



“การลงพื้นที่เก็บข้อมูลและประมวลผลทางวิศวกรรม”

กรณีการพังถล่มของสะพานยกระดับ อ่อนนุช-ลาดกระบัง

(Site Investigation and Engineering interpepation The Collapsed Viaduct on  
Onnut –Ladkrabung Road)

น.อ.ณัฐ ลิ้มสุวรรณ

พ.ท.สงเสริม แก้วเสถียร

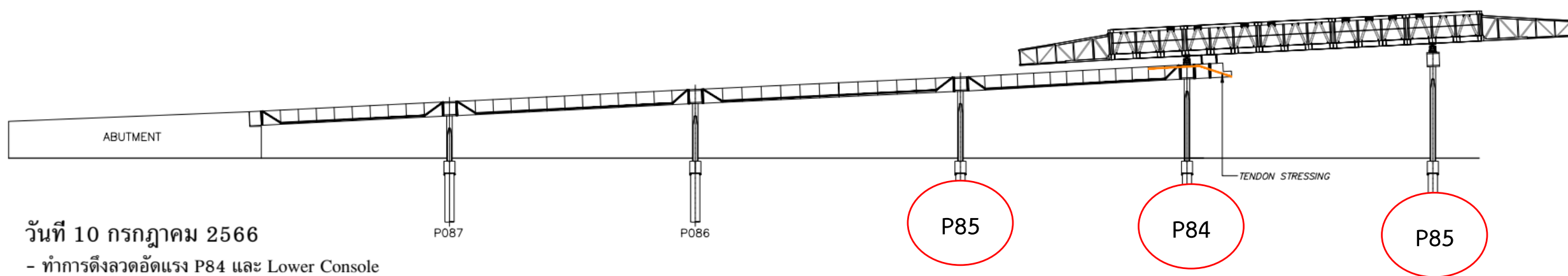


# หัวข้อในการบรรยาย

1. ตำแหน่งวิบัติของสะพาน
2. การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม
3. การเก็บรูปทรงเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติ โดยใช้เทคโนโลยี LiDar ร่วมกับ Photogrammetry
4. ประโยชน์ที่นำไปประยุกต์ใช้ทางวิศวกรรม



# 1. ตำแหน่งวิบัติของสะพาน





# 1. ตำแหน่งวิบัติของสะพาน



40 m.

40 m.

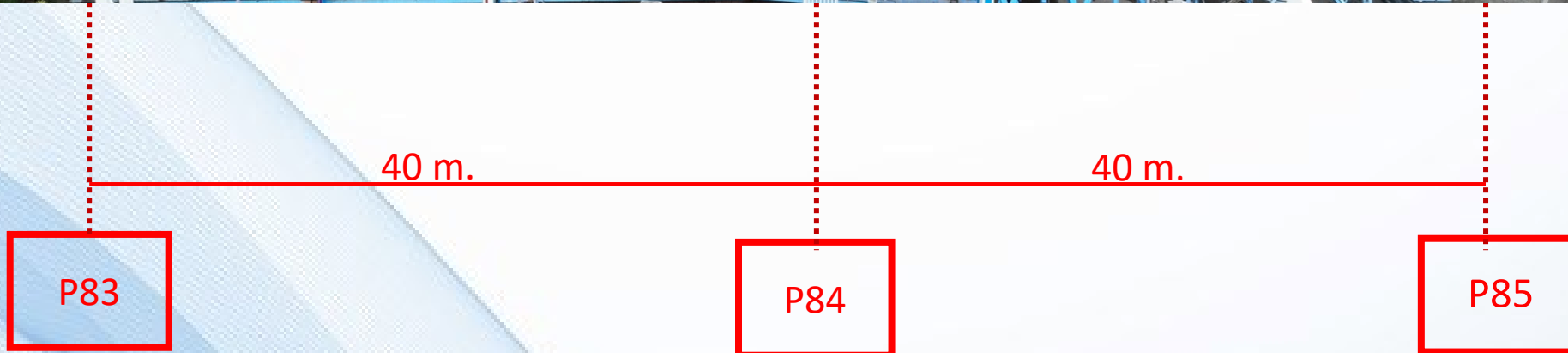
P85

P84

P83

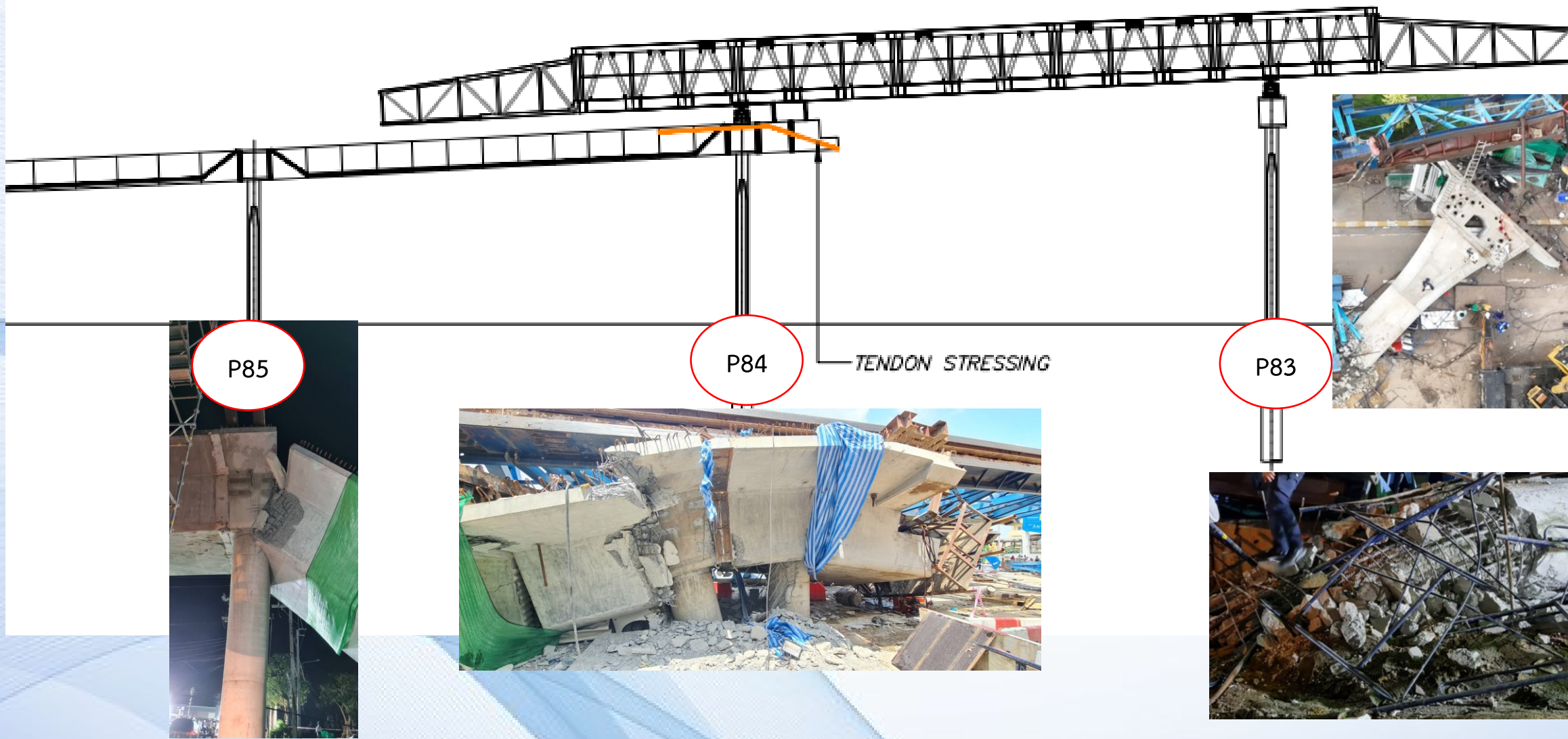


# 1. ตำแหน่งวิบัติของสะพาน





# 1. ตำแหน่งวิบัติของสะพาน



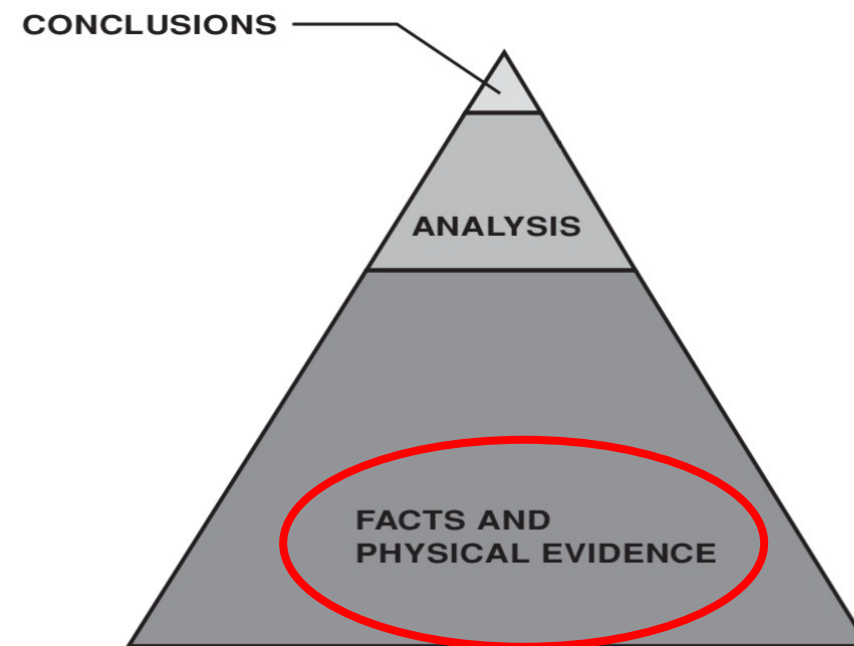


## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม



วัตถุประสงค์ในการเก็บข้อมูล

1. เพื่อความปลอดภัยในการรื้อย้ายโครงสร้างที่เกิดความเสียหาย ให้เกิดความปลอดภัย
2. ตรวจสอบวิเคราะห์สาเหตุ การวิบัติ
3. ตรวจสอบโครงสร้างที่ต่อเนื่องกับโครงสร้างที่เสียหาย

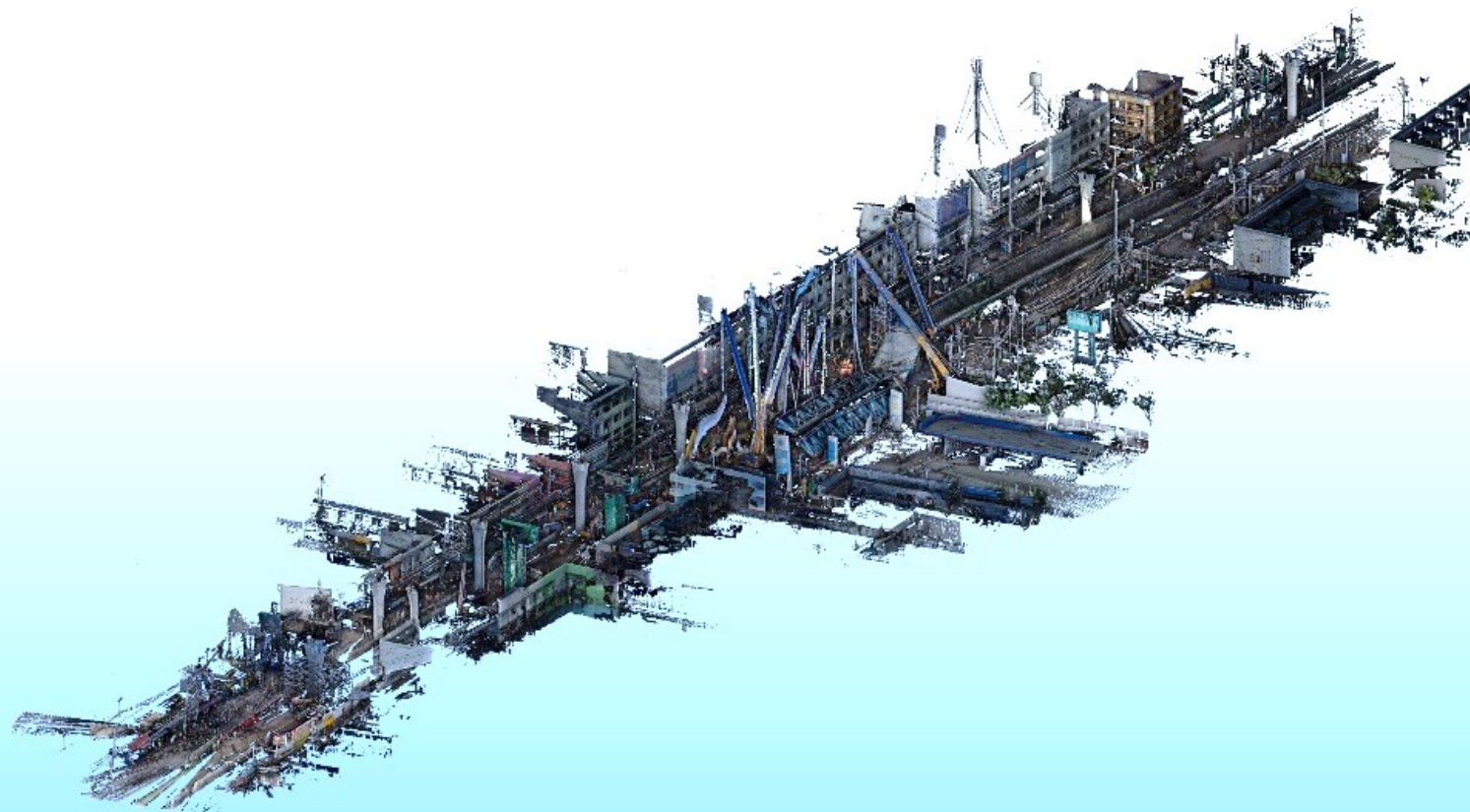


Investigation Pyramid



## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม

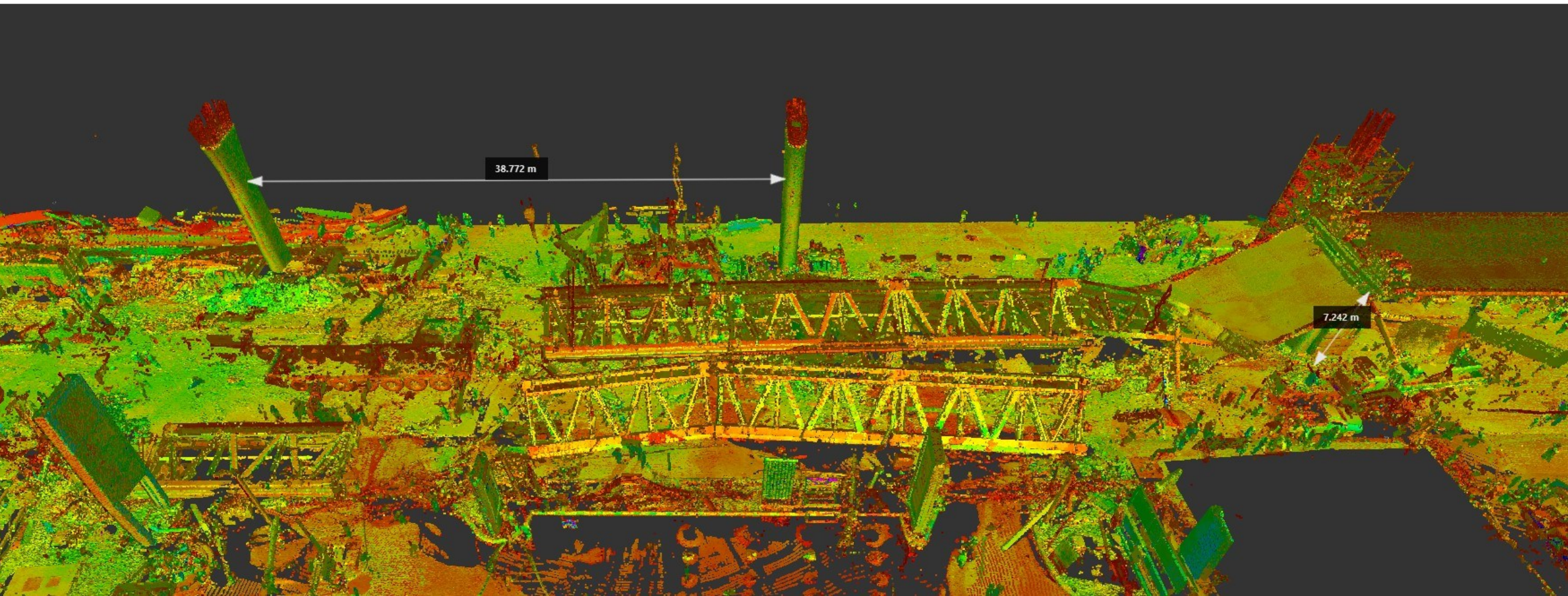
2.1.เก็บข้อมูลเรขาคณิตการวิบัติของสะพานและพื้นที่โดยรอบ แบบสามมิติโดยใช้เทคโนโลยี LiDar ร่วมกับ Photogrammetry





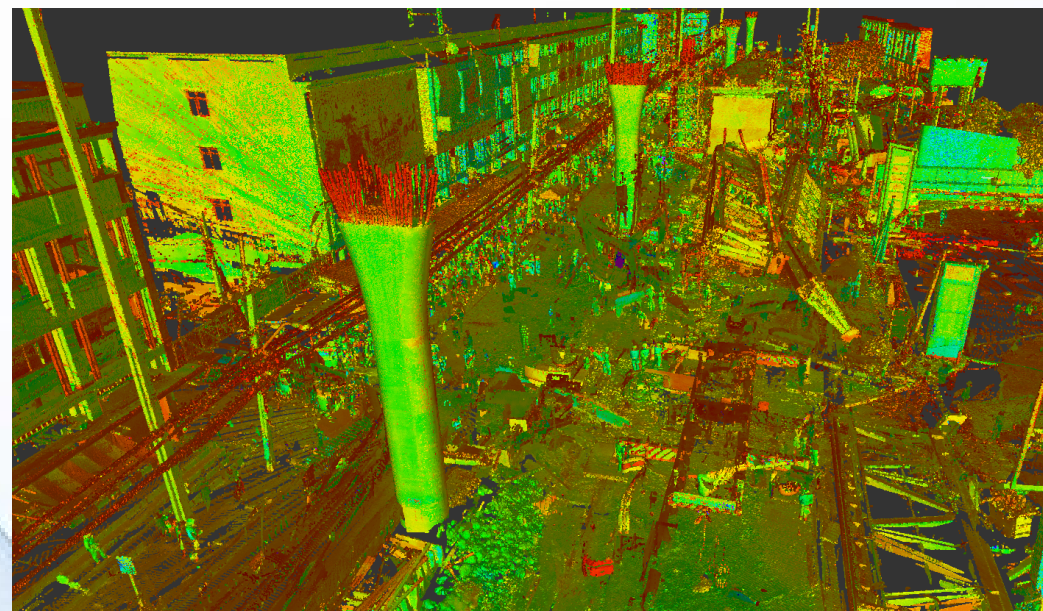
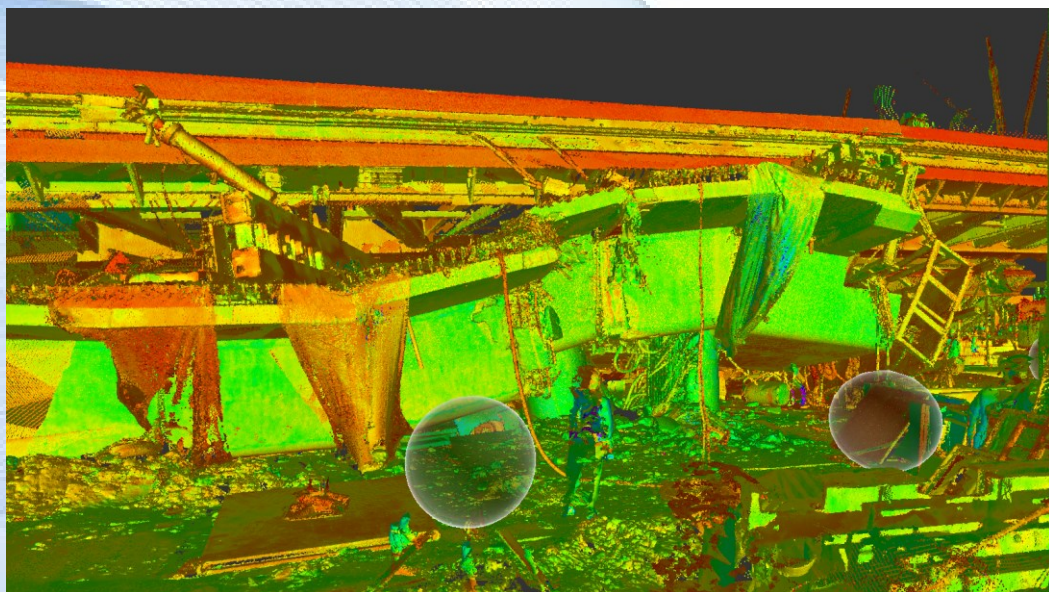
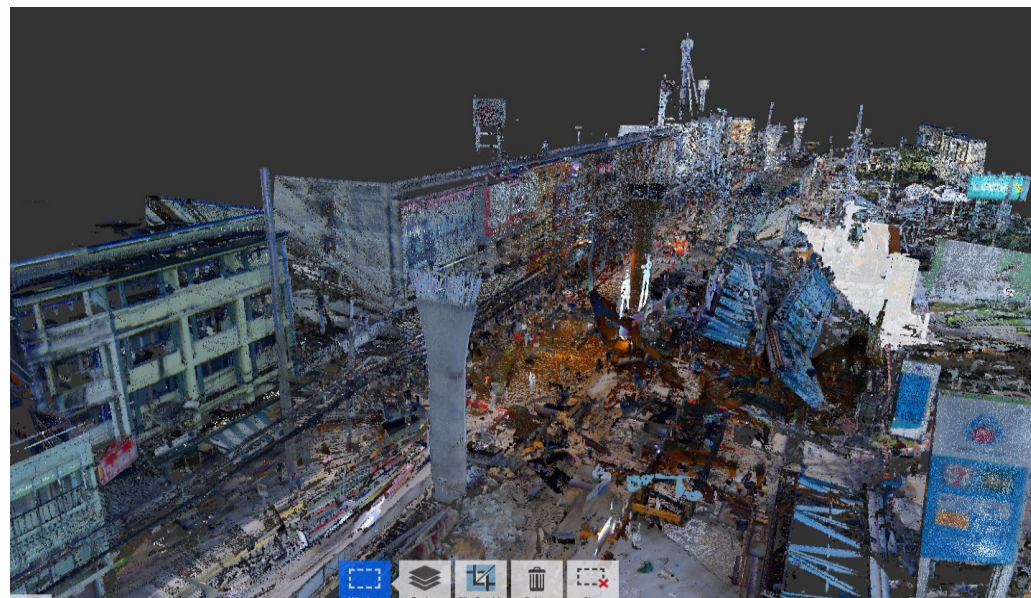
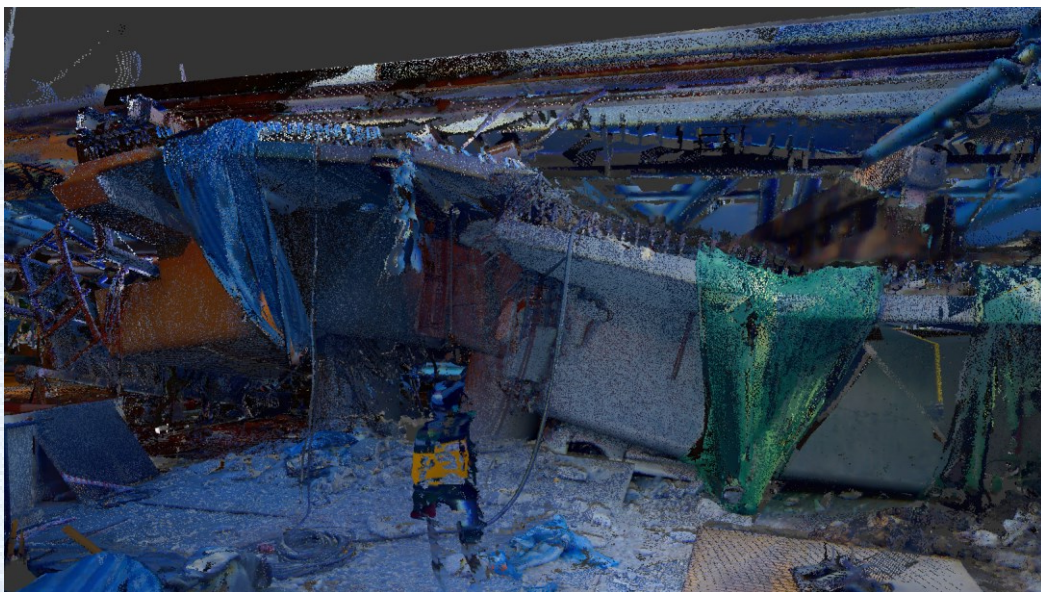
## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม

1.เก็บข้อมูลเรขาคณิตการวิบัติของสะพานและพื้นที่โดยรอบ แบบสามมิติโดยใช้เทคโนโลยี LiDar ร่วมกับ Photogrammetry



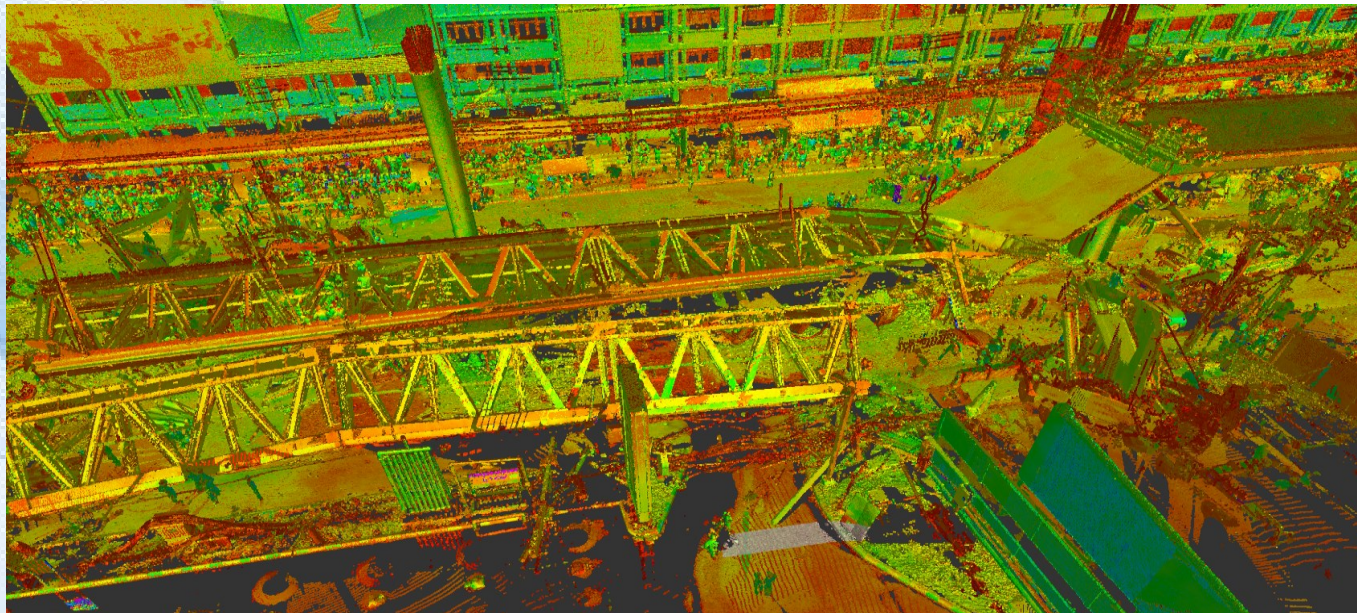
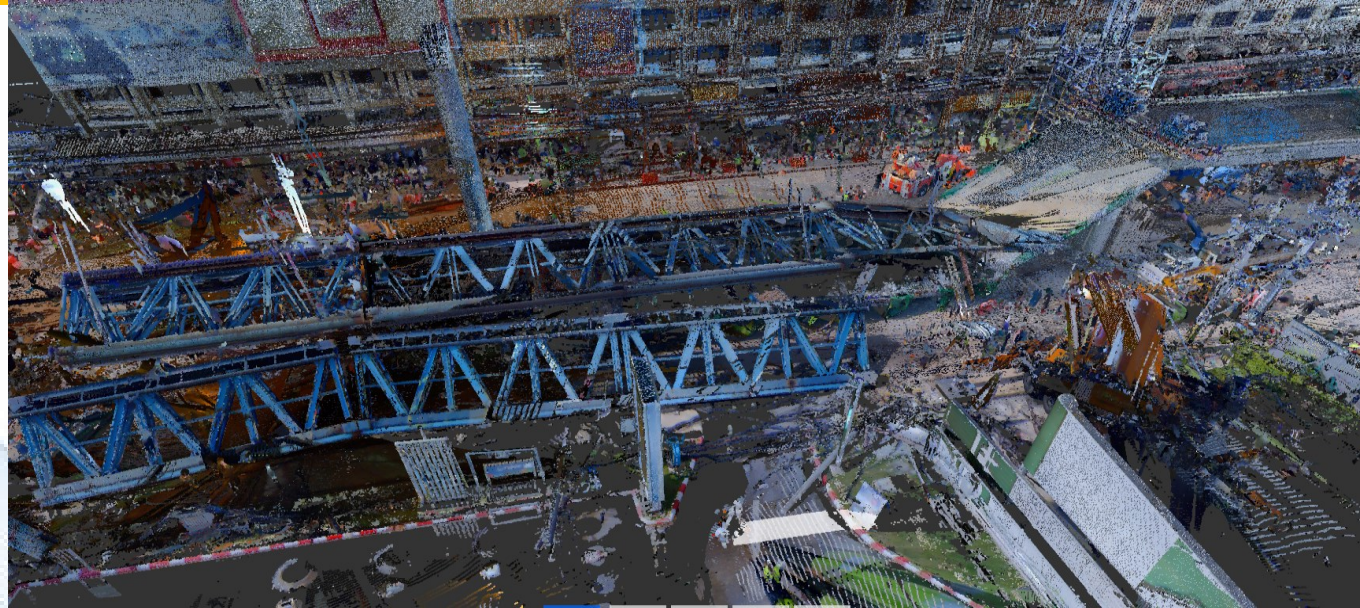


## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม





## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม





## 2.การวางแผนเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม



2.การเก็บข้อมูลแบบ Visual and Special Inspection



# Visual and Special Inspection

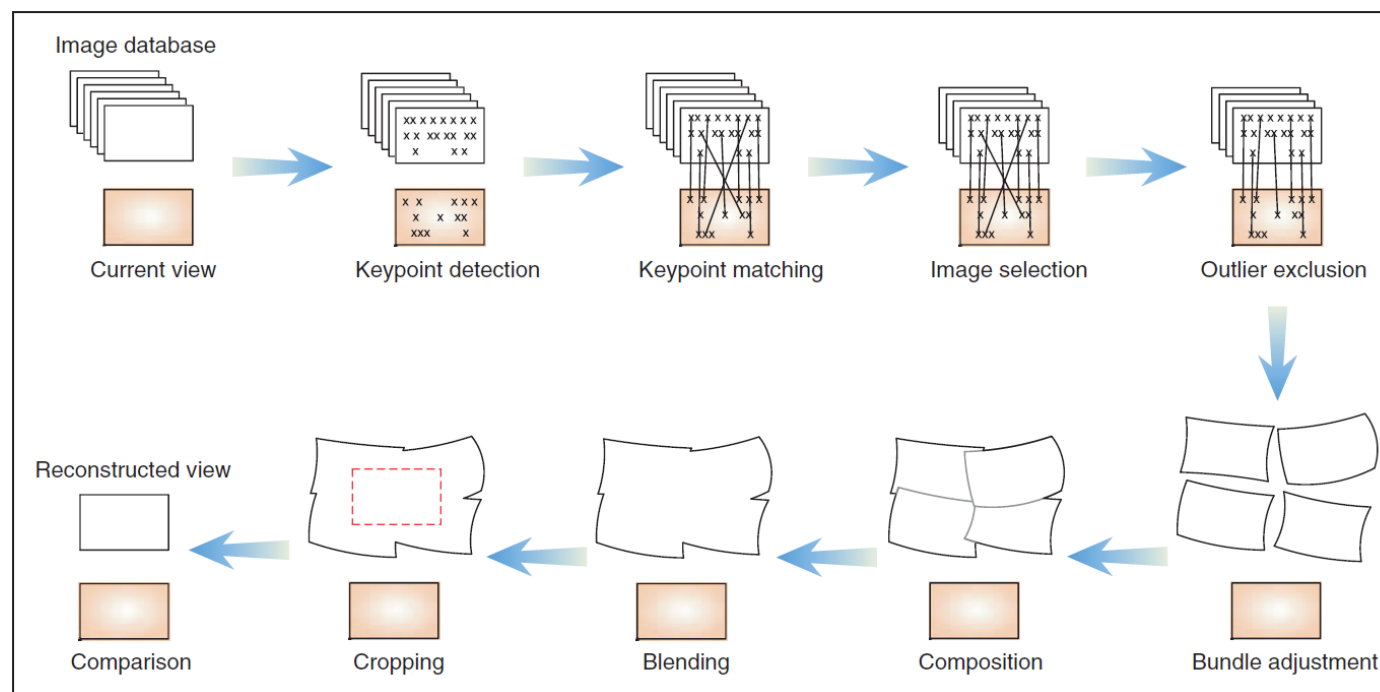
- Inspection for concrete structures
  - Visual Inspection
  - Crack measuring
  - Schmidt Hammer
  - Ultrasonic pulse velocity
  - Coring





## วิธีการรวมภาพ (Image stitching method)

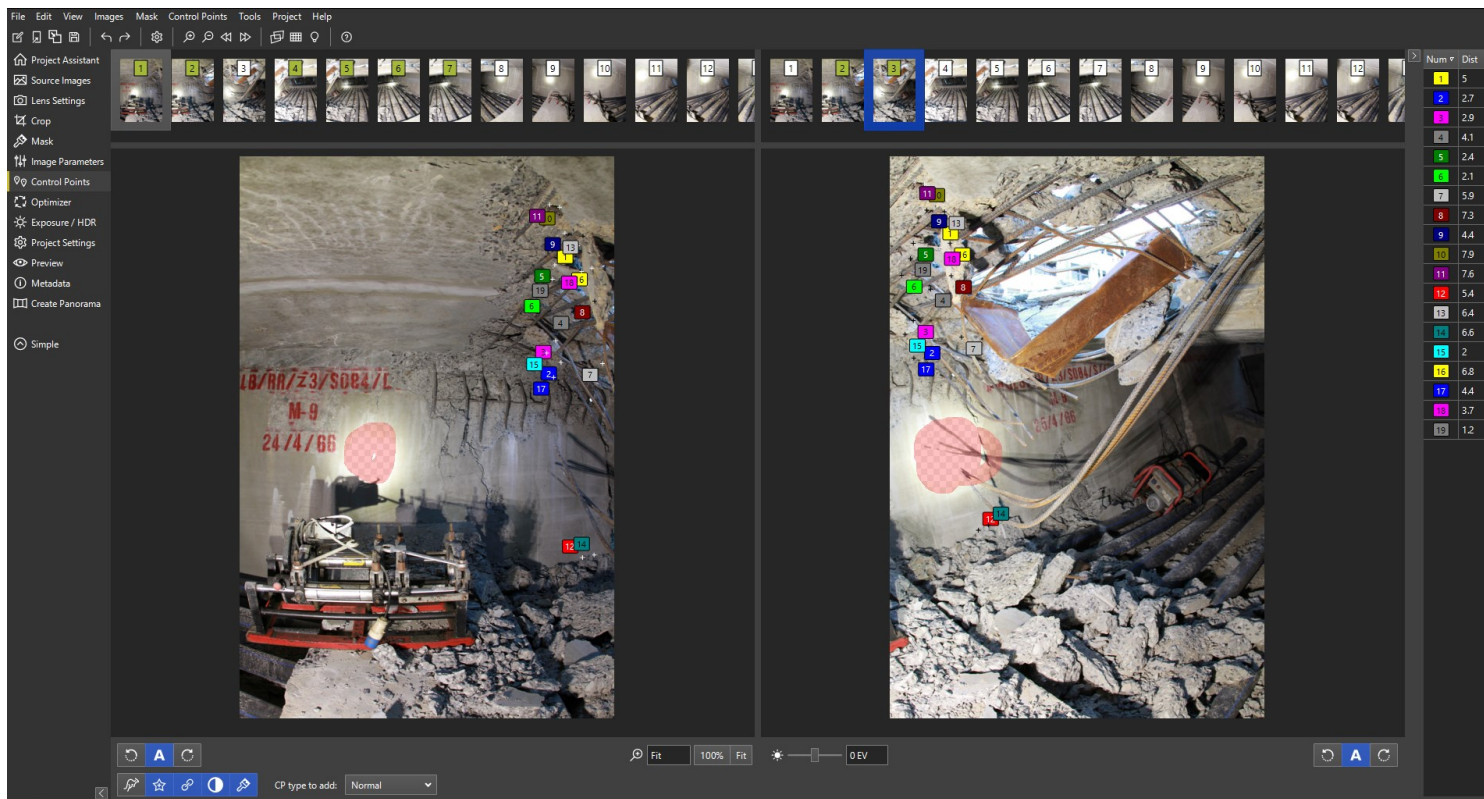
หลักการการรวมภาพนี้เป็นกระบวนการเก็บชุดภาพถ่ายของโครงสร้างด้วยกล้องที่มีความละเอียดสูง ซึ่งในแต่ละภาพ (หลังจากการประกอบภาพ) สามารถเก็บรายละเอียดความเสียหายของโครงสร้างได้อย่างชัดเจน สามารถนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมในภายหลังได้ง่ายและแม่นยำ สามารถระบุตำแหน่งความเสียหายบนภาพรวมของโครงสร้างสะพานได้





## วิธีการรวมภาพ (Image stitching method)

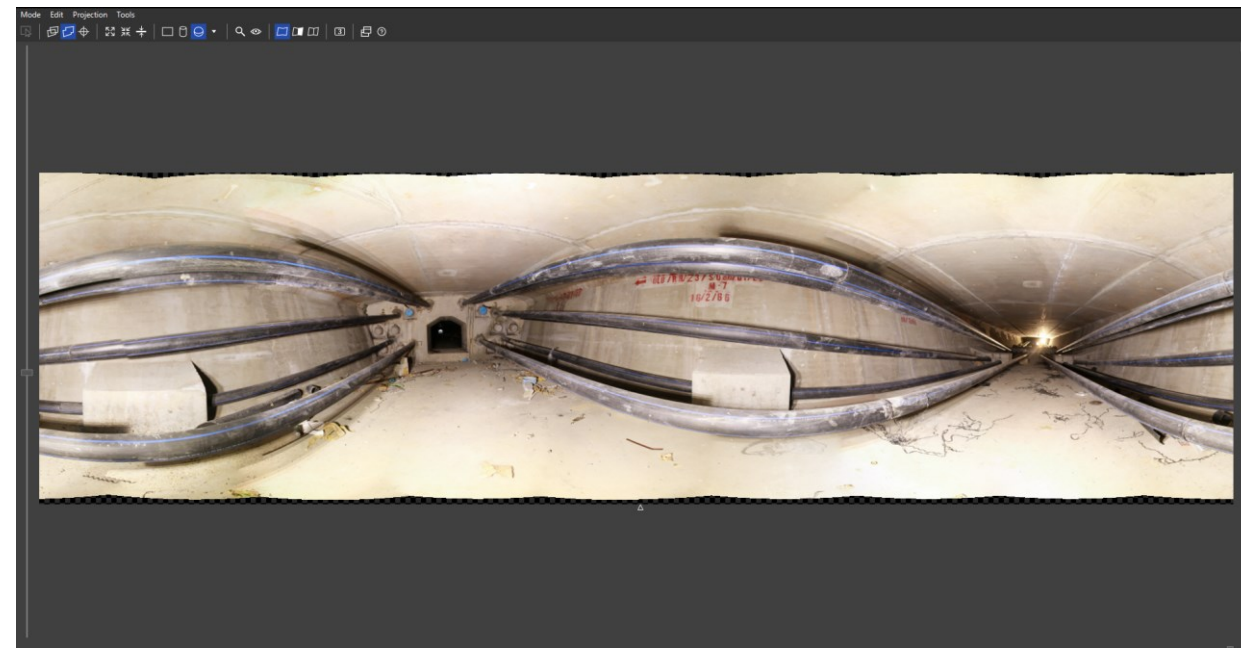
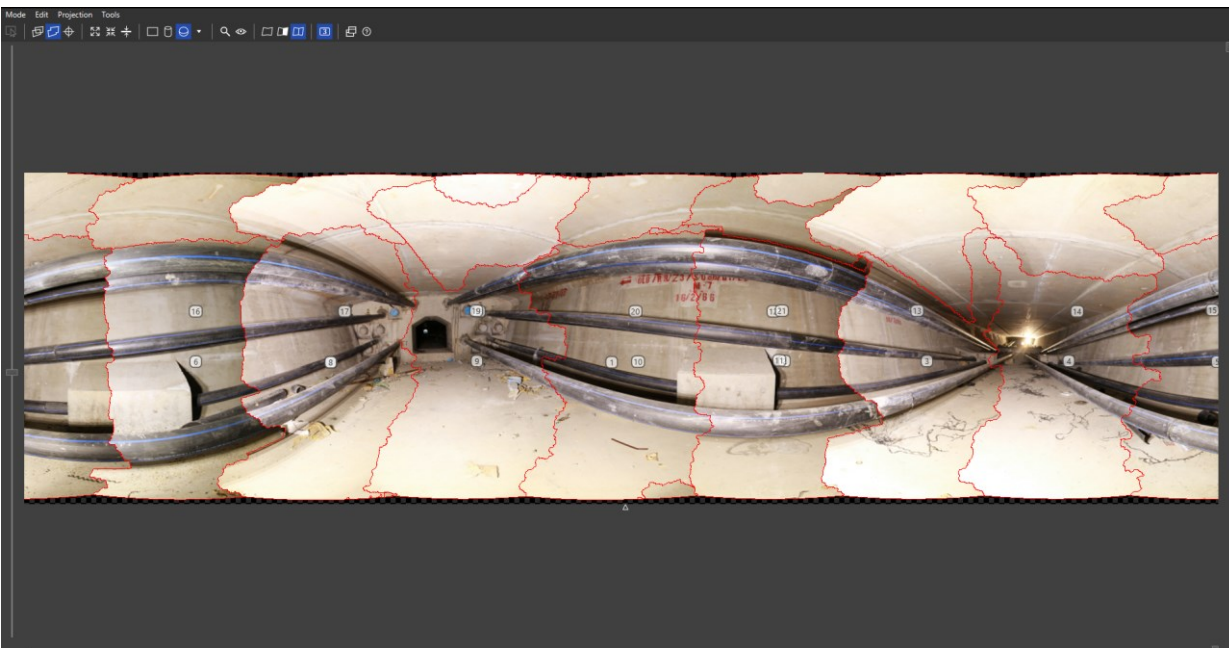
หลักการการรวมภาพนี้เป็นกระบวนการเก็บชุดภาพถ่ายของโครงสร้างด้วยกล้องที่มีความละเอียดสูง ซึ่งในแต่ละภาพ (หลังจากการประกอบภาพ) สามารถเก็บรายละเอียดความเสียหายของโครงสร้างได้อย่างชัดเจน สามารถนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมในภายหลังได้ง่ายและแม่นยำ สามารถระบุตำแหน่งความเสียหายบนภาพรวมของโครงสร้างสะพานได้





## วิธีการรวมภาพ (Image stitching method)

หลักการการรวมภาพนี้เป็นกระบวนการเก็บชุดภาพถ่ายของโครงสร้างด้วยกล้องที่มีความละเอียดสูง ซึ่งในแต่ละภาพ (หลังจากการประกอบภาพ) สามารถเก็บรายละเอียดความเสียหายของโครงสร้างได้อย่างชัดเจน สามารถนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมในภายหลังได้ง่ายและแม่นยำ สามารถระบุตำแหน่งความเสียหายบนภาพรวมของโครงสร้างสะพานได้





## Example VDO (Image stitching method 360)





## Structural Monitoring ระหว่างทำการรื้อถอน

### อุปกรณ์ตรวจวัดโครงสร้าง

#### Displacement Transducer

เป็นอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างลักษณะการทำงานของอุปกรณ์คือทำการบันทึกค่าการเคลื่อนที่เข้าและออก ของการตรวจวัดที่สัมผัสกับโครงสร้าง ที่ต้องการทราบว่ามีการเคลื่อนที่ไปเท่าไร





## Structural Monitoring ระหว่างทำการรื้อถอน

### อุปกรณ์ตรวจวัดโครงสร้าง

#### Tilt meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดบนโครงสร้าง เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงความเอียงของโครงสร้างที่ผิว



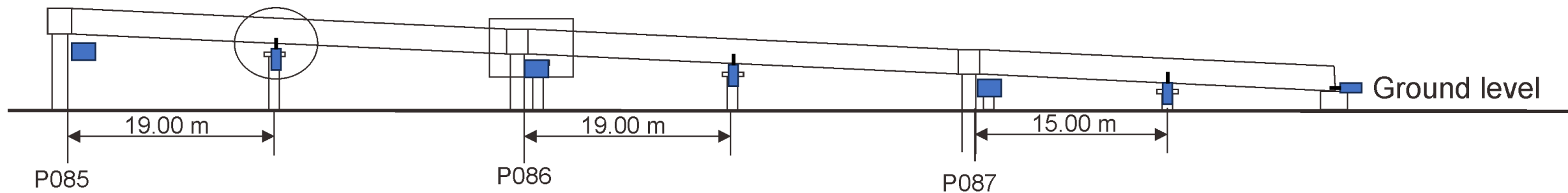


## Structural Monitoring ระหว่างทำการรื้อถอน



■ = LVDT

■ = Tilt meter (column)





### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry



การใช้เครื่องมือสแกนสามมิติภูมิประเทศกับงานตรวจสอบด้านวิศวกรรม



### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry



## การตรวจสอบด้านวิศวกรรมในส่วนของงานสำรวจรังวัด

การตรวจสอบกับแบบก่อสร้างด้วยอุปกรณ์การรังวัดต่าง ๆ เช่น

- ตลับเมตร (1D)
- กล้องถ่ายภาพ
- กล้องระดับ (1D)
- กล้องวัดมุมและระยะ (2D)
- เครื่องมือสแกนสามมิติภูมิประเทศ (3D)





### 3. การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และ Photogrammetry

การตรวจสอบกับแบบก่อสร้างด้วยอุปกรณ์การรังวัดต่าง ๆ เช่น

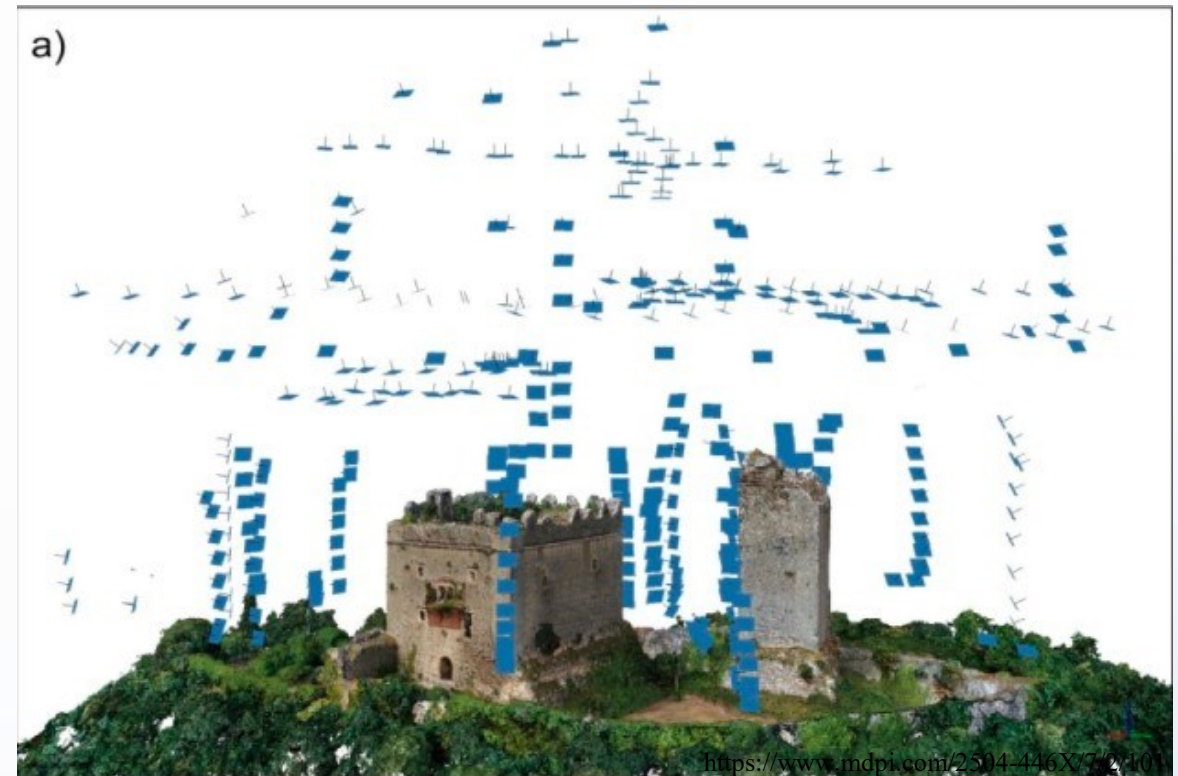
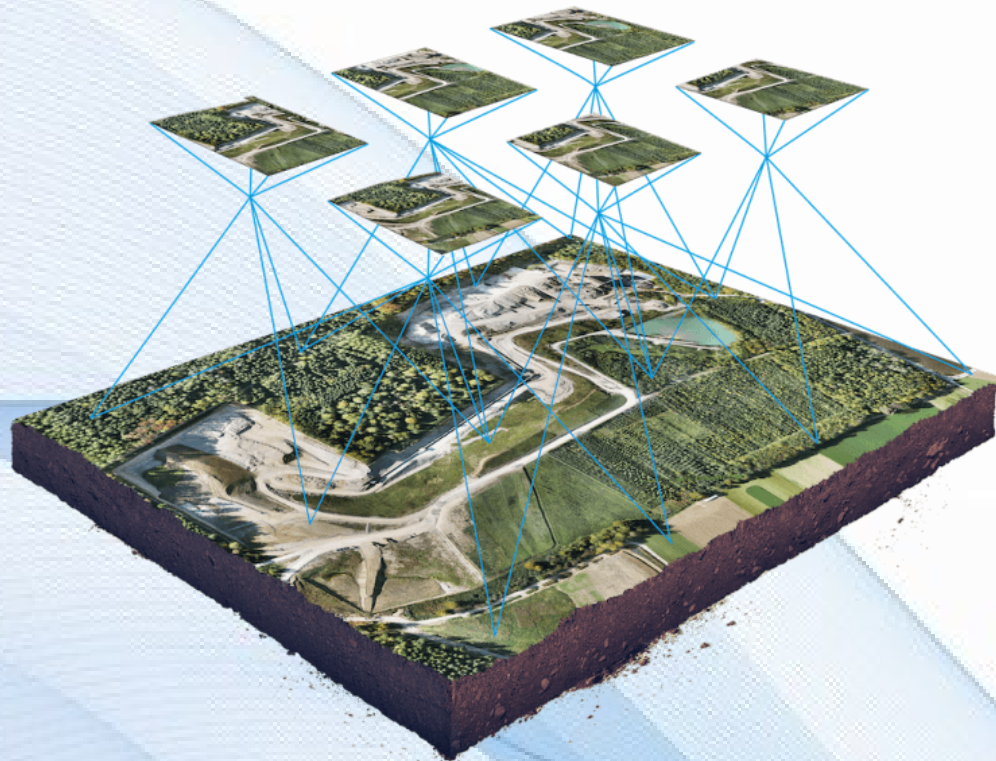
- ตลับเมตร (1D)
- กล้องถ่ายภาพ
- กล้องระดับ (1D)
- กล้องวัดมุมและระยะ (2D)
- เครื่องมือสแกนสามมิติภูมิประเทศ (3D)



### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry



#### 3.1.การสำรวจภูมิประเทศด้วยการรังวัดภาพถ่าย (Photogrammetry)



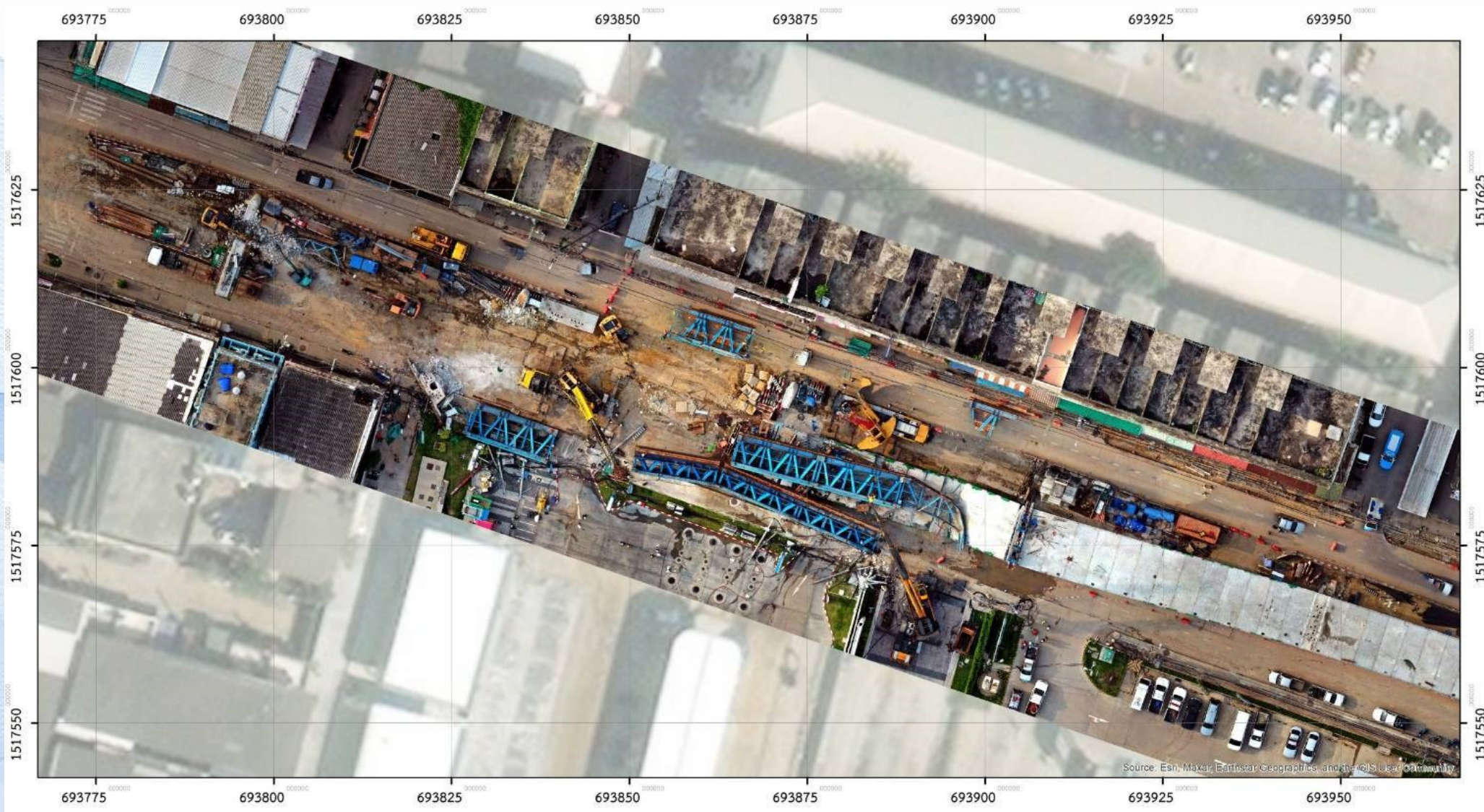
##### 3.1.1 การสำรวจจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial mapping)

##### 3.1.2 การสำรวจจัดทำข้อมูลหุ่นจำลองสามมิติ (DSM : Digital Surface Model DSM)



### 3. การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และ Photogrammetry

#### 3.1 การสำรวจจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial mapping)





### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry

## เครื่องมือสแกนสามมิติภูมิประเทศ (tls : terrestrial laser scanner)



## LASER SCANNER

|                             |                                                                                                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scanning principle          | Vertically rotating mirror on horizontally rotating base                                            |
| Range principle             | Ultra-high speed time-of-flight powered by Trimble Lightning technology                             |
| Scanning speed <sup>7</sup> | 1 million pts/sec                                                                                   |
| Maximum range               | 120 m on most surfaces<br>340 m with optional upgrade                                               |
| Range noise <sup>5</sup>    | <2 mm on most surfaces with Standard scan modes<br><1 mm with High Precision scan mode <sup>2</sup> |





### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry



การดำเนินงานสำรวจรังวัดเพื่อการตรวจสอบทางวิศวกรรม

Pre-survey

SCAN

Register

Publish



### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry

ข้อมูลหมุดควบคุมงานก่อสร้าง

ขอบเขตงานที่จะดำเนินการสำรวจรังวัด

ความเสี่ยงในพื้นที่ปฏิบัติงาน

Pre-survey

ติดต่อประสานกับผู้ดูแลพื้นที่

แบบแปลนการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับสิ่งก่อสร้าง

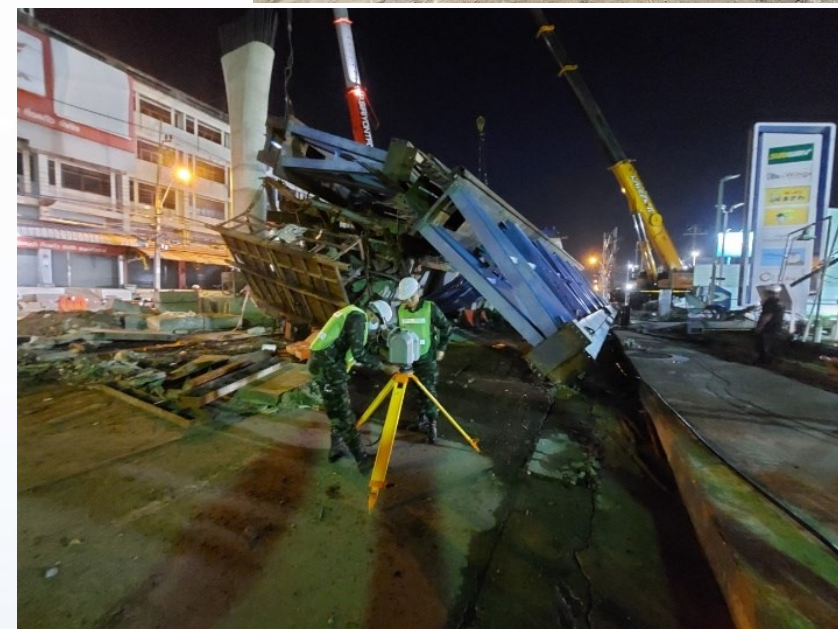


### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry

#### SCAN

ใช้วิธีการสำรวจรังวัดในการเชื่อมต่อข้อมูลสแกนสามมิติ 2 เทคนิค ด้วยกันคือ Target to Target และ Cloud to Cloud โดยมีหลักการพิจารณาจาก

- พื้นที่ผิวที่ตกกระทบของเลเซอร์ที่ออกไปจากเครื่องมือสแกนสามมิติภูมิประเทศ
- ระยะระหว่างจุดตั้งกล้องที่จะเชื่อมต่อกัน
- ความครบถ้วนของข้อมูล Point cloud ที่จะเพียงพอต่อการที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

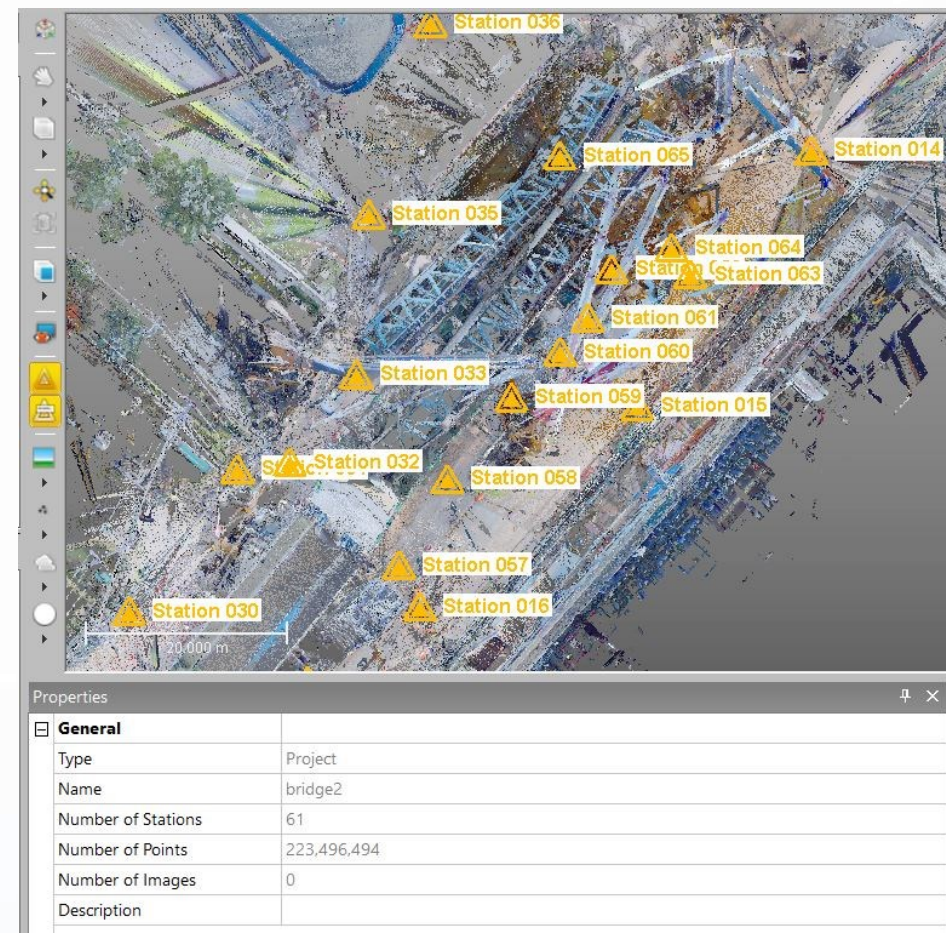
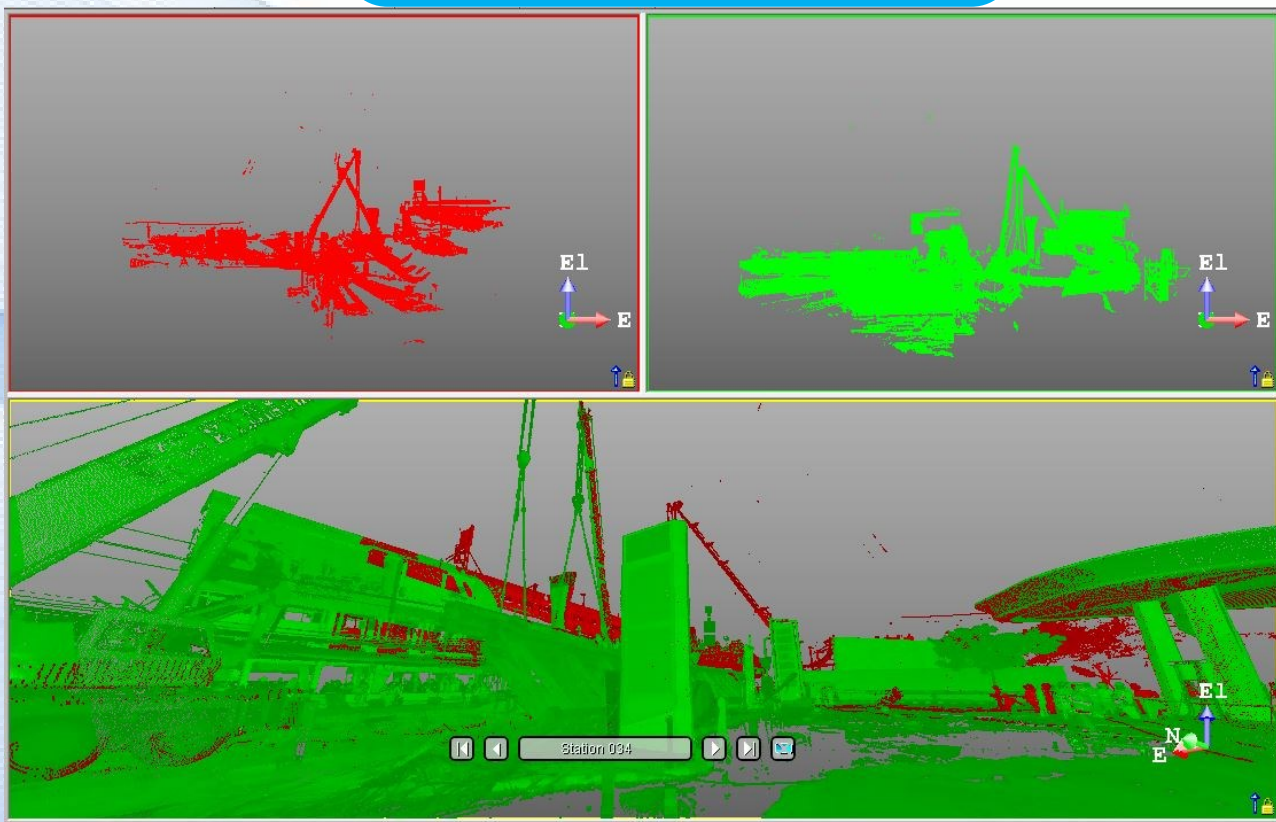




### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry



# Register



Overall Cloud-to-Cloud Error: 8.473 mm

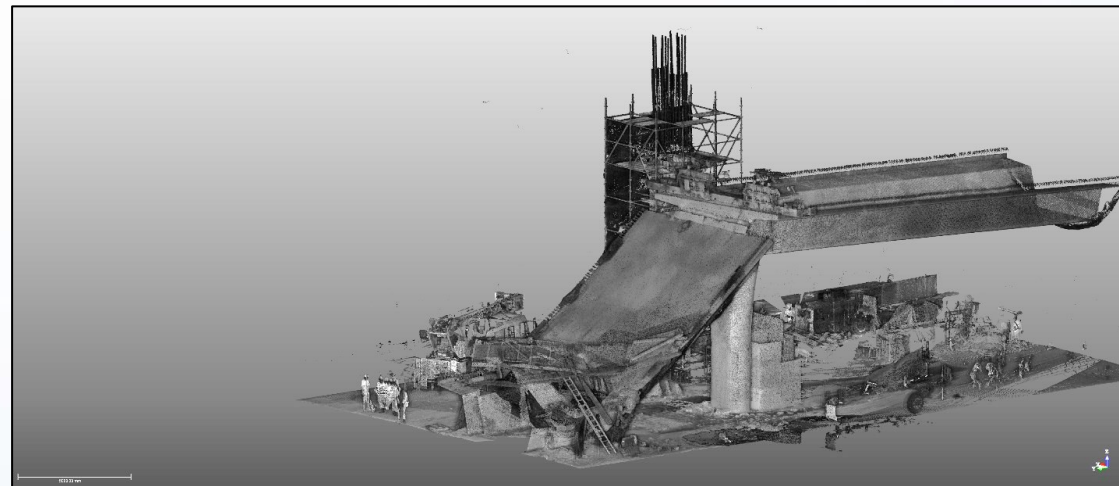
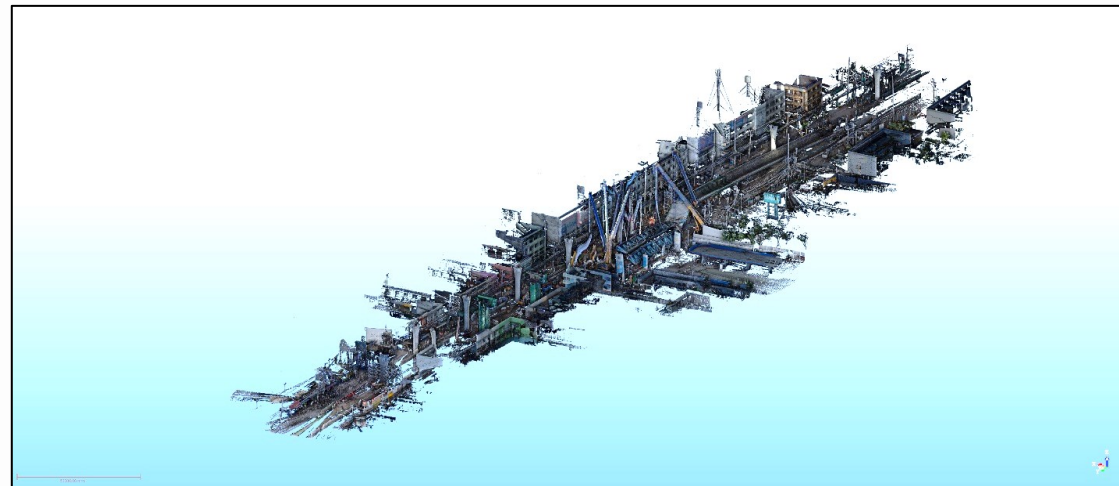


### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry

## Publish

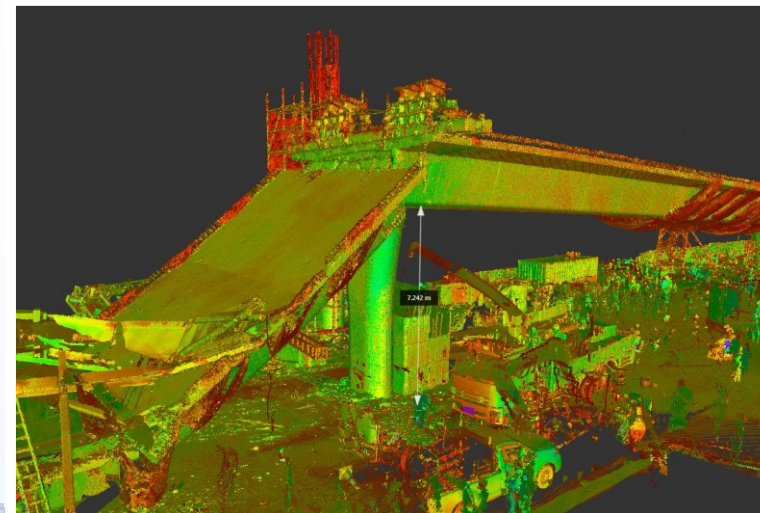
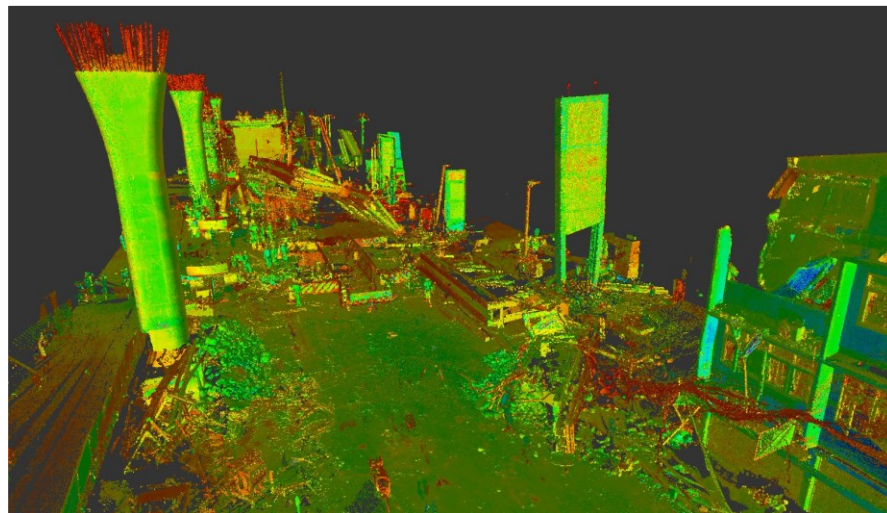
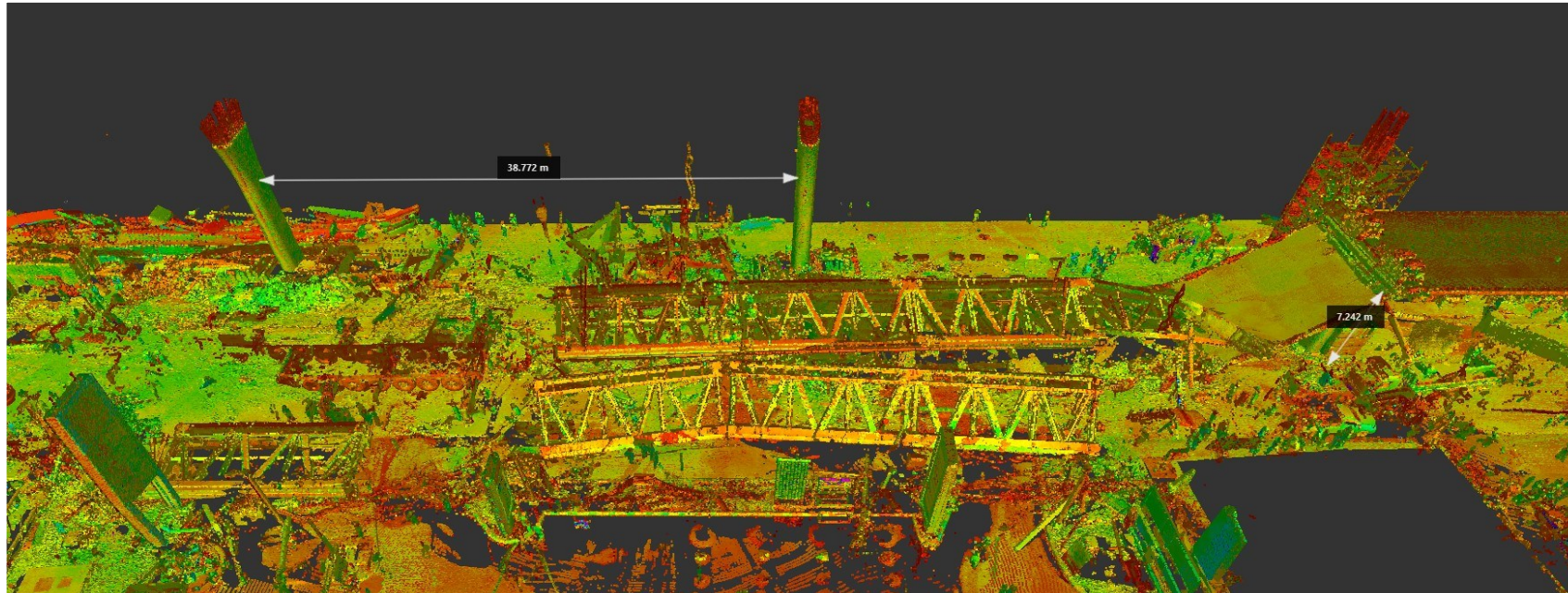
ผลที่ได้รับจากการดำเนินงานสำรวจเป็นข้อมูล Point cloud ที่ผ่านกระบวนการประมวลผลและตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล โดยสรุปได้ดังนี้

- จำนวนจุดตั้งกล้องสำรวจจริงวัดจำนวน 61 ตำแหน่ง
- ข้อมูลพอยคลาวด์ทั้งหมดที่ได้จากการสแกนมีจำนวน 223,496,494 จุด
- ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพอยคลาวด์ทั้งหมดอยู่ที่ 8.473 มิลลิเมตร



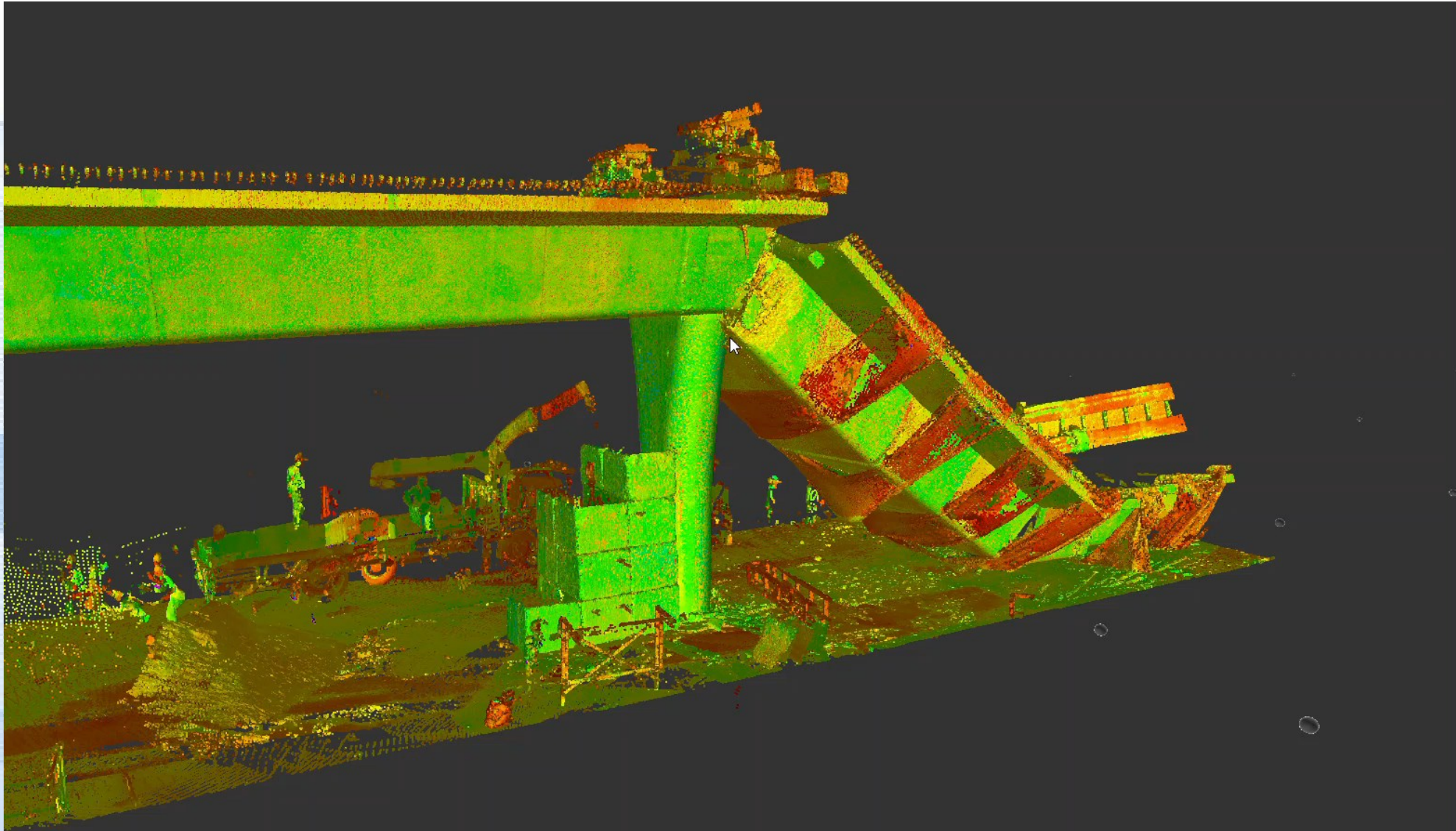


### 3.การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วิบัติและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และPhotogrammetry





### 3. การเก็บข้อมูลรูปทรงทางเรขาคณิตของสะพานที่วัดและพื้นที่โดยรอบแบบสามมิติโดยใช้ เทคโนโลยี LiDar และ Photogrammetry





## 4.ประโยชน์ที่นำไปประยุกต์ใช้ทางวิศวกรรม



- 4.1. การทดสอบ Visual and Special inspection ทราบคุณสมบัติและกำลังวัสดุ ทราบ Crack ในชิ้นส่วนโครงสร้างก่อนและหลังการรื้อย้าย
- 4.2. ข้อมูล point cloud ในส่วนของสะพาน ที่ช่วงติดกับสะพานที่วิบัติ เมื่อเทียบกับแบบ จะทราบการเคลื่อนที่ ขององค์อาคาร ในทุกมิติสามารถ นำมาใช้ร่วมกับกำลังวัสดุในการวิเคราะห์โครงสร้างได้
- 4.3. ข้อมูล point cloud และกำลังวัสดุ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ ในการวางแผน นำเครื่องจักร เข้ามารื้อย้ายชิ้นส่วนที่วิบัติ และวางแผนในการจัดการจราจรให้เกิดความปลอดภัย
- 4.4 รายละเอียดของข้อมูลทางวิศวกรรมที่จัดเก็บในพื้นที่ สามารถนำไปประมวลผลร่วมกับข้อมูลส่วนอื่น เช่น Drawing for Construction , Daily Report , Daily Request , Methode Statement ,ผลการทดสอบวัสดุ เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงในการวิบัติได้ต่อไป