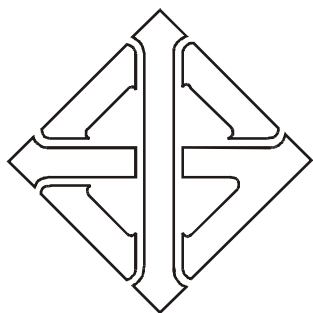




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2050 – 2548

เคเบิลใยนำแสง

เล่ม 1-1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

OPTICAL FIBER CABLES –

PART 1-1 : GENERIC SPECIFICATION – GENERAL

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 33.180.10

ISBN 974-9904-64-8

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เคเบิลใยนำแสง

เล่ม 1-1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

มอก. 2050 – 2548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 122 ตอนที่ 125ง

วันที่ 29 ธันวาคม พุทธศักราช 2548

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 892
มาตรฐานเคเบิลใยแก้วนำแสง

ประธานกรรมการ

รศ.อธิคม ฤกษ์บุทร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

กรรมการ

นายปราโมทย์ ศรีสุขสันต์

ผศ.อภิรักษ์ มัณยทานนท์

นายวันชัย เจียรวัฒนวิทย์

นายสมบูรณ์ หอดระกูล

นางสาวธันวดี วงศ์ธีรฤทธิ

นายบุญเลิศ กิ่งเพชรรุ่งเรือง

นายอาคม แรกตั้ง

นายสุรัชย์ ฟางสะอาด

นายสันติ พูลเสมอ

นายสมบัติ ศิริประยุक्त

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การไฟฟ้านครหลวง

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

บริษัท ฮิตาชิบางกอกเคเบิล จำกัด

บริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

บริษัท สยามไฟเบอร์ออปติกส์ จำกัด

บริษัท ไทยไฟเบอร์ออปติกส์ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายทิวากรณ์ จิตชนะวงศ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-1 :ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป นี้ได้ประกาศใช้ครั้งแรกตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 2050-2543 ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 33 ง วันที่ 22 เมษายน พุทธศักราช 2547 โดยการพิมพ์ซ้ำ IEC 60794-1-1(2001-07) Optical fibre cables - part 1 - 1 : generic specification - general ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแปล IEC ดังกล่าวเป็นภาษาไทย จึงยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป นี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 60794-1-1(2001-07) Optical fiber cables - part 1 - 1 : generic specification - general มาใช้ในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical) ทั้งเนื้อหาและโครงสร้างโดยใช้ IEC ฉบับภาษาอังกฤษเป็นหลัก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นเล่มหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเคเบิลเส้นใยนำแสง ซึ่งมีทั้งหมด 6 เล่ม คือ

มอก. 2050-2548	เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-1 ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป
มอก. 2051-2543	สายเคเบิลเส้นใยนำแสง ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป - วิธีดำเนินการทดสอบสายเคเบิลนำแสงพื้นฐาน
มอก. 2052-2548	เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่มที่ 3 ข้อกำหนดคุณลักษณะเคเบิลภายนอกอาคาร
มอก. 2165-2548	เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่มที่ 3-10 ข้อกำหนดคุณลักษณะเคเบิลภายนอกอาคาร - ข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นรายการกลุ่ม สำหรับเคเบิลเส้นใยนำแสงโทรคมนาคมติดตั้งในท่อร้อยสายและฝังดินโดยตรง
มอก. 2166-2548	เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่มที่ 3-20 ข้อกำหนดคุณลักษณะเคเบิลภายนอกอาคาร - ข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นรายการกลุ่ม สำหรับเคเบิลใยนำแสงโทรคมนาคมแขวนในอากาศที่สามารถรับน้ำหนักตัวเองได้
มอก. 2167-2548	เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 3-30 เคเบิลนอกอาคาร - ข้อกำหนดคุณลักษณะเป็นรายการกลุ่ม สำหรับเคเบิลเส้นใยนำแสงโทรคมนาคมสำหรับผ่านทะเลสาบและแม่น้ำ

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

สารบัญ

คำนำ

1. ขอบข่าย	1
2. เอกสารอ้างอิง	1
3. บทนิยาม	3
4. เคเบิลเส้นใยนำแสง	3
5. วัสดุ	4
5.1 เส้นใยนำแสง	4
5.2 ตัวนำทางไฟฟ้า	6
5.3 วัสดุอื่น ๆ	6
5.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม	6
6. การสร้างเคเบิล	6
7. วิธีวัดทั่วไป	6
8. วิธีวัดมิติ	6
9. วิธีวัดสมบัติทางกล	8
10. วิธีวัดสมบัติทางไฟฟ้า	9
11. วิธีวัดสมบัติทางแสงและการส่งสัญญาณ	9
12. วิธีวัดสมบัติภายใต้สภาวะแวดล้อม	9
13. วิธีวัดลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบของเคเบิล	11
ภาคผนวก ก. แนวทางการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง	12
ก.1 เรื่องทั่วไป	12
ก.2 การวางแผนการติดตั้ง	14
ก.3 วิธีการติดตั้งเคเบิล	19
ก.4 การป้องกันฟ้าผ่า	32
ภาคผนวก ข. ข้อแนะนำเกี่ยวกับผลกระทบของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลเส้นใยนำแสง	33
ข.1 เรื่องทั่วไป	33
ข.2 การประเมินผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของก๊าซไฮโดรเจน	33
ข.3 ผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิล	34
ภาคผนวก ค. ข้อแนะนำเกี่ยวกับค่าการลดทอนสัญญาณในการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ	36
บรรณานุกรม	37



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3427 (พ.ศ. 2548)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สายเคเบิลใยแก้วนำแสง ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายเคเบิลใยแก้วนำแสง ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก. 2050-2543

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3227 (พ.ศ. 2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายเคเบิลใยแก้วนำแสง ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก. 2050-2548 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2548

สุริยะ จิรุงเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เคเบิลเส้นใยนำแสง

เล่ม 1 – 1 : ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเคเบิลเส้นใยนำแสงที่ใช้ในเครื่องมือและอุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งรวมถึงเคเบิลที่มีส่วนประกอบของเส้นใยนำแสงและตัวนำไฟฟ้าอยู่ภายในเส้นเดียวกัน

การจัดทำมาตรฐานอุตสาหกรรมนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานของเคเบิลเส้นใยนำแสงให้เป็นแนวทางเดียวกัน โดยพิจารณาถึงสิ่งต่าง ๆ ตามความเหมาะสม ได้แก่ สมบัติทางเรขาคณิต โครงสร้างทางกายภาพ สมบัติในการส่งและรับสัญญาณ วัสดุที่ใช้ สมบัติทางกล ความทนทานภายใต้สภาวะแวดล้อมในการใช้งาน และข้อกำหนดทางไฟฟ้า

2. เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ จัดทำขึ้นโดยอาศัยเอกสารอ้างอิงที่ได้แสดงไว้ในส่วนนี้เป็นแนวทาง ซึ่งเอกสารเหล่านี้ มีทั้งที่ได้ระบุและมีได้ระบุเวลาที่จัดทำไว้ อย่างไรก็ตาม ผู้ที่ต้องการดำเนินการตามมาตรฐานอุตสาหกรรมนี้ ควรสืบค้นข้อมูลในเอกสารอ้างอิงที่เป็นฉบับปัจจุบัน

IEC 60189-1:1986, Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath –Part 1: General test and measuring methods

IEC 60331-11: 1999, Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 11: Apparatus – Fire alone at a flame temperature of at least 750 °C

IEC 60331-21: 1999, Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 21: Procedures and requirements – Cables of rated voltage up to and including 0.6/1.0 kV

IEC 60332-1:1993, Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable

IEC 60332-3:1992, Tests on electric cables under fire conditions – Part 3: Tests on bunched wires or cables

IEC 60754-1:1994, Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas

IEC 60754-2:1991, Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity

IEC 60793-1-1:1995, Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 1: General

IEC 60793-1-4: 1995, Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 4: Measuring methods for transmission and optical characteristics

IEC 60793-1-20:2001, Optical Fibres – Part 1-20: Measurement and test procedures – Fibre geometry measurement methods

IEC 60793.1.21:2001, Optical Fibres – Part 1-21: Measurement and test procedures – Coating geometry measurement methods

IEC 60793-1-22:2001, Optical Fibres – Part 1-22: Measurement and test procedures – Length measurement methods

IEC 60793-1-40:2001, Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation

IEC 60793-1-41:2001, Optical fibres – Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

IEC 60793-1-42:2001, Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion

IEC 60793-1-43:2001, Optical fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture

IEC 60793-1-44:2001, Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength

IEC 60793-1-45:2001, Optical fibres – Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter

IEC 60793-1-46:—, Optical fibres – Part 1-46: Measurement and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance

IEC 60793-2:2003, Optical fibres – Part 2: Product specifications – general

IEC 60793-2-10:2002, Optical fibres – Part 2-10 Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres

IEC 60793-2-20:2001, Optical fibres – Part 2-20 Product specifications – Sectional specification for category A2 multimode fibres

IEC 60793-2-30:2002, Optical fibres – Part 2-30 Product specifications – Sectional specification for category A3 multimode fibres

IEC 60793-2-40:2002, Optical fibres – Part 2-40 Product specifications – Sectional specification for category A4 multimode fibres

IEC 60793-2-50:2004, Optical fibres cables – Part 2-50 Product specifications – Sectional specification for class B single mode fibres

มอก. 2052-2543 เคเบิลเส้นใยนำแสง เล่ม 1-2 ข้อกำหนดคุณลักษณะทั่วไป – ขั้นตอนการตรวจสอบพื้นฐานของเคเบิล

IEC 60811-1-1:1993, Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Method for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties

IEC 60885-1: 1987, Electrical test methods for electric cables. Part 1: Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750 V

IEC 61034-1: 1997, Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus

IEC 61034-2:1997, Measurement of smoke density of cable burning under defined conditions – Part 2: Test procedure and requirement

ITU Recommendation G.652 : 2003, Series G Transmission systems and media, digital systems and networks Transmission media characteristics–optical fibre cables

ITU Recommendation G.653 : 2003, Series G Transmission systems and media, digital systems and networks Transmission media characteristics–optical fibre cables

ITU Recommendation G.654: 2004, Series G Transmission systems and media, digital systems and networks Transmission media characteristics – optical fibre cables

ITU Recommendation G.655 : 2003, Series G Transmission systems and media, digital systems and networks Transmission media characteristics–optical fibre cables

3. บทนิยาม

ว่า

4. เคเบิลเส้นใยนำแสง

เคเบิลเส้นใยนำแสง ทั้งที่ประกอบขึ้นด้วยเส้นใยนำแสงอย่างเดียว และที่ประกอบขึ้นด้วยตัวนำทางไฟฟ้ารวมอยู่ด้วย แบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

- เคเบิลฝังดิน
- เคเบิลในท่อร้อยสาย
- เคเบิลในอุโมงค์

- เคเบิลเหนือศีรษะ เช่น บนเสาไฟฟ้าแรงสูง
- เคเบิลใต้น้ำ เพื่อพาดผ่านแม่น้ำหรือทะเลสาบ
- เคเบิลภายในอาคาร
- เคเบิลงานที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
- เคเบิลใช้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์
- เคเบิลการใช้งานเฉพาะทาง

5. วัสดุ

5.1 เส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสงต้องมีสมบัติตามที่ระบุไว้ใน IEC 60793-1-1 และ IEC 60793-2 หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น การลดทอนสัญญาณแสงสูงสุดของเส้นใยนำแสง (maximum cabled fibre attenuation) ที่อุณหภูมิห้อง ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการลดทอนสัญญาณแสงสูงสุดของเส้นใยนำแสง
(ข้อ 5.1)

หน่วยเป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

ชนิดของเส้นใยนำแสง	ความยาวคลื่นแสง (nm)							
	*	650	850	1 300	1 310	1 383	1 550	1 625
A1a (50/125 μm)	–	–	3.5	1.5	–	–	–	–
A1b (62.5/125 μm)	–	–	3.5	1.5	–	–	–	–
A1d (100/140 μm)	–	–	7	4.5	–	–	–	–
A2a (100/140 μm)	≤ 10	–	–	–	–	–	–	–
A2b (200/240 μm)	≤ 10	–	–	–	–	–	–	–
A2c (200/280 μm)	≤ 10	–	–	–	–	–	–	–
A3a (200/300 μm)	–	–	≤ 10	–	–	–	–	–
A3b (200/380 μm)	–	–	≤ 10	–	–	–	–	–
A3c (200/230 μm)			≤ 10	–	–	–	–	–
A3d (200/230 μm)	–	–	≤ 1 **	–		–	–	–
A4a (965–985/1 000 μm)	–	< 40 **	–	–	–	–	–	–
A4b (715–735/750 μm)	–	≤ 40 **	–	–	–	–	–	–
A4c (465–485/500 μm)	–	≤ 40 **	–	–	–	–	–	–
A4d (965–985/1 000 μm)	–	≤ 40 **	–	–	–	–	–	–
B1.1 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.3 μm (dispersion – unshifted) , ITU-T Rec. G. 652A]	–	–	–	–	0.5	–	0.4	–
B1.1 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.3 μm (dispersion – unshifted) , ITU-T Rec. G. 652B]	–	–	–	–	0.4	–	0.35	0.4
B1.1 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.3 μm (dispersion – unshifted) , ITU-T Rec. G. 652C]	–	–	–	–	0.4	0.4	0.3	0.4
B1.1 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.3 μm (dispersion – unshifted) , ITU-T Rec. G. 652D]	–	–	–	–	0.4	0.4	0.3	0.4
B1.2 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่นตัดเลื่อน (cut-off shifted) , ITU-T Rec. G. 654A,B,C]	–	–	–	–	–	–	0.22	–
B2 [แบบกระจายเชิงเวลาเป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.55 μm (dispersion – shifted) , ITU-T Rec. G.653 A,B]	–	–	–	–	0.55	–	0.35	–
B4 [แบบกระจายเชิงเวลาไม่เป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.55 μm (non-zero dispersion , ITU-T Rec. G.655A)	–	–	–	–	–	–	0.35	–
B4 [แบบกระจายเชิงเวลาไม่เป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.55 μm (non-zero dispersion , ITU-T Rec. G.655B)	–	–	–	–	–	–	0.35	0.4
B4 [แบบกระจายเชิงเวลาไม่เป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 1.55 μm (non-zero dispersion , ITU-T Rec. G.655C)	–	–	–	–	–	–	0.35	0.4
* : ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ใช้ ** : มีหน่วยเป็น dB เมื่อทำการวัดที่ความยาวมากกว่า 100 เมตร ภายใต้เงื่อนไขการป้อนแสงในสภาวะโหมดสมมูลตามเงื่อนไข IEC 60793-1-41								

ค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยชนิดโหมดเดี่ยวที่ได้แสดงไว้นี้ สอดคล้องกับค่าที่ระบุอยู่ในเอกสารของ ITU โดยภาคผนวก ค. แสดงข้อมูลของค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยนำแสงในการนำไปประยุกต์ใช้งานบางประเภท การวัดค่าแถบความถี่ของเส้นใยนำแสงชนิด A ในตารางที่ 1 ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนด ในขณะที่ค่าแถบความถี่ของเส้นใยนำแสงชนิด B ไม่มีการกำหนดไว้

5.2 ตัวนำไฟฟ้า

คุณลักษณะของตัวนำไฟฟ้าใด ๆ ต้องเป็นไปตามรายละเอียดในข้อกำหนดตาม IEC ที่เกี่ยวข้อง

5.3 วัสดุอื่น ๆ

วัสดุที่ใช้ในการสร้างของเคเบิลเส้นใยนำแสง ต้องมีความเข้ากันได้กับสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางแสงของเส้นใยนำแสงและต้องเป็นไปตามรายละเอียดในข้อกำหนดตาม IEC ที่เกี่ยวข้อง

5.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

หากมีการร้องขอให้พิจารณาเกี่ยวกับเงื่อนไขสภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ต้องจัดหาข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของเคเบิลเส้นใยนำแสงและวัสดุที่เป็นส่วนประกอบ ข้อมูลนี้ต้องครอบคลุมถึง การทำ การเคลื่อนย้าย และสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบระหว่างการใช้งานของเคเบิล ผู้ทำต้องสาธิตให้เป็นไปตามข้อกำหนดจนหมดอายุการใช้งานของเคเบิล

6. การสร้างเคเบิล

ข้อมูลของเคเบิลเส้นใยนำแสงในแต่ละชนิด ต้องแสดงรายละเอียดของการสร้าง มิติ น้ำหนัก สมบัติทางกล สมบัติทางแสง สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติต่อสภาพอากาศแวดล้อมของเคเบิลไว้อย่างชัดเจน

7. วิธีวัดทั่วไป

การทดสอบทั้งหมดไม่จำเป็นต้องนำมาใช้กับเคเบิลทุกชนิด

ผู้ทำเคเบิลไม่จำเป็นต้องวัดลักษณะเฉพาะพื้นฐานของเส้นใยนำแสง แต่ต้องนำเสนอค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในลักษณะของค่าเฉพาะ (unitary value) หรือค่าทางสถิติ (statistical value) โดยค่าที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของเส้นใยนำแสงเหล่านี้สามารถหาได้จากผู้ทำเส้นใยนำแสง

หากกำหนดให้มีการทดสอบ การทดสอบเคเบิลอาจทำได้กับเคเบิลตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการเร่งอายุ

8. วิธีวัดมิติ

การวัดมิติของเส้นใยนำแสง ตัวนำไฟฟ้า และเคเบิล กระทำได้ด้วยวิธีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2 โดยการสุ่มตัวอย่างเคเบิลที่ต้องการทดสอบ ทั้งนี้ต้องระบุวิธีทดสอบ เกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจำนวนตัวอย่างเคเบิลที่ทดสอบไว้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 วิธีวัดมิติ
(ข้อ 8.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60793-1-20 วิธี A	การหักเหของแสงในสนามระยะใกล้ (refracted near field method) (ดูหมายเหตุ 1)	เส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์(core) (ดูหมายเหตุ 3 ,4 และ 5) เส้นผ่านศูนย์กลางของแคลดดิง(cladding) ความไม่เป็นวงกลม
IEC 60793-1-20 วิธี B	การแทรกสอดในแนวขวาง (transverse interference method)	ความเยื้องศูนย์กลางในแนวศูนย์กลาง
IEC 60793-1-20 วิธี C	การกระจายของแสงในสนามระยะใกล้ (near field light distribution) (ดูหมายเหตุ 2)	เส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์ (ดูหมายเหตุ 3 ,4 และ 5) เส้นผ่านศูนย์กลางของแคลดดิง ความไม่เป็นวงกลม ความเยื้องศูนย์กลางในแนวศูนย์กลาง
IEC 60793-1-21 วิธี A	การกระจายแสงด้านข้างจากวัสดุเคลือบชั้นแรก	เส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเคลือบชั้นแรก ความไม่เป็นวงกลมของวัสดุเคลือบชั้นแรก ความเยื้องศูนย์กลางของวัสดุเคลือบชั้นแรก
IEC 60793-1-20 วิธี D	การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทางกล	เส้นผ่านศูนย์กลางของแคลดดิง เส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเคลือบชั้นแรก เส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นเคลือบป้องกัน ความไม่เป็นวงกลม
IEC 60793-1-22 วิธี A	เวลาหน่วงของสัญญาณพัลส์(pulse) ที่ส่งและที่สะท้อนกลับ	ความยาวของเส้นใยนำแสง
IEC 60793-1-22วิธี B	เทคนิคการกระเจิงกลับ (backscattering technique)	ความยาวของเส้นใยนำแสง
IEC 60189-1	ทางกล	เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำไฟฟ้า
IEC 60811-1-1 IEC 60189-1	ทางกล	ความหนาของฉนวนที่หุ้มรอบตัวนำไฟฟ้า ความหนาของเปลือกนอก เส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิล
หมายเหตุ 1 เทคนิคการหักเหของแสงในสนามระยะใกล้ เป็นวิธีการหาขนาดของคอร์โดยพิจารณาจากกราฟที่แสดงรูปร่างของค่าดัชนีหักเห ซึ่งช่วยให้สามารถคำนวณหาขนาดของเส้นใยแก้ว และค่าของช่องรับแสง (numerical aperture) ได้ หมายเหตุ 2 มิติของการกระจายแสงในสนามระยะใกล้ จะสอดคล้องกับกราฟที่แสดงรูปร่างของค่าดัชนีหักเห แต่จะไม่กำหนดอย่างชัดเจนว่าเป็นนิยามของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์ หมายเหตุ 3 สำหรับมิติที่เกี่ยวข้องกับส่วนของการส่งแสงของเส้นใยนำแสง เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโหมดสนาม (diameter of mode field) และความเยื้องศูนย์กลางของโหมดสนาม ให้พิจารณาได้จาก IEC60793-1-4 หมายเหตุ 4 เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติ โดยทั่วไปจะไม่มีการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์ของเส้นใยแก้วชนิดโหมดเดียวไว้		

9. วิธีวัดสมบัติทางกล

การวัดสมบัติทางกลของเคเบิลเส้นใยนำแสง กระทำได้ด้วยวิธีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 3 โดยการสุ่มตัวอย่างเคเบิลที่ต้องการทดสอบ ทั้งนี้ต้องระบุวิธีทดสอบเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจำนวนตัวอย่างเคเบิลไว้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 วิธีวัดสมบัติทางกล
(ข้อ 9.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุม
IEC 60794-1-2-E1	แรงดึง	
IEC 60794-1-2-E2	การทนทานต่อการขูดขีด	
IEC 60794-1-2-E3	การบีบอัด	ความแข็งแรงทางกล
IEC 60794-1-2-E4	การกระแทก	
IEC 60794-1-2-E13	การยิงด้วยปืน	
IEC 60794-1-2-E19	การสั่นไวกจากอากาศ	
IEC 60794-1-2-E6	การโค้งงอหลาย ๆ ครั้ง	
IEC 60794-1-2-E7	แรงบิด	
IEC 60794-1-2-E8	ความยืดหยุ่น	ความเสถียรต่อการเคลื่อนย้าย
IEC 60794-1-2-E10	การคดงอ	
IEC 60794-1-2-E11	ความโค้ง	
IEC 60794-1-2-E12	การต้านทานการตัดผ่าน	
IEC 60794-1-2-E14	การไม่หยดของสารกักน้ำ	
IEC 60794-1-2-E15	การระเหยของสารกักน้ำ	
IEC 60794-1-2-E17	ความแข็งแรงของสายเคเบิล	
IEC 60794-1-2-E18	การโค้งงอภายใต้แรงดึง	
IEC 60794-1-2-E20	สมรรถนะจากการม้วนเคเบิล	

10. วิธีวัดสมบัติทางไฟฟ้า

ในกรณีของเคเบิลเส้นใยนำแสงที่มีส่วนประกอบของตัวนำไฟฟ้ารวมอยู่ด้วย ในบางครั้งการวัดสมบัติทางไฟฟ้า อาจเป็นสิ่งจำเป็น วิธีการทดสอบทั่วไปแสดงดังตารางที่ 4 ทั้งนี้รายละเอียดที่แสดงสมบัติของเคเบิลต้องระบุวิธีการทดสอบ และเกณฑ์ที่ยอมรับไว้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4 วิธีวัดสมบัติทางไฟฟ้า

(ข้อ 10.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60189-1	ความต้านทานของตัวนำ	สมบัติของตัวนำไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวน
IEC 60885-1	ความทนไดอิเล็กทริก (dielectric strength) ของฉนวน	
	ความต้านทานของฉนวน	

11. วิธีวัดสมบัติทางแสงและการส่งสัญญาณ

การวัดสมบัติทางแสงและสมบัติการส่งสัญญาณของเส้นใยนำแสงในเคเบิล กระทำได้ด้วยวิธีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 5 ทั้งนี้รายละเอียดที่แสดงสมบัติของเคเบิล ต้องระบุวิธีการทดสอบ และเกณฑ์ที่ยอมรับไว้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 5 สมบัติทางแสงและการส่งสัญญาณเส้นใยนำแสง

(ข้อ 11.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
วิธีทดสอบเส้นใยนำแสงชนิดโหมดรวมและโหมดเดี่ยว		
IEC 60793-1-40 วิธี A	เทคนิคการตัดย้อน (cut-back technique)	การลดทอนสัญญาณ
IEC 60793-1-40 วิธี B	เทคนิคการสูญเสียจากการสวม (insertion loss technique)	
IEC 60793-1-40 วิธี C	เทคนิคการกระเจิงกลับ (backscattering technique)	
IEC 60793-1-20 วิธี A	การหักเหของแสงในสนามระยะใกล้	กราฟแสดงรูปร่างของค่าดัชนีหักเห
IEC 60793-1-20 วิธี B	การแทรกสอดแนวขวาง	
IEC 60793-1-20 วิธี C	การกระจายของแสงในสนามระยะใกล้	

ตารางที่ 5 สมบัติทางแสงและการส่งสัญญาณเส้นใยนำแสง (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60793-1-40 วิธี C	เทคนิคการกระเจิงกลับ	ตำแหน่งรับแสง
IEC 60793-1-C4	ความเข้มแสงของการส่งสัญญาณ	ความต่อเนื่องของกำลังงานแสง
IEC 60793-1-40 วิธี C	เทคนิคการกระเจิงกลับ	
IEC 60793-1-42 วิธี A	วิธีการเลื่อนเฟส	การกระจายสี (chromatic dispersion)
IEC 60793-1-42 วิธี B	ความล่าช้าของสัญญาณในโดเมนเวลา	
IEC 60793-1-46 วิธี A	ระดับของสัญญาณที่ได้รับ	การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง
IEC 60793-1-46 วิธี B	เทคนิคการกระเจิงกลับ	ระหว่างการทำทดสอบทางกลและ ภายใต้สภาวะแวดล้อม
วิธีทดสอบเส้นใยนำแสงชนิดโหมดร่วม		
IEC 60793-1-41 วิธี A	การตอบสนองสัญญาณกระตุ้น (impulse response)	แถบความถี่
IEC 60793-1-41 วิธี B	การตอบสนองความถี่ (frequency response)	
IEC 60793-1-43	การกระจายแสงในสนามระยะไกล	ช่องกว้างรับแสง (numerical aperture)
วิธีวัดเส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว		
IEC 60793-1-C3A**	การเพิ่มขนาดวงล้อยที่ม้วนเก็บเส้นใยนำแสง	ความไวต่อการโค้งงอแบบจุลภาค (microbending sensitivity)
IEC 60793-1-C3B**	วงล้อยที่ม้วนเก็บเส้นใยนำแสงที่ขนาดคงที่	
IEC 60793-1-47	ความไวต่อการโค้งงอแบบมหภาค (macrobending sensitivity)	ความไวต่อการโค้งงอแบบมหภาค (macrobending sensitivity)
IEC 60793-1-42 วิธี C	ความแตกต่างของการเปลี่ยนเฟส	การกระจายสี
IEC 60793-1-42 วิธี D	วิธีวัดการแทรกสอด (interferometry*)	
IEC 60793-1-44 วิธี A	ความยาวคลื่นตัด (cut-off wavelength)	ความยาวคลื่นตัดของเส้นใยนำแสง

ตารางที่ 5 สมบัติทางแสงและการส่งสัญญาณเส้นใยนำแสง (ต่อ)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60793-1-44 วิธี B	ความยาวคลื่นตัดของเคเบิล (ความยาวคลื่นตัดของเคเบิลต่อเชื่อม)	ความยาวคลื่นตัดของเส้นใยในเคเบิล
IEC 60793-1-45 วิธี A	การถ่ายผ่านของสนามระยะไกลโดยตรง (direct far-field scan)	เส้นผ่านศูนย์กลางโหมดสนาม (mode field diameter)
IEC 60793-1-45 วิธี B	ช่องเปิดปรับได้ในสนามระยะไกล	
IEC 60793-1-45 วิธี C	การถ่ายผ่านของสนามระยะใกล้ (near field scan)	
*อยู่ในระหว่างการพิจารณา		
**ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ใน IEC TR 62221 [1] ²⁾		

2) ตัวเลขในวงเล็บอ้างอิงเอกสารในบรรณานุกรม

12. วิธีวัดสมบัติภายใต้สภาวะแวดล้อม

การทดสอบเคเบิลเส้นใยนำแสงภายใต้ข้อกำหนดทางสภาวะแวดล้อม โดยไม่ทำให้สมบัติทางกลและทางแสงเปลี่ยนแปลง กระทำได้ด้วยวิธีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 6 โดยการสุ่มตัวอย่างเคเบิลที่ต้องการทดสอบ ทั้งนี้ต้องระบุวิธีการทดสอบเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สภาพและเงื่อนไขของอุณหภูมิ และจำนวนตัวอย่างเคเบิลที่ทดสอบไว้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 6 วิธีวัดสมบัติภายใต้สภาวะแวดล้อม
(ข้อ 12.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ได้ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60331-11 และ IEC 60331-21 IEC 60332-1 และ IEC 60332-3 IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 IEC 61034-1 และ IEC 61034-2	การทนไฟ	สมบัติของเคเบิลที่โดนไฟ
IEC 60794-1-2F1	วัฏจักรอุณหภูมิ	สมบัติภายใต้สภาพภูมิอากาศ
IEC 60794-1-2F3*	ความสมบูรณ์ของเปลือกนอก	ความบกพร่องของเปลือกนอก
IEC 60794-1-2F5	การทะลุของน้ำ	ความทนการทะลุของน้ำ
IEC 60794-1-2F7	การแผ่รังสีของนิวเคลียส	ความทนต่อการแผ่รังสีของนิวเคลียส
IEC 60794-1-2F8	การทนแรงดันอากาศ	การอัดก๊าซ
IEC 60794-1-2F9*	การเร่งอายุ	การใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อม
IEC 60794-1-2F10	ความทนแรงดันน้ำ	ความทนแรงดันน้ำของเคเบิลใต้น้ำ
IEC 60794-1-2E5	ความทนต่อการปกปอกเปลือก เส้นใยนำแสง	การปกปอกเส้นใยนำแสง
* อยู่ในระหว่างการพิจารณา		

13. วิธีวัดลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบเคเบิล

ตารางที่ 7 แสดงการทดสอบลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบในเคเบิล เพื่อวัตถุประสงค์ในการเชื่อมต่อ

ตารางที่ 7 วิธีวัดลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบในเคเบิล
(ข้อ 13.)

วิธีทดสอบ	การทดสอบ	ลักษณะเฉพาะที่ครอบคลุมการทดสอบ
IEC 60794-1-2G1	การโค้งของส่วนประกอบในเคเบิล	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G2	วิธีการวัดมิติของเส้นใยนำแสงแบบแถบด้วยตาเปล่า	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G3	การวัดมิติของเส้นใยนำแสงแบบแถบด้วยเกจแบบช่องเปิด (aperture gauge)	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G4	การวัดมิติของเส้นใยนำแสงแบบแถบด้วยเกจแบบหน้าปัด (dial gauge)	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G5	การฉีกของเส้นใยนำแสงแบบแถบ	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G6	การบิดของเส้นใยนำแสงแบบแถบ	การเชื่อมต่อ
IEC 60794-1-2G7	การคดงอของท่อ	การเชื่อมต่อ

ภาคผนวก ก.

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง

ก.1 ทัวไป

เคเบิลเส้นใยนำแสงเป็นระบบสายส่งสัญญาณสำหรับใช้ในการสื่อสารสัญญาณที่มีคุณภาพสูง แต่ถ้าหากไม่ได้รับการติดตั้งที่มีคุณภาพ จะทำให้สมบัติในการสื่อสารสัญญาณด้อยลง ภาคผนวกนี้กล่าวถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ทำและผู้ใช้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยจะครอบคลุมข้อกำหนดที่มีอยู่ใน IEC 60794 และวิธีการติดตั้งแบบพิเศษด้วยเทคนิคการใช้แรงลมอัด (blowing technique)

โดยทั่วไปจะออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงให้รองรับการติดตั้งด้วยเครื่องมือและปกติ อย่างไรก็ตามเคเบิลเส้นใยนำแสงมักมีค่าการยืดตัวน้อยกว่าเคเบิลตัวนำโลหะ ดังนั้นการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในบางกรณี อาจจำเป็นต้องดูแลและเอาใจใส่เป็นพิเศษเพื่อทำให้การติดตั้งเป็นไปอย่างสมบูรณ์

ข้อมูลที่เป็นสมบัติทางฟิสิกส์ของเคเบิลและคำแนะนำจากผู้ทำเป็นสิ่งสำคัญที่ควรให้ความสนใจ เคเบิลเส้นใยนำแสงที่ติดตั้ง (รวมทั้งในขณะติดตั้ง) ต้องมีค่าแรงดึงและสภาวะการรับโหลดไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ความเสียหายอันมีเหตุมาจากการติดตั้งด้วยการใช้แรงดึงเกินกำหนด อาจไม่ส่งผลให้เห็นโดยทันทีแต่จะปรากฏให้เห็นภายหลังในช่วงเวลาของการใช้งาน

อย่างไรก็ตามแนวทางการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในภาคผนวกนี้ มิได้รวมไปถึงมาตรฐานเพิ่มเติมที่ระบุเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่อาจเป็นอันตรายต่อการติดตั้ง เช่น พื้นที่บริเวณที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าและทางรถไฟ เป็นต้น

ก.2 การวางแผนการติดตั้ง

ก.2.1 ข้อกำหนดสำหรับการติดตั้ง

ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง ผู้ใช้ควร มีการวางแผนงานที่ดีและต้องมีการกำหนดรายละเอียดสำหรับการติดตั้ง เช่นต้องระบุถึงโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ เส้นทางติดตั้งเคเบิล ระดับอันตรายที่อาจเกิดขึ้น และสภาพแวดล้อมของการติดตั้ง รวมไปถึงการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และข้อกำหนดทางเทคนิคของหัวต่อเส้นใยนำแสง (connector) และหัวต่อเคเบิล (closure)

ข้อกำหนดในการติดตั้งควรมีรายละเอียดของงานโยธา วิธีการจัดเตรียมเส้นทาง (เช่น หลุมขุด งานทอร้อยสาย งานวางสาย และงานวางเคเบิลหลัก) และงานสำรวจเส้นทางที่จำเป็น ทั้งนี้ต้องแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับภาระหน้าที่ความรับผิดชอบที่ระบุไว้ในสัญญาให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำเนินงานในสถานที่หรือเส้นทางที่มีข้อจำกัดบางประการ

เคเบิลที่ติดตั้งแล้วควรมีป้ายแสดงรายละเอียดและตำแหน่งต่าง ๆ ของเส้นทาง และข้อควรระวัง เป็นต้น

ก.2.2 การพิจารณาเส้นทาง

แม้ว่าเคเบิลเส้นใยนำแสงจะมีน้ำหนักเบาและมักติดตั้งเป็นระยะทางไกลกว่าเคเบิลโลหะธรรมดาก็ตาม การวางแผนออกแบบเส้นทางสามารถใช้วิธีการพื้นฐานที่เหมือนกันได้

แนวทางในการวางแผนและดำเนินการเกี่ยวกับเคเบิลเส้นใยนำแสงขณะติดตั้ง ต้องคำนึงถึงรัศมีความโค้งที่น้อยที่สุดของสายและแรงดึงสูงสุดที่สายจะทนได้ เพราะถ้าเส้นใยนำแสงภายในเคเบิลชำรุดเสียหาย จะทำให้ระบบสายส่งทำงานบกพร่อง

งานที่ยากที่สุดสำหรับการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง คืองานที่เกี่ยวข้องกับท่อใต้ดินที่ต้องคำนึงถึงสภาพและรูปร่างของท่อเป็นสำคัญ ในสถานที่ซึ่งระบบสาธารณูปโภคประกอบด้วยท่อที่มีสภาพไม่แข็งแรงหรือมีความโค้งมากเกินไป ท่อที่บรรจุเคเบิลไว้ก่อนแล้ว หรือท่อที่มีทางเข้าเป็นลักษณะของการเปลี่ยนทิศทางแบบทันที ควรลดระยะทางในการดึงเคเบิลของแต่ละช่วงให้สั้นที่สุด

เคเบิลที่ใช้สำหรับการติดตั้งภายในท่อใต้ดินหรือด้วยการแขวนที่มีระยะทางยาว ๆ ต้องคำนึงถึงเทคนิคการติดตั้งที่อาจเริ่มดำเนินการจากตำแหน่งใด ๆ ในระหว่างทาง เช่น กรณีของการเดินสายเข้าสู่ท่อใต้ดิน อาจต้องง่วนท่อเพื่อเปิดช่องระหว่างทาง ในขณะที่การแขวนเคเบิล สามารถใช้เคเบิลที่มีโครงสร้างเป็นรูปเลข “8” ได้เลย เป็นต้น ซึ่งการทำงานในพื้นที่เหล่านี้ต้องการความเอาใจใส่เป็นอย่างดี อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงตัวแปรที่เกี่ยวกับเวลาในการทำงานและการรบกวนสภาวะแวดล้อมเดิม อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งต้องมีการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานานตลอดวัน จึงควรให้ความสนใจต่อระดับเสียงรบกวนและการกีดขวางการจราจรด้วย

ในงานติดตั้งเคเบิลภายในท่อใต้ดิน สภาพของท่อที่ใช้เป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญ ท่อที่ใช้ต้องพิจารณาให้แน่ใจได้ว่าท่อมีสภาพสมบูรณ์ (เช่น อาจใช้การเคาะฟังเสียง) สะอาดและโล่งที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้ในการพิจารณาควรรวมไปถึงระบบท่อร้อยสายแยก ไม่ว่าจะเป็นแบบท่อเดี่ยวหรือหลายท่อเพื่อช่วยให้สภาพแวดล้อมของการติดตั้งมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย มีความสะดวกในการคัดแยกเคเบิล ช่วยเพิ่มสภาพการป้องกันทางกล และเพิ่มประสิทธิภาพในงานซ่อมบำรุง เนื่องจากท่อร้อยสายแยกมักมีขนาดเล็กกว่าท่อทั่วไป จึงควรพิจารณาถึงอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างสายเคเบิลและท่อร้อยสายแยกที่ใช้เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการร้อยเชือก เพื่อดึงเคเบิลตามแนวท่อโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะทางไกล ๆ

ในการติดตั้งเคเบิลตามแนวเส้นทางที่อยู่เหนือศีรษะ สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือเคเบิลที่ติดตั้งแล้วต้องมีสภาพการเคลื่อนไหวที่น้อยที่สุด การเคลื่อนไหวของเคเบิลเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเคเบิล น้ำแข็งที่เกาะ และแรงลมปะทะ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เคเบิลเกิดความเสียหายได้ ดังนั้น เสาที่ใช้ต้องปักและยึดอย่างมั่นคงแข็งแรง อีกทั้งเส้นทางและแนวเสาดังกล่าวต้องมีลักษณะต่อเนื่องแบบคงที่ การพิจารณาเลือกใช้เสาต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการออกแบบติดตั้งการติดตั้งของเคเบิล การเข้ากันได้กับเส้นใยนำแสง และสภาพของยอดเสาเมื่อติดตั้งเคเบิล

แม้ว่าเคเบิลเส้นใยนำแสงจะมีน้ำหนักเบา แต่ส่วนประกอบของเคเบิลที่ใช้แขวนอาจทำให้เคเบิลมีความเครียดเกินค่าที่กำหนดได้ ดังนั้น ก่อนการติดตั้งควรคำนวณหาค่าการยึดและหดตัวที่เกิดจากส่วนประกอบเหล่านี้ของเคเบิลด้วย

ในพื้นที่ที่มีการวางแผนให้ติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบฝังดินโดยตรงเป็นระยะทางยาว ๆ ซึ่งต้องมีการขุดไถพื้นที่ จะเป็นการสะดวก ถ้าจัดเตรียมการใช้เครื่องมือสำหรับการขุดเจาะไว้ก่อน

ก.2.3 การคาดคะเนแรงดึงในการติดตั้งเคเบิล

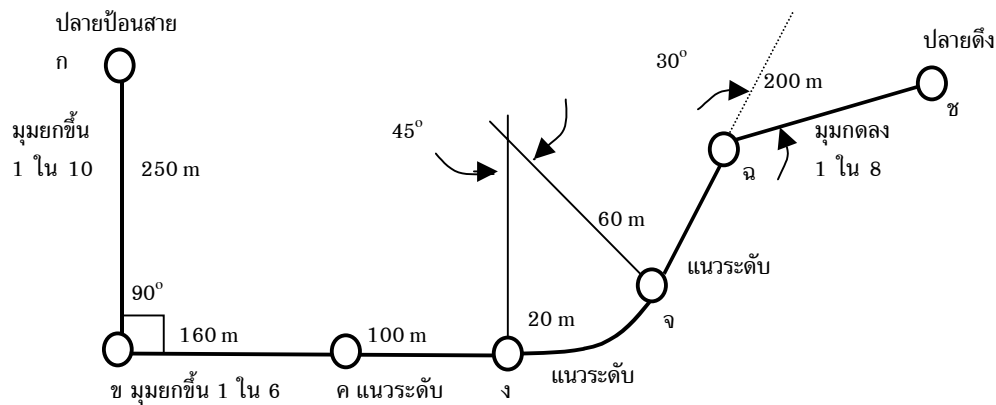
ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงที่มีความยาวมาก ๆ ต้องมั่นใจว่าวิธีการเฉพาะที่ใช้ในการติดตั้งเป็นไปด้วยความสำเร็จอย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานท่อร้อยสายใต้ดิน อีกทั้งในบางกรณียังต้องมีดัชนีบ่งชี้ที่ดีในการคำนวณค่าแรงดึงสูงสุดของเคเบิลด้วย โดยค่าที่คำนวณได้นี้ควรนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดเป็นสมบัติทางกลของเคเบิล และหากค่าทั้งสองนี้ใกล้เคียงกัน ควรพิจารณาถึงวิธีการที่ใช้ในการติดตั้งเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยให้มากขึ้น เช่นการเลือกใช้เคเบิลแบบอื่น การลดระยะทางติดตั้ง ให้สั้นลง การเปลี่ยนเส้นทางหรือทิศทางในการติดตั้งเคเบิล การจัดที่พักสายหรือการติดตั้งเครื่องดึงระหว่างทาง รวมทั้งใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษที่บางตำแหน่งของการติดตั้ง แนวทางในการพิจารณาคำนวณได้แสดงไว้ในรูปที่ ก.1

ก.2.3.1 แรงดึงสูงสุดของเคเบิล

รายละเอียดต่อไปนี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพิจารณาเพื่อคำนวณค่าแรงดึงในเคเบิล

- มวลต่อหน่วยความยาวของสาย
- สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวนอกของเคเบิลกับพื้นผิวที่สัมผัส
- ค่าของมุมที่เกิดขึ้นจากการเดินสาย เช่น มุมเอียง และมุมที่เกิดจากการโค้งงอ

แนวทางและสูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าแรงดึงทั่วไป ให้ใช้ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ ก.1



สมการที่ (1) (สำหรับช่วงยืดยตรง)

$$T = T_i + \mu l w g$$

สมการที่ (2) (สำหรับช่วงบนพื้นเอียง)

$$T = T_i + l w g (\mu \cos \theta + \sin \theta)$$

สมการที่ (3) (สำหรับช่วงโค้งงอ)

$$T = T_i e^{\mu \theta}$$

เมื่อ

T คือแรงดึงที่ปลายช่วงส่วนย่อยที่คำนวณ เป็นนิวตัน

T_i คือแรงดึงตรงจุดเริ่มต้นของช่วงส่วนย่อยที่คำนวณ เป็นนิวตัน

μ คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ระหว่างเคเบิลกับพื้นผิวสัมผัส)

l คือความยาวเคเบิลในช่วงของส่วนย่อยในการติดตั้ง หน่วยเป็นเมตร

w คือน้ำหนักของเคเบิลต่อหน่วยความยาว เป็นกิโลกรัมต่อเมตร

θ คือค่าของมุมพื้นเอียง (+ มุมยกขึ้น - มุมกดลง) หรือมุมโค้งงอในแนวระดับพื้นราบ เป็นเรเดียน

g คือความเร่งจากแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตรต่อกำลังสองของวินาที

รูปที่ ก.1 - การคำนวณแรงดึงของเคเบิล

(ข้อ ก.2.3.1)

ก.2.3.2 แรงดึงรวม

ค่าแรงดึงรวมของเคเบิลคำนวณได้จากผลรวมของค่าแรงดึงในแต่ละส่วนที่เคเบิลพาดผ่าน ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ ก.1 (จากตัวอย่างนี้ $\mu = 0.55$ และ $w = 0.92$ กิโลกรัมต่อเมตร)

ตารางที่ ก.1 การคำนวณค่าแรงดึงรวม
(ข้อ ก.2.3.2)

ช่วงส่วนย่อย	ความยาว m	แรงดึงที่ จุดเริ่มต้น ส่วนย่อย T^i N	มุมเอียง rad	มุมโค้งงอ rad	สมการที่ใช้	แรงดึงที่จุด ปลายส่วนย่อย T N
ก	–	0	–	–	–	0
ก – ข	250	0	0.1	–	2	1 460
ข	–	1 460	–	1.571	3	3 464
ข – ค	160	3 464	0.165	–	2	4 484
ค	–	4 484	–	–	–	4 484
ค – ง	100	4 484	–	–	1	4 980
ง	–	4 980	–	–	–	4 980
ง – จ	20	4 980	–	0.785	3	7 669
จ	–	7 669	–	–	–	7 669
จ – ฉ	60	7 669	–	–	1	7 967
ฉ	–	7 967	–	0.524	3	10 628
ฉ – ช	200	10 628	–0.124	–	2	11 390

หมายเหตุ ถ้ามีการติดตั้งเคเบิลมากกว่า 1 สายต่อท่อ ค่าแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการคำนวณต้องคูณตัวประกอบเข้าไปก่อนการคำนวณที่เกี่ยวกับมุมงอ ซึ่งตัวประกอบนี้จะมีค่าขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น จำนวนของเคเบิล วัสดุที่ใช้ในการทำเคเบิล เปลือกหุ้มเคเบิล ขนาดของเคเบิลและท่อที่ใช้ ความยืดหยุ่นของท่อ ฯลฯ โดยค่าของตัวประกอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2 สำหรับการติดตั้งเคเบิล 2 สาย ระหว่าง 2 ถึง 4 สำหรับเคเบิล 3 สาย และระหว่าง 4 ถึง 9 สำหรับเคเบิล 4 สาย

ก.2.4 สภาพอากาศแวดล้อม

สภาพอากาศในบริเวณที่มีการติดตั้งเคเบิลอาจสร้างผลกระทบต่อกระบวนการและกรรมวิธีในการติดตั้ง ดังนั้น การติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีระยะทางยาว ๆ ควรดำเนินการภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิการในช่วงขีดจำกัดที่ผู้ทำเคเบิลกำหนดไว้

สมบัติทางกลของเคเบิลเส้นใยนำแสงมักขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและวัสดุที่ใช้ในการผลิตเคเบิลโดยทั่วไป เคเบิลที่มีฟรียีเป็นส่วนประกอบ ไม่ควรติดตั้งในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ส่วนเคเบิลที่มีพอลิเอทิลีนเป็นส่วนประกอบสามารถติดตั้งได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง -15 องศาเซลเซียส โดยปกติเคเบิลส่วนใหญ่ มักติดตั้งในที่ที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เคเบิลไม่ควรสัมผัสกับอุณหภูมิที่มีได้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้สำหรับการติดตั้งเป็นเวลานานกว่า 12 ชั่วโมงก่อนการติดตั้ง เว้นแต่จะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

ก.2.5 ข้อมูลทางเทคนิคและวิธีการปฏิบัติ

นอกเหนือจากความเสียหายทางฟิสิกส์ต่อเคเบิลที่อาจเกิดขึ้น วิธีการที่ใช้ในการติดตั้งและวิธีปฏิบัติงานที่ใช้จัดการกับเคเบิลเส้นใยนำแสงในขณะติดตั้ง อาจสร้างผลกระทบต่อสมบัติการส่งผ่านสัญญาณในระยะยาวได้ ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในกระบวนการติดตั้งควรได้รับการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดทักษะในทางปฏิบัติสำหรับการติดตั้งเคเบิลด้วยวิธีที่ถูกต้องและไม่สร้างความเสียหายให้กับเคเบิล อีกทั้งต้องมีความเข้าใจถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นหากการปฏิบัติงานเกิดความผิดพลาด รวมไปถึงเป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นในการติดตั้ง โดยเฉพาะค่ารัศมีความโค้งต่ำสุดของเคเบิล ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรตระหนักถึงเป็นอย่างมาก

ก.3 วิธีติดตั้งเคเบิล

ก.3.1 ข้อควรคำนึงทั่วไป

การติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงสามารถใช้วิธีการในทำนองเดียวกับการติดตั้งเคเบิลโลหะทั่วไป แต่ต้องเอาใจใส่มากกว่าเพื่อให้ได้เกณฑ์ติดตั้งที่แน่นอน โดยเฉพาะในเรื่องของความยาว การโค้งงอ และค่าความเครียดของเคเบิล ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดแม้จะเป็นช่วงที่อยู่ในระหว่างการติดตั้ง อีกทั้งในบางกรณี ยังอาจต้องใช้เทคนิค วิธีการ หรืออุปกรณ์พิเศษเข้ามาช่วยในการติดตั้ง การติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงที่ดีควรมีสภาพแรงตึงให้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย เพื่อช่วยให้การเชื่อมต่อเส้นใยกระทำได้อย่างง่าย

ข้อควรคำนึงทั่วไปอื่น ๆ อาจได้แก่

- ในการขนส่งหรือลำเลียงเคเบิลไปยังบริเวณหน้างาน ควรมีกระบวนการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่เกิดความเสียหายขึ้นกับเคเบิล โดยเฉพาะในระหว่างการเคลื่อนย้ายจากยานพาหนะ
- สถานที่เก็บรักษาเคเบิลควรมีสภาพที่เหมาะสมทั้งทางด้านทางกลและสภาพแวดล้อม
- ตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับเคเบิลที่ผ่านกระบวนการส่งมอบ เพื่อให้แน่ใจว่ามีรายละเอียดและข้อกำหนดตรงกับที่ระบุไว้ในสัญญาการจัดซื้อ
- ปลายเปิดของเคเบิลควรห่อหุ้มด้วยปลอกป้องกันที่มีสภาพทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม การจับต้องปลอกหุ้มปลายควรกระทำด้วยความระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายในระหว่างติดตั้งปลอกหุ้มปลายที่ชำรุดเสียหายควรซ่อมแซมหรือเปลี่ยนแปลงหากยังมีความจำเป็นต้องใช้งานอยู่

ก.3.2 ความปลอดภัยในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ในบ่อพัก (manhole) ทางเดินของระบบขนส่งใต้ดิน อุโมงค์ที่เป็นช่องทางเดินเคเบิล สถานที่ที่มีสภาพการระบายอากาศไม่ดี และสถานที่ที่มีทางเข้าออกลำบาก เป็นต้น ควรคำนึงถึงโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่าง ๆ ขึ้นได้ เช่น การระเบิด การหมดสติของคนงานเนื่องจากขาดอากาศหายใจ การระเหยของก๊าซพิษ การสะสมของแร่ตะกั่วและแร่ใยหินเข้าสู่ร่างกาย ฯลฯ ดังนั้นหากต้องมีการติดตั้งเคเบิลในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด จะต้องให้ความสำคัญในเรื่องของสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างดี และต้องมั่นใจว่าได้จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยเพิ่มเติมที่จำเป็นไว้แล้วก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติงาน

ก.3.3 ก่อนเริ่มทำการติดตั้ง

ก่อนเริ่มต้นติดตั้งเคเบิล ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- ตรวจสอบเส้นทางที่เป็นข้อกำหนดในการติดตั้งเพื่อให้แน่ใจว่า การติดตั้งสามารถกระทำได้โดยสะดวกตลอดเส้นทางและตลอดช่วงเวลาที่กำหนด หากส่วนหนึ่งส่วนของเส้นทางจำเป็นต้องมีผู้อื่นใช้เส้นทางร่วม ผู้ติดตั้งควรให้คำแนะนำที่เหมาะสมกับผู้ใช้เส้นทางเหล่านั้นเพื่อให้การติดตั้งสามารถดำเนินไปได้
- จัดสร้างเงื่อนไขสภาพแวดล้อมตลอดเส้นทางให้สอดคล้องกับวิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการติดตั้ง อีกทั้งต้องมีความเหมาะสมกับเคเบิลที่ใช้ในการติดตั้งด้วย
- กำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องวัดหาในระหว่างการติดตั้ง เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับเส้นใยนำแสงที่อยู่ภายในเคเบิลอันเกิดจากแรงดึงในการติดตั้ง ในเส้นทางที่ต้องการเดินเคเบิลในแนวตั้งตรงเป็นระยะทางยาว ๆ ควรเบี่ยงเบนเส้นทางของเคเบิลระหว่างทางเป็นระยะตามคำแนะนำจากผู้ทำ เช่น การเดินสายในแนวนอนเป็นระยะทางสั้น ๆ การจัดวนลูบแบบวงกลม และการจัดสร้างส่วนรองรับเคเบิล
- พิจารณากำหนดสถานที่สำหรับจัดวางวงล้อเคเบิลในระหว่างการติดตั้ง พร้อมทั้งจัดสร้างเส้นทาง การเข้าถึงสถานที่เหล่านี้ให้มีความสะดวกตลอดเวลาที่อยู่ในแผนงานการติดตั้ง
- กำหนดพื้นที่สำหรับใช้บริการ และจัดสร้างเส้นทางเข้าถึงที่สะดวกตลอดเวลาที่อยู่ในแผนงานการติดตั้ง
- ตรวจสอบให้แน่ใจในความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นในการติดตั้งทั้งหมด
- พิจารณากำหนดสถานที่สำหรับติดตั้งหัวต่อเคเบิลพร้อมทั้งจัดสร้างเส้นทาง การเข้าถึงสถานที่เหล่านี้ให้มีความสะดวกตลอดเวลาที่อยู่ในแผนงานการติดตั้ง

หัวต่อเคเบิลควรติดตั้งอยู่ในสถานที่และตำแหน่งที่มีความสะดวกต่อการซ่อมแซมในภายหลังได้ เคเบิลที่ติดตั้งแล้ว หากได้รับการปรับปรุงเพื่อขยายเส้นทาง ต้องสามารถกระทำได้อย่างปลอดภัยและสร้างความเสียหายให้กับระบบเดิมน้อยที่สุด

ก.3.4 การติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในท่อใต้ดิน

ก.3.4.1 การใช้งาน

ตัวอย่างการติดตั้งเคเบิลในท่อใต้ดินแสดงในรูปที่ ก.2

การโค้งงอเส้นใยภายใต้แรงดึงในขณะติดตั้ง เป็นสิ่งที่ควรกระทำด้วยความระมัดระวัง อุปกรณ์ที่ใช้เป็น ท่อนำสาย ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีความเหมาะสมต่อสมบัติและเกณฑ์ความโค้งของเคเบิลตามที่ผู้ทำกำหนดไว้ โดยทั่วไปค่าที่เหมาะสมของเส้นผ่านศูนย์กลางความโค้งที่น้อยที่สุดมักมีค่าประมาณ 20 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล แต่ถ้าเป็นการติดตั้งภายใต้แรงดึง อัตราส่วนนี้อาจมีค่าเพิ่มเป็น 2 เท่า โดยทั่วไปท่อนำสายสามารถใช้ได้ทั้งกับเคเบิลเส้นใยนำแสงและเคเบิลโลหะ แต่ถ้าเคเบิลมีความยาวมาก ๆ อาจต้องใช้อุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบมากขึ้นในการจัดแนว อีกทั้งควรเป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบาและมีค่าแรงเสียดทานต่ำ

ก.3.4.4 อุปกรณ์ก๊ว้นและเชือก

การจัดเตรียมระบบป้องกันสภาวะการรับภาระโหลดเกินเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ ระบบก๊ว้นที่ใช้ควบคุมความเร็วในการดึงเคเบิลเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในท่อ ระบบนี้รวมถึงก๊ว้นที่ใช้ดึงปลายสายเคเบิลไม่ว่าระบบขับเคลื่อนจะเป็นแบบใดก็ตามก๊ว้นในช่วงระหว่างทางสำหรับการดึงสายเคเบิลในระยะทางที่ยาวขึ้น และอุปกรณ์ล่อลึงเคเบิล ในกรณีของระบบก๊ว้นที่อยู่ระหว่างทาง (ล่อลึงหรือสายพานดินตะขาบ) จะต้องทำงานได้เข้าจังหวะกับอุปกรณ์ส่วนอื่นและต้องไม่ทำให้เกิดการบิดเกลียวของเคเบิลขึ้นได้ เชือกที่ใช้ในการดึงเคเบิลควรมีน้ำหนักเบาและมีค่าความยืดหยุ่นสูง การดึงเคเบิลด้วยเชือกที่มีความยาวมาก ๆ อาจกระทำได้แต่ก็สามารถทดแทนได้โดยใช้วิธีการติดตั้งแบบปกติ ในกรณีของการดึงเคเบิลด้วยเชือกในท่อร้อยสาย ต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง อีกทั้งต้องหลีกเลี่ยงมิให้เกิดปมขึ้นบนเชือกในขณะดึง

เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เคเบิลเสียหาย ก๊ว้นเชือกต้องสามารถปรับความเร็วของเชือกได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วเริ่มต้นต่ำ และต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความตึง หรือไดนามอมิเตอร์ (dynamometer) หรือติดตั้งฟิวส์ทางกลไว้ที่ปลายเริ่มต้นของเคเบิลในการดึงเพื่อใช้ในการจำกัดค่าแรงดึงสูงสุดในขณะติดตั้งเคเบิล หากแรงดึงในการติดตั้งมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ก๊ว้นต้องมีอุปกรณ์ตัดการทำงานของเครื่องเพื่อหยุดการทำงานของก๊ว้น โดยอัตโนมัติ ในกรณีที่ใช้ฟิวส์ทางกล ต้องออกแบบให้ฟิวส์ขาดเมื่อแรงดึงมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดที่กำหนดเพื่อมิให้เคเบิลชำรุดเสียหาย

ถ้าใช้เครื่องดึงชนิดล่อลึงในช่วงระหว่างทาง เส้นผ่านศูนย์กลางของล่อลึงต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของความโค้งต่ำสุดของเคเบิล

ในการลดแรงบิดของเคเบิลขณะติดตั้ง จำเป็นต้องผูกปลายเคเบิลด้านที่ติดกับปลายเชือกของก๊ว้น โดยให้ผ่านอุปกรณ์คลายแรงบิด เช่น ห่วงที่หมุนได้หรือปลอกเชือกที่หมุนได้ เมื่อเริ่มต้นใช้ก๊ว้นดึงเคเบิล ต้องเริ่มต้นการดึงด้วยความเร็วเชือกอย่างช้า ๆ จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มความเร็วในการดึงขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งมีค่าความเร็วในการดึงสูงสุดไม่เกิน 75 เมตรต่อนาที ทั้งนี้ต้องแน่ใจว่าไม่มีอันตรายเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากแรงดึงมีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ของเคเบิล

ปลอกดึงแบบมีห่วง (pulling eye) ที่ใส่มาจากโรงงาน จะต้องมียึดความสามารถในการรองรับแรงดึงเคเบิลตามค่าที่กำหนดโดยไม่ทำให้เกิดการชำรุดเสียหาย โดยผูกห่วงติดกับเชือกของก้าน ในตำแหน่งห่วงที่หมุนได้ ถ้าเคเบิลไม่มีปลอกดึง ให้ใช้ตัวจับแบบสวม (sock-type grip) ยึดปลายเคเบิลด้านที่ดึง ค่าแรงดึงของตัวจับอย่างน้อยที่สุดต้องมีค่ามากกว่าค่าแรงดึงสูงสุดของเคเบิล ส่วนของตัวจับสามารถยึดแน่นโดยตรงกับเปลือกนอกของเคเบิลซึ่งสามารถรับแรงดึง ได้เพราะติดยึดอยู่กับส่วนรับแรงดึง (strength member) ที่อยู่ภายในอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม หากส่วนรับแรงดึง (strength member) ไม่ได้เชื่อมประสานกับเปลือกนอกอย่างดีพอ อาจจำเป็นต้องเชื่อมต่อส่วนรับแรงดึงเพิ่ม เพื่อให้เคเบิลสามารถรับค่าแรงดึงสูง ๆ ได้

ในขณะที่เคเบิลอยู่ภายใต้แรงดึง จะต้องระวังมิให้ปลอกแบบมีห่วงและตัวจับแบบสวมเคลื่อนที่ผ่านล้อยหมุนหรือมู่เล่

ก.3.4.5 ความฝืดและการหล่อลื่นเคเบิล

ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง สิ่งที่ต้องดูแลเป็นพิเศษด้วยคือ ความฝืดและการหล่อลื่นเคเบิล ความฝืดเป็นค่าแรงรวมของความเสียดทานที่มีค่าขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น วัตถุที่ใส่ทำเคเบิล เปลือกหุ้มเคเบิล ท่อ เชือก และ ส่วนประกอบของระบบท่อนำสาย ความฝืดเป็นสิ่งที่ต้องออกแรงเพื่อเอาชนะในการติดตั้ง ทั้งนี้การใช้ระบบหล่อลื่นสามารถลดแรงเสียดทานรวมหรือค่าความฝืดได้ ระบบหล่อลื่นต่าง ๆ ที่ใช้ ควรจะเข้ากันได้กับวัตถุของเคเบิล เชือก และท่อ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคนทำงาน นอกจากนี้ยังควรให้ความสนใจต่อเชือก ท่อร้อยสาย และจุดเชื่อมต่อของเคเบิลหรือจุดเชื่อมต่อของท่อร้อยสาย โดยต้องแน่ใจว่าจุดที่ผูกเชือกของเคเบิลมีผิวราบเรียบ

ก.3.4.6 วิธีติดตั้งเคเบิลเพื่อให้มีช่วงติดตั้งที่ยาวที่สุด

ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงที่มีความยาวมากด้วยวิธีดึงทางเดียวแล้วทำให้เคเบิลมีการะโหลดเกินจำเป็นต้องหาวิธีในการจัดแบ่งภาระโหลดตามความยาวของเคเบิล โดยวิธีการที่เลือกใช้จะขึ้นอยู่กับสถานะแวดล้อมว่าจะใช้วิธีการติดตั้งแบบอยู่หนึ่งกับที่หรือเคลื่อนที่

โดยทั่วไปวิธีการติดตั้งแบบอยู่หนึ่งกับที่มักใช้ระบบการร้อยสายรูปเลขแปด วิธีการนี้จะวางวงล้อของเคเบิลไว้ในช่วงระหว่างทาง จากนั้นทำการดึงเคเบิลไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยใช้วิธีดึงปลายสายแบบธรรมดา สายเคเบิลในส่วนที่เหลืออยู่จะปล่อยออกจากวงล้อและจัดวางคลื่นบนพื้นให้เป็นรูปเลข 8 จากนั้นใช้ก้านดึงปลายอีกด้านหนึ่งที่ถูกล็อกอยู่ด้วยวิธีดึงปลายเหมือนกัน ซึ่งวิธีการนี้ต้องใช้พื้นที่ที่กว้างพอสำหรับจัดวางเคเบิลให้เป็นรูปเลข 88

การจัดแบ่งภาระโหลดแบบเคลื่อนที่ที่มีความยุ่งยากกว่า อีกทั้งต้องใช้อุปกรณ์และการเตรียมการติดตั้งมากกว่า แต่มีข้อได้เปรียบตรงที่สามารถติดตั้งเคเบิลในทิศทางเดียวจากวงล้อได้ วิธีการนี้จะใช้ก้านแบบพิเศษติดตั้งเป็นระยะ ๆ ในช่วงระหว่างทาง โดยที่ค่าภาระโหลดสูงสุดของเคเบิลจะมีค่าแปรตามระยะห่างระหว่างก้าน ก้านพิเศษเหล่านี้ต้องทำงานดึงสายเคเบิลในแต่ละจุดใน

ช่วงเวลาที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้วิธีการนี้ ควรคำนึงอยู่เสมอว่า แรงจากก้านทั้งหมดจะส่งมายังเปลือกหุ้มเคเบิล จึงควรคำนึงถึงสมบัติของเคเบิลด้วย อีกทั้งวิธีการนี้ อาจทำให้ กิดแรงบิดเพิ่มขึ้นต่อเคเบิลได้

วิธีการใช้มือดึงเคเบิลสามารถใช้ได้ในระหว่างทางเมื่อเคเบิลมีความยาวมาก ๆ แต่ก็ควรดูแลเอาใจใส่มิให้สมบัติทางกลและค่าการโค้งงอของเคเบิลมีค่าเกินกว่าที่กำหนด

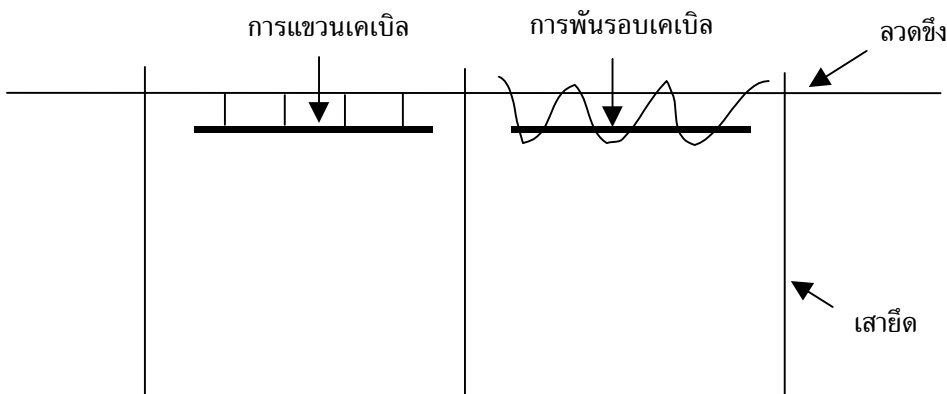
ก.3.4.7 การสำรองความยาวสำหรับเชื่อมต่อสาย

ในการเดินสายเคเบิลจำเป็นต้องคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อและทดสอบเป็นระยะโดยเฉพาะเคเบิลใต้ดิน จึงต้องมีการจัดเพิ่มความยาวเคเบิลให้เหมาะสม ส่วนของความยาวเคเบิลเส้นใยนำแสง ที่เพิ่มขึ้นนี้ก็มีค่ามากกว่าในกรณีของเคเบิลโลหะ และต้องไม่รวมส่วนของเคเบิลที่ใช้ในการติดยึดกับเชือกดึง การเชื่อมต่อเคเบิลให้มีความยาวเพิ่มขึ้น สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อหัวต่อเคเบิล หรือวิธีการเชื่อมต่อด้วยวิธีเชื่อมต่อ (splicing)

ก.3.5 การติดตั้งเคเบิลแขวนอากาศ

ก.3.5.1 การใช้งาน

ขอบเขตของคำแนะนำนี้ได้รวมไปถึงเคเบิลเส้นใยนำแสงสำหรับติดตั้งเหนือศีรษะที่โครงสร้าง มีสายดินประกอบรวมอยู่ด้วย (เคเบิลชนิด OPGW) ตัวอย่างการติดตั้งเคเบิลในอากาศ โดยทั่วไปแสดงดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 การติดตั้งเคเบิลในอากาศ
(ข้อ ก.3.5.1)

ก.3.5.2 วิธีติดตั้ง

โดยทั่วไป การติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงแขวนอากาศสามารถใช้วิธีการและวิธีพิจารณาเช่นเดียวกับการติดตั้งเคเบิลโลหะแขวนอากาศได้ โดยรายละเอียดในการติดตั้งรวมถึงเทคนิคปกติในการใช้ลวดโยงหรือการติดห้วงแขวนก่อนเพื่อจัดเตรียมพื้นสายรับแรงดึง ระบบการรับแรงดึงด้วยตัวเอง

การพันลวดรับแรงดึงรอบเคเบิลแขวนอากาศที่มีอยู่ หรือการใช้เคเบิลที่ได้ออกแบบมาเป็นพิเศษเป็น ตัวกลางเสมือนพันด้วยลวดรับแรงดึง โดยปกติค่าความเค้นและความเครียดทางกลที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้งเคเบิลแขวนอากาศจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อติดตั้งใต้ดิน การติดตั้งเคเบิลสามารถใช้แบบผสมทั้งใต้ดินและแขวนอากาศร่วมกัน สำหรับเคเบิลใต้ดินในส่วนของเส้นทางที่อยู่เหนือศีรษะ

ในจุดที่มีการติดตั้งโดยการดึงปลายสาย และ/หรือ ใช้มู่เสื่อในช่วงระหว่างเส้นทาง ต้องใช้ความระมัดระวังเพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่า มีอุปกรณ์ติดตั้งเพียงพอและอุปกรณ์มีกำลังดึงเพียงพอที่จะดึงเคเบิลไปในระยะทางยาว ๆ ตามเส้นทางได้

ก.3.5.3 วิธีปกป้องเคเบิล

โดยทั่วไปในการติดตั้งเคเบิลแขวนอากาศ จุดที่มีกระบวนการดึงปลายสายหรือการดึงเป็นช่วง ๆ จะใช้วิธีการต่าง ๆ เหมือนกับการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในท่อใต้ดิน (ดูหัวข้อ ก.3.4) เพื่อช่วยป้องกันมิให้เคเบิลได้รับแรงดึงเกินกว่าค่าที่กำหนดในระหว่างการติดตั้ง และที่สำคัญต้องมีการควบคุมแรงดึงด้านหลังของเคเบิลด้วยความระมัดระวังอยู่เสมอ

ในจุดที่มีการพันสายเคเบิลเพื่อรองรับแรงดึงหรือจุดที่มีเคเบิลโลหะแขวนรวมอยู่ด้วย เคเบิลเส้นใยนำแสงที่ใช้ในอากาศควรมีโครงสร้างที่ทนต่อสายพันได้ อีกทั้งแรงดึงของสายพันควรได้รับการดูแลควบคุม ทั้งนี้ควรระลึกไว้เสมอว่า กระบวนการติดตั้งเคเบิลในอากาศควรได้รับการเอาใจใส่เป็นอย่างดีในทุกขั้นตอน

ก.3.5.4 กว้านและระบบท่อนำสาย

การจัดเตรียมระบบป้องกันสภาวะการรับภาระโหลดเกินและการโค้งงอเกินกว่าที่กำหนดเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ โดยทั่วไป ในการติดตั้งเคเบิลแขวนอากาศจะใช้กว้านสำหรับดึงตรงปลายสาย และอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายเคเบิล ฯลฯ ในกระบวนการติดตั้ง สำหรับระบบการดึง ปลายสายหรือการแบ่งช่วงการดึงในการติดตั้งสายเคเบิลยาว ๆ สิ่งสำคัญได้แก่การจัดเตรียมอุปกรณ์ท่อนำสายที่เหมาะสม โดยเฉพาะตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนทิศทางของแนวสาย อีกทั้งต้องพยายามรักษาความเร็วในการดึงให้คงที่ด้วย

ก.3.5.5 วิธีติดตั้งเคเบิลให้ได้ช่วงติดตั้งที่ยาวที่สุด

ในบริเวณเส้นทางเดินเคเบิลที่สามารถเข้าถึงได้โดยง่าย สามารถใช้วิธีการติดตั้งต่าง ๆ โดยปกติทั่วไป เพื่อติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงในอากาศเป็นระยะทางยาว ๆ ได้โดยระยะทางที่มากที่สุด ในการติดตั้งจะกำหนดได้จากขนาดของวงล้อเคเบิลเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ควรหลีกเลี่ยงการดึงเคเบิลผ่านเส้นทางในบริเวณที่มีถนนหรือเส้นทางคมนาคมอื่นพาดผ่าน หรือในบริเวณที่ไม่สามารถทำการเชื่อมต่อเส้นใยได้ สำหรับพื้นที่บริเวณที่มีการใช้ระบบกว้าน ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดความยาวสูงสุดของเคเบิลในการติดตั้ง ซึ่งอาจแก้ไขปรับปรุงวิธีการได้โดยการใช้ระบบกว้านในช่วงระหว่างทางเช่นเดียวกับการติดตั้งเคเบิลใต้ดิน

ก.3.5.6 การสำรองความยาวสำหรับเชื่อมต่อสาย

ในการเดินเคเบิลแขวนอากาศจำเป็นต้องคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อและจุดทดสอบเป็นระยะ จึงจำเป็นต้องมีการจัดเพิ่มความยาวเคเบิลส่วนสำรองให้เพียงพอ ส่วนของความยาวเคเบิลเส้นใยนำแสงที่เพิ่มขึ้นนี้ต้องรองรับตำแหน่งการเชื่อมต่อและการเข้าหัวต่อเคเบิลตามสภาวะการทำงาน อีกทั้งยังต้องสำรองไว้สำหรับการเดินเคเบิลในระดับพื้นดินอีกด้วย

ก.3.5.7 ข้อควรคำนึงในการติดตั้ง

สิ่งที่ควรให้ความสำคัญในระหว่างการติดตั้ง คือค่าแรงดึงที่เกิดขึ้นในเส้นใยนำแสงในแต่ละขั้นตอน ต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้จากผู้ทำ กลไกที่ทำให้เคเบิลเคลื่อนไหว เช่น น้ำหนักของเคเบิล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเกาะตัวของน้ำแข็ง(ลูกเห็บ) และแรงปะทะจากลมเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจและต้องให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะสิ่งเหล่านี้มีส่วนในการเพิ่ม แรงดึงให้มากขึ้น การยึดปลายของเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงที่เสถียรด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับ ช่วยลดแรงกระทำต่อเคเบิลเป็นระยะทางที่ไกลกว่าที่ใช้ในกระบวนการติดตั้งเคเบิลโลหะเป็น สิ่งสำคัญที่ช่วยลดการเคลื่อนไหวของเคเบิลได้

ก.3.6 การติดตั้งเคเบิลฝังดิน

ก.3.6.1 วิธีติดตั้ง

โดยทั่วไปกระบวนการติดตั้งเคเบิลฝังดินจะรวมไปถึงการไถ (การไถโดยตรง การสั่น หรือการกว้าน) การขุดหลุม และการขุดรูใต้ดิน ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องใช้สำหรับเคเบิลฝังดินหรือเคเบิลที่ออกแบบเพื่อการติดตั้งในท่อนองนี้ โดยทั่วไประดับความลึกที่ใช้มักอยู่ในช่วงเดียวกับที่ใช้ในการติดตั้งเคเบิลโลหะ ยกเว้นในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นหรือในบริเวณที่ต้องการความปลอดภัยสูง จำเป็นต้องมีระดับความลึกมากขึ้น ในสภาวะที่ใช้การขุดหลุม ต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้กลบและวิธีการกลบเป็นพิเศษ เพื่อให้เกิดความแน่ใจได้ว่า ค่าความเครียด (strain) ที่เกิดขึ้นกับเคเบิลมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในระหว่างที่มีการติดตั้ง

ก.3.6.2 เคเบิลในหลุมขุด

เมื่อมีการติดตั้งเคเบิลในหลุมขุด จำเป็นต้องให้ความสนใจและระมัดระวังกับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ก้นหลุมจะต้องมีความแข็งแรง เช่น มีการบดอัดทรายที่ดี และต้องไม่มีก้อนหินปลอมปน ถ้ามีก้อนหิน จะต้องใส่ทรายหรือทรายละเอียดเพิ่มให้มีระดับสูงขึ้นอีกประมาณ 15 เซนติเมตร
- ระดับความลึกของการติดตั้ง (จากก้นหลุม) แสดงไว้ในตารางที่ ก.2 ซึ่งระดับความลึกนี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเสี่ยงในการใช้งานและมูลค่าสำหรับใช้จ่ายในการติดตั้ง
- การติดตั้งเคเบิลฝังดินได้ถนนเป็นระยะทางยาวสามารถกระทำได้ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยปกติเคเบิลที่ติดตั้งได้ถนนหรือพาดผ่านถนน ควรติดตั้งด้วยวิธีการร้อยท่อเพื่อป้องกันเคเบิลเสียหาย ในกรณีที่เส้นทางเคเบิลขนานไปกับแนวถนน แนวท่อร้อยสายที่ฝังเชื่อมต่อระหว่างหลุมที่ขุด ควรจัดวางในลักษณะขวางถนนโดยทำมุม 45 องศา เพื่อช่วยลดแรงดึงที่เกิดขึ้นกับเคเบิล

- เมื่อหลุมชุดที่ใช้ฝังเคเบิลปราศจากสิ่งกีดขวางใด ๆ ให้คลี่ม้วนเคเบิลที่วางอยู่บนรถบรรทุกออกจากวงล้อ ในขณะที่รถบรรทุกเคลื่อนที่เพื่อลากเคเบิลวางในหลุม การคลี่ม้วนเคเบิลออกจากวงล้อจะต้องมีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ อีกทั้งวงล้อต้องมีอุปกรณ์เหนี่ยวรั้งเคเบิลที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการลากดึงเคเบิลออกมาในปริมาณที่มากเกินไป ในการคลี่ม้วนเคเบิลออกจากวงล้อ ต้องควบคุมให้มีแรงดึงปานกลาง เพื่อจัดวางเคเบิลให้เป็นแนวตรงที่ก้นหลุม
- ในบางสภาพพื้นที่ จำเป็นต้องจัดวางเคเบิลไว้บนพื้นดินก่อนการติดตั้งในหลุม ทั้งนี้เคเบิลจะต้องจัดวางบนพื้นในลักษณะขดเป็นวง โดยมีรัศมีความโค้งเพียงพอที่จะไม่เกิดการโค้ง การบิด การกด แรงกด หรือการขัดสีที่ไม่ต้องการ
- ในกรณีที่มีการติดตั้งเคเบิลในหลุมโดยใช้ก้านดึง ลูกรอกที่ใช้ดึงเคเบิลและลูกรอกที่อยู่ตรงมุมจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะไม่ทำให้เคเบิลถลอกที่ก้นหลุมหรือที่กำแพงหลุม โดยไม่ทำให้เกิดแรงเค้น(stress) จากความโค้งในระหว่างติดตั้ง แรงดึงที่ใช้ในการติดตั้งจะต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดของเคเบิล
- ในบริเวณที่พื้นดินมีการทรุดตัว จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการติดตั้งเป็นพิเศษ เคเบิลที่ติดตั้งภายในตึก หรือภายในท่อร้อยสาย มีความเป็นไปได้ที่เคเบิลจะเกิดการชำรุดเสียหายเนื่องจากการกดหรือบิดในตึกหรือในท่อร้อยสายอันเนื่องมาจากการทรุดตัวของดินในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งการป้องกันทำได้โดยการเดินเคเบิลเป็นวง จัดให้มีอุปกรณ์รองรับสาย การใส่ กล่องปกป้องจุดเชื่อมต่อ และการใส่สารเติมให้เกิดความแข็งแรง
- การร้อยทาบบนเคเบิลที่ติดตั้งในหลุมชุด สามารถใช้วัสดุที่ไม่มีส่วนประกอบของหินหรือซีโลหะได้โดยถมทับให้มีความลึก 15 เซนติเมตร เหนือระดับของเคเบิลพร้อมทั้งตอกอัดเบา ๆ และจัดพื้นที่ให้ระดับ
- เคเบิลที่ห่อหุ้มด้วยทราย อาจห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์ป้องกันหรือแผ่นโลหะ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับเคเบิลได้
- ในขั้นตอนที่ต้องกลบหลุมที่ฝังเคเบิล อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องบดอัดวัสดุเฉพาะในกรณีที่มีอุปกรณ์คลุมปิดเคเบิลอยู่ในระดับความลึก 30 เซนติเมตร และเมื่อจำเป็นต้องกลบหลุมที่อยู่ในบริเวณถนน วิธีการกลบที่ใช้จะต้องเป็นไปตามกฎระเบียบของท้องถิ่น
- ในกรณีที่ใช้แผ่นป้องกันสนิม เช่น แผ่นพีวีซีอ่อน ต้องติดตั้งเหนือเคเบิลประมาณ 30 เซนติเมตร ถึง 40 เซนติเมตร

ตารางที่ ก.2 ระดับความลึกต่ำสุดที่ใช้ในการติดตั้ง
(ข้อ ก.3.6.2)

การประยุกต์ใช้งาน	ระดับความลึกในการติดตั้ง (m)
อัตราการส่งข้อมูลในระดับความเร็วสูง (trunk)	0.8
อัตราการส่งข้อมูลในระดับความเร็วปานกลาง (distribution)	0.6
อัตราการส่งข้อมูลในระดับความเร็วต่ำ (service / drop)	0.5
หมายเหตุ ในบางพื้นที่ที่มีอุปสรรคหรือสภาพพื้นผิวที่ทำให้การติดตั้งยุ่งยากขึ้น ระดับความลึกของการติดตั้งอาจตื้นกว่าที่ระบุ ทั้งนี้การติดตั้งในระดับความลึกที่น้อยกว่าที่กำหนดจะต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันเคเบิลเพิ่มเติม (เช่น ใช้ท่อร้อยสาย)	

ก.3.6.3 การติดตั้งเคเบิลโดยการไถ

เมื่อนำวิธีการไถมาใช้ การเลือกใช้อุปกรณ์ในการลำเลียงและวางเคเบิลเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพื่อป้องกันการโค้งงอเคเบิลไม่ให้เกิดจุดวิกฤติ และช่วยทำให้ค่าความเสียหายมีค่าต่ำเพื่อป้องกันการยืดตัวที่มากเกินไปของเส้นใยนำแสง โดยทั่วไปอาจไม่จำเป็นต้องใช้ระบบป้องกันแรงดึงเคเบิลไม่ให้เกิดค่าที่กำหนด แต่ในกรณีที่น่าเครื่องไถขนาดใหญ่ซึ่งมีตัวขับเคลื่อนและล้อประกอบมาใช้ จำเป็นต้องนำเครื่องวัดความตึงมาใช้ในการบางพื้นที่ เช่น บริเวณถนนหรือการพาดผ่านถนน หรือในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมไม่มั่นคง อาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์การป้องกันทางกล

โดยทั่วไปการลอกเส้นทางผ่านก่อนการติดตั้ง เป็นวิธีที่ทำให้มั่นใจว่าเส้นทางที่จะวางเคเบิลปราศจากสิ่งกีดขวางและมีระดับความลึกตามที่ต้องการ ระดับความลึกต่ำสุดที่ใช้ในการฝังเคเบิลแสดงไว้ในตารางที่ ก. 2

ในกรณีที่ใช้แผ่นป้องกันสนิม เช่น แผ่นพีวีซีอ่อน ต้องติดตั้งเหนือสายเคเบิลประมาณ 30 เซนติเมตร ถึง 40 เซนติเมตร

ก.3.6.4 วิธีติดตั้งเคเบิลให้ได้ช่วงติดตั้งที่ยาวที่สุด

ในกระบวนการติดตั้งเคเบิลแบบฝังดินที่ได้มีการเตรียมตัวมาเป็นอย่างดี ช่วงติดตั้งที่ยาวที่สุดจะกำหนดโดยสิ่งกีดขวางในเส้นทางและขนาดบรรจุของวงล้อ อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งเคเบิลด้วยวิธีแบบไถเป็นระยะทางยาว แต่ต้องไถผ่านพื้นที่ที่เป็นหิน การขุดหลุมอาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า การนำเทคนิคการเคลื่อนที่วงล้อมาใช้ ถือเป็นวิธีที่ช่วยให้ติดตั้งเคเบิลได้ยาวขึ้นด้วย

ก.3.6.5 การสำรองความยาวสำหรับเชื่อมต่อสาย

ในการเดินเคเบิลแบบฝังดินจำเป็นต้องคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อและจุดทดสอบเป็นระยะ จึงจำเป็นต้องมีการจัดเพิ่มความยาวเคเบิลส่วนสำรองให้เพียงพอ ส่วนของความยาวเคเบิลเส้นใยนำแสงที่เพิ่มขึ้นนี้ต้องรองรับตำแหน่งการเชื่อมต่อและการเข้าหัวต่อเคเบิลตามสภาพการใช้งานที่ต้องการ

ก.3.7 การติดตั้งเคเบิลภายใต้สถานการณ์พิเศษ

ก.3.7.1 ภายในอุโมงค์และช่วงสายต่อเข้าอาคาร

การดึงสายเคเบิลโดยการดึงปลายเข้าในอุโมงค์หรือช่วงสายต่อเข้าอาคาร ควรได้รับการพิจารณา เป็นกรณีพิเศษสำหรับการติดตั้งเคเบิลในท่อร้อยสาย ดังรายละเอียดที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ ก.3.4 อย่างไรก็ตาม ในบริเวณพื้นที่ที่เคเบิลได้รับการจัดวางและยึดในราง จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเพื่อให้มั่นใจว่าการยึดหรือการรองรับจะไม่ทำให้เกิดส่วนโค้งที่เกินค่าที่กำหนด อีกทั้งระบบการจับยึดต้องมีความเหมาะสมกับเคเบิลที่ใช้

ก.3.7.2 รางเดินสาย (riser) ในอาคาร

การติดตั้งเคเบิลในรางเดินสายตามแนวดิ่งภายในอาคาร กระทำได้ด้วยวิธีการติดตั้งทั่วไป แต่ทั้งนี้ต้องมั่นใจได้ว่า วิธีจับยึดได้ออกแบบมาให้มีความเหมาะสมกับชนิดของเคเบิลและไม่ก่อให้เกิดความเค้นขึ้นภายในเส้นใยนำแสง

ก.3.7.3 สะพาน

ข้อคำนึงทั่วไปในการติดตั้งเคเบิลโลหะ สามารถนำมาพิจารณาใช้กับเคเบิลเส้นใยนำแสงได้แต่ต้องให้ความสนใจเพิ่มเติมต่อการเคลื่อนไหวของเคเบิลที่อาจเกิดขึ้นในแนวดิ่ง หรือที่ระดับสูงชัน การเคลื่อนไหวลักษณะนี้เกิดจากแรงสั่นสะเทือนเนื่องจากสภาพการจราจร ซึ่งอาจนำไปสู่การยืดตัวของเส้นใยนำแสงให้มีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ดังนั้นการเหนี่ยวนำเคเบิลด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาให้ความสนใจ

ก.3.7.4 ใต้น้ำ

ในบางพื้นที่ที่มีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งเคเบิลใต้น้ำ เคเบิลที่ใช้จะต้องออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์นี้ และเคเบิลจะต้องมีความยาวเพียงพอที่จะไม่เกิดจุดเชื่อมต่อใต้น้ำ การทอดยาวของเคเบิลลงใต้มันน้ำหรือทะเลสาบควรมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงระนาบที่เล็กน้อย เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวของเส้นใยนำแสงในเคเบิล การเคลื่อนไหวของเคเบิลใต้น้ำสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกระนาบ ซึ่งอาจทำให้เกิดการยืดตัวของเส้นใยนำแสงเกินกำหนดได้ การจำกัดขนาดของการเคลื่อนไหวนี้ทำได้โดยการใช้หลุมขุด การวางถุงทราย การวางท่อ ฯลฯ เป็นต้น

ก.3.8 การติดตั้งเคเบิลภายในอาคาร

ก.3.8.1 ข้อควรคำนึงทั่วไป

การติดตั้งเคเบิลใยนำแสงภายในอาคาร สามารถเลือกใช้เคเบิลได้หลากหลายชนิด จึงควรให้ความสนใจต่อการเลือกชนิดของเคเบิลให้เหมาะสมกับระบบโครงข่ายที่ใช้ภายในอาคาร ค่าความโค้งของเคเบิลที่อยู่ในช่วงต่อเชื่อมเข้าสู่อาคาร ควรได้รับการเอาใจใส่อย่างเข้มงวดมากกว่าเคเบิลที่เดินอยู่ภายในอาคาร หากเป็นไปได้ควรติดตั้งอุปกรณ์ต่อแยกสายในบริเวณใกล้ทางเข้าอาคารหรือใกล้รางเดินสาย(riser) แนวตั้ง

ก.3.8.2 แนวทางการติดตั้งเคเบิล

ในการติดตั้งเคเบิลไปตามพื้นอาคาร ควรเลือกเส้นทางการเดินสายที่เป็นทางตรงสั้น ๆ ดีกว่าการเลือกเดินสายตามขอบกำแพง เพื่อป้องกันการเกิดโค้งงอที่มีรัศมีความโค้งน้อย ๆ ในการวางสายไปตามพื้น ควรเลือกใช้เคเบิลชนิดที่ใช้กับคอมพิวเตอร์จะดีกว่า เคเบิลชนิดผิวเรียบ (non-ruggedized cable) มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับติดตั้งในราง แต่ทั้งนี้ต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้จุดที่มีการโค้งงอมีค่าเกินกว่าค่าความโค้งที่กำหนด สำหรับการติดตั้งเคเบิลในท่อ ควรใช้วิธีการลากดึงแทนการดัน เคเบิลเพื่อหลีกเลี่ยงการคดงอ

ในตำแหน่งที่มีความจำเป็นต้องติดตั้งเคเบิลโดยการยึดติดกับกำแพง จะต้องมั่นใจว่ามีการใช้หมุดยึดและเข็มขัดรัดสายที่เหมาะสม และจะต้องไม่ยึดหรือรัดแน่นจนเกินไป ส่วนมากการติดตั้งเคเบิลภายในอาคารมักจะทำด้วยมือ ซึ่งอาจขาดความแน่นอนในการควบคุมแรง จึงควรให้ความระมัดระวังและระลึกอยู่เสมอว่าต้องไม่ทำให้เส้นใยนำแสงมีค่าความเครียด (strain) เกินกว่าค่าที่กำหนด

ท่อร้อยสายป้องกันไฟ อุปกรณ์ป้องกันการรั่วของก๊าซ เส้นทางเดินบนพื้น และท่อร้อยสายบริเวณทางเข้าอาคาร ที่ใช้ในการติดตั้ง หรือที่เปิดออกระหว่างการติดตั้ง ควรได้รับการอุดรอยรั่ว เพื่อป้องกันมิให้วัสดุแปลกปลอมปะปนเข้าไปภายในได้ ทั้งนี้ส่วนป้องกันทั้งหมดจะต้องดูแลให้มีความสมบูรณ์อยู่เสมอ

ก.3.8.3 การทำงานในพื้นที่จำกัด

เมื่อมีความจำเป็นต้องทำงานในพื้นที่จำกัด ให้เพิ่มความระมัดระวังตามรายละเอียดในหัวข้อ ก.3.2

ก.3.9 ระบบการเป่าลม

การจัดสร้างระบบการเป่าลมในโครงข่ายพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งด้วยวิธีที่ถูกต้องเหมาะสม สามารถทำได้โดยใช้ท่อพลาสติกเปล่าจำนวนหนึ่ง เพื่อใช้เป็นเส้นทางนำแรงดันอากาศอัดเข้าไปในท่อที่มีเคเบิลเดินอยู่ภายใน โดยทั่วไปเส้นใยนำแสงที่ใช้จะมีโครงสร้างที่เป็นวัสดุป้องกันซึ่งสามารถรองรับแรงอัดอากาศในระบบการเป่าได้

ระบบการเป่าลมมีหลายชนิด แต่โดยทั่วไปเป็นการผสมผสานที่เหมาะสมที่ประกอบด้วยเส้นใยนำแสงหรือเคเบิล ท่อที่ใช้ และเทคนิคการเป่าลม ผู้ติดตั้งควรปฏิบัติตามคำแนะนำจากผู้ทำอย่างเคร่งครัดตลอดกระบวนการ ตั้งแต่การเริ่มวางแผนเส้นทางเพื่อให้ได้ช่วงการวางสายที่ยาวที่สุดและเพื่อทราบจำนวนการโค้งงอและระยะห่างระหว่างการโค้งงอของสาย ไปจนถึงกระบวนการติดตั้งท่อและเคเบิล

การติดตั้งจะแบ่งออกเป็นสองระยะ ระยะแรกเป็นการติดตั้งท่อ และระยะที่สองเป็นการติดตั้งเคเบิล เส้นใยนำแสง

ก.3.9.1 การติดตั้งท่อ

โดยทั่วไปท่อที่ใช้ภายในอาคารและท่อที่ใช้กับระบบการเป่าเส้นใยแก้วนำแสง จะมีน้ำหนักเบาและมีเส้นทางเป็นระยะทางสั้น ๆ ดังนั้นในการติดตั้งจึงไม่จำเป็นต้องใช้การชักลากหรือใช้กั้วดึง เพราะสามารถใช้มือดึงเพื่อติดตั้งท่อได้

ท่อที่ใช้ภายนอกอาคารมักมีความคงทนมากกว่า หนักกว่า และใหญ่กว่าท่อที่ใช้ภายในอาคาร อีกทั้งยังใช้ติดตั้งในระยะทางที่ยาวกว่า ดังนั้น การติดตั้งจึงต้องใช้วิธีมาตรฐาน

ท่อบางประเภทต้องติดตั้งแบบพิเศษ เพื่อปกป้องพื้นผิวภายในให้มีความสมบูรณ์ โดยทั่วไปสิ่งสำคัญที่ควรให้ความสนใจระมัดระวัง เป็นดังต่อไปนี้

- อย่ากดหรือยึบบนท่อ เพราะจะทำให้ท่อเกิดบิดเบี้ยว ซึ่งอาจสร้างปัญหาในขั้นตอนการเป่าเส้นใยแก้วนำแสง
- อย่าทำให้ท่อเกิดการโค้งงอ จนมีค่ารัศมีมีความโค้งน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้โดยผู้ผลิต
- อย่าพยายามยืดท่อในขณะที่ติดตั้งเพื่อให้ท่อมีความยาวมากขึ้น รวมไปถึงการใช้อุปกรณ์ที่ไม่สมบูรณ์ในการจ่ายเคเบิลออกจากล้อ
- อย่าบิดท่อ อย่าเอาท่อออกจากม้วนโดยการหมุนวงล้อ และไม่ใช้การจ่ายท่อเหนือปีกล้อ
- อย่าให้ท่อสัมผัสกับน้ำหรือสิ่งสกปรก หากจำเป็นต้องทำการอุดรูรั่วของท่อนำไปติดตั้ง
- ทำการอุดท่อที่ไม่ใช้งานหลังติดตั้ง
- ท่อที่มีจำนวนมากสำหรับใช้ติดตั้งในระยะทางยาว อาจต้องการพื้นที่มากกว่าพื้นที่สำหรับเคเบิล
- เมื่อดึงหรือชักลากโดยใช้เชือก ให้ใช้ห่วงเสมอ
- จัดทำป้ายบ่งชี้รายละเอียดของท่อที่ใช้ทั้งสองปลายของท่อ
- ตัวยึดเคเบิลต้องแน่นพอที่จะทำให้ท่ออยู่ในตำแหน่ง แต่ต้องไม่แน่นจนทำให้ท่อเสียรูป

ก.3.9.2 การติดตั้งเส้นใยนำแสงและเคเบิล

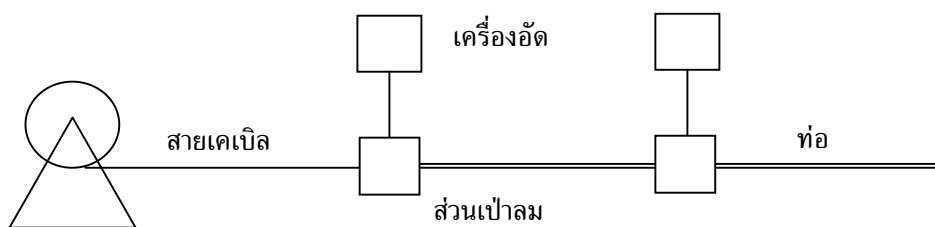
ก่อนการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง จะต้องมั่นใจว่าแนวท่อมีความสมบูรณ์ วิธีการทดสอบทำโดยใช้แรงดันลมเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงสมบูรณ์ของกำแพงท่อและความต่อเนื่องของรูท่อ ในขณะที่ใช้แรงอัดอากาศ ร่วมกับทรงกลมเล็ก (สำหรับท่อภายในอาคาร) หรือกระสวยใหญ่ (สำหรับท่อภายนอกอาคาร) จำเป็นต้องให้ความระมัดระวังต่อสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

บริเวณที่ทำการทดสอบต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเพียงพอ และต้องมีป้ายเตือนแสดงไว้

- จะต้องสวมใส่แว่นตานิรภัยเสมอ
- ระบบท่อส่งแรงดันต้องติดตั้งให้แน่นพอและปลอดภัย
- ระดับแรงดันที่ใช้ต้องไม่เกินค่าที่กำหนด
- ไม่ควรใช้ทรงกลมหรือกระสวย จนกว่าจะตรวจสอบจนมั่นใจได้ว่า ได้จัดเตรียมอุปกรณ์รองรับทรงกลมหรือกระสวยไว้แล้วที่บริเวณปลายท่อที่อยู่ไกลออกไป อีกทั้งต้องมีสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของท่อทดสอบที่ปลายท่อทั้งสองด้าน

ประสิทธิภาพในการติดตั้งเส้นใยนำแสงหรือเคเบิลในโครงข่ายท่อ มักจะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้เส้นใยนำแสงหรือเคเบิลที่ได้รับการออกแบบพิเศษ และเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบพิเศษ เช่น แหล่งจ่ายอากาศอัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการสอด และอุปกรณ์การจ่ายสาย โดยทั่วไปผู้ที่จะจัดเตรียมคู่มือที่เกี่ยวข้องกับแรงดันการอัด ชัดความสามารถของเครื่องเทคนิคการสอดใส่เพื่อป้องกันมิให้เกิดการกดและการชน และการใช้สารหล่อลื่น ไว้ด้วยแล้ว

ในกรณีที่มีการติดตั้งเคเบิลในท่อที่มีระยะทางยาว จำเป็นต้องใช้กระสวยดึงผูกติดกับปลายเริ่มของเคเบิล กระสวยนั้นจะต้องมีความยาวไม่มากและถูกยึดติดในลักษณะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ในกรณีที่ไม่สามารถใช้กระสวยได้ อาจใช้การเป่าลมเป็นช่วง ๆ แทน ดังแสดงในรูปที่ ก.4 โดยระยะห่างจากจุดเป่าถึงท่อแต่ละจุด ควรใช้ท่อที่มีความยาวสั้น ๆ



รูปที่ ก.4 การติดตั้งเคเบิลโดยการเป่าลมเป็นช่วง ๆ
(ข้อ ก.3.9.2)

ก.3.10 การแสดงตำแหน่งของเคเบิล

ในการติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงที่มีส่วนประกอบของโลหะเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยด้วยการฝังดินโดยตรง ควรให้ความสนใจในการพิจารณาตำแหน่งของเคเบิลภายหลังการติดตั้ง โดยการปักเสาหรือแสดงป้ายระบุตำแหน่งของเคเบิลและจุดเชื่อมต่อเป็นระยะ หรือใช้การฝังเส้นลวดเข้าไปพร้อมกับสายเคเบิล

ก.4 การป้องกันฟ้าผ่า

เคเบิลเส้นใยนำแสงจะไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสไฟกระชากอันเนื่องมาจากฟ้าผ่า ยกเว้นเคเบิลที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ ดังนั้น การป้องกันฟ้าผ่าจึงไม่มีความจำเป็นต่อเคเบิลเส้นใยแก้วที่ไม่มีส่วนประกอบเป็นโลหะเลย แต่ถ้าเคเบิลมีส่วนประกอบเป็นโลหะ การป้องกันเคเบิลเส้นใยนำแสงจากฟ้าผ่า สามารถใช้วิธีการเดียวกับที่ใช้กับเคเบิลโลหะ เพียงแต่อาจต้องดัดแปลงให้เหมาะสมกับระยะทางที่ยาวกว่า รายละเอียดเกี่ยวกับการป้องกันฟ้าผ่าแสดงไว้ในข้อกำหนด ITU-T Recommendation K.25

ภาคผนวก ข.

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลกระทบของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลเส้นใยนำแสง

ข.1 ทัวไป

เคเบิลเส้นใยนำแสงเป็นระบบสายส่งสัญญาณที่มีเสถียรภาพ ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางทั่วโลกมาแล้วหลายปี ทั้งที่อยู่ในสภาพแวดล้อมบนพื้นผิวโลกและใต้น้ำ

ในช่วงทศวรรษของคริสต์ทศวรรษ 1980 เคเบิลเส้นใยที่ถูกออกแบบในช่วงเวลานั้น จะมีค่าการสูญเสียสัญญาณเพิ่มมากขึ้นอันเนื่องมาจากผลกระทบของก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นภายในเคเบิล ทั้งนี้สาเหตุสำคัญมาจากการเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสมเป็นส่วนประกอบของเคเบิล ต่อมาได้มีการทบทวนอย่างกว้างขวางเพื่อหาทางลดผลกระทบที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนดังกล่าว จนทำให้เกิดข้อกำหนดต่าง ๆ ในการเลือกใช้วัสดุ สำหรับผลิตเคเบิลเพื่อลดขนาดของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจนในสายเคเบิลให้มีผลกระทบน้อยที่สุด

ปริมาณของผลกระทบที่เกิดจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจนขึ้นอยู่กับชนิดของเคเบิล (และการออกแบบ) และสภาพแวดล้อมขณะใช้งาน

เคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยวที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสมสำหรับการใช้งานบนพื้นผิวโลก ในปัจจุบันไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อวัดปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนที่ก่อกวนขึ้นจนทำให้ค่าการลดทอนสัญญาณของเคเบิลเพิ่มขึ้น

ค่าการสูญเสียสัญญาณในเส้นใยชนิดโหมดเดี่ยวที่เกิดขึ้นจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลภายใต้ความดันบรรยากาศต่ำกว่า 10 000 พาสคัล ไม่ควรมีค่ามากกว่า 0.03 เดซิเบลต่อกิโลเมตร และ 0.06 เดซิเบลต่อกิโลเมตร ที่ความยาวคลื่น 1310 นาโนเมตร และ 1550 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยปกติเคเบิลที่ไม่มีส่วนของผนังกันอากาศเข้าจะมีค่าสมมูลบรรยากาศน้อยกว่า 10 000 พาสคัล จึงถือว่ามีความเชื่อถือได้ในการนำมาใช้งาน อย่างไรก็ตาม เคเบิลชนิดร้อยท่อที่ได้รับการติดตั้งมาเป็นเวลาหลายปี มักมีค่าความดันบรรยากาศอยู่ที่ 40.5 พาสคัล [3] ซึ่งจะทำให้ค่าการลดทอนสัญญาณเพิ่มขึ้นได้

ข.2 การประเมินผลกระทบที่เกิดจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจน

ผลกระทบที่เกิดจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลอาจเป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจหรือจะละเลยก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเคเบิลและสภาพแวดล้อมที่กำหนดสำหรับใช้งาน ตารางที่ ข.1 แสดงแนวทางในการตัดสินใจประเมินเคเบิลเส้นใยนำแสงถึงผลกระทบที่เกิดจากการก่อกวนของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิล

ตารางที่ ข.1 เกณฑ์ในการประเมินเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดโหมตเดี่ยวและโหมตร่วม
(ข้อ ข.2)

โครงสร้างของเคเบิล	การใช้งาน / สภาพแวดล้อม									
	แบบฝัง		ชนิดร้อยท่อ		แบบแขวนอากาศ		พื้นที่มีน้ำ*		ใต้น้ำ	
	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM
มีโลหะ	1 ^(ก)	1	1	1	1	1	2	2	2	* *
ไม่มีโลหะ	1	1	1	1	1	1	1	2	* *	* *
dissimilar metals	1	1	1	1	1	1	2	2	2	* *
มีผนังกันอากาศ	2 ^(ข)	2	2	2	2	2	2	2	2	2

(ก) 1 หมายถึง ไม่ต้องการประเมิน

(ข) 2 หมายถึง เคเบิลควรได้รับการประเมินในระหว่างขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับโครงสร้างเคเบิล

* หมายถึง ช่วงระยะทางสั้น ๆ ที่มีการพาดผ่านน้ำหรือแม่น้ำ (เคเบิลที่มีส่วนประกอบของวัสดุดูดซึมก๊าซไฮโดรเจนไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีการประเมิน)

* * หมายถึง โครงสร้างของเคเบิลไม่เกี่ยวข้องกับการประเมิน

ข.3 ผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิล

การก่อตัวสะสมของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลใยนำแสงทั้งชนิดโหมตเดี่ยว (SM) และโหมตร่วม (MM) ในช่วงอายุการใช้งาน อาจทำให้สมบัติทางแสงของเคเบิลถดถอยลงได้ ปริมาณของผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ชนิดเคเบิล ส่วนประกอบของวัสดุและโครงสร้างภายในที่มีปฏิกิริยาต่อก๊าซไฮโดรเจน
- ระดับแรงดันของก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งาน
- การออกแบบเคเบิล โดยเฉพาะการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ เพื่อมาประกอบเป็นเคเบิล
- สภาพแวดล้อมในขณะที่ทำการติดตั้ง และอุณหภูมิขณะใช้งาน

การก่อตัวของก๊าซไฮโดรเจนในเคเบิลอาจเกิดขึ้นจากสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- การปลดปล่อยก๊าซออกมาจากส่วนประกอบของเคเบิลและวัสดุที่มีอายุการใช้งานไปนาน ๆ
- ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนที่มีอยู่ในแรงดันอากาศภายในเคเบิล
- ปฏิกิริยาการสีกกร่อนหรือเกิดสนิมของส่วนประกอบที่เป็นโลหะ ภายใต้สภาวะความชื้น
- ปฏิกิริยาทางชีวภาพของการสีกกร่อนจากกำมะถันที่ใช้ลดจำนวนแบคทีเรีย

กลไกที่ทำให้ค่าการสูญเสียสัญญาณแสงมีค่าลดทอนลงเนื่องมาจากการก่อตัวของก๊าซไฮโดรเจน สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

- การแพร่กระจายของโมเลกุลไฮโดรเจนเข้าไปในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของแก้วภายในเส้นใยทั้งชนิดโหมตเดี่ยวและโหมตร่วม ขนาดของผลกระทบมีค่าแปรผันตรงต่อแรงดันบรรยากาศของก๊าซไฮโดรเจน

- ปฏิกริยาเคมีถาวรที่เกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนกับส่วนที่บกพร่องในเส้นใยขนาดของผลกระทบมีค่าสัมพันธ์กับค่ารากที่สองของแรงดันบรรยากาศของก๊าซไฮโดรเจน โดยเส้นใยแก้วชนิดโหนดรวมจะมีขนาดของผลกระทบมากกว่าเส้นใยชนิดโหนดเดี่ยวประมาณ 2 เท่าถึง 3 เท่า ในการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาเคมีถาวรกับกลไกในข้อก่อนหน้านี้ในกรณีของเส้นใยชนิดโหนดเดี่ยว ค่าการสูญเสียจากปฏิกริยาเคมีจะมีผลกระทบน้อยกว่ามาก แม้ว่าเส้นใยจะถูกใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ช่วยเสริมปฏิกริยาเคมีเป็นเวลาถึง 25 ปีก็ตาม ในขณะที่เส้นใยชนิดโหนดรวมจะได้รับผลกระทบตรงข้ามกัน
- ค่าการสูญเสียสัญญาณที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง ซึ่งมักเกิดขึ้นกับเส้นใยชนิดโหนดเดี่ยวที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิสูง (มากกว่า 60 องศาเซลเซียส) อย่างไรก็ตาม ค่าการสูญเสียสัญญาณที่เกิดจากกลไกนี้ในสภาพอุณหภูมิห้องจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับกลไกในข้อแรก
- การตรวจสอบค่าการสูญเสียสัญญาณที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลกระทบของกลไกในข้อแรกกับปฏิกริยาเคมีควรกระทำในช่วงความยาวคลื่นแสงระหว่าง 1 240 นาโนเมตรถึง 1 380 นาโนเมตร

ภาคผนวก ก.

ข้อแนะนำเกี่ยวกับค่าการลดทอนสัญญาณในการประยุกต์ใช้งานต่างๆ

ตารางที่ ก.1 การประยุกต์ใช้งานเคเบิลเส้นใยนำแสงกับค่าการลดทอนสัญญาณ

มาตรฐาน	การประยุกต์ใช้งาน ^(ก)	ค่าการลดทอนสัญญาณสูงสุดของเคเบิล ที่ความยาวคลื่น 850/1300 nm dB/km
IEEE 802.3:1000BASE-SX & LX	ระบบอีเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Gigabit Ethernet)	≤ 3.5 / ≤ 1.5
ISO/IEC 8802-3:10BASE-FL & FB	10BASE-F ^(ข)	≤ 3.75 / $\leq N/A$
ISO/IEC 9314-3	FDDI ^{(ค), (ง)}	N/A
ISO/IEC 14165	ช่องสัญญาณในเส้นใย ^(ง) (fiber channel)	N/A
ATM LAN 622-08M bit/sec	ATM ^(ง)	N/A
EIA/TIA 568B3	TIA 568B3	≤ 3.75 / ≤ 1.5
ISO/IEC 11801	ISO/IEC 11801	≤ 3.5 / ≤ 1.5
(ก) ข้อกำหนดเกี่ยวกับการลดทอนสัญญาณในการประยุกต์ใช้งานเป็นค่าการลดทอนสัญญาณของเคเบิล (ข) 10BASE-F กำหนดให้ใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 850 nm เท่านั้น (ค) FDDI กำหนดให้ใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 1300 nm เท่านั้น (ง) ในกรณีที่ไม่มีข้อกำหนดค่าการลดทอนสัญญาณ ให้ใช้การกำหนดระดับกำลังงานแสงแทน		

บรรณานุกรม

- [1] IEG 6222 I : 2001, Microbending sensitivity
- [2] ITU-T Recommendation K.25 (02/00), *Protection of optical fibre cables*
- [3] HORNUNG, S., GASSIDY, S.A., REEVE, M.H. “The distribution of H₂ gas along an inland optical fibre cable” Symposium of Optical Fibre Measurements 1984, National Bureau of Standards, NSB-SP-683, pp. 85-88, Oct. 1984
- [4] ITU- T Recommendation L.27(10/96), *Method for estimating the concentration of hydrogen in optical fibre cables*
- [5] ISO/IEC 8802-3:1996, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications (in English only)*
- [6] ISO/IEC 9314-3:1990, *Information processing systems – Fibre Distributed Data Interface (FDDI) – Part 3: Physical Layer Medium Dependent (PMD) (in English only)*
- [7] A TM LAN 622-08M bit/sec
- [8] EIA/TIA 568B3: *Optical fibre cabling components standard*
- [9] ISO/IEC 11801 :2000, *Information technology – Generic cabling for customer premises*
- [10] ISO/IEC 14165 (ail parts), *Information technology – Fibre Channel (in English only)*
- [11] IEEE 802.3: 2000, *Information technology – Local and metropolitan area networks – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*