รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ
ชุดระบบอุโมงค์จำลองลมเพื่อการศึกษาผลกระทบแรงลม
ต่อโครงสร้างวิศวกรรมโยธา จำนวน 1 ชุด
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รายการจัดซื้อจัดจ้าง ชุดระบบอุโมงค์จำลองลมเพื่อการศึกษาผลกระทบแรงลม จำนวน 1 ชุด ต่อโครงสร้างวิศวกรรมโยธา

2. กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 คุณลักษณะทั่วไป

เป็นชุดระบบอุโมงค์ลมชนิดชั้นขอบเขต (Boundary-Layer Wind Tunnel) ความเร็วต่ำ
ออกแบบเพื่อจำลองสภาวะลมภายใต้การควบคุม
สำหรับการศึกษาและทดสอบผลกระทบแรงลมที่มีต่อโครงสร้างวิศวกรรมโยธา

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ

ชุดระบบอุโมงค์จำลองลมเพื่อการศึกษาผลกระทบแรงลมต่อโครงสร้างวิศวกรรมโยธา จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

2.2.1 ระบบอุโมงค์ลม (wind tunnel system) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

2.2.1.1 เป็นระบบอุโมงค์ลมชนิดแนวนอนแบบวงจรเปิด (horizontal, open-circuit wind tunnel)

2.2.1.2 มีพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1.6 เมตร พร้อมมอเตอร์ขับขนาดกำลังไม่น้อยกว่า 45 กิโลวัตต์

2.2.1.3 มีความสามารถในการสร้างกระแสลมดังนี้

- สามารถทำความเร็วลม (wind speed range) ได้ครอบคลุมช่วง 0.5 ถึง 20 เมตรต่อวินาที
- มีความสม่ำเสมอของความเร็วลม (wind speed uniformity) อยู่ภายใน ±1% ของค่าเฉลี่ย สำหรับบริเวณกระแสลมเรียบ/ความปั่นป่วนต่ำของช่วงทดสอบ
- มีค่าความเข้มการแปรปรวนของลม (turbulence intensity) ไม่เกิน 1% สำหรับบริเวณกระแสลมเรียบ/ความปั่นป่วนต่ำของช่วงทดสอบ

2.2.1.4 มีขนาดพื้นที่ทดสอบ (test section) ไม่น้อยกว่า กว้าง 1.25 เมตร สูง 1.25 เมตร และยาว 12.5 เมตร พร้อมหน้าต่างสังเกตการณ์ขนาดไม่น้อยกว่า กว้าง 1,600 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร ข้างละไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง เพื่อให้สามารถสังเกตการณ์ทดลองภายในช่วงทดสอบได้

2.2.1.5 มีโต๊ะหมุน (turntable) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด โดยติดตั้งในบริเวณกระแสลมเรียบ/ความปั่นป่วนต่ำ (smooth/low-turbulence flow region) และบริเวณชั้นขอบเขตลมแปรปรวน (turbulent boundary-layer flow region) บริเวณละ 1 ชุด

2.2.1.6 มีชุดอุปกรณ์ติดตั้งและเลื่อนตำแหน่งโพรบวัดแบบ 2 แกน (2-axis probe holder/traverse system) จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

- เป็นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ควบคุมโดยระบบ PLC (motorized, PLC-controlled system)

- สามารถเคลื่อนตำแหน่งโพรบ (probe traverse) ในแกนแนวตั้ง (Z) ได้ในช่วงไม่น้อยกว่า 800 มิลลิเมตร
- สามารถเคลื่อนตำแหน่งโพรบ (probe traverse) ในแกนแนวขวาง (Y) ได้ในช่วงไม่น้อยกว่า 700 มิลลิเมตร
- ติดตั้งสำหรับใช้งานในบริเวณกระแสลมเรียบ/ความปั่นป่วนต่ำ และบริเวณชั้นขอบเขตลมแปรปรวน

2.2.1.7 มีชุดอุปกรณ์วัดความดันและความเร็วลมแบบดิจิทัล (digital manometer/air speed meter) สำหรับวัดค่าความเร็วลมอ้างอิง (reference wind speed) ได้ครอบคลุมช่วง 0.5 ถึง 20 เมตรต่อวินาที จำนวน 1 ชุด

2.2.1.8 มีชุดอุปกรณ์สอบเทียบสำหรับระบบวัดแรง (calibration rig) สามารถปรับรูปแบบการติดตั้งได้ไม่น้อยกว่า 12 รูปแบบ เพื่อรองรับการสอบเทียบชุดอุปกรณ์วัดแรงแบบ 3 แกน และ 6 แกน จำนวน 1 ชุด

2.2.1.9 มีระบบควบคุม เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผล (control, data acquisition and evaluation system) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยอย่างน้อยดังนี้

2.2.1.9.1 ชุดคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด โดยมีคุณลักษณะขั้นต่ำดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (processor) ชนิด Intel Core i7 หรือเทียบเท่า
- ระบบเก็บข้อมูล (storage) แบบ solid-state drive (SSD) ขนาดไม่น้อยกว่า 512 GB
- หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาดไม่น้อยกว่า 16 GB
- ระบบปฏิบัติการ (OS) แบบ Microsoft Windows 11 หรือเทียบเท่า

2.2.1.9.2 จอแสดงผล (monitor) เทคโนโลยี LED ขนาดไม่น้อยกว่า 24 นิ้ว จำนวน 1 ชุด

2.2.1.9.3 อุปกรณ์ควบคุมการใช้งาน ประกอบด้วย เมาส์และแป้นพิมพ์ จำนวน 1 ชุด

2.2.1.9.4 ชุดซอฟต์แวร์ Microsoft Office หรือเทียบเท่า จำนวน 1 ชุด

2.2.1.9.5 ชุดซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมการทดลอง เก็บข้อมูล และประมวลวิเคราะห์ผล จำนวน 1 ชุด โดยมีความสามารถอย่างน้อยดังนี้

- สามารถควบคุมความเร็วลม โดยการควบคุมความเร็วพัดลม (fan speed control) ได้
- สามารถเก็บข้อมูลค่าความเร็วลม (wind velocity) ได้
- สามารถเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิลม (wind temperature) ได้
- สามารถเก็บค่าความดัน (pressure data) บนตัวอย่างจำลองสิ่งก่อสร้างได้ไม่น้อยกว่า 64 จุด ผ่านระบบเครื่องสแกนความดัน (pressure scanner)
- สามารถเก็บข้อมูลค่าแรง (applied forces) บนตัวอย่างจำลองสิ่งก่อสร้างผ่านระบบวัดแรง (force balance) ได้

2.2.1.10 คู่มือการใช้งานภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด

2.2.2 ชุดอุปกรณ์วัดแรงแบบ 3 แกน ชนิดติดตั้งบนผนัง (wall-mounted 3-component force balance) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

2.2.2.1 สามารถใช้ในการทดสอบผลกระทบของแรงลมต่อโครงสร้างสะพาน (bridge structure)

2.2.2.2 มีความสามารถในการวัดดังนี้

- มีช่วงการวัดแรงต้าน (drag force, Fx) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 80 นิวตัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดแรงยก (lift force, Fy) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 80 นิวตัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดโมเมนต์ก้มเงย (pitching moment, Mz) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 6.5 นิวตันเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม

2.2.2.3 มีระบบเตือนกรณีแรงเกินขีดจำกัด (overload warning system)

2.2.2.4 มีระบบปรับองศาของตัวอย่างทดสอบแบบปรับด้วยมือ (manual pitch adjusting mechanism) สามารถปรับองศาของตัวอย่างได้ในช่วงอย่างน้อย -15 ถึง +15 องศา

2.2.3 ชุดอุปกรณ์วัดแรงแบบ 6 แกน ชนิดติดตั้งบนพื้น (floor-mounted 6-component force balance) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

2.2.3.1 สามารถใช้ในการทดสอบผลกระทบของแรงลมต่อโครงสร้างอาคาร (building structure)

2.2.3.2 มีความสามารถในการวัดดังนี้

- มีช่วงการวัดแรงต้าน (drag force, Fx) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 200 นิวตัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดแรงด้านข้าง (side force, Fy) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 200 นิวตัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดแรงยก (lift force, Fz) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 400 นิวตัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดโมเมนต์รอบแกน X (rolling moment, Mx) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 16 นิวตันเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดโมเมนต์รอบแกน Y (pitching moment, My) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 16 นิวตันเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม
- มีช่วงการวัดโมเมนต์รอบแกน Z (yawing moment, Mz) ไม่น้อยกว่า 0 ถึง 16 นิวตันเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5% ของสเกลเต็ม

2.2.3.3 มีระบบเตือนกรณีแรงเกินขีดจำกัด (overload warning system)

2.2.4 ชุดอุปกรณ์สแกนความดันอากาศแบบหลายช่อง (multi-channel pressure scanner) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

2.2.4.1 มีจำนวนช่องรับสัญญาณ (number of channels) ไม่น้อยกว่า 64 ช่อง

2.2.4.2 มีช่วงการวัดความดัน (pressure measurement range) ไม่น้อยกว่า ±160 พาสคาล ใน 32 ช่อง และ ±1 กิโลพาสคาล ในอีก 32 ช่อง

2.2.4.3 มีอัตราการเก็บข้อมูลสูงสุด (maximum data acquisition rate) ไม่น้อยกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์

2.2.4.4 มีค่าความละเอียดดิจิทัล (digital resolution) ไม่น้อยกว่า 14 บิต

3. ข้อกำหนดอื่น ๆ

3.1 <u>การจัดเตรียมและปรับปรุงพื้นที่ติดตั้ง (site preparation and renovation)</u>

ผู้ขายจะต้องเข้าตรวจสอบพื้นที่ติดตั้งที่หน่วยงานผู้ซื้อกำหนด และจัดทำแบบหรือแผนการติดตั้ง พร้อมระบุขอบเขตงานจัดเตรียมหรือปรับปรุงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการติดตั้งครุภัณฑ์/ระบบ เสนอให้หน่วยงานผู้ซื้อพิจารณาอนุมัติก่อนเริ่มดำเนินงาน ผู้ขายจะต้องดำเนินงานจัดเตรียมหรือปรับปรุงพื้นที่ตามแบบหรือแผนการติดตั้ง และขอบเขตงานที่ได้รับอนุมัติ เพื่อให้สามารถติดตั้งและใช้งานครุภัณฑ์/ระบบได้ตามคุณลักษณะที่กำหนด ทั้งนี้ งานที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ติดตั้งหรือขอบเขตงานที่ได้รับอนุมัติ เช่น การปรับปรุงโครงสร้างอาคารเดิม ระบบไฟฟ้าหลัก ระบบสาธารณูปโภคหลัก หรือพื้นที่ส่วนอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งครุภัณฑ์/ระบบโดยตรง ให้เป็นความรับผิดชอบของหน่วยงานผู้ซื้อ เว้นแต่มีการระบุรวมไว้ในขอบเขตงานหรือแบบ/แผนการติดตั้งที่ผู้ขายเสนอและได้รับอนุมัติแล้ว

3.2 <u>การติดตั้งและทดสอบระบบ (installation and testing)</u>

ผู้ขายจะต้องดำเนินการติดตั้งและทดสอบการทำงานของครุภัณฑ์/ระบบตามขอบเขตและคุณลักษณะที่กำหนด เพื่อยืนยันว่าครุภัณฑ์/ระบบสามารถทำงานได้ตามปกติก่อนส่งมอบงาน ทั้งนี้ การทดสอบดังกล่าวเป็นการตรวจสอบการทำงานของครุภัณฑ์/ระบบ และไม่รวมการทดสอบเพื่อการวิจัย หรือการทดสอบตัวอย่างเฉพาะของหน่วยงานผู้ซื้อ

3.3 <u>ระยะเวลาการจัดส่ง ติดตั้ง และส่งมอบงาน (delivery, installation and handover)</u>

ผู้ขายจะต้องจัดส่ง ติดตั้ง ทดสอบการใช้งาน และส่งมอบครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอให้แล้วเสร็จสมบูรณ์ภายในระยะเวลา 360 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

3.4 <u>การรับประกันสินค้า (warranty)</u>

ผู้ขายจะต้องรับประกันครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอ เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับถัดจากวันที่คณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ตรวจรับงานเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ เฉพาะโครงสร้างหลักของตัวอุโมงค์ลม และชุดซอฟต์แวร์เฉพาะสำหรับควบคุมระบบที่เสนอ ให้มีระยะเวลารับประกันไม่น้อยกว่า 2 ปี การรับประกันไม่รวมวัสดุสิ้นเปลือง ชิ้นส่วนที่สึกหรอตามการใช้งานปกติ ความเสียหายที่เกิดจากการใช้งานผิดวิธี การดัดแปลงแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือเหตุสุดวิสัย

3.5 <u>การอบรมการใช้งาน (operation training)</u>

ผู้ขายจะต้องจัดอบรมวิธีการใช้งานครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอ การใช้งานซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง การดูแลรักษาเบื้องต้น และข้อควรระวังต่าง ๆ ให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานของหน่วยงานผู้ซื้อ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

3.6 <u>เงื่อนไขการชำระเงิน (payment terms)</u>

ชำระเงินงวดที่ 1 : 30% เมื่อส่งมอบแบบรายละเอียด แผนการติดตั้ง และแผนการดำเนินงานโครงการกำหนดส่งมอบภายใน 60 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

ชำระเงินงวดที่ 2 : 25% เมื่อดำเนินการผลิตโครงสร้างหลักของระบบอุโมงค์ลม และดำเนินการจัดเตรียมพื้นที่ติดตั้งในส่วนที่จำเป็นก่อนการติดตั้งระบบหลัก ตามแผนการติดตั้ง กำหนดส่งมอบภายใน 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

ชำระเงินงวดที่ 3 : 30% เมื่อส่งมอบโครงสร้างหลักของระบบอุโมงค์ลม พร้อมชุดอุปกรณ์วัดแรงแบบ 3 แกน ชุดอุปกรณ์วัดแรงแบบ 6 แกน และชุดสแกนความดัน ณ สถานที่ติดตั้ง กำหนดส่งมอบภายใน 300 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

ชำระเงินงวดที่ 4 : 15% เมื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด เชื่อมต่อและบูรณาการระบบ ทดสอบการทำงาน อบรมการใช้งาน และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ตรวจรับงานเรียบร้อยแล้ว โดยกำหนดส่งมอบงานภายใน 360 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

4. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของครุภัณฑ์/ระบบ ความถูกต้องของการติดตั้ง และความต่อเนื่องในการให้บริการหลังการขาย ผู้เสนอราคาจะต้องมีคุณสมบัติขั้นต่ำดังต่อไปนี้

4.1 ผู้เสนอราคาจะต้องเป็นผู้ผลิตหรือเจ้าของเทคโนโลยีของครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอ หรือเป็นบริษัทที่ได้รับการแต่งตั้ง รับรอง หรือมอบอำนาจจากผู้ผลิต เจ้าของเทคโนโลยี หรือผู้แทนจำหน่ายอย่างเป็นทางการของผู้ผลิตหรือเจ้าของเทคโนโลยี ให้สามารถจำหน่ายครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอในประเทศไทยได้อย่างถูกต้อง พร้อมแสดงเอกสารหลักฐานประกอบในวันยื่นข้อเสนอราคา

4.2 ผู้เสนอราคาจะต้องมีประสบการณ์ในการผลิตหรือจำหน่าย พร้อมทั้งให้บริการหลังการขายสำหรับครุภัณฑ์ประเภทอุโมงค์ลมชนิดชั้นขอบเขต (Boundary-Layer Wind Tunnel: BLWT) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธา

4.3 ผู้เสนอราคาจะต้องมีบุคลากรด้านบริการทางเทคนิคของบริษัท หรือมีผู้ให้บริการทางเทคนิคที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งสามารถให้บริการภายในประเทศไทย และมีความสามารถในการติดตั้ง ตรวจสอบ บำรุงรักษา วิเคราะห์ปัญหา และซ่อมแซมครุภัณฑ์/ระบบที่เสนอ ในกรณีใช้ผู้ให้บริการทางเทคนิคที่ได้รับมอบหมาย ผู้ให้บริการดังกล่าวจะต้องเป็นผู้ผลิตหรือเจ้าของเทคโนโลยี หรือได้รับการรับรองหรือการสนับสนุนทางเทคนิคจากผู้ผลิตหรือเจ้าของเทคโนโลยี พร้อมแสดงเอกสารหลักฐานประกอบในวันยื่นข้อเสนอราคา

4.4 ผู้เสนอราคาจะต้องได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9001:2015 หรือมาตรฐานเทียบเท่า พร้อมแสดงเอกสารรับรองประกอบในวันยื่นข้อเสนอราคา

5. สถานที่ติดตั้ง

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโครงสร้าง ชั้น 1 อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโครงสร้าง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. เงื่อนไขเพิ่มเติมจากทางสถาบัน

1. ผู้ที่ได้รับคัดเลือกต้องเป็นผู้ดำเนินการหมายเลขครุภัณฑ์ และถ่ายรูปภาพครุภัณฑ์ตามที่สถาบันกำหนด หลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว และจัดส่งให้งานพัสดุคณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วย

2. การจัดซื้อจัดจ้างครั้งนี้จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 มีผลใช้บังคับและได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 จากสำนักงบประมาณแล้ว หากกรณีที่หน่วยงานของรัฐมิได้รับจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างในครั้งดังกล่าว หน่วยงานของรัฐสามารถยกเลิกการจัดซื้อจัดจ้างได้

3. วงเงินงบประมาณในการจัดซื้อ 21,970,000 (ยี่สิบเอ็ดล้านเก้าแสนเจ็ดหมื่นบาทถ้วน)

4. สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็นด้วย

5. สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติมและส่งข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็นในการร่างรายละเอียดคุณลักษณะและเงื่อนไขฯ รวมทั้งส่งร่างรายละเอียดคุณลักษณะฯ นี้ไปที่
สำนักงานพัสดุ สำนักงานอธิการบดี โทรศัพท์ 0-2329-8124, E-mail: pasada@kmitl.ac.th,
เว็บไซต์: https://www.kmitl.ac.th/th/procurement

.....	.....	.....
(ผศ.ดร.อำพน จรัสจรุงเกียรติ)	(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)	(ผศ.ดร.ภาณุมาศ ไทรงาม)
ผู้ออกรายละเอียด	ผู้ออกรายละเอียด	ผู้ออกรายละเอียด