การออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงเพื่อป้องกันสัตว์กัดแทะชนิดกลมแบบฉนวนทั้งหมดสำหรับใช้งานการเข้าถึง

Design of Anti-Rodent All-Dielectric Round Type Access Optical Cable

นฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล[1] อธิคม ฤกษบุตร[2] และ สมมาตร แสงเงิน[3]

[1]ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) naritsos@nt.ntplc.co.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร athikom12@gmail.com

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร sangngern@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดกลมแบบฉนวนไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบและป้องกันสัตว์กัดแทะ สำหรับการใช้งาน ในโครงข่ายการเข้าถึงไปยังบ้านผู้ใช้ โดยการออกแบบโครงสร้างและเลือกใช้วัสดุที่มีไนลอน-6 เป็นเปลือกหุ้ม ทำให้เคเบิลมีขนาดเล็กทนทานต่อการกัดแทะของสัตว์ ในขณะเดียวกันต้องมีคุณสมบัติทางกลและทางแสงเป็นไปตามมาตรฐานสากล

คำสำคัญ: ป้องกันสัตว์กัดแทะ เคเบิลสายกระจาย เคเบิลชนิดกลม

Abstract

This paper presents the design of anti-rodent all-dielectric round type optical fiber cable for access network to the end user. The design focuses on the structure of the round type cable using nylon-6 for cable jacket to provide small size cable and the tolerance to the rodent whereas the optical and mechanical properties of the cable must agree with the international standard.

Keywords: anti-rodent, drop cable, round type cable

1. บทนำ

เครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมสำหรับการเข้าถึงอาคารที่พักอาศัยในปัจจุบันคือระบบ FTTx หรือ Fiber to the x (x อาจหมายถึง H = Home, B = Building/Business, C = Curb/Cabinet, N = Node, ฯ ล ฯ) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงเป็นสายส่งสัญญาณ สำหรับการสื่อสารแบบ Broadband ทำให้มีความเร็วในการสื่อสารสูงมาก เคเบิลเส้นใยนำแสงในระบบ FTTx เป็นเคเบิลสายกระจาย (Drop Cable) ซึ่งจะถูกติดตั้งสำหรับการให้บริการปลายทาง (Last Mile) โดยเชื่อมต่อจากโหนดของผู้ให้บริการผ่านเครือข่ายกระจายสายหรือ ODN (Optical Distribution Network) ไปยังผู้ใช้ปลายทาง โดยมีความยาวเส้นใยนำแสงไม่เกิน 20 กิโลเมตร จำนวนเส้นใยนำแสงในเคเบิล 1 เส้นที่มาจากโหนดของผู้ให้บริการ อาจมีจำนวนมากตามจำนวนผู้ใช้บริการ (ลูกค้า) การติดตั้งเคเบิลมักใช้การพาดสายกับเสาไฟฟ้าไปตามเส้นทางต่าง ๆ และจะถูกแยกย้ายไปยังบ้านผู้ใช้ที่อยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ด้วยอุปกรณ์แยกแสง หรือ Optical Splitter ทำให้จำนวนเส้นใยนำแสงที่ติดตั้งไปยังผู้ใช้บริการแต่ละราย มีจำนวนลดลง โดยจำนวนเส้นใยนำแสงที่ใช้เมื่อถึงผู้ใช้ปลายทางจะมีจำนวนเพียง 1 หรือ 2 คอร์ เท่านั้น

โครงข่ายการเข้าถึงของผู้ประกอบการหลายรายในเมืองไทย เช่น บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) เลือกใช้ระบบ FTTx มาตรฐาน GPON (Gigabit Passive Optical Network) ตามมาตรฐานของ ITU-T G.984 ซึ่งกำหนดการรับส่งข้อมูลในระดับชั้นโพรโทคอลชั้นที่ 2 (OSI Layer 2 Protocol) รองรับ ATM, GPON Encapsulate Method (GEM) และ Ethernet ทำให้ GPON ได้รับความนิยมมากกว่ามาตรฐานอื่น ส่งผลให้การจัดหาและสั่งซื้ออุปกรณ์ในท้องตลาดมีความสะดวก ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการดำเนินธุรกิจในการบริหารโครงข่าย

เนื่องจากระเบียบการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ปี พ.ศ. 2563 ว่าด้วยหลักเกณฑ์การติดตั้งสายสื่อสารบนเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง กำหนดไว้ว่า ห้ามแขวนสายสื่อสารทุกชนิดที่มีสายสะพานรับแรงดึงโลหะกับเสาของ กฟน. ส่งผลกระทบต่อโครงข่าย ODN ของผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมหลายราย รวมถึง บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (NT) ซึ่งแต่เดิมมักใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดที่มีสายสะพานรับแรงดึงโลหะเป็นส่วนประกอบ ทำให้ผู้ประกอบการต้องจัดหาเคเบิลสายกระจายที่เหมาะสม ทั้งนี้การออกแบบเคเบิลดังกล่าวมักเป็นองค์ความรู้เฉพาะที่จดสิทธิบัตรของนวัตกรและผู้ผลิตชั้นนำ [1] ดังนั้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนการนำเข้าเทคโนโลยีในระยะยาว รวมถึงการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นภายในประเทศ เราจึงได้ทำการวิจัยและสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบไม่มีโลหะสำหรับใช้งานในระบบ FTTx ขึ้นเอง และได้นำเสนอไปเมื่อปีที่แล้ว [2], [3] อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ได้นำเคเบิลที่ออกแบบไปใช้งานจริงหลายพื้นที่ในประเทศ พบว่าเคเบิลดังกล่าวใช้งานได้ดี แต่กลับมีปัญหาโดนทำลายด้วยสัตว์กัดแทะ เช่น หนู กระรอก ฯลฯ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยต่อยอดจากงานวิจัยที่ได้นำเสนอในปีที่แล้ว [2] โดยทำการออกแบบพัฒนาโครงสร้างเคเบิลชนิดกลมขึ้นใหม่ที่มีโครงสร้างเป็นฉนวนทั้งเส้น ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะตามข้อกำหนดของ กฟน. มีขนาดเล็กสามารถใช้งานได้กับครือข่าย FTTx และที่สำคัญต้องมีความทนทานต่อการกัดทำลายที่เกิดจากสัตว์ประเภทที่ชอบกัดแทะ (Rodent) ด้วย จากการทดลองสร้างเคเบิลต้นแบบแล้วทำการทดสอบทางกลและทางแสง พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานสากลที่

The manuscript received June 18, 2021; revised September 17, 2021; accepted November 20, 2021; available online April 30, 2022.
**Corresponding author:* นฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล, ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติจำกัด (มหาชน) *(E-mail: naritsos@nt.ntplc.co.th)*

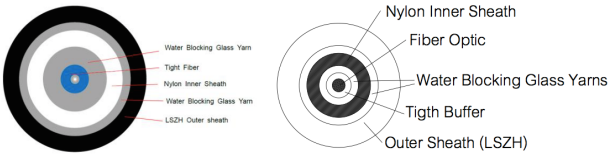
กำหนด และเมื่อได้นำไปติดตั้งใช้งานเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 6 เดือน พบว่าป้องกันการกัดแทะของสัตว์ได้

2. การออกแบบโครงสร้างเคเบิลต้นแบบ

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงต้นแบบ เริ่มจากการสำรวจและเก็บปัญหาจากการติดตั้งและใช้งานเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบสายกระจายที่ใช้ในโครงข่ายสื่อสารของ บมจ. ทีโอที (ชื่อเดิมของ NT) ที่ผ่านมา จากข้อมูลที่ได้พบว่าสายเคเบิลที่ต่อเชื่อมโยงเข้าอาคารสำหรับบริการ FTTx มีโครงสร้างเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบแบน (Flat Type) และแบบกลม (Round Type) โดยเคเบิลแบบแบนจะมีเส้นใยนำแสงฝังอยู่ตรงเปลือกหุ้มเคเบิล เคเบิลแบบนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งในเส้นทางที่มีระยะทางใกล้ ส่วนเคเบิลชนิดกลม เส้นใยนำแสงจะอยู่ในส่วนกลางแยกออกจากส่วนที่เป็นเปลือกหุ้ม ตัวเส้นใยนำแสงภายในจะเคลื่อนตัวได้น้อย ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในระยะทางที่ไกลขึ้นและกับสภาพการใช้งานในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมสูงได้ดี ในช่วงแรกของการให้ บริการ FTTx นำร่องที่ภูเก็ต ได้ใช้เคเบิลชนิดแบน เมื่อใช้งานได้ระยะหนึ่งพบว่า เคเบิลชำรุดเสียหายหลังจากการแกว่งตามแรงลม เนื่องจากเปลือกหุ้มไม่ยืดหยุ่นส่งผลให้เส้นใยนำแสงในเปลือกหุ้มเสียหาย โดยปรกติระยะทางการติดตั้งสายกระจายของ บมจ. ทีโอที อยู่ที่ประมาณ 300 เมตร (m) ซึ่งยาวเกินไปสำหรับการใช้งานเคเบิลแบบแบน ต่อมา บมจ.ทีโอที จึงเปลี่ยนไปใช้เคเบิลแบบกลม เริ่มจากการใช้เคเบิลที่มีสายสะพาน (Messenger Wire) เป็นโลหะ เพราะต้องรับแรงดึงขณะใช้งาน เมื่อต้องพาดสายด้วยการแขวนบนเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่าง (Span) 40 เมตร

ในระยะแรกเคเบิลสายกระจายชนิดกลมที่ใช้มีสองชนิด คือ ชนิดธรรมดากับชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ ซึ่งทั้งสองชนิดนี้ เส้นใยนำแสงที่อยู่ด้านในภายใต้เปลือกหุ้มจะเป็นชนิดท่อแน่น (Tight-Buffered) ต่างกันตรงที่ ถ้าเป็นเคเบิลชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ จะเพิ่มส่วนป้องกันที่เป็นโลหะบางผลิตจาก Stainless Steel พันห่อหุ้มเส้นใยนำแสงชนิดท่อแน่นก่อนเคลือบด้วยเปลือกหุ้มชั้นนอก ซึ่งเคเบิลสายกระจายนี้ใช้งานได้ดีก่อนที่ กฟน. จะออกเกณฑ์ห้ามพาดสายเคเบิลสื่อสารที่มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะในปี พ.ศ. 2563

คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอโครงสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดสายกระจายชนิดไม่มีโลหะ [2] และได้นำไปติดตั้งใช้งานนำร่องในบางพื้นที่ เป็นระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 90 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้งานไปได้ช่วงเวลาหนึ่งกลับพบว่า เคเบิลนี้ไม่สามารถทนทานต่อการกัดแทะของสัตว์ได้ดีนัก เนื่องจากแกนรับแรงดึงภายในด้วยตัวเองที่เป็นวัสดุพลาสติกเสริมแรงด้วยไฟเบอร์กลาสหรือ FRP (Fiber Reinforced Plastic) จำนวน 8 แกน ที่พันรอบเส้นใยแก้วชนิดท่อแน่น ไว้ภายในเกิดการแยกตัวออกเมื่อโดนสัตว์กัดแทะเปลือกนอกจนกร่อน ทำให้เส้นใยนำแสงภายในชำรุดเสียหาย ผู้วิจัยจึงต้องคิดหาวัสดุชนิดใหม่แทน FRP ทั้งนี้ วัสดุที่จะมาแทน ไม่เพียงแต่ต้องแก้ไขปัญหาการกัดแทะของสัตว์ได้เท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงคุณสมบัติป้องกันการลามไฟ (Fire Retardant) ด้วย เนื่องจากเคเบิลสายกระจายต้องโยงจากภายนอก เข้าสู่ภายในอาคาร หากเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ข่ายสายสื่อสารภายนอกอาคารต้องไม่ให้ไฟลุกลามผ่านสายเข้ามาภายในอาคารได้ ในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ หลายชนิด ในที่สุดได้เลือกใช้วัสดุที่เป็นเส้นใยพอลิเอไมด์ Polyamide) หรือ ไนลอน (Nylon) ชนิดที่มีชื่อว่า ไนลอน-6 (Nylon-6) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์มาจาก Carprolatam ทั้งนี้ คุณสมบัติของไนลอน-6 มีลักษณะใสเมื่ออยู่ในสภาพฟิล์ม แต่เมื่อนำมาขึ้นรูปจะมีสีขาว ทึบแสง ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทนความร้อนได้สูง โดยมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 180°C ถึง 200°C ดูดซับความชื้นน้อย ป้องกันการซึมผ่านของของเหลว/ไขมัน/ออกซิเจนและกลิ่นได้ดี ทนทานต่อ การกัดกร่อน/เสียดสี ทนต่อการบิด/พับงอ แข็งแรงขึ้นรูปง่าย แต่ก็ยังคงมีความยืดหยุ่น ไม่เสียรูปทรงง่าย และที่สำคัญคือมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ติดไฟและไม่ลามไฟ



รูปที่ 1 โครงสร้างของเคเบิลสายกระจายต้นแบบที่ใช้ไนลอน-6

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของเคเบิลสายกระจายที่พัฒนาต่อยอดมาจากที่ได้นำเสนอไปเมื่อปีที่แล้ว [2] ด้านในเคเบิลบรรจุเส้นใยนำแสงแบบท่อแน่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 900 um ห่อหุ้มด้วยใยวัสดุกั้นน้ำ (Water Blocking Glass Yarns) จากนั้นห่อหุ้มด้วยแผ่นบาง ของไนลอน-6 ก่อนหุ้มด้วยวัสดุกั้นน้ำอีกชั้น สุดท้ายเป็นเปลือกหุ้มเคเบิลที่ทำจากวัสดุชนิด LSZH (Low Smoke Zero Halogen) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิลทั้งเส้นคือ 5.6 mm ทั้งนี้ไม่สามารถทำให้เล็กลงกว่านี้ได้ เนื่องจากข้อจำกัดในกระบวนการผลิตไม่สามารถหลอมให้ไนลอน-6 บางกว่านี้ได้

จากโครงสร้างต้นแบบนี้ ทีมผู้วิจัยได้สั่งผลิตสายเคเบิลต้นแบบจำนวน 1000 เมตร เพื่อนำมาทดสอบทางแสงและทางกล ในการทดสอบทางกลได้ทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลาย มีผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 1 จากการทดสอบกับสายตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 เส้น พบว่าเคเบิลที่ได้ออกแบบนี้ รับแรงดึงแบบทำลายเฉลี่ยได้สูงถึง 2,593 นิวตัน (N) ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้ค่ามาตรฐานการใช้งานสายกระจายชนิดกลมทั่วไปกำหนดให้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 800 N ในส่วนของการทดสอบทางแสงและทางกลอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการ [4] ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกหัวข้อ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำไปติดตั้งใช้งานในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงกลับพบว่า เคเบิลรุ่นนี้ยังไม่สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ อีกทั้งเคเบิลต้นแบบนี้มีต้นทุนการผลิตสูง และมีขนาดใหญ่ทำให้อุปกรณ์จับยึดเคเบิล (Clamp) ที่มีอยู่เดิม ไม่สามารถจับยึดสาย

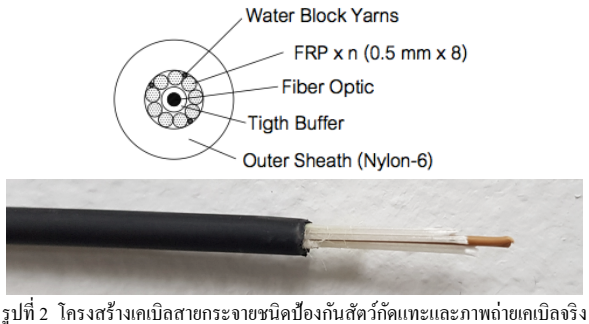
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากติดตั้งเพื่อใช้งานจริง จะยิ่งทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนยิ่งขึ้นไปอีก จึงไม่เหมาะกับสภาพการแข่งขันในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิล

ตัวอย่างทดสอบที่	ค่าแรงดึงทำลาย (N)
1	2,671.00
2	2,724.00
3	2,579.00
4	2,246.00
5	2,747.00
ค่าแรงดึงทำลายเฉลี่ย (N)	2,593.40

3. เคเบิลสายกระจายที่ใช้ในลอน-6 และป้องกันสัตว์กัดแทะได้

เนื่องจากไนลอน-6 มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้พลาสติกไนลอน-6 เกรด Halogen-Free Frame Retardant ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันไฟติดและไฟลามเป็นเปลือกหุ้มแทน LSZH โดยกลับ ไปใช้วัสดุเสริมแรงด้วยไฟเบอร์กลาสหรือ FRP เป็นตัวรับแรงดึงแบบรับน้ำหนักตัวเองได้ ตามโครงสร้างของงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1] ในที่สุดได้โครงสร้างเคเบิลใหม่แสดงดังรูปที่ 2 โดยแกนในสุดเป็นเส้นใยนำแสง 1 เส้นแบบท่อแน่นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 900 um ตามมาตรฐาน ITU-G.657A/A1 จากนั้นพันรอบด้วยวัสดุกั้นน้ำ แล้ววางแกน FRP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm จำนวน 8 แกน เป็นวงล้อมรอบเส้นใยแก้วเพื่อป้องกันสัตว์กัดแทะชั้นที่หนึ่ง พร้อมทั้งเป็นตัวรับแรงดึงแบบรับน้ำหนักตัวเองได้ ชั้นนอกสุดเป็นเปลือกหุ้มที่ทำจากพลาสติกไนลอน-6 เกรด Halogen-Free Flame Retardant เส้นผ่านศูนย์กลางรวมทั้งเส้นของเคเบิลคือ 3.3 mm ดังแสดงในรูปที่ 2 (รูปล่าง) จากนั้นได้สั่งผลิตเคเบิลต้นแบบนี้จำนวน 1 ม้วน ยาว 1000 m เพื่อนำมาทดสอบ



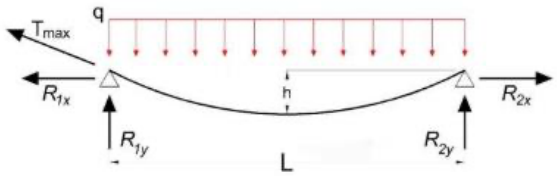
รูปที่ 2 โครงสร้างเคเบิลสายกระจายชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะและภาพถ่ายเคเบิลจริง

ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิลแสดงดังตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงทำลายที่วัดได้มีค่า 1,209 N ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์กำหนดที่เคเบิลต้องรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 800 N ในระหว่างทำการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลาย ได้ทำการทดสอบทางแสงไปพร้อมกันด้วย จากการป้อนแสงตลอดเวลาที่ทดสอบทางกล เพื่อพิจารณาผลกระทบจากแรงดึงที่น้อยกว่า 300 N ต่อค่าการลดทอนสัญญาณแสงในเส้นใยแก้วที่บรรจุอยู่ในเคเบิล พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.1 dB ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ [4]

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายสายเคเบิลชนิดไนลอน-6 ที่ป้องกันสัตว์กัดแทะได้

ตัวอย่างทดสอบที่	ค่าแรงดึงทำลาย (N)
1	1,190.00
2	1,237.00
3	1,184.00
4	1,182.00
5	1,252.00
ค่าแรงดึงทำลายเฉลี่ย (N)	1,209.00

เพื่อให้แน่ใจว่าเคเบิลชนิดใหม่นี้สามารถนำไปติดตั้งใช้งานได้ตลอดอายุการใช้งาน จึงได้ทำการคำนวณค่าแรงดึงของสายที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งใช้งานแล้ว โดยจำลองสภาพหน้างานจริง เมื่อต้องแขวนเคเบิลกับเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างเสา (L) 40 m (บริเวณชานเมืองหรือพื้นที่บางแห่งอาจห่างมากขึ้นถึง 60 m) และมีระยะตกท้องช้าง (h) 0.5% ของระยะระหว่างเสา ตามที่แสดงในรูปที่ 3 โดยที่ T_{max} คือแรงดึงเคเบิล, R_x และ R_y เป็นแรงกระทำในแนวแกนนอน (x) และแกนตั้ง (y) ตามลำดับ ตำแหน่งจับยึดจุดแขวนที่เสาแสดงด้วยรูปสามเหลี่ยมด้านซ้าย (ตำแหน่ง 1) และด้านขวา (ตำแหน่ง 2) ตามลำดับ



รูปที่ 3 แรงกระทำที่เกิดกับเคเบิลที่ถูกแขวนในทิศทางต่าง ๆ

การคำนวณหาผลรวมของแรงดึงและน้ำหนักสายที่กระทำ ณ อุปกรณ์จับยึดเป็นไปตามทฤษฎีการแตกแรง นั่นคือ

$$T_{max} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1)$$

เมื่อแรงดึงในแนวนอนคือ $R_x = R_{1x} = R_{2x} = \frac{qL^2}{8h}$

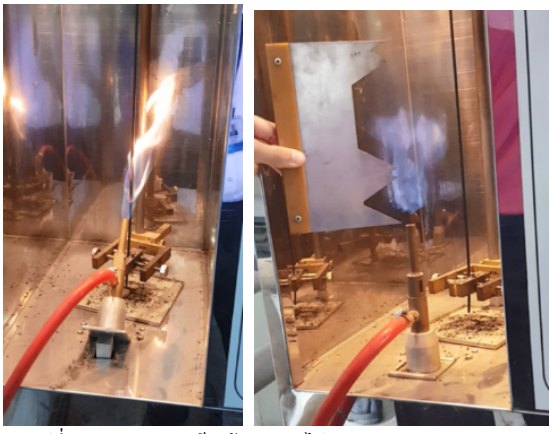
แรงดึงแนวตั้งคือ $R_y = R_{1y} = R_{2y} = \frac{qL}{2}$

โดยที่ q เป็นค่าน้ำหนักสายต่อหน่วยความยาว เมื่อทำการวัดหาค่าน้ำหนักสายเคเบิลที่ผลิตขึ้นจากการสุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย (q) เป็น 10.89 g/m

จากข้อมูลข้างต้น เมื่อทำการคำนวณหาค่าแรงดึงสูงสุดเมื่อต้องแขวนเคเบิลชนิดไนลอน-6 กับเสาไฟฟ้าที่มีระยะห่างมากสุด 60 m (กรณี

แย่ที่สุด) ได้ค่าแรงดึงเคเบิลแนวนอนเป็น 160.20 N ซึ่งเมื่อเทียบค่านี้กับผลการทดสอบการรับแรงดึงแบบทำลายที่มีค่า1,209 N จะเห็นว่าเคเบิลที่ออกแบบ และสร้างขึ้นนี้ สามารถติดตั้งและใช้งานได้ตลอดอายุการทำงานแน่นอน

ในการทดสอบการลามไฟ ได้ดำเนินการตามมาตรฐาน IEC 60332-1 หัวข้อ Flame Propagation ดังรูปที่ 4 โดยการป้อนเปลวไฟแนวตั้งต่อเนื่องให้กับสายตัวอย่างเป็นเวลา 60 วินาที เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำเปลวไฟออก รอจนเปลวไฟดับสนิท แล้วตรวจพินิจด้วยสายตาพบว่าสายตัวอย่างทดสอบลามไฟและดับด้วยตัวเองตามมาตรฐาน IEC 60332-1 ซึ่งถือว่าผ่านการทดสอบ



รูปที่ 4 การทดสอบการป้องกันการลามไปตามมาตรฐาน IEC 60332-1

ในส่วนของการทดสอบอื่น ๆ ทั้งทางแสงและทางกลตามมาตรฐานทางเทคนิค [4] พบว่าเคเบิลชนิดไนลอน-6 ที่พัฒนาขึ้นมานี้ ผ่านเกณฑ์การทดสอบทุกประการ และเมื่อได้สั่งผลิตจำนวน 22 ม้วน ความยาวรวม 22,000 m แล้วนำไปทดลองติดตั้งในภาคสนามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าไม่มีรายงานความเสียหายที่เกิดจากสัตว์กัดแทะเลย อนึ่ง จากการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่า เคเบิลสายกระจายชนิดใหม่นี้ เปลือกหุ้มจะมีผิวมันลื่นตามคุณสมบัติของไนลอน-6 ทำให้ฟันของสัตว์กัดแทะลื่นไถลเมื่อกัดสายเคเบิล ไม่สามารถกัดทะลุได้ง่ายเหมือนกับสายทั่วไป จึงมั่นใจว่าเคเบิลชนิดนี้สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้

4. สรุป

บทความนี้พัฒนาต่อยอดแนวความคิดการในออกแบบและสร้างเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดกลมแบบไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบและต้องป้องกันสัตว์กัดแทะได้ สำหรับการใช้งานเป็นสายกระจายไปยังผู้ใช้ปลายทางในโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) ของบริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ (NT – National Telecom) ผลจากการนำวัสดุไนลอน-6 มาใช้เป็นเปลือกหุ้ม ไม่เพียงแต่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งใช้งานเช่นเดียวกับเคเบิลที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ยังทำให้เคเบิลสายกระจายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเหลือเพียง 3.3 mm ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเมื่อต้องพาดสายไปกับเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน. คิดค่าใช้จ่ายตามขนาดเคเบิล) อีกทั้งการออกแบบเองช่วยสร้างองค์ความรู้ภายในประเทศและช่วยลดต้นทุนการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บมจ. ทีโอที (ชื่อเดิมของ NT) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร บริษัท เอสซีจี เคมิคอล บริษัท ไฟเบอร์ ออปติค คอมมิวนิเคชั่น จำกัด และ บริษัท พียูบี แอคเซสเซอรี่ จำกัด ที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] B. Villiger et al., *Long Span Drop Cables*, USA, US Patent 2020/0158971 A1, May 21, 2020.

[2] นฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล และ อธิคม ฤกษบุตร, “การออกแบบเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบไม่มีโลหะสำหรับใช้งานในเครือข่าย FTTx” เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43 (EECON-43), โรงแรมท็อปแลนด์, จ.พิษณุโลก, หน้า 234-237, 28-30 ตุลาคม 2563

[3] สมมาตร แสงเงิน, นฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล, และ อธิคม ฤกษบุตร, “การพัฒนาเคเบิลเส้นใยนำแสงในประเทศไทย” เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43 (EECON-43), โรงแรมท็อปแลนด์, จ.พิษณุโลก, หน้า 226-229, 28-30 ตุลาคม 2563

[4] อธิคม ฤกษบุตร, “มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการทดสอบเคเบิลเส้นใยนำแสงในงานสื่อสารโทรคมนาคม”, เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 42 (EECON-42), โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่, จ.นครราชสีมา, หน้า 337-340, 30 ตุลาคม - 1 พฤศจิกายน 2562