หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในอดีตหลายปีที่ผ่านมา อุปกรณ์ที่ยึดติดกับเสาไฟฟ้าเพื่อติดตั้งสายเคเบิลโทรศัพท์ ได้แก่ คอนไม้แขวนเคเบิล (Wood crossarm) เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาซื้อง่ายกว่าวัสดุอื่นซึ่งวิธีการผลิตก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือมากมายนัก ไม้ที่ผลิตเป็นคอนไม้แขวนเคเบิลมักนิยมใช้ไม้เนื้อแข็งซึ่งมีอายุใช้งานราว 20 ปี อาทิเช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง และไม้สัก การคัดเลือกไม้เนื้อแข็งที่นำมาใช้ในงานคอนไม้แขวนเคเบิลจะมีข้อกำหนดสำหรับการคัดเลือกโดยการคัดเลือกจะใช้ดุลยพินิจหรือการตรวจสอบจากการสังเกตด้วยตาเปล่าของผู้ตรวจสอบ ข้อกำหนดในการคัดเลือกไม้เนื้อแข็งในการผลิตเป็นคอนไม้แขวนเคเบิล (1) ได้แก่ ห้ามมีตำหนิของไม้ เช่น ตาไม้ (Knots) การแตกของไม้ทางยาวที่ขวางกับวงปี (Check) การแตกของไม้ทางยาวที่เกิดระหว่างเส้นรอบวงปี (Shake) รอยแตกขวางกับเสี้ยนไม้ (Crack) การแตกตามยาวของไม้ (Split) การโก่งงอของไม้ (Warp) และ รูเล็ก ๆ ที่เป็นแหล่งอาศัยของแมลง ดังนั้นไม้ที่ดีผิวของไม้ต้องเรียบทุกระนาบ ในการนำไม้มาผลิตเป็นคอนไม้แขวนเคเบิลมีการกำหนดขนาดมาตรฐานต่อการนำมาใช้งานซึ่งจะกำหนดเป็นคานที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 x 10 เซนติเมตร และ ยาว 150 เซนติเมตร โดยที่รูปแบบการติดตั้งคอนไม้แขวนเคเบิลกับเสาไฟฟ้าจะแสดงได้ดังรูปที่ 1.1

ปัจจุบันไม้ที่ผลิตเป็นคอนไม้แขนเคเบิลเริ่มมีความขาดแคลนประกอบกับไม้ที่ผลิตเป็นคอนไม้แขวนเคเบิลมีอายุการตัดไม้ยังน้อยอยู่เนื่องจากป่าไม้ได้ถูกทำลายไปและไม่มีการปลูกต้นไม้ใหม่ทดแทนต้นไม้เดิมที่ถูกทำลายทิ้ง ดังนั้นสิ่งที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาให้เสียสมดุลก่อให้เกิดภัยธรรมชาติอันร้ายแรงอาทิเช่น ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล พื้นที่เกิดความแห้งแล้งเนื่องจากดินไม่อุ้มน้ำเป็นปัญหาทำให้เกิดอุทกภัย สัตว์ป่าไม่มีที่อยู่อาศัยและเกิดการสูญพันธุ์ของสัตว์ป่า ทำให้รัฐบาลจำเป็นต้องออกมาตรการการจำกัดการใช้ไม้เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและป้องกันการเสียสมดุลของระบบนิเวศน์วิทยา จึงส่งผลทำให้ไม้ที่ผลิตเป็นคอนไม้แขนเคเบิลมีความขาดแคลนจำเป็นต้องสั่งไม้นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งเป็นเพื่อนบ้านเสียส่วนมากโดยมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี ซึ่งเทียบกับอายุการใช้งานของเคเบิลแล้วยังมีค่าน้อย ไม้ที่ผลิตเป็นคอนไม้แขวนเคเบิลนั้นจากการสำรวจพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับคอนไม้แขวนเคเบิลมีลักษณะคล้ายกันนั่นคือ คอนไม้แขวนเคเบิลจะเกิดรอยแตกตามยาวกับตัวคอนและหักเป็นมุมฉากที่กึ่งกลางของคอนไม้แขวนเคเบิลดังแสดงได้ดังรูปที่ 1.2

ความเสื่อมสภาพของคอนไม้แขวนเคเบิลก็เป็นสาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติด้านทานทางวิศวกรรมลดลง การผุของไม้เกิดจากสาเหตุเชื้อราที่อาศัยอยู่ในเนื้อไม้ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสม ได้แก่ ความชื้นที่สูง อุณหภูมิปานกลาง มีอากาศเข้าไปได้ถึง คอนไม้แขวนเคเบิลที่ติดตั้งกับเสาไฟฟ้ามีสภาพการใช้งานลักษณะเช่นเดียวกันจึงเป็นเหตุทำให้คอนไม้แขวนเคเบิลเกิดการผุและมีคุณสมบัติด้อยลงที่จะต้านทานน้ำหนักบรรทุกของสายเคเบิล ดังนั้นจำเป็นต้องหาวัสดุใหม่ที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันมาใช้ทดแทนคอนไม้แขวนเคเบิลในงานทางด้านช่ายสาย

1.1 งานวิจัยที่ผ่านมา

ในทางวิศวกรรมได้มีการกำหนดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอยู่หลายประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและการกระทำของแรงจากภายนอก อาทิเช่น ความเสียหายจากแรงดัด แรงเฉือน แรงกด ความล้า และ การกัดกร่อนของโครงสร้าง เป็นต้น เนื่องจากลักษณะรูปร่างหน้าตัดของสายเคเบิลขององค์การโทรศัพท์มีหน้าตัดเป็นรูปเลขแปด (Figure-8) จากงานวิจัยของ Ito, Fujino, Yamawaki and Yamaguchi (2) พบว่าระบบงานทางด้านช่ายสายเคเบิลที่มีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปเลขแปดเมื่อมีแรงลมมากระทำกับสายเคเบิลจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์แกลลัพพิ่ง (Galloping) ปรากฏการณ์นี้ก่อให้เกิดการแกว่งของเคเบิลในทิศทางแนวดิ่งและแนวราบ โดยการแกว่งของสายเคเบิลจะเริ่มจากแอมปลิจูดการแกว่งที่ค่าน้อยโดยจะแกว่งในทิศทางแนวดิ่งและแนวราบร่วมกันและเมื่อแอมปลิจูดการแกว่งมีค่าเพิ่มมากขึ้นที่จำนวนรอบการแกว่งมากกว่า 10 รอบ การแกว่งของสายเคเบิลจะมีแอมปลิจูดการแกว่งที่แน่นอนซึ่งสายเคเบิลจะมีการหมุนรอบระนาบในแนวดิ่งและแนวราบร่วมกันคล้ายกับวงกลมปิดหรือวงรีปิด จากการศึกษาพบอีกว่าถ้าอัตราส่วนของการตกท้องช้าง (Sag Ratio) มีค่าเพิ่มขึ้นขนาดของแอมปลิจูดการแกว่งของสายเคเบิลสำหรับปรากฏการณ์แกลลัพพิ่งก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย ขณะเดียวกันแอมปลิจูดการแกว่งของสายเคเบิลจะขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่ค่า ๆ หนึ่งที่กระทำต่อสายเคเบิล โดยที่แอมปลิจูดการแกว่งของสายเคเบิลจะมีค่าคงที่เมื่อความเร็วลมที่กระทำต่อสายเคเบิลมีค่าเท่ากับความเร็วลมวิกฤต จากผลของแรงลมที่กระทำต่อสายเคเบิลจะก่อให้เกิดการแกว่งของสายเคเบิลเป็นวงกลมปิดส่งผลทำให้จุดรองรับของสายเคเบิลที่เป็นคอนไม้แขวนเคเบิลต้องรับน้ำหนักบรรทุกเป็นวัฏจักรหรือน้ำหนักบรรทุกที่กระทำซ้ำ เมื่อสายเคเบิลมีการแกว่งด้วยความถี่ 1 เฮิรตซ์ ในเวลาที่ติดต่อกัน 8 ชั่วโมง ตลอดเวลาการทดสอบ 1 ปี จำนวนรอบของน้ำหนักบรรทุกเป็นวัฏจักรจะเกิดขึ้นประมาณ 1 ล้านรอบ โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกเป็นวัฏจักรจะเรียกว่า ความล้า (3) ค่าความล้าจะหาได้จากหน่วยแรงสูงสุดกับจำนวนรอบที่น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำซึ่งมีค่าลดลงเป็นเส้นตรงจนกระทั่งถึงค่าพิกัดความล้า (Fatigue limit) ตามความสัมพันธ์ในมาตราส่วนลอกการิทึม จากผล

สรุปความล้าของไม้หลายประเภท (3) พบว่าการทดสอบความล้าด้วยวิธีแรงดัดกระทำซ้ำที่อัตราส่วนหน่วยแรง (Stress Ratio) เท่ากับ 0.1 หรือ อัตราส่วนหน่วยแรงดัดต่ำสุดต่ออัตราส่วนหน่วยแรงดัดสูงสุด (หน่วยแรงดึงมีค่าเป็นบวกและหน่วยแรงอัดมีค่าเป็นลบ) มีค่าเท่ากับ 0.1 จะให้ค่าหน่วยแรงสูงสุดประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของหน่วยแรงประลัยที่สภาวะสถิตย์ที่จำนวนการทดสอบ 2 ล้านรอบ

จากงานวิจัยในปี ค.ศ. 1956 Ozell and Aradaman (4) ได้ทำการศึกษาความล้าของคานอัดแรงระบบอัดแรงก่อน (Pre-tensioned) โดยทดสอบน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่แตกต่างกันเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบ (Design load) พบว่าคานคอนกรีตอัดแรงที่ทดสอบน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 เท่าของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบโดยพิจารณาจากหน่วยแรงดึงที่ผิวด้านล่างของคอนกรีตมีค่าเป็นศูนย์ คานจะไม่เกิดการวิบัติเกิดขึ้นเลยเมื่อจำนวนรอบการทดสอบ 3 ล้านรอบ แต่ถ้าคานคอนกรีตอัดแรงที่ทดสอบรับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำมากกว่า 1.8 เท่าของน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ เช่น รับน้ำหนักบรรทุก 2 เท่า หรือ 2.46 เท่า หรือ 2.74 เท่า พบว่าคานอัดแรงจะเกิดการวิบัติที่จำนวนรอบการทดสอบ 940,000 รอบ 280,000 รอบ และ 126,000 รอบ ตามลำดับ โดยการวิบัติของคานอัดแรงจะเป็นการวิบัติด้วยการขาดของลวดอัดแรงแบบตีเกลียว (Strand)

ในปี ค.ศ.1965 Venuti (5) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ ที่ระดับ 50 60 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยกำลังประลัยสถิตย์ พบว่าคานคอนกรีตอัดแรงที่ได้รับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ คานจะวิบัติด้วยแรงดัด (Flexure Failure) ที่จำนวนรอบของการทดสอบ 5 ล้านรอบ ถ้ารับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ระดับ 60-70 เปอร์เซ็นต์ คานคอนกรีตอัดแรงจะวิบัติด้วยความล้าของเหล็กแรงดึงสูงที่จำนวนรอบการทดสอบ 2 แสนรอบ ถ้ารับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ระดับ 80-90 เปอร์เซ็นต์ คานคอนกรีตอัดแรงจะวิบัติด้วยการอัดระเบิด (Crushing) ในส่วนคอนกรีตที่เป็นพื้นที่รับแรงอัดที่จำนวนรอบการทดสอบน้อยกว่า 50 รอบ สรุปได้คือน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ระดับเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยกำลังประลัยสถิตย์สูงจำนวนรอบการทดสอบของความล้ามีค่าลดลง

จากการทดสอบน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำของไม้ (3) และ คานคอนกรีตอัดแรง (5) ค่าหน่วยแรงสูงสุดจะมีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงประลัย ในทำนองเดียวกันเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ค่าหน่วยแรงประลัยสูงสุดจะมีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงครากถ้ารับน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่มีจำนวนรอบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงค่าพิกัดความล้าซึ่งค่านี้หน่วยแรงจะมีค่าค่อนข้างคงที่ถึงแม้ว่าจำนวนรอบจะเพิ่มขึ้นซึ่งผลการทดสอบพบว่าค่าพิกัดความล้าจะเกิดขึ้นเมื่อจำนวนรอบการทดสอบมีค่าประมาณสองล้านรอบ

ปัญหาการกัดกร่อนของเหล็กเสริมที่จะนำมาใช้เป็นคอนแขวนเคเบิลก็มีส่วนสำคัญ การกัดกร่อนของเหล็กเสริมเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่ากลไกทางไฟฟ้าเคมี จากงานวิจัย Mozer, Bianchini and Kesler (6) พบว่าการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 3 ข้อ 1) ศักย์ไฟฟ้าระหว่างพื้นที่ทั้งสองต้องแตกต่างกัน 2) ต้องมีเส้นทางให้กับอิเล็คตรอน 3) ปฏิกิริยาที่ขั้วทั้งสองต้องเหมาะสมในการเคลื่อนที่ กลไกการกัดกร่อนของเหล็กเสริมจะเริ่มขึ้นเมื่อเหล็กที่เป็นโลหะจะกลายเป็นออกไซด์ของโลหะเนื่องจากเหล็กมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E°) ที่มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของไฮโดรเจนที่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าอ้างอิง ($E^{\circ} = 0$) ซึ่งจะพบว่าเหล็กจะเกิดการสูญเสียอิเล็คตรอนและเรียกพื้นที่นี้ว่าพื้นที่แอโนด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถเขียนได้ว่า

ปฏิกิริยาที่แอโนด $$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-} \qquad (1.1)$$

ปฏิกิริยาที่แคโทดจะเป็นปฏิกิริยาการรับอิเล็คตรอนซึ่งจะเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาอัตราการกัดกร่อนสำหรับงานที่เป็นโครงสร้างเหล็ก โดยทั่วไปสภาวะแวดล้อมที่เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดได้แก่ น้ำ และ ออกซิเจน ซึ่งจะมีบทบาทอย่างมากต่ออัตราการกัดกร่อน

ปฏิกิริยาที่แคโทด $$\tfrac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^{-} \longrightarrow 2OH^{-} \qquad (1.2)$$

เมื่ออิออนของเหล็ก Fe^{2+} ทำปฏิกิริยากับ น้ำและออกซิเจน จะถูกออกซิไดซ์เป็นสนิมของเหล็กและแม็กเนไทต์ที่เป็นแร่สีดำและเกิดขึ้นบนผิวของเหล็กเสริมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.3

$$Fe(OH)^{+}_{2} + OH^{-} \longrightarrow FeO(OH)\ (rust) + H_2O \qquad (1.3)$$

$$2Fe(OH)^{2+} + Fe^{2+} + 2H_2O \longrightarrow Fe_3O_4\ (magnetite) + 6H^{+} \qquad (1.4)$$

ปฏิกิริยาที่กล่าวมาเป็นปฏิกิริยาการกัดกร่อนของเหล็กซึ่งส่งผลกระทบต่อความเสียหายต่อโครงสร้างเหล็กเป็นอย่างมาก วิธีที่จะป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กมีอยู่หลายวิธีแต่วิธีหนึ่งที่นิยมกันมากคือการชุบร้อนกัลวาไนซ์ด้วยสังกะสี (Zinc hot-dip galvanized castings on iron steel) เนื่องจากสังกะสีมีศักย์ไฟฟ้าที่สูงกว่าศักย์ไฟฟ้าของเหล็กจึงทำให้สังกะสีมีการสูญเสียอิเล็คตรอนที่ง่ายกว่า ดังนั้นความหนาผิวของชุบสังกะสีจึงส่งผลต่อระยะเวลาของการนำไปใช้งานซึ่งถ้าเหล็กที่มีค่าความหนาของผิวชุบสังกะสีไม่มากนักโอกาสความเป็นไปได้ที่เหล็กจะถูกกัดกร่อนก็มีมากหลังจากที่สังกะสีสูญเสียอิเล็คตรอนไปจนหมด

ในปี ค.ศ. 1973 Atimtay and Ferguson (7) ได้ทำการศึกษาการกัดกร่อนจากคลอไรด์ในคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมแตกต่างกันที่รับน้ำหนักบรรทุก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และไม่ได้รับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบพบว่าการกำหนดความหนาของระยะหุ้มของคอนกรีตเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อการต้านทานการกัดกร่อน ต้องกำหนดในเทอมของอัตราส่วนระยะหุ้มของคอนกรีต (c) ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม (d_b) จากการทดสอบอัตราส่วน c/d_b มีค่าประมาณ 2.5 ถึง 3.0 เป็นค่าที่ให้เปอร์เซ็นต์ของการกัดกร่อนเข้าใกล้ศูนย์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เป็นสิ่งสำคัญต่อเปอร์เซ็นต์การกัดกร่อนด้วยเช่นเดียวกัน จากการทดสอบพบว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีค่าน้อยกว่า 0.49 จะให้เปอร์เซ็นต์ของการกัดกร่อนในเหล็กเสริมของคอนกรีตเกิดขึ้นน้อยมาก และยังพบว่าคานที่มีรอยร้าวจะเกิดการกัดกร่อนมากกว่าคานที่ไม่เกิดรอยร้าว ส่วนพื้นระบบอัดแรงเปอร์เซ็นต์การกัดกร่อนจะมีค่าน้อยส่วนมาก พบว่าการกัดกร่อนจะเกิดขึ้นตรงบริเวณปลายทั้งสองด้านของพื้นที่ที่เหล็กแรงดึงสูงสัมผัสกับคลอไรด์โดยตรง

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ จึงเป็นงานที่สำคัญสามารถนำไปใช้กับระบบงานทางด้านข่ายสายขององค์การโทรศัพท์ที่รัฐบาลจะเพิ่มเลขหมายโทรศัพท์อีกหลายล้านเลขหมายทั่วประเทศไทยในอนาคตข้างหน้านี้ โดยการทดสอบจะนำคอนแขวนเดเบิล อันได้แก่ คอนไม้แขวนเดเบิล คอนกรีตอัดแรงสปัน และ คอนเหล็กรูปตัวซี จำนวนตัวอย่างละ 60 ตัวอย่าง มาทำการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมพร้อมทั้งเสนอความเหมาะสมในการคัดเลือกการใช้งานของวัสดุทดแทนคอนไม้แขวนเดเบิลต่อไป

การทดสอบจะใช้มาตรฐาน ASTM D194-94 เพื่อทดสอบสภาวะน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ของคานที่ให้ค่ากำลังประลัยสูงสุดซึ่งใช้กำหนดแนวทางการทดสอบความล้าภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ และใช้มาตรฐาน ASTM B117-95 ทดสอบชิ้นงานคอนแขวนเดเบิลแต่ละประเภทด้วยการพ่นละอองน้ำเกลือของโซเดียมคลอไรด์เพื่อใช้หาสภาวะการกัดกร่อนของคอนแขวนเดเบิล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมในการใช้งานของคอนไม้แขวนเดเบิล
2. ศึกษาและทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่จำเป็นต่อการใช้งานของคอนแขวนเดเบิลทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ คอนไม้แขวนเดเบิล คอนเหล็กรูปตัวซี และ คอนกรีตอัดแรงสปัน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับคอนไม้แขวนเดเบิลที่เป็นวัสดุเดิม
3. ประเมินผลและเสนอแนวทางในเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทดแทนคอนไม้แขวนเดเบิล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะการติดตั้งการใช้งานของคอนไม้แขวนเคเบิล และแรงของสายเคเบิลที่กระทำลงบนคอนไม้แขวนเคเบิล

2. กำหนดวิธีการและรายละเอียดในการทดสอบคอนแขวนเคเบิลประเภทต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการใช้งานจริง

3. ทำการทดสอบและประเมินผลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนแขวนเคเบิล

4. ทำรายงานสรุปผลการประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมและความเหมาะสมของการใช้งานของคอนแขวนเคเบิลประเภทต่างๆ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะและรายละเอียดการใช้งานของคอนไม้แขวนเคเบิล รวมไปถึงศึกษาลักษณะของแรงที่กระทำต่อคอนไม้แขวนเคเบิลและลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้น

2. ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมขั้นพื้นฐานของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำคอนแขวนเคเบิลในส่วนที่ไม่ต้องทำการทดสอบ

3. กำหนดแผนการและรายละเอียดในการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้งานโดยให้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมของงานทางด้านช่ายสายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

3.1 กำลังรับแรงดัด

3.2 กำลังรับแรงเฉือน

3.3 การทนทานต่อความล้าในกรณีแรงกระทำเป็นแบบวัฏจักร

3.4 การทนทานต่อแรงกด

3.5 การทนทานสภาวะแวดล้อม

รวมไปถึงการกำหนดจำนวนตัวอย่างในการทดสอบและรายละเอียดการเก็บข้อมูลในการทดสอบ

4. วิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งประมวลผลที่ได้จากการทดสอบ และเสนอแนวทางในการเลือกคอนแขวนเคเบิลที่เหมาะสมกับการใช้งาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจพฤติกรรมในการใช้งานของคอนแขวนเคเบิล

2. เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมใช้ทดแทนไม้สำหรับทำคอนแขวนเคเบิล

3. ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและป่าไม้ป้องกันการเสียสมดุลของระบบนิเวศน์วิทยา