

# โครงการศึกษาวิจัย

## ออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup>

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา (วบ.2) บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน)

### 1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

บริการ FTTx (Fiber to The x) เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบส่งสัญญาณกระจายจากศูนย์กลางหนึ่งจุดไปยังผู้ให้บริการหลายรายรอบศูนย์กลาง (Point-to-Multipoint) มาตรฐาน ITU (International Telecommunication Union) ตามมาตรฐาน GPON (Gigabit Passive Optical Network) มาตรฐาน IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) และมาตรฐาน EPON (Ethernet Passive Optical Network)

โครงข่าย FTTx อยู่ในกลุ่มบริการปลายทางหรือ Last Mile ส่งผ่านสัญญาณสื่อสารผ่านโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงเริ่มจากอุปกรณ์ OLT (Optical Line Terminal) เชื่อมต่อไปอุปกรณ์ปลายทาง ONU/ONT (Optical Network Unit/Optical Network Terminal) ผ่านโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network)

บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) เลือกใช้ FTTx มาตรฐาน GPON ตามข้อกำหนด ITU-T G.983 กำหนดการรับส่งข้อมูลในระดับชั้นโพรโทคอลชั้นที่ 2 (OSI Layer 2 Protocol) รองรับ ATM, GPON Encapsulate Method (GEM) และ Ethernet ด้วยเหตุผล GPON ได้รับความนิยมและมีอุปกรณ์สนับสนุนในท้องตลาดมากกว่าระบบมีแนวโน้มต่ำลง การบริหารโครงข่ายมีความยืดหยุ่น

ระเบียบการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ปี พ.ศ. 2563 กำหนดหลักเกณฑ์ห้ามติดตั้งสายสื่อสารที่มีโครงสร้างโลหะกับเสาไฟฟ้าของ กฟน. ส่งผลกระทบต่อ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) บริการ FTTx โครงข่าย ODN เส้นใยแก้วนำแสงในส่วนของ Last Mile ใช้สาย OFC Round Type ที่มีเส้นลวดโลหะสายสะพานรับแรงดึง [1] ขัดระเบียบของ กฟน.

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา (วบ.2) และส่วนงานที่เกี่ยวข้องร่วมศึกษาวิจัยออกแบบสายกระจายเส้นใยแก้วนำแสงแนวตรงรับแรงดึงด้วยตัวเองไม่มีส่วนประกอบของโลหะหรือสาย Access OFC LSZH (Access OFC LSZH Cable Design without Metal Components) [2] รองรับระเบียบของ กฟน. พร้อมจัดซื้ออุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาใช้งาน

ผลการทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH ด้วยอุปกรณ์จับยึดฯ ที่จัดซื้อภาคสนามได้ผลตามเป้าหมายที่กำหนด แต่ต้นทุนอุปกรณ์จับยึดฯ ในท้องตลาดมีราคาสูง 15 ถึง 35 บาท/ชิ้น (ขึ้นกับ

ปริมาณการสั่งซื้อ) เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC แบบมีสายสะพานรับแรงดึงโลหะเดิมราคาเพียง 3 ถึง 5 บาท/ชิ้น จากปัญหาเรื่องต้นทุนอุปกรณ์จับยึดฯ ที่มีราคาสูง วบ.2 ได้รับมอบหมายให้ศึกษาวิจัยพัฒนาออกแบบอุปกรณ์จับยึดหรือหาแนวทางลดต้นทุน

## 2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้ เก็บข้อมูลอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงทรงกลมที่ทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH [2] ภาคสนาม สํารวจอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมหรือศึกษาวิจัยออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงทรงกลมขึ้นมาเฉพาะเพื่อลดค่าใช้จ่าย (ถ้ามี) ทั้งนี้แนวทางแก้ปัญหาต้องไม่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงานเดิม ต้นทุนต่ำ ไม่ละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา

## 4. ขั้นตอนของการศึกษาวิจัย

- 1) สํารวจและเก็บข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่จับสายกระจายทรงกลมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
- 2) รวบรวมข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC LSZH [2] ที่จัดซื้อมาทดลองภาคสนาม
- 3) คัดเลือกหรือออกแบบ (ถ้ามี) อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่จับยึดสายกระจายทรงกลมรับแรงดึงด้วยตัวเอง
- 4) ทดสอบอุปกรณ์จับยึดสายฯ ที่คัดเลือกหรือออกแบบในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม
- 5) สรุปผลจัดทำรายงานวิจัยนำเสนอผู้บริหารเพื่อพิจารณากำหนดเป็นมาตรฐานต่อไป

## 5. ประโยชน์ที่ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) จะได้รับ

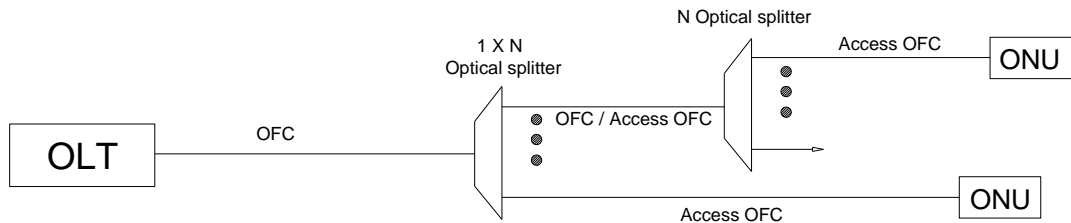
- 1) มีอุปกรณ์จับยึดสายกระจายเส้นใยแก้วนำแสงแนวตรงที่ออกแบบใหม่ (ถ้ามี) ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน สร้างรายได้ (ขายทรัพย์สินทางปัญญา) ให้กับองค์กร
- 2) สร้างภาพลักษณ์องค์กรว่ามีหน่วยงานนวัตกรรมที่พร้อมออกแบบผลิตภัณฑ์รองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

## 6. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 โครงข่าย ODN บริการ FTTx

โครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) ของบริการ FTTx เริ่มจากอุปกรณ์ OLT เชื่อมต่อไปอุปกรณ์ ONU/ONT ด้วยสายเคเบิล OFC (Optical Fiber Cable) ผ่านอุปกรณ์ Optic

Splitter [3] ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP/ODP (Splitter Distribution Point) หรือตู้ OFCCC (Outdoor Fiber Cross Connecting Cabinet) ก่อนเชื่อมต่อผ่านสาย Access OFC ไปยัง ONU/ONT ตำแหน่งปลายทางตามภาพประกอบที่ 1.



ภาพประกอบที่ 1. โครงข่าย ODN บริการ FTTH

ต้นปี พ.ศ.2563 กฟน. ออกหลักเกณฑ์การติดตั้งสายสื่อสารกับเสาไฟฟ้าของ กฟน. ทุกชนิด ต้องไม่มีโครงสร้างโลหะ ส่งผลกระทบต่อโครงข่าย ODN ของ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ที่ใช้สายกระจายเส้นใยแก้วนำแสงชนิด OFC Round Type จำนวนเส้นใยแก้วนำแสง 1F และ 2F (Fiber) [1] โครงสร้างมีเส้นลวดสายสะพานรับแรงดึง

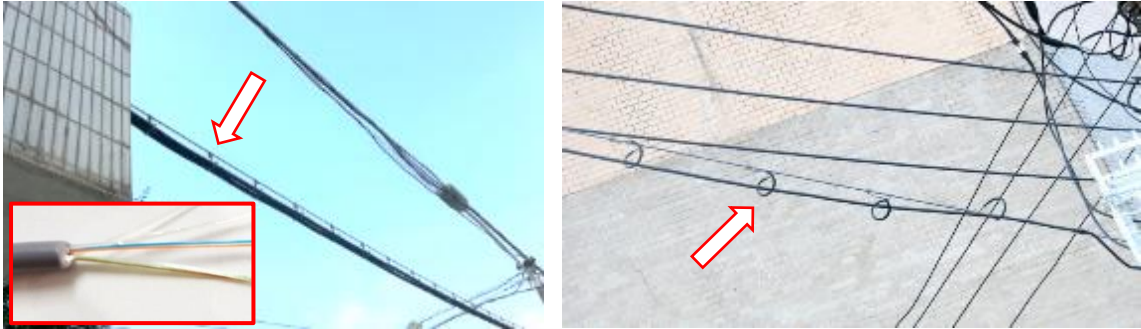
เพื่อรองรับหลักเกณฑ์ข้างต้น วบ.2 และส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้วิจัยพัฒนาออกแบบสาย “Access OFC LSZH” [2] โครงสร้างกลมใช้วัสดุ FRP (Fiber Reinforced Plastic) รับแรงดึงด้วยตัวเอง ผลการทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH ภาคสนามไม่สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ ทีมวิจัยได้พัฒนาสายเป็นรุ่น “Access OFC Nylon-6” [3] ผลการทดลองภาคสนามสามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ การทดลองติดตั้งสายทั้งสองรุ่นภาคสนาม ทีมวิจัยจัดซื้ออุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงรองรับสายทรงกลมที่มีจำหน่ายในตลาดมาทดลองติดตั้งใช้งาน

จัดซื้ออุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงรองรับสายทรงกลม เพื่อนำติดตั้งสาย “Access OFC LSZH” จำนวน 5,000 ชุด ราคาชุดละ 15 บาท รวม 75,000 บาท (ไม่รวม Vat) เมื่อเปรียบเทียบกับ Dropwire Clamp ที่ใช้งานกับสาย OFC Round Type ราคาเพียงชุดละ 3 ถึง 5 บาท ต้นทุนเฉพาะอุปกรณ์จับยึดฯ เพิ่มขึ้นถึง 200%  $((15-5)/5*100)$  จากปัญหาต้นทุนอุปกรณ์จับยึดฯ ที่มีราคาสูงมาก วบ.2 ได้รับมอบหมายให้ศึกษาวิจัยพัฒนาหาแนวทางลดค่าใช้จ่ายอุปกรณ์จับยึด เช่น ศึกษาวิธีการหรือคัดเลือกอุปกรณ์เพื่อลดต้นทุน ออกแบบอุปกรณ์จับยึดที่เหมาะสม เป็นต้น

## 6.2 อุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC

สาย Access OFC ซึ่งอยู่ในกลุ่มสายกระจายปลายทาง แบ่งตามการใช้งานและโครงสร้างสายใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคารฉนวนห่อหุ้มมาตรฐานกำหนดต้องไม่ลามไฟ ถ้าใช้เฉพาะภายนอกอาคารเน้นทนต่อสภาพแวดล้อม รังสี UV ไม่เน้นป้องกันการลามไฟ แบ่งตามโครงสร้างแบ่งหลัก ๆ ได้ 2 รูปแบบ คือ

สาย Access OFC รูปแบบแรกไม่มีวัสดุรับแรงดึง นิยมติดตั้งในอาคารด้วยวิธีร้อยท่อเพื่อป้องกันการเสียดสี สัตว์กัดแทะ วางพาดใต้ฝ้าโดยตรงหรือวางบนรางวางสาย (Wire Way) กรณีติดตั้งภายนอกอาคารต้องติดตั้งสายสะพานหลักเพื่อรับแรงดึงก่อนนำสาย Access OFC จับยึดด้วยห่วงคล้ายห่วงคล้องผ้าผ่านตามภาพประกอบที่ 2.

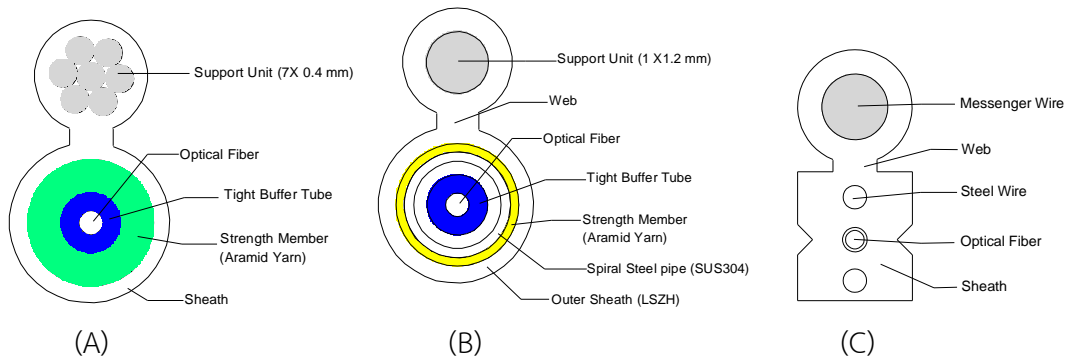


ภาพประกอบที่ 2. การจับยึดสาย Access OFC โครงสร้างที่ไม่มีวัสดุรับแรงดึง

สาย Access OFC รูปแบบที่สองมีวัสดุรับแรงดึง แยกเป็นสาย Access OFC ที่รับแรงดึงด้วยเส้นลวดสายสะพานแยกจากเส้นใยแก้วนำแสง รูปทรงภายนอกคล้ายเลข “8” เรียกโครงสร้างนี้ว่า AP-8 และสาย Access OFC ที่วัสดุรับแรงดึงรวมอยู่ในกับเส้นใยแก้วนำแสงรูปทรงภายนอกกลม

สาย Access OFC โครงสร้าง AP-8 ชั้นส่วนทั้งหมดห่อหุ้มฉนวนป้องกันการลามไฟ เส้นใยแก้วนำแสงการห่อหุ้มฉนวนมี 2 รูปทรง คือทรงกลม (OFC Round Type) แบบปกติทั่วไปและแบบป้องกันสัตว์กัดแทะตามภาพประกอบที่ 3. (A) (B) และทรงแบน (Flat Type) มีเฉพาะแบบทั่วไปตามภาพประกอบที่ 3. (C)

ผู้ให้บริการในประเทศไทยเลือกใช้สาย Access OFC โครงสร้าง AP-8 สายสะพานรับแรงดึงผลิตจากเส้นลวด ซึ่งมีจุดเด่นรับแรงดึงได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับราคา ระหว่างฉนวนห่อหุ้มสายสะพานกับฉนวนห่อหุ้มเส้นใยแก้วนำแสงจะมีร่องแยก (Web) เพื่อความสะดวกในการแยกสายสะพานออกมา บมจ.ทีโอที (เดิม) เลือกใช้สาย OFC Round Type ตามภาพประกอบที่ 3. (A) (B) ใช้งาน



ภาพประกอบที่ 3. สาย Access OFC มีสายสะพานรับแรงดึงโครงสร้าง AP-8

สาย Access OFC โครงสร้าง AP-8 การจับยึดสายสะพานรับแรงดึงต้องแยกสาย สะพานตามร่อง Web ก่อนนำเฉพาะสายสะพานรับแรงดึงพันเข้ากับ Dropwire Clamp ตาม ภาพประกอบที่ 4. ทั้งนี้วิธีการพันสายรับแรงดึงกับ Dropwire Clamp ขึ้นกับความถนัดผู้ใช้งาน



ภาพประกอบที่ 4. การจับยึดสายสะพานรับแรงดึงกับ Dropwire Clamp

สาย Access OFC มาตรฐานทั่วไปใช้โครงสร้าง OFC Flat Type (แบน) โยงสายระยะสั้น ๆ จากตู้ SDP เข้าอาคาร แต่พื้นที่ภูมิภาคชุมชนมีการกระจายตัวต้องเดินสาย Access OFC ระยะไกล (มาตรฐาน  $\leq 300$  เมตร) เจอสภาพลมแรง โดยเฉพาะพื้นที่ที่กระรอกชุกชุมมีปัญหาสัตว์กัดแทะ ผู้ปฏิบัติงานต้องออกไปซ่อมบำรุง บมจ.ทีโอที (เดิม) มอบหมาย วบ.2 และส่วนงานที่เกี่ยวข้องออกแบบ สาย OFC Round Type (กลม) เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น

ต้นปี พ.ศ. 2563 กฟน. ออกระเบียบกำหนดหลักเกณฑ์ห้ามติดตั้งสายสื่อสารที่มีโครงสร้าง โลหะกับเสาไฟฟ้าของ กฟน. สาย OFC Round Type (กลม) ไม่สามารถติดตั้งกับเสาไฟฟ้าของ กฟน. ได้ วบ.2 และส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้รับมอบหมายร่วมออกแบบสาย Access OFC LSZH รูปแบบสายเป็น แนวตรงรับแรงดึงด้วยตัวเองไม่มีส่วนประกอบของโลหะ

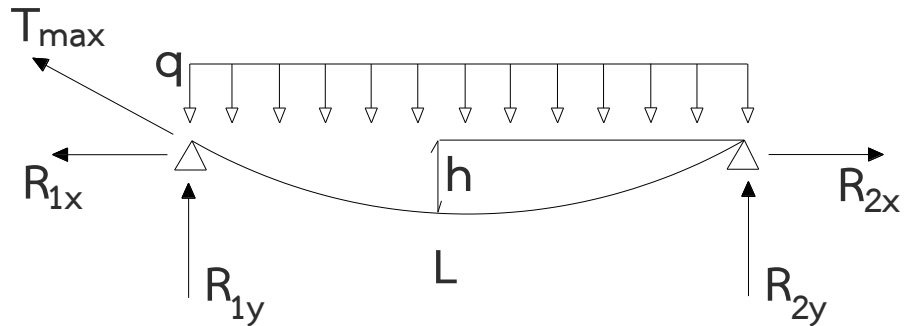
อุปกรณ์ติดตั้งสาย Access OFC LSZH ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ Dropwire Clamp เดิมได้ เนื่องจากวัสดุรับแรงดึงห่อหุ้มฉนวนรวมกลุ่มอยู่กับเส้นใยแก้วนำแสงไม่สามารถแยกออกมาได้ ทีมวิจัยได้ จัดซื้ออุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงรองรับสายทรงกลม เพื่อนำติดตั้งสาย Access OFC LSZH ใน เขตพื้นที่นครหลวง ผลการทดลองติดตั้งใช้งานสายฯ และอุปกรณ์จับยึดใช้งานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด

ต้นทุนอุปกรณ์จับยึดต้นทุนราคาชุดละ 15 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับ Dropwire Clamp เดิมที่เคยใช้งานราคาเพียงชุดละ 3 ถึง 5 บาท ซึ่งมีราคาสูงกว่ามาก ( $\approx 200\%$ ) วบ.2 ได้รับมอบหมายให้ ศึกษาวิจัยพัฒนาหาแนวทางลดค่าใช้จ่าย จากภารกิจที่ได้รับมอบหมายทีมวิจัยได้รวบรวมข้อมูลอุปกรณ์ จับยึดสายกระจายแนวตรงรับสายทรงกลมพื้นที่ทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH เพื่อออกแบบ หรือคัดเลือกอุปกรณ์จับยึดต้นทุนต่ำ ใช้งานสะดวก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการติดตั้งใช้งาน

### 6.2.1 การรับแรงดึงสาย Access OFC LSZH

ก่อนออกแบบอุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC LSZH ต้องทราบค่าแรงดึงใช้งาน ข้อมูล เบื้องต้นสาย Access OFC มาตรฐานติดตั้งใช้งานระหว่างเสา (Span)  $\geq 40$  เมตร แต่สภาพหน้างานจริง ระยะห่างเสาบริเวณชานเมืองบางช่วงห่างถึง 60 เมตร มาตรฐานระยะตกท้องช้างในการติดตั้ง 0.5 %

การศึกษาวิจั้ยออกแบบอุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC LSZH จำเป็นต้องทราบแรงดึงสายที่กระทำกับอุปกรณ์จับยึด สามารถคำนวณหาค่าแรงดึงแนวนอนระหว่างช่วงเสาได้ตามสมการ (1.) ถึง (3.) ทิศทางการรับแรงตามภาพประกอบที่ 5.



ภาพประกอบที่ 5. ทิศทางการรับแรงและสัญลักษณ์ในการคำนวณการรับแรงแนวระดับเดียวกัน

สูตรคำนวณหาค่าแรงดึงแนวนอน

$$R_{1x} = R_{2x} = R_x = \frac{qL^2}{8h} \quad (1)$$

สูตรคำนวณหามวลและน้ำหนักในแนวตั้ง

$$R_{1y} = R_{2y} = R_y = \frac{qL}{2} \quad (2)$$

สูตรคำนวณหาผลรวมของแรงดึงและน้ำหนักสายที่กระทำ ณ อุปกรณ์จับยึด

$$T_{\max} = (R_x^2 + R_y^2)^{0.5} \quad (3)$$

สูตรคำนวณหาความยาวสายระหว่างจุดจับยึด

$$S = L + \left( \frac{8h^2}{3L} \right) \quad (4)$$

เมื่อ	$R_{1x} = R_{2x} = R_x =$	แรงดึงแนวนอน (N)
	$R_{1y} = R_{2y} = R_y =$	น้ำหนักในแนวตั้ง (N)
	$T_{\max} =$	ผลรวมแรงกระทำตำแหน่งอุปกรณ์จับยึด (N)
	$S =$	ความยาวสาย (เมตร)
	$q =$	น้ำหนักสาย (N/m)
	$L =$	ระยะห่างระหว่างเสา (เมตร)
	$h =$	ระยะท้องช้าง (เมตร)

จากสูตรคำนวณค่ารับแรงดึงแนวนอน ( $R_x$ ) สูตรหามวลและน้ำหนักในแนวตั้ง ( $R_y$ ) และ สูตรคำนวณหาความยาวสายระหว่างจุดจับยึด ( $S$ ) ค่าตัวแปรที่สำคัญคือน้ำหนักสาย สุ่มตัวอย่างสาย Access OFC ชนิดต่างๆ มาชั่งน้ำหนักรายละเอียดตามตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. น้ำหนักสาย Access OFC ชนิดต่าง ๆ

Sample.	OFC Round Type 1F	OFC Round Type Armoured 1F	OFC Round Type Armoured 2F	OFC Indoor Non-Metallic	Flat Type	Access OFC LSZH
1	33.97	24.42	29.66	8.99	13.77	10.65
2	33.84	24.21	29.98	9.24	13.64	10.61
3	33.59	24.27	29.72	9.30	13.75	10.58
4	33.20	24.00	30.01	8.99	13.52	10.52
5	32.93	24.34	29.85	9.99	13.80	10.59
Avg.	33.51	24.25	29.84	9.30	13.70	10.59
Unit	g/m					

จากน้ำหนักสาย Access OFC ชนิดต่าง ๆ ตามตารางที่ 1. ตัวอย่างการคำนวณหาค่ารับแรงดึงจากหาค่าแรงดึงแนวนอน ( $R_x$ ) สาย Access OFC LSZH น้ำหนักสาย ( $q$ ) 10.59 g/m ที่ระยะห่างเสา ( $L$ ) 60 เมตร ระยะตกท้องช้าง ( $h$ ) 0.5% ด้วยสมการที่ (1.) ได้ค่าดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{0.10 \times 60^2}{8 \times \left(\frac{60 \times 0.5}{100}\right)} \\
 &= 155.78 \quad N \\
 &= 15.59 \quad kgf
 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณหาค่าแรงดึงแนวนอน ( $R_x$ ) ของสาย Access OFC ชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเสาห่าง 60 เมตร ด้วยสมการที่ (1.) ผลการคำนวณหาค่าแรงดึงแนวนอนดังนี้

Cable type	$R_x$	$R_x$
1) OFC Round Type 1F (มีสายสะพานโลหะ)	492.95 N	50.27 kgf
2) OFC Round Type Armoured 1F (มีสายสะพานโลหะ)	356.73 N	36.38 kgf
3) OFC Round Type Armoured 2F (มีสายสะพานโลหะ)	438.96 N	44.76 kgf
4) OFC Flat Type (มีสายสะพานโลหะ)	201.53 N	20.55 kgf
5) OFC Indoor Non-Metallic (ไม่มีสายสะพาน)	136.81 N	13.95 kgf
6) สาย Access OFC LSZH (ไม่มีสายสะพาน)	155.78 N	15.59 kgf

จากการคำนวณกลุ่มสาย Access OFC ที่มีโลหะ กลุ่มแรกประกอบด้วยสาย OFC Round Type และ Flat Type ค่าแรงดึงแนวนอน (ระยะ 60 เมตร) อยู่ระหว่าง 201 *N* ถึง 492 *N* เฉลี่ย 372 *N* กลุ่มสองสาย Access OFC ที่ไม่มีโลหะประกอบด้วยสาย OFC Indoor Non-Metallic สาย Access OFC LSZH ค่าแรงดึงแนวนอน 137 *N* ถึง 156 *N* เฉลี่ย 146 *N*

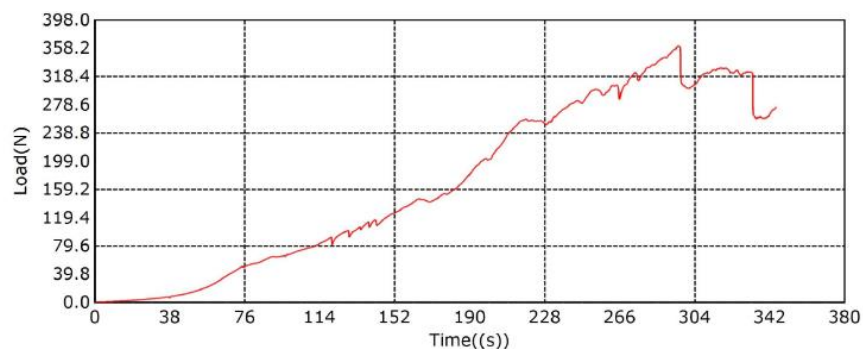
ดังนั้นการการออกอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงสาย Access OFC ที่ไม่มีโลหะที่ค่าเฉลี่ย 146 *N* อ้างอิงค่า Safety Factor ของระบบสายส่งไฟฟ้ากำหนด 200 % จึงกำหนดค่ารับแรงดึงของอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง  $\geq 300$  *N* (292 *N* ปัดขึ้น)

### ทดสอบการรับแรงดึงสาย Access OFC LSZH

สาย Access OFC บริการ FTTH ติดตั้งใช้งานระยะห่างเสา 40 ถึง 60 เมตร การออกแบบสายต้องคำนึงถึงการรับแรงดึง (Tensile Loading) ผลกระทบจากแรงลม (Wind Velocity) มาตรฐานการรับแรงดึงใช้งานสาย Access OFC ค่าสูญเสียทางแสง (Loss)  $< 0.1$  *dB* สาย Access OFC AP-8 ที่รับแรงดึงด้วยเส้นลวดโลหะมาตรฐานระบุรับแรงดึง  $\geq 800$  *N* สาย Access OFC LSZH ไม่มีโลหะ (รับแรงดึงด้วยตัวเอง) มาตรฐานระบุรับแรงดึง  $\geq 300$  *N* (ทดสอบตามมาตรฐาน IEC 60794-1-2-E1 or EIA-455-33A)



ภาพประกอบที่ 6. ทดสอบการรับแรงดึงสาย Access OFC LSZH และป้อนสัญญาณแสงวัดค่า Loss ตลอดการทดสอบ



ภาพประกอบที่ 1. กราฟค่าแรงดึงอุปกรณ์จับยึดกับสาย Access OFC LSZH



ทดสอบการรับแรงดึงสาย Access OFC LSZH จับยึดด้วยอุปกรณ์จับยึดสายกลมแนวตรง อุปกรณ์ฯ รับแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 350  $N$  ตามกราฟภาพประกอบที่ 1. สังเกตเปลือกห่อหุ้มสายจะเริ่มย่นตัวแต่ค่า Loss เปลี่ยนแปลงน้อยมากด้วยเหตุผลเส้นใยแก้วนำแสงแยกอิสระจากโครงสร้างที่ห่อหุ้มภายนอก ค่า Loss ตลอดการทดสอบสูงสุด 0.0073  $dB$  (เฉลี่ย 0.0049  $dB$ )

ตารางที่ 2. การรับแรงดึงแบบทำลายสาย Access OFC LSZH

Sample	Access OFC LSZH
1	1,560.00
2	1,578.00
3	1,583.00
4	1,574.00
5	1,598.00
Avg.	1,578.60
Unit	$N$ (Newton)

Speed Test 50  $mm/min$

เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์จับยึด ทดสอบการรับแรงดึงสาย Access OFC LSZH ทำลายจนสายเสียหาย ค่าแรงดึงแบบทำลายเฉลี่ย 1,579  $N$  รายละเอียดตามตารางที่ 2.

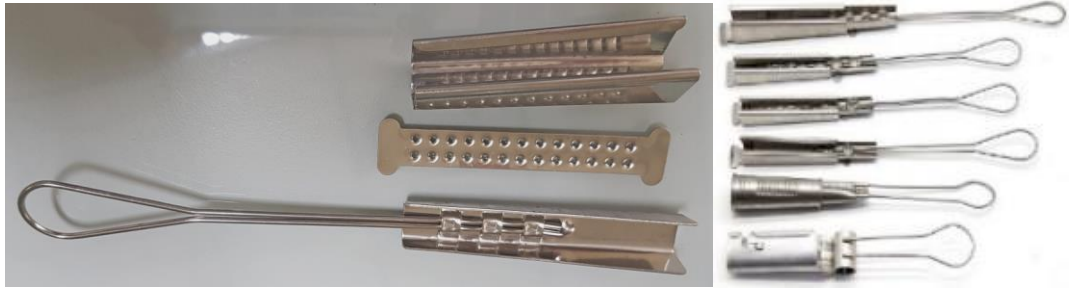
### 6.2.2 อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงในท้องตลาด

อุปกรณ์จับยึดสายแนวตรงในต่างประเทศใช้งานกับสายรูปทรงแบนหรือกลม จับยึดด้วยหลักการลิ่มลือคยังมีแรงดึงยั่งยืน ใช้ติดตั้งสายแนวตรงภายนอกอาคาร เช่น สาย Coaxial สายระบบ LAN สายระบบ RF สายกระจายตัวนำทองแดง 2 เส้นแบบแบนรับแรงดึงด้วยตัวเอง (Hard Copper Wire 2 Core) สายกระจายเส้นใยแก้วนำแสง (Access OFC) เป็นต้น จุดเด่นอุปกรณ์จับยึดสายแนวตรงที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ สามารถรองรับสายที่รับแรงดึงด้วยตนเองและสายที่มีสายสะพานรับแรงดึงแยกออกมา (AP-8) การติดตั้งใช้งานจะจับยึดสายทั้งเส้น ข้อควรระวังสายแนวตรงที่นำมาจับยึดโครงสร้างและฉนวนห่อหุ้มต้องรองรับแรงกดทับได้

อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงในท้องตลาดโดยทั่วไปมีชิ้นส่วน 3 ชิ้นตามภาพประกอบที่ 7. รายละเอียดดังนี้

- 1) ชิ้นแรก ทรงเหลี่ยมรูปลิ่มโดยทั่วไปผลิตจากโลหะ ทำหน้าที่ลือคแผ่นรองกลางและติดตั้งห่วงคล้อง

- 2) ชั้นที่สอง แผ่นรองกลางโดยทั่วไปผลิตจากโลหะเจาะรูพรุน ผิวด้านเรียบแนบกับชั้นส่วนแรก ผิวด้านที่มีเศษโลหะแหลมแนบกับสายเพื่อกดจิกสายกระจายที่มาจับยึด
- 3) ชั้นที่สาม ปลอกนอกรูปลีมโดยทั่วไปมีทั้งผลิตจากโลหะและพลาสติกด้านบนมีร่องเปิดด้านล่างมีร่องกลางรองรับสาย รับแรงดึงแบบลิ่มลึอกเมื่อมีแรงดึงเพิ่มขึ้นลิ่มจะยังลึอกสายแน่นขึ้นจนกระทั่งสายที่จับยึดหรืออุปกรณ์ชำรุดเสียหาย



ภาพประกอบที่ 7. อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงในท้องตลาด

อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่สั่งซื้อมาทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH ชั้นส่วนทั้ง 3 ชั้นผลิตจากโลหะป้องกันสนิม ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการสามารถใช้งานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่ออกแบบในโครงการวิจัยนี้กับอุปกรณ์จับยึดในท้องตลาด ทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH ที่มิจวิจัยเลือกใช้อุปกรณ์จับยึดทั้งสองรุ่นอย่างละครึ่ง

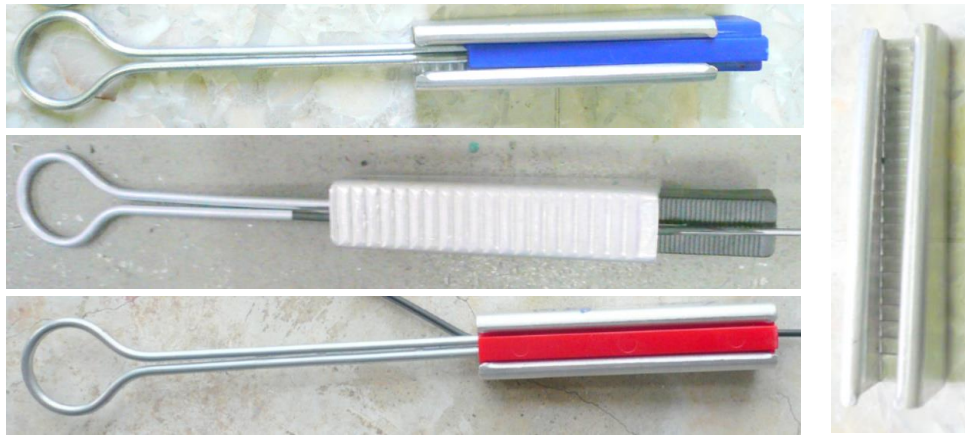
### 6.2.3 ออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง

อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง เช่น สิทธิบัตรขอสหรัฐอเมริกาเลขที่ US-5142745 (พ.ศ. 2535) และ US-2472527 (พ.ศ. 2490) ซึ่งหมดอายุคุ้มครองผลประโยชน์ 20 ปีแล้ว มีชั้นส่วน 3 ชั้น ชั้นส่วนนอกสุดทรงสี่เหลี่ยมยาวรูปลิ่มมีร่องเปิดด้านบน ชั้นส่วนในสุดผลิตจากโลหะพับริูปตัว U สม่มาตรกับเป็นลิ่มกับชั้นนอกสุด มีแกนโลหะเป็นห่วงสำหรับคล้องกับอุปกรณ์จับยึด

ชั้นส่วนที่สองแผ่นรองกลางสำหรับลึอกสายจะเจาะรูหรือทำให้ผิวด้านสัมผัสสายขรุขระเพื่อให้ปุ่มแหลมคมจิกกดสายเพิ่มแรงจับยึด ปัญหาที่พบขณะติดตั้งใช้งานชั้นส่วนกลางมีโอกาสหลุดออกจากอุปกรณ์หล่นสูญหาย การลึอกสายไม่สะดวกในการใช้งานต้องตรวจสอบตำแหน่งแผ่นรองกลางให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ผิวแผ่นรองกลางที่มีปุ่มแหลมคมมีโอกาสกดจิกผิวของสายชำรุดเสียหายกระทบถึงโครงสร้างภายในได้

แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง ประยุกต์จากอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงโดยเอาแผ่นรองกลางออก ชั้นนอกทรงสี่เหลี่ยมกลวงยาว ชั้นส่วนในทรงสี่เหลี่ยมตันรูป

ลิ่มสมมาตรกับชิ้นนอก ล็อคสายด้วยหลักการลิ่มล็อคเมื่อมีแรงดึงสายอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่นี้จะยังจับล็อคแน่นขึ้น แกนในส่วนที่สัมผัสสายออกแบบเป็นรูปฟันเลื่อยกำหนดค่ารับแรงดึง  $\geq 300\text{ N}$



ภาพประกอบที่ 8. ต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงตัดแปลงจากอุปกรณ์ในท้องตลาด

คำแนะนำจากผู้ปฏิบัติงานติดตั้งระบบ FTTx กังวลแผ่นรองกลางชิ้นส่วนที่ 2) อาจอยู่ผิดตำแหน่งตอนจับยึดสาย แผ่นรองที่ถอดประกอบได้อาจหลุดหล่นหายไม่สะดวกกับการปฏิบัติงานในที่สูงที่ต้องยืนบนบันได โครงสร้างอุปกรณ์เป็นโลหะทั้งชิ้นซึ่งเป็นสื่อไฟฟ้า อาจก่อให้เกิดอันตรายจากระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งบนเสาเดียวกันกับผู้ปฏิบัติงานและอาจเป็นสื่อให้ไฟฟ้าไหลผ่านตำแหน่งใกล้เคียง

ทีมวิจัยจัดทำต้นแบบโดยประยุกต์นำปลอกนอกของอุปกรณ์จับยึดฯ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดตามภาพประกอบที่ 8. (ซ้ายมือ) จัดทำเฉพาะชิ้นส่วนแกนในทรงลิ่มต้นสมมาตรกับปลอกนอกตัดแปลงนำแกนห่วงโลหะ Dropwire Clamp มาเสริมสำหรับคล้อง Bolt ผลการทดลองเบื้องต้นสามารถรับแรงดึงได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ( $\geq 300\text{ N}$ ) แต่เมื่อนำต้นแบบไปหารือกับผู้ผลิต ปลอกนอกต้องใช้วัสดุปลอดสนิม วัสดุที่นิยมใช้กันมีอลูมิเนียม จุดเด่น เบา ขึ้นรูปง่าย แต่อายุการใช้งานกลางแจ้งขึ้นกับเกรดและความหนา วัสดุอีกชนิดคือสแตนเลส จุดเด่น แข็งแรง อายุการใช้งานกลางแจ้งมากกว่าอลูมิเนียม แต่ขึ้นรูปยากกว่า เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตต้นแบบตามภาพประกอบที่ 8. มีราคาสูงจึงชะลอไว้เป็นทางเลือก



ภาพประกอบที่ 9. ชิ้นรูปต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงโลหะด้วยเครื่อง CNC

ออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงโดยเน้นความเป็นไปในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม ขึ้นรูปต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงโลหะด้วยเครื่องกลึง CNC (Computer Numerical Control) ด้วยหลักการออกแบบอุปกรณ์ 2 ชั้น ตามภาพประกอบที่ 9. จากนั้นนำต้นแบบไปหาหรือผู้ผลิต ได้รับคำแนะนำให้ขึ้นรูปด้วยพลาสติกวิศวกรรมเพื่อควบคุมต้นทุน และได้นำต้นแบบไปสอบถามความคิดเห็นผู้ปฏิบัติงานและส่วนงานที่เกี่ยวข้อง



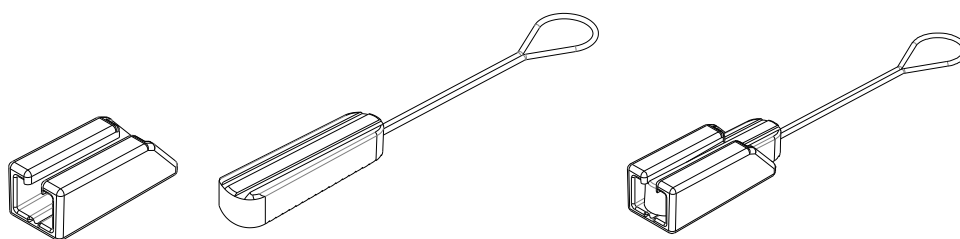
ภาพประกอบที่ 10. ต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงผลิตจากแท่งพลาสติกเชื่อมกาว

จากการหาหรือผู้เกี่ยวข้องจนได้แนวคิดที่ตกผลึก ทีมวิจัยทำต้นแบบจากชิ้นส่วนพลาสติกมาเชื่อมต่อขึ้นรูปด้วยกาว ปลอกขึ้นนอกรูปทรงสี่เหลี่ยมยาวรูปปลีมีร่องเปิดด้านบนสำหรับสอดสายที่จะจับยึด ผิวตรงข้ามด้านล่างเจาะร่องยาวเพื่อวางสาย ชิ้นส่วนแกนในทรงปลีตันสมมาตรกับปลอกขึ้นนอก ประยุกต์นำแกนห่วงโลหะของ Dropwire Clamp มาเสริมสำหรับคล้อง Bolt ผิวแกนในด้านที่กดทับสายทำร่องฟันเลื่อยแนวขวางเพื่อเพิ่มแรงกดจิกตามภาพประกอบที่ 10.

#### 6.2.3.1 อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS

ผลจากการระดมสมอง ผลการทดสอบต้นแบบเบื้องต้น กำหนดเป้าหมายในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงได้ดังนี้

- 1) ติดตั้งใช้งานสะดวก ขนาดเล็กกว่าหรือใกล้เคียง Dropwire Clamp เดิมที่เคยใช้งาน
- 2) ราคาใกล้เคียง Dropwire Clamp เดิมที่เคยใช้งาน (3 - 5 บาท ขึ้นกับปริมาณจัดซื้อ)
- 3) โครงสร้างหลักควรเป็นฉนวนไฟฟ้า
- 4) อายุการใช้งาน  $\geq 15$  ปี (อ้างอิงขั้วสาย Access OFC)
- 5) รองรับการใช้งานกลางแจ้ง ทนต่อรังสี UV การกัดกร่อน
- 6) ค่ารับแรงดึงใช้งาน  $\geq 300$  N (ข้อมูลจากการทดสอบและมาตรฐานสายฯ ไม่มีโลหะ)



ภาพประกอบที่ 11. ร่างแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง

จากเป้าหมายการออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง ประเด็นเรื่องอายุการใช้งาน และฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่นี้เอาจุดเด่นของ Dropwire Clamp (ฉนวนไฟฟ้า) และอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่ใช้งานในตลาด (ล๊อคสายระบบลิ้ม) มาประยุกต์ร่วมกัน ทีมวิจัยได้ร่างแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงตามภาพประกอบที่ 11. นำไปหาหรือผู้เชี่ยวชาญที่รับจ้างผลิตระบบโรงงานอุตสาหกรรม คัดเลือกวัสดุดิบ วิธีผลิตด้วยระบบโมลดีด ได้ข้อสรุปดังนี้

**ปลอกชั้นนอก** ทีมวิจัยเลือกพลาสติกวิศวกรรมพอลิเอไมด์ PA (Polyamide) ชื่อทางการค้า Nylon ด้วยคุณสมบัติขึ้นรูปง่าย ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ทนการกัดกร่อน เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนความร้อนสูง จุดหลอมเหลว  $180 - 200^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิในการใช้งานสูงสุด  $120^{\circ}\text{C}$  ไม่ติดและไม่ลามไฟ (การป้องกันการติดและไม่ลามไฟตัวแปรขึ้นกับส่วนผสมเพิ่มเติม)

**แกนกลางตัน** ทีมวิจัยเลือกใช้ ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) เป็นวัสดุที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม อยู่ในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก (พลาสติกที่มีจุดหลอมเหลวสามารถ Recycle ได้) จุดหลอมเหลว  $200 - 250^{\circ}\text{C}$  ขึ้นรูปตกแต่งง่าย ทนแรงกระแทก ความร้อน สารเคมี ทนต่อสภาวะบรรยากาศได้ดี

**ห่วงคล้อง** อ้างอิงแกนห่วงโลหะของ Dropwire Clamp เดิม มาตรฐานมีให้เลือกเส้นลวด Stainless หรือเส้นลวด Galvanized Steel Wire อย่างไม่อย่างหนึ่ง



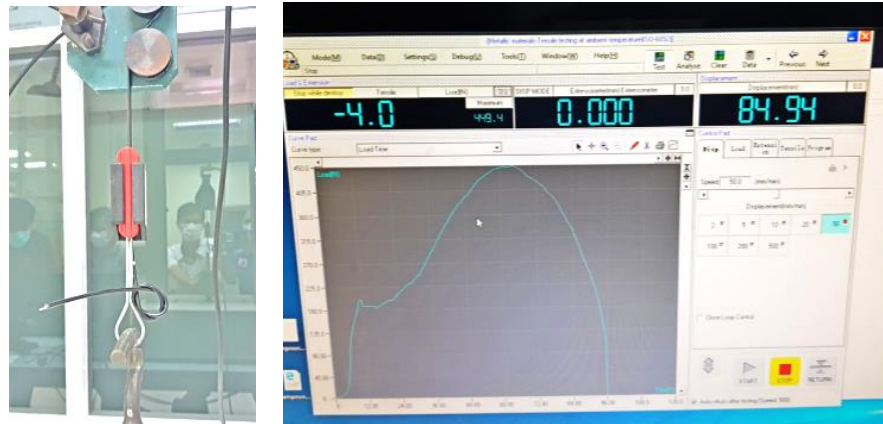
ภาพประกอบที่ 12. ต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงผลิตจาก Nylon-6 และ ABS

อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงรูปลิ้มแบบไร้แผ่นรองกลางตามสิ่งประดิษฐ์นี้ตามร่างต้นแบบมีอุปกรณ์ประกอบเพียง 2 ชิ้น เมื่อได้ข้อสรุปคุณสมบัติที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ต้นทุนในการผลิตต่ำ การใช้งานต้องสะดวกไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ขบวนการผลิตระบบโมลดีดต้นแบบประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้น ตั้งชื่ออุปกรณ์จับยึดนี้ว่า “อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS” ตามภาพประกอบที่ 12. มีรายละเอียดดังนี้

1) **ปลอกชั้นนอก** ผลิตจาก Nylon-6 รูปแท่งสี่เหลี่ยมกลวงด้านบนเปิด ขอบเปิดด้านบนมีสันสำหรับล๊อคแกนกลางตันรูปลิ้ม ผนังด้านล่างของแท่งสี่เหลี่ยมกลวง (ตรงข้ามร่องเปิด) เซาะร่องยาวสำหรับวางสาย

2) **แกนกลางตันรูปกลม** ผลิตจาก ABS ผิวด้านล่างเซาะร่องขวางคล้ายฟันเลื่อยเพื่อ ล็อคสาย ด้านตรงข้ามเซาะร่องยาวกว้างกว่าสันสำหรับล็อคแกนของปลอกขึ้นนอก ห่วงคล้องเส้นลวด โลหะฝังลึกเข้าไปในเนื้อพลาสติก

ผลิตต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS จำนวน 100 ชิ้น เพื่อ ทดสอบการจับยึดสาย Access OFC LSZH ตามภาพประกอบที่ 13.



ภาพประกอบที่ 13. ทดสอบการรับแรงดึงอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS กับสาย Access OFC LSZH

ทดสอบการรับแรงดึงอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS กับสาย Access OFC LSZH จำนวน 5 ตัวอย่างทดสอบ ค่ารับแรงดึงที่สายเริ่มเคลื่อนตัวจากจุดอ้างอิง (Marking) บน อุปกรณ์จับยึดเฉลี่ย 477 N (เป้าหมาย  $\geq 300$  N) ตามตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. แรงดึงอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS กับสาย Access OFC LSZH

Sample	แรงดึงแบบทำลาย ( N )
1	457.00
2	485.00
3	483.00
4	464.00
5	499.00
Avg.	477.60

Speed 50 mm / min

สรุปผลการออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่ตามโครงการวิจัย นี้ประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้น ปลอกขึ้นนอกผลิตจาก Nylon-6 แกนกลางตันผลิตจาก ABS มีห่วงคล้อง



ชนิดเดียวกับห่วงโลหะของ Dropwire Clamp เดิม รับแรงดึงเมื่อใช้งานกับสาย Access OFC LSZH เฉลี่ย 477 N (เป้าหมาย  $\geq 300$  N) ต้นทุนจัดซื้อปกติ 4–6 บาท/ชิ้น (ขึ้นกับปริมาณ) ตั้งชื่อออกแบบ อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงนี้ว่า “อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS”

สั่งผลิตต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS จำนวน 15,000 ชิ้น ตามภาพประกอบที่ 14. เพื่อทดลองติดตั้งสาย Access OFC LSZH ควบคู่กับอุปกรณ์จับยึดที่สั่งซื้อจากท้องตลาด โดยติดตั้งอุปกรณ์จับยึดอย่างละครึ่งของสาย



ภาพประกอบที่ 14. สั่งผลิตต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS

ผลการทดลองจับยึดสาย Access OFC LSZH กับอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS และอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่สั่งซื้อจากท้องตลาดภาคสนาม อุปกรณ์จับยึดทั้ง 2 ชนิด ใช้งานได้สะดวกไม่จำเป็นต้องมีทักษะหรือความชำนาญพิเศษ ไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ



ภาพประกอบที่ 15. ติดตั้งอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS ในสนามทดลอง

หลังจากติดตั้งทดลองผ่านไปประมาณเดือนเศษ เริ่มได้รับแจ้งจากพื้นที่ทดลองว่าสาย Access OFC LSZH ชำรุดเสียหายจากสัตว์กัดแทะไม่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ที่มีปัญหาสัตว์กัดแทะ ทีมวิจัยได้ออกแบบสาย Access OFC Nylon-6 [3] ที่มีโครงสร้างเหมือนสาย Access OFC LSZH เปลี่ยนเปลือกหุ้มจาก LSZH เป็น Nylon-6 แก้ปัญหาสัตว์กัดแทะ

สั่งผลิตสาย Access OFC Nylon-6 จำนวน 22 ม้วน ความยาวม้วนละ 1,000 เมตร รวม 22,000 เมตร ทดลองติดตั้งภาคสนามด้วยอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS และ อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่สั่งซื้อจากท้องตลาดภาคสนาม อย่างละครึ่งเพื่อเก็บข้อมูล

ผลการทดลองติดตั้งผ่านไปประมาณ 6 เดือน (มีนาคม-กันยายน 2564) ไม่มีรายงานสาย Access OFC Nylon-6 เสียหายจากสัตว์กัดแทะแจ้งเข้ามา ผลการใช้งานอุปกรณ์จับยึดทั้ง 2 ชนิด ภาคสนามมีปัญหาการใช้งาน รายละเอียดดังนี้

- อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรงที่สั่งซื้อจากท้องตลาดสามารถจับยึดสาย Access OFC Nylon-6 ใช้งานได้ตามปกติ
- อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS กับสาย Access OFC Nylon-6 บางจุดสายเลื่อนไหลออกจากอุปกรณ์จับยึดจนถึงจุดอิมตัว ส่วนมากใช้งานได้ตามปกติ

ปัญหาสาย Access OFC Nylon-6 เลื่อนไหลจากอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS บางจุด เกิดปัญหาตั้งแต่ตอนติดตั้งครั้งแรก สายเลื่อนไหลจนถึงจุดอิมตัวจนอุปกรณ์ล็อกสายแน่นหรือสายดึงตัวสายจะหยุดเลื่อนไหล แต่ปัญหานี้ไม่เกิดกับสาย Access OFC LSZH

#### ตารางที่ 4. เปรียบเทียบคุณสมบัติสาย Acces OFC

Item	Access OFC LSZH	Access OFC Nylon-6
1) ชนิดเส้นใยแก้วนำแสง	Tight Buffer 900 $\mu\text{m}$	
2) เกราะป้องกัน	แกน FRP 0.5 $\text{mm}$ *8	
3) เปลือกห่อหุ้ม	LSZH (Low Smoke Zero Halogen)	Nylon-6
4) เส้นผ่านศูนย์กลาง (OD)	3.50 $\text{mm}$	3.30 $\text{mm}$
5) ป้องกันสัตว์กัดแทะ	Fail	Pass
6) Flame Retardant	Pass (มาตรฐาน IEC 60332-1)	
7) เชื่อมต่ออุปกรณ์ ODN	Satisfied	

เปรียบเทียบคุณสมบัติสาย Access OFC ชนิด Access OFC LSZH กับชนิด Access OFC Nylon-6 ที่มีปัญหากับอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS มีข้อแตกต่าง 2 ข้อ คือเปลือกห่อหุ้มของ Nylon-6 แข็งและผิวมันกว่าของ LSZH ขนาด OD สาย Access OFC Nylon-6 เล็กกว่า 0.2  $\text{mm}$  ตามตารางที่ 4. ปัญหาสายเลื่อนไหลจากอุปกรณ์จับยึด สาย Access OFC ต้นแบบชนิด Access OFC Nylon-6 เหมาะสมกับการใช้งาน ที่วิจัยจึงมุ่งเน้นแก้ปัญหาอุปกรณ์จับยึดเพียงประเด็นเดียว



### 6.2.3.2 อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup>

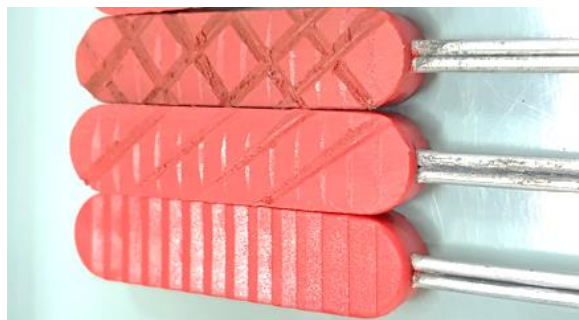
ปัญหาสาย Access OFC Nylon-6 เลื่อนไหลออกจากอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคสนามและในห้องปฏิบัติการสาเหตุอาจมาจาก

- 1) ขนาด OD ต่างกันสาย Access OFC LSZH มี OD 3.50 mm สาย Access OFC Nylon-6 มี OD 3.30 mm
- 2) ความแข็งของเปลือกหุ้ม LSZH ผิวเนื้อสากนึ่ม ขณะที่ Nylon-6 ผิวมันเนื้อแข็ง

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุจากขนาด OD ที่สาย Access OFC Nylon-6 มี OD 3.30 mm เล็กกว่าสายรุ่นเก่า 0.2 mm เมื่อนำไปวางในร่องที่ปลอกขึ้นนอกของอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS สายจะหลวมหรือไม่ เมื่อทดลองนำสายมาวางในร่องแล้วมองตามแนวสายในร่อง สังเกตเนื้อฉนวน Nylon-6 ที่หุ้มสายฝังตัวในร่องประมาณ 50 % เนื้อฉนวนอีกครึ่งพ้นขอบร่องออกมา ดังนั้นประเด็นเรื่องร่องวางสายหลวมหรือโตไปอาจไม่ใช่สาเหตุสายเลื่อนไหลจากอุปกรณ์จับยึดตามภาพประกอบที่ 16.



ภาพประกอบที่ 16. ร่องวางสายที่ปลอกขึ้นนอกของอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS



ภาพประกอบที่ 17. เซาะร่องตามแนวคิดแก้ไขปัญหาสายเลื่อนไหลจากอุปกรณ์จับยึดฯ

ตัวแปรสาย Access OFC Nylon-6 เลื่อนไหลออกจากอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS อาจมาจากแรงเสียดทาน (Friction) ของผิวสัมผัสระหว่างแกนกลางตันรูปปลี ABS กับฉนวน Nylon-6 หุ้มสาย เนื่องจากเปลือกหุ้ม LSZH ผิวเนื้อสากนึ่ม ขณะที่ Nylon-6 ผิวมันเนื้อแข็ง เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานทดลองเซาะร่องผิวของแกนกลางตันรูปปลีวัสดุ ABS ตามภาพประกอบที่ 17. ทดลองแรงเสียดทานของผิวสัมผัส

ตารางที่ 5. การรับแรงดึงอุปกรณ์จับยึดฯ ที่ดัดแปลงตามแนวคิดกับสาย Access OFC Nylon-6

Sample	สาย Access OFC Nylon-6 จับยึดด้วยอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS		
	มาตรฐาน	ผิวร่องทแยงสี่เหลี่ยม	ผิวร่องทแยงเฉียง
1	226.00	602.00	449.00
2	186.00	598.00	432.00
3	210.00	603.00	450.00
4	195.00	595.00	441.00
5	211.00	607.00	439.00
Avg.	205.60	601.00	442.20
Unit	N (Newton)		

ผลการทดสอบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS กับสาย Access OFC Nylon-6 ผิวแกนอุปกรณ์จับยึดฯ ผิวปกติ ผิวร่องทแยงสี่เหลี่ยม และผิวร่องทแยงเฉียงรับแรงดึงเฉลี่ย 205 N 601 N และ 442 N ตามลำดับ (เป้าหมาย  $\geq 300 N$ ) สรุปลักษณะกลางต้นรูปลิ้มของอุปกรณ์จับยึดแรงเสียดทานผิวมีผลต่อการรับแรงดึงรายละเอียดตามตารางที่ 5.



ภาพประกอบที่ 18. เปรียบเทียบวัสดุผลิตแกนกลางต้นจาก ABS (แดง) และ Nylon-6 (ดำ)

แกนกลางต้นรูปลิ้ม ABS ที่เขาผิวด้านกดทับสายมีผลต่อการรับแรงดึงของอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS เมื่อเปรียบเทียบผิวพื้นเลื่อยมาตรฐานเดิม ผิวร่องทแยงสี่เหลี่ยม ผิวร่องทแยงเฉียง แต่การเขาผิวตามภาพประกอบที่ 17. มีปัญหาเรื่องการถอดโมลด์ ที่มิวิจยมีแนวคิดเปลี่ยนวัสดุผลิตแกนกลางต้นรูปลิ้มจาก ABS เป็นวัสดุชนิดอื่น เบื้องต้นทดลองเปลี่ยนจาก ABS (แดง) เป็น Nylon-6 (ดำ) ตามภาพประกอบที่ 18.

ผลิตต้นแบบแกนกลางต้นรูปลิ้มจาก Nylon-6 จำนวน 100 ชิ้น ใช้โมลด์เดิมที่เคยฉีด ABS นำมาประกอบกับปลอกชั้นนอก Nylon-6 เดิม ตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ว่า “อุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup>” ตามภาพประกอบที่ 19.



ภาพประกอบที่ 19. ต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup>

ทดสอบนำต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup> มาจับยึดกับสาย Access OFC Nylon-6 จำนวน 5 ตัวอย่าง ผลการทดสอบค่ารับแรงดึงโดยบันทึกค่าเมื่อสายเริ่มเคลื่อนตัวจากจุดอ้างอิง (Marking) ค่ารับแรงดึงเฉลี่ย 641 N (เป้าหมาย  $\geq 300$  N) ตามตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. การรับแรงดึงอุปกรณ์จับยึด (Nylon-6)<sup>2</sup> กับสาย Access OFC Nylon-6

Sample	สาย Access OFC Nylon-6 จับยึดด้วยอุปกรณ์ (Nylon-6) <sup>2</sup>
1	704.60
2	556.80
3	616.20
4	640.20
5	689.60
Avg.	641.48
Unit	N (Newton)

ผลการทดสอบค่าการแรงดึงสาย Access OFC กับอุปกรณ์จับยึดแนวตรงรูปแบบต่าง ๆ รูปแบบละ 5 ตัวอย่างทดสอบ ค่าการรับแรงดึงเฉลี่ยสรุปได้ดังนี้

- 1) สาย Access OFC LSZH กับอุปกรณ์จับยึดฯ Nylon-6/ABS เฉลี่ย 477 N
- 2) สาย Access OFC Nylon-6 กับอุปกรณ์จับยึดฯ Nylon-6/ABS เฉลี่ย 205 N
- 3) สาย Access OFC Nylon-6 กับอุปกรณ์จับยึดฯ Nylon-6/ABS แกนผิวร่องทแยงสี่เหลี่ยม เฉลี่ย 601 N
- 4) สาย Access OFC Nylon-6 กับอุปกรณ์จับยึดฯ Nylon-6/ABS แกนผิวร่องทแยงเฉียง เฉลี่ย 442 N
- 5) สาย Access OFC Nylon-6 กับอุปกรณ์จับยึดฯ (Nylon-6)<sup>2</sup> เฉลี่ย 641 N

โครงการศึกษาวิจัยสาย Access OFC Nylon-6 [3] เมื่อนำมาจับยึดกับอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS ไปจับยึดเกิดปัญหาสายเลื่อนไหลออกจากอุปกรณ์จับยึด เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างแกนกลางตันรูปลิ้ม ABS กับฉนวน Nylon-6 ไม่เพียงพอ ทดลองเจาะร่องผิวแกนกลางเพื่อเพิ่มแรงเสียดทาน ผลการทดสอบค่าแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างเป็นนัยยะสำคัญ จากแกนปกรับแรงดึง 205 N แกนผิวเจาะร่อง 442 N และ 601 N ตามลำดับ เมื่อทดลองเปลี่ยนวัสดุแกนกลางเป็น Nylon-6 เป็นวัสดุเดียวกับปลอกนอก (เนื้อวัสดุแข็งกว่า ABS) ภายใต้ชื่ออุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup> อุปกรณ์จับยึดรับแรงดึงได้ถึง 641 N ค่ารับแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 5 รูปแบบ

สรุปผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup> เหมาะสมกับนำมาติดตั้งสาย Access OFC Nylon-6 การเปลี่ยนวัสดุแกนกลางจาก ABS เป็น Nylon-6 ไม่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต กลับส่งผลดีในขบวนการผลิตที่ใช้วัสดุ Nylon-6 เพียงชนิดเดียว



ภาพประกอบที่ 20. กำกับ Port Number อักษร “J” บนอุปกรณ์จับยึดฯ (Nylon-6)<sup>2</sup>

บริการ FTTx ลูกค้าแต่ละรายจะกำกับด้วยเลขหมาย (Port Number) อักษร “J” จำนวน 9 หลัก แบ่งเป็นตัวเลข 4 ตัวคั่นด้วยอักษร J และมีตัวเลขตามหลังอีก 4 ตัว ตัวอย่างเช่น 3225J5936 มาตรฐานโครงข่าย ODN ตู๋ SDP ที่มี Fiber Optic Splitter [4] เพื่อแยกสัญญาณแสงกระจายผ่านสาย Access OFC ไปยังอาคารผู้ใช้บริการ สาย Access OFC ที่กระจายจากตู๋ SDP จะมีมากกว่า 1 เส้น เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงผู้ปฏิบัติจะทำเครื่องหมาย Port Number ข่ายสาย Access OFC แต่ละเส้น

บางพื้นที่เขียน Port Number เคลือบแผ่นพลาสติกกันน้ำ ตอกเลขบนแผ่นโลหะ เขียนเลขกำกับบน Clamp หรือวิธีอื่น ๆ ที่สามารถระบุ Port Number เสริมความสะดวกในการบำรุงรักษา ซึ่งอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (Nylon-6)<sup>2</sup> สามารถใช้ปากกาเพอร์มาเนนท์ (Permanent) เขียนที่ผิวด้านข้าง ตอกเลขหมาย อย่างเป็นใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างได้ตามภาพประกอบที่ 20.

## 7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ระเบียบการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ปี พ.ศ. 2563 กำหนดหลักเกณฑ์ห้ามติดตั้งสายสื่อสารที่มีโครงสร้างโลหะกับเสาไฟฟ้าของ กฟน. ส่งผลกระทบต่อ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ที่ Last Mile บริการ FTTx ใช้สาย OFC Round Type ที่มีเส้นลวดโลหะสายสะพานรับแรงดึง [1] ชัด

ระเบียบของ กฟน. ฝ่ายวิจัยและพัฒนา (วบ.2) และส่วนงานที่เกี่ยวข้องร่วมศึกษาวิจัยออกแบบสายกระจายเส้นใยแก้วนำแสงแนวตรงรับแรงดึงด้วยตัวเองไม่มีส่วนประกอบของโลหะหรือสาย Access OFC LSZH [2] ทดลองติดตั้งภาคสนามไม่สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะได้ ทีมวิจัยศึกษาวิจัยเพิ่มเติมออกแบบสาย Access OFC Nylon-6 [3] ผลการทดลองภาคสนามป้องกันสัตว์กัดแทะได้ ไม่มีส่วนประกอบของโลหะรองรับระเบียบของ กฟน.

อุปกรณ์จับยึดสาย Access OFC LSZH ที่จัดซื้อมาทดลองภาคสนามมีต้นทุนสูง 15 ถึง 35 บาท/ชิ้น (ขึ้นกับปริมาณการสั่งซื้อ) เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์จับยึด Dropwire Clamp ราคาเพียง 3 ถึง 5 บาท/ชิ้น เพื่อหาแนวทางลดต้นทุนอุปกรณ์จับยึดฯ ที่มีราคาสูง วบ.2 ได้รับมอบหมายให้ศึกษาวิจัยพัฒนาออกแบบอุปกรณ์จับยึด

ทีมวิจัยออกแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS โครงสร้างปลอกขึ้นนอกรูปทรงสี่เหลี่ยมยาวรูปรีมีร่องเปิดด้านบนสำหรับสอดสายที่จะจับยึด ผิวตรงข้ามด้านล่างเจาะร่องยาวเพื่อวางสายผลิตจากวัสดุ Nylon-6 ชิ้นส่วนแกนในทรงกลมตันสมมาตรกับปลอกขึ้นนอกผลิตจาก ABS แกนท่วงโลหะมาตรฐานเดียวกับ Dropwire Clamp ต้นทุนประมาณ 4-7 บาท (ขึ้นกับปริมาณการสั่งซื้อ)

ผลการทดลองอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง Nylon-6/ABS ใช้งานได้ดีกับสาย Access OFC LSZH แต่มีปัญหาเกี่ยวกับสาย Access OFC Nylon-6 สายเกิดการเลื่อนไหลออกจากอุปกรณ์จับยึดบางจุด ปัญหาเกิดตอนติดตั้งครั้งแรกสายเลื่อนไหลจนถึงจุดอึดตัวจนอุปกรณ์ล็อกสายแน่นหรือสายดึงตัวสายจะหยุดเลื่อนไหล

ทีมวิจัยแก้ปัญหาเปลี่ยนวัสดุแกนในทรงกลมตันจาก ABS เป็น Nylon-6 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (*Nylon-6*)<sup>2</sup> เหมาะสมกับนำมาติดตั้งสาย Access OFC Nylon-6 การเปลี่ยนวัสดุแกนกลางจาก ABS เป็น Nylon-6 ไม่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตกลับส่งผลดีในขบวนการผลิตที่ใช้วัสดุ Nylon-6 เพียงชนิดเดียว

เพื่อความสมบูรณ์ในการศึกษาวิจัยควรผลิตต้นแบบอุปกรณ์จับยึดสายกระจายแนวตรง (*Nylon-6*)<sup>2</sup> ติดตั้งทดลองใช้งานภาคสนามเก็บข้อมูลสรุปผล ก่อนออกข้อกำหนดประกาศใช้在公司โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ต่อไป

### ที่ปรึกษาโครงการวิจัยฯ

รศ.ดร.อฉิม ฤกษ์บุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.สมมาตร แสงเงิน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

### ผู้บริหาร บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน)

นายมรกต เขียวมนตรี	รองกรรมการผู้จัดการใหญ่สายงานโครงสร้างพื้นฐาน
นายทินกร นาทองลาย	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่กลุ่มบริหารโครงข่าย
นายทรงวุฒิ วงษ์สุนทร	ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา

### ผู้ร่วมวิจัย

นายไพศาล แข่งเจริญ	นายสุวันชัย เจริญนนทวัฒน์	นายดิเรก เย็นนภา
นายดำรงห์ ตริ์จัญญ	นายกิตติโชค บุญชัยยะ	นางสุภมาส แข่งเจริญ
นางปิ่นณพร รักชีพ	นายวรวิทย์ อรชร	นายทศไนย เลานวัฒนา
นายศักดิ์สิทธิ์ จิระเสวี	นายชัยฤทธิ์ ศรีดาวงษ์	นายสรรเสริญ ทรงเผ่า
นายประจักษ์ รักชีพ	นายกฤต ศรีวิลาศ	ว่าที่ร้อยตรี ชัชวาล จันทรกุล
นายทรงพล สงวนรัตน์	นายสุชาติ เหมือนจีน	นายเมธี สุมานะนันท์
นายสันติภาพ แสงจันทร์	นายพิสันต์ พงษ์ไชยโสภณ	นายณฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล

### บริษัท เอส เจ พี เทคโนโลยี จำกัด

นายวิโรจน์ เลิศวาริเวช	นายภักพล เลิศวาริเวช	นายตุลย์ ศิริวงศ์
นายภูริตล บุญเกิด	นายวรยุทธ์ มาลากรอง	

### นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา

นายรังสฤษฏ์ สุนทรโรทก	หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
-----------------------	----------------------------------------------------------------------------------

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-049-03 Issued; February 2014 “Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2 F)”
- [2] รายงานผลการวิจัยและพัฒนาออกแบบสาย Access OFC ไม่มีส่วนประกอบของโลหะ (Access OFC Cable Design without Metal Components) นายอนุรุต อุทัยรัตน์ และคณะฯ หน่วยธุรกิจขายและบริการลูกค้าด้านครหลวง บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) 21 กันยายน 2563
- [3] โครงการศึกษาวิจัยออกแบบสาย Access OFC Nylon-6 ป้องกันสัตว์กัดแทะที่ไม่มีส่วนประกอบของโลหะ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา (วบ.2) บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) 2564
- [4] TOT Public Company Limited, Fixed Line and Broadband Development Sector Specification No. OES-001-076-04 Issued; November 2018 “Fiber Optic Splitter (Splitter in Passive Optical Network)”