ทำงาน

ฯลฯ

๖.๒ พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔ มาตรา ๘ วรรคหนึ่ง ประกอบกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง และที่ลาดชันจากวัสดุกระเด็น ตกหล่น และพังทลาย และจากการตกลงไปในภาชนะเก็บหรือรองรับวัสดุ พ.ศ. ๒๕๖๔

ฯลฯ

ข้อ ๒ นายจ้างต้องจัดให้มีข้อบังคับและขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยในการทำงานในที่สูง ที่ลาดชัน ที่อาจมีการกระเด็น หรือพังทลายของวัสดุสิ่งของ และที่อาจทำให้ลูกจ้างพลัดตกลงไปในภาชนะเก็บหรือรองรับวัสดุ ซึ่งอย่างน้อยต้องประกอบด้วย การระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน การวางแผนการปฏิบัติงาน และการป้องกันและควบคุมอันตราย

ข้อ ๑๑ นายจ้างต้องมิให้ลูกจ้างทำงานในที่สูงนอกอาคารหรือพื้นที่เปิดโล่ง ในขณะที่มีพายุ ลมแรง ฝนตก หรือฟ้าคะนอง เว้นแต่มีเหตุจำเป็นที่จะต้องให้ลูกจ้างทำงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัยหรือบรรเทาเหตุอันตรายที่เกิดขึ้น โดยต้องจัดให้มีมาตรการเพื่อความปลอดภัยของลูกจ้าง

ฯลฯ

๖.๓ พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔ มาตรา ๘ วรรคหนึ่ง ประกอบกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. ๒๕๕๘

ฯลฯ

ข้อ ๑๑ ให้นายจ้างจัดให้มีระบบป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association: NFPA) หรือมาตรฐานคณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์ (International Electronical Commission: IEC) หรือมาตรฐานอื่นตามที่อธิบดีประกาศกำหนด ไว้ที่สถานประกอบกิจการ อาคาร ปล่องควัน รวมถึงบริเวณที่มีถังเก็บของเหลวไวไฟหรือก๊าซไวไฟ

ฯลฯ

๖.๔ พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔ มาตรา ๘ วรรคหนึ่ง ประกอบกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. ๒๕๖๔

ฯลฯ

ข้อ ๙ นายจ้างต้องมิให้ลูกจ้างทำงานก่อสร้างในขณะที่เกิดภัยธรรมชาติ หรือมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ หรือมีเหตุอื่นใดที่อาจจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงานของลูกจ้าง เว้นแต่เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในงานก่อสร้างหรือเพื่อการช่วยเหลือหรือการบรรเทาเหตุ โดยให้นายจ้างแจ้งให้ลูกจ้างทราบถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงาน ก่อนเข้าทำงาน และกำหนดมาตรการป้องกันอันตรายของลูกจ้างนั้นด้วย

ฯลฯ

๗. ผู้สอบสวนและรายงานอุบัติเหตุ

ศูนย์ความปลอดภัยในการทำงานเขต ๑๒

กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน