

## การประยุกต์ใช้วิธี Condition Indexes เพื่อประเมินสภาพอาคาร

ยุทธนา เกาะกิ่ง\*

### 1. บทนำ

ในหน่วยงานของ U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (USACERL) ได้พัฒนาระบบ BUILDER Engineering Management System (EMS) สำหรับเจ้าของอาคาร เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการบริหารอาคาร สิ่งหนึ่งในระบบ EMS คือการประเมินสภาพอาคาร (Assessing Building Condition) โดยใช้ดัชนีตัวเลขเป็นตัวกำหนดสภาพของโครงสร้างอาคาร [1] ซึ่งวิธีดังกล่าวเดิมได้ใช้ในการประเมินสภาพของถนน (Pavement Condition Indexes) [2] จึงนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินสภาพอาคาร การประเมินจะเริ่มประเมินจากระดับย่อยของโครงสร้าง และนำค่าที่ได้ในระดับย่อยไปใช้ในการประเมินสภาพในระดับที่ใหญ่ขึ้นต่อไปจนถึงทั้งระดับอาคาร [3] การประเมินสภาพอาคารจะมีประโยชน์ช่วยในการตัดสินใจในเรื่องการวางแผนระยะยาวของการรักษาสภาพและการซ่อมแซมและแผนงบประมาณในการซ่อมบำรุง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การสำรวจและเก็บข้อมูล การประมวลผล การพยากรณ์สภาพในอนาคต ในการพัฒนาดังกล่าวนอกจากจะคิดวิธีการประเมินสภาพโดยใช้เลขดัชนี ยังวางรูปแบบกระบวนการและขั้นตอนในการประเมินพร้อมเทคนิคในการประเมินให้กับผู้ประเมินเป็นแนวทางในการทำงาน ผู้ประเมินจะทำหน้าที่ในการประเมินสภาพด้วยวิธีการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) [4] พร้อมบันทึกข้อมูลที่จำเป็นเพื่อนำมาเป็นตัวแปรในแบบจำลองเพื่อประมวลผลหาค่าดัชนีชี้สภาพที่สะท้อนถึงสภาพปัจจุบันของอาคาร

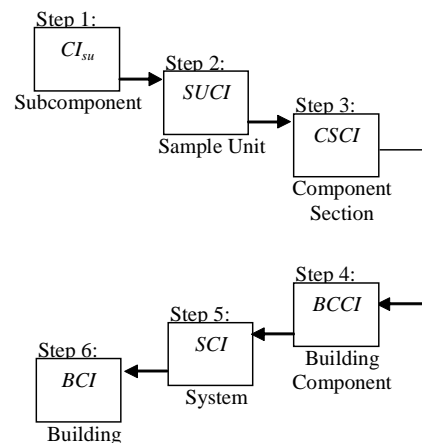
### 2. วิธี Condition Indexes

วิธี Condition Indexes สำหรับการประเมินสภาพอาคาร เป็นการนำค่าดัชนีชี้สภาพของสิ่งที่ประเมินโดยดัชนีดังกล่าวมาใช้ตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 100 โดยเลข 0

หมายถึงการพังทลาย และ 100 หมายถึง สภาพสมบูรณ์ดีเยี่ยม โดยยังแบ่งส่วนย่อยเป็น 7 ช่วง และในแต่ละช่วงจะหมายถึงสภาพของสิ่งที่ถูกประเมินตามค่าดัชนีชี้สภาพ โดยมีความหมายของสภาพที่อธิบายโดยระดับของสภาพ (Condition Category) ซึ่งจะสามารถอธิบายได้จากรูปที่ 1 และขั้นตอนในการประมวลผลเพื่อหาค่าดัชนีชี้สภาพของอาคารแบ่งได้ 6 ขั้นตอนตามรูปที่ 2 โดยแต่ละขั้นจะมีสมการหาค่าดัชนีชี้สภาพเฉพาะในแต่ละขั้นตอนด้วย

| Condition Index | Condition Category |
|-----------------|--------------------|
| 100             |                    |
| 85              | Excellent          |
| 70              | Very Good          |
| 55              | Good               |
| 40              | Fair               |
| 25              | Poor               |
| 10              | Very Poor          |
| 0               | Failed             |

รูปที่ 1 ช่วงระดับค่าดัชนีชี้สภาพ



รูปที่ 2 ผังการหาค่าดัชนีชี้สภาพของอาคารในขั้นตอนต่างๆ

\* อาจารย์ ภาควิชาบริหารงานก่อสร้างและออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การหาค่าดัชนีชี้สภาพของอาคารจะเริ่มจากขั้นที่ 1 โดยสมการที่ (1) เป็นการหาค่าดัชนีชี้สภาพของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน (Subcomponent) เช่น ส่วนประกอบย่อยของบานประตู เป็นต้น

$$CI_{Su} = C - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_{ji}, S_{ji}, D_{ij})F(t,d) \quad (1)$$

โดย

$CI_{Su}$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน  $Su$

$C$  = ค่าคงที่ในที่นี้คือ 100

$a()$  = ค่าส่วนลด (Deduct Value) ที่ขึ้นอยู่กับชนิดความเสียหาย  $T_j$ , ระดับความรุนแรง  $S_j$  และความปริมาณความเสียหายของความเสียหาย  $D_{ij}$

$i$  = ตัวนับของชนิดความเสียหาย

$j$  = ตัวนับของระดับความเสียหาย

$p$  = จำนวนรวมของความเสียหายของกลุ่มชิ้นส่วน

$mi$  = จำนวนของระดับความเสียหายในแต่ละประเภทความเสียหาย

$F(t,d)$  = ตัวคูณปรับค่า (Corrected Deduct Value)

ขั้นที่ 2 จะนำค่าดัชนีชี้สภาพจากขั้นที่ 1 มาเป็นตัวแปรในการหาค่าดัชนีชี้สภาพของชิ้นส่วน (Sample Unit) ในสมการที่ (2) ค่าดัชนีชี้สภาพ ในขั้นนี้จะเป็นค่าดัชนีชี้สภาพของระดับชิ้นส่วนเช่น ประตู หรือหน้าต่าง แต่ละบาน จำนวนของชิ้นส่วนตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของชิ้นส่วนทั้งหมดในอาคารตามเงื่อนไขของการเก็บตัวอย่าง

$$SUCI_v = \frac{w_1(CI_{S1}) + w_2(CI_{S2}) + \dots + w_u(CI_{Su})}{w_1 + w_2 + \dots + w_u} \quad (2)$$

โดย

$SUCI_v$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของชิ้นส่วนในอันดับ  $v$ th

$w_u$  = ค่าปัจจัยของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน  $u$  มีค่า 0.10-1.00

$u$  = จำนวนของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน

ขั้นที่ 3 ใช้สมการที่ (3) เพื่อหาค่าดัชนีชี้สภาพของกลุ่มส่วนประกอบ (Component Section) เช่น กลุ่มของประตู เป็นต้น โดยอาศัยค่าดัชนีชี้สภาพในขั้นที่ 2 เป็นตัวแปร

$$CSCI_x = \frac{SUCI_1(A_1) + SUCI_2(A_2) + \dots + SUCI_v(A_v)}{A_1 + A_2 + \dots + A_v} \quad (3)$$

โดย

$CSCI_x$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของกลุ่มส่วนประกอบในอันดับ  $x$ th

$A_v$  = ความยาวหรือพื้นที่ของชิ้นส่วนโครงสร้างตัวอย่าง

$v$  = จำนวนของชิ้นส่วนตัวอย่าง

ขั้นที่ 4 เป็นการหาค่าดัชนีชี้สภาพของหมวดส่วนประกอบ (Building Component) จากสมการที่ (4) โดยหมวดส่วนประกอบหมายถึง เช่น หมวดประตูและหน้าต่าง เป็นต้น โดยนำค่าดัชนีชี้สภาพในขั้นที่ 3 มาเป็นตัวแปรด้วย

$$BCCI_y = \frac{CSCI_1(A'_1) + CSCI_2(A'_2) + \dots + CSCI_x(A'_x)}{A'_1 + A'_2 + \dots + A'_x} \quad (4)$$

โดย

$BCCI_y$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของหมวดส่วนประกอบในอันดับ  $y$ th

$A'_x$  = ความยาวหรือพื้นที่ของชิ้นส่วนตัวอย่าง

$x$  = จำนวนของส่วนโครงสร้าง

ขั้นที่ 5 เป็นการประเมินสภาพระบบของอาคาร (System) เช่น ระบบท่อ ระบบผนัง การประเมินค่าดัชนี โดยสมการที่ (5) และใช้ค่าดัชนีชี้สภาพจากขั้นที่ 4 เป็นตัวแปร รวมถึงในขั้นนี้จะนำข้อมูลค่าใช้จ่ายเป็นข้อมูลเพื่อหาค่าดัชนีชี้สภาพด้วย

$$SCI_z = \frac{BCCI_1(\$_{BC1}) + BCCI_2(\$_{BC2}) + \dots + BCCI_y(\$_{BCy})}{\$_{BC1} + \$_{BC2} + \dots + \$_{BCy}} \quad (5)$$

โดย

$SCI_z$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของระบบอาคารอันดับ  $z$ th

$\$_{BCy}$  = ค่าใช้จ่ายของการซ่อมบำรุงของหมวดส่วนประกอบ

$y$  = จำนวนของหมวดส่วนประกอบ

ขั้นที่ 6 เป็นขั้นสุดท้ายในวิธีนี้ ซึ่งเป็นการหาสภาพของอาคาร (Building) โดยใช้สมการที่ (6) ที่เกิดจากสภาพของระบบต่างๆ ของอาคารที่ได้จากขั้นที่ 5 รวมถึง

ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของระบบในอาคารด้วย

$$BCI = \frac{SCI_1(\$S_1) + SCI_2(\$S_2) + \dots + SCI_z(\$S_z)}{\$S_1 + \$S_2 + \dots + \$S_z} \quad (6)$$

โดย

$BCI$  = ค่าดัชนีชี้สภาพของอาคาร

$\$S_z$  = ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของระบบของอาคาร

$z$  = จำนวนระบบของอาคาร

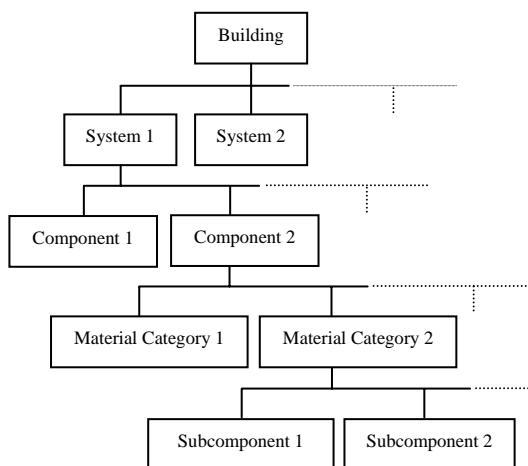
### 3. การนำวิธี Condition Indexes ประเมินสภาพอาคาร

ในขั้นตอนปฏิบัติเพื่อประเมินสภาพอาคารจะแบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

#### 3.1 การแบ่งองค์ประกอบอาคาร

อาคารที่จะถูกประเมินจะต้องถูกจัดแบ่งองค์ประกอบของอาคารเป็น 5 ระดับ ตามรูปที่ 3

โดยในระดับบนสุดคือระดับอาคาร (Building) ต่อมาคือระดับของระบบอาคาร (System) โดยอาคารจะถูกแบ่งเป็น 12 ระบบ ดังตารางที่ 1 ในระดับที่ 3 ของการแบ่งองค์ประกอบอาคารคือส่วนประกอบของระบบ (Component) ซึ่งจะแบ่งส่วนประกอบตามหน้าที่ของระบบซึ่งสามารถเห็นตัวอย่างจากตารางที่ 1 เช่นเดียวกัน



รูปที่ 3 การจัดแบ่งองค์ประกอบอาคาร

ตารางที่ 1 การจัดแบ่งระบบและส่วนประกอบของระบบ

| System                | Example Components             |
|-----------------------|--------------------------------|
| Site                  | Fence/Privacy Wall, Gate       |
| Structural            | Arch, Column                   |
| Roofing               | Roof Deck, Roof Surface        |
| Exterior Circulation  | Patio, Sidewalk                |
| Exterior Closure      | Exterior Door<br>Wall Surface  |
| Interior Construction | Interior Door<br>Floor Surface |
| Plumbing              | Plumbing Equipment             |
| HVAC                  | Cooling Unit, Ductwork         |
| Electrical            | Generator<br>Lighting Fixtures |
| Fire Suppression      | Fire Smoke/Alarm               |
| Conveying             | Dumbwaiter, Elevator           |
| Specialties           | Lockers, Pools                 |

ในระดับที่ 4 คือประเภทวัสดุ (Material Category) เช่น กระจก โลหะ ไม้ และในระดับที่ 5 ของการแบ่งองค์ประกอบคือส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน (Subcomponent) เช่น มือจับ กรอบบาน ซึ่งตารางที่ 2 เป็นตัวอย่างแสดงการแบ่งประเภทและส่วนประกอบย่อยของประตู โดยแต่ละส่วนประกอบย่อยจะมีค่าปัจจัย (Value Factor) ซึ่งเป็นค่าความสำคัญของส่วนประกอบย่อยที่มีผลต่อชิ้นส่วนโครงสร้างโดยมีค่าระหว่าง 0.10-1.00 เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีชี้สภาพ การได้มาของค่าดังกล่าวผู้ประเมินจะเป็นผู้กำหนดขึ้น โดยขึ้นอยู่กับประเภทและการใช้อาคาร

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการแบ่งส่วนประกอบของประตู

| Unit of Measure | Material Category | Sub component | Value Factor ( $w_u$ ) |
|-----------------|-------------------|---------------|------------------------|
| Each            | Glass             | Door          | 0.52                   |
|                 |                   | Frame         | 0.47                   |
|                 |                   | Hardware      | 0.71                   |
|                 | Wood              | Surface       |                        |

#### 3.2 การกำหนดจำนวนตัวอย่างในการเก็บข้อมูล

วัตถุประสงค์ของการกำหนดจำนวนตัวอย่างชิ้นส่วนเพื่อการเก็บข้อมูลสำหรับการประเมินสภาพอาคารคือการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่สามารถเป็นตัวแทนของอาคารและเพื่อการหาค่าดัชนีชี้สภาพของอาคาร ข้อมูลที่ต้องการจากตัวอย่างชิ้นส่วนก็คือข้อมูลของประเภทความเสียหาย (Distress) และระดับความรุนแรงที่เกิดจากความเสียหาย (Severity Level) โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่างจากการสุ่มโดยมีเงื่อนไขคือ

- จำนวนตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด
- จำนวนตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง
- ถ้าจำนวนตัวอย่างมีน้อยกว่า 3 ตัวอย่างให้ใช้จำนวนดังกล่าว
- การแบ่งแยกตัวอย่างจะแบ่งโดยใช้จุดต่อของของตัวอย่างเช่นบริเวณมุมของพื้น หรือรอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง
- หากต้องหาขนาดหรือความยาวของพื้นที่ตัวอย่างที่มีพื้นที่ใหญ่มาก ให้ใช้พื้นที่ เท่ากับ 45 ตร.ม หรือความยาว 15 ม.

### 3.3 การสำรวจความเสียหาย ระดับความรุนแรงและปริมาณความเสียหาย

เมื่อทำการแบ่งองค์ประกอบอาคารและกำหนดจำนวนตัวอย่างแล้ว จึงทำการสำรวจความเสียหายของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน โดยสำรวจเฉพาะชิ้นส่วนที่ถูกเลือกให้เป็นตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของชิ้นส่วนทั้งหมด เมื่อทำการบันทึกประเภทของความเสียหายแล้วยังต้องมีการบันทึกระดับความรุนแรง ว่าเป็นระดับรุนแรงน้อย รุนแรงปานกลาง หรือรุนแรงมาก โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ประเมิน พร้อมบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความยาวหรือพื้นที่ด้วย โดยประเภทของความเสียหายจะแบ่งเป็น 20 ประเภทความเสียหายตามตารางที่ 3 และระดับความรุนแรงจากตารางที่ 4 ในการสำรวจความเสียหายจะทำการบันทึกปริมาณความเสียหาย (Density Ranges) ของการเกิดความเสียหายที่เกิดกับส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน โดยปริมาณความเสียหายจะเป็นช่วงร้อยละ ได้กำหนดไว้ตามตารางที่ 5 ซึ่งในขั้นตอนการสำรวจหากมีระดับความเสียหายและปริมาณความเสียหายมากเกินระดับที่ตั้งไว้ให้ทำการซ่อมแซมเพื่อคืนสภาพให้ใช้งานได้ เช่นกำหนดไว้ว่าหากมีระดับความเสียหายตั้งแต่ Medium(M) และปริมาณความเสียหายมากเกินกว่า 50% ให้ทำการซ่อมแซมเพื่อคืนสภาพโดยทันที

### 3.4 การประมวลผลเพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดสภาพอาคาร

เมื่อทำการสำรวจเก็บข้อมูลของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วนเรียบร้อยแล้วจะต้องนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลเพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดสภาพของแต่ละส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วนจากสมการที่ (1) ในสมการดังกล่าวจะ

ตารางที่ 3 ประเภทของความเสียหาย

| Distresses              |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Animal/Insert Damage | 11. Holes                  |
| 2. Broken               | 12. Inadequate             |
| 3. Clogged              | 13. Leaks                  |
| 4. Corrosion            | 14. Loose                  |
| 5. Crack                | 15. Missing                |
| 6. Damage               | 16. Moisture               |
| 7. Deterioration        | 17. Operationally Impaired |
| 8. Displaced            | 18. Overheated             |
| 9. Efflorescence        | 19. Rotten                 |
| 10. Noise/Vibration     | 20. Stain                  |

ตารางที่ 4 ระดับความรุนแรงของความเสียหาย

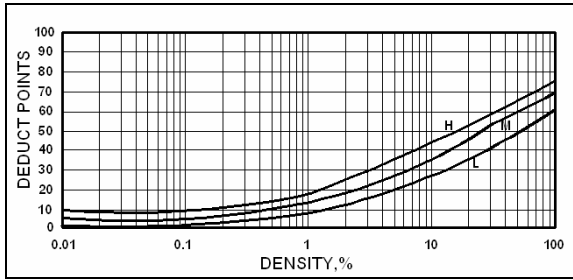
| Severity Level | Description                         |
|----------------|-------------------------------------|
| Low (L)        | Functionality is slightly impaired  |
| Medium (M)     | Functionality is somewhat impaired  |
| High (H)       | Functionality is seriously impacted |

ตารางที่ 5 ปริมาณความเสียหาย

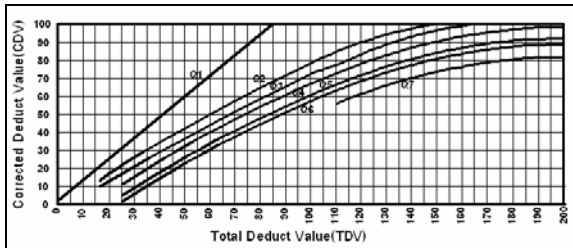
| Density Ranges |
|----------------|
| < 1%           |
| 1-10%          |
| 11-25%         |
| 25-50%         |
| > 50%          |

ต้องกำหนดค่าส่วนลด (Deduct Value) ของแต่ละส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วนนั้น จะขึ้นอยู่กับชนิดความเสียหาย ระดับความรุนแรง และปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้น

ในรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างของกราฟค่าส่วนลดที่สัมพันธ์กับระดับความเสียหาย และความปริมาณความเสียหาย ซึ่งกราฟค่าส่วนลดดังกล่าวจะมีเฉพาะของแต่ละประเภทความเสียหาย แต่ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นคือ ถ้าหากในส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วนมีเกิดความเสียหายมากกว่า 1 ประเภท อาจก่อให้เกิดค่าดัชนีชี้วัดสภาพต่ำกว่า 0 ได้ ดังนั้นในสมการที่ (1) จำเป็นต้องมีตัวคูณปรับค่า (Corrected Deduct Value) ด้วย ในรูปที่ 5 เป็นกราฟตัวคูณปรับค่าที่มีค่าตามความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมของค่าส่วนลด และจำนวนของค่าส่วนลดของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน



รูปที่ 4 กราฟค่าส่วนลด (Deduct Value)



รูปที่ 5 กราฟตัวคูณปรับค่า (Corrected Deduct Value)

ดังนั้นเมื่อสามารถได้ค่าส่วนลดและตัวคูณปรับค่าเป็นตัวแปรในสมการที่ (1) ประกอบกับข้อมูลที่สำรวจมา จะทำให้ได้ค่าดัชนีชี้สภาพของส่วนประกอบย่อยของชิ้นส่วน ค่าดังกล่าวจะถูกใช้ในสมการในขั้นถัดไป และจะได้ค่าดัชนีชี้สภาพในองค์ประกอบอาคารในระดับต่างๆ จนกระทั่งถึงระดับระบบอาคารและองค์อาคารทั้งอาคาร โดยในบางสมการต้องอาศัยข้อมูลการซ่อมบำรุงในอดีต คือมูลค่าของการซ่อมของแต่ละส่วนหรือระบบของอาคารประกอบในการหาค่าดัชนีชี้สภาพ

#### 4. สรุป

จากที่นำวิธี Condition Indexes มาประเมินสภาพอาคารมีวัตถุประสงค์เพื่อจะหาสภาพความพร้อมต่อการใช้ประโยชน์ของอาคาร โดยให้ความสำคัญกับระบบต่างๆ ไม่เหมือนกัน จึงทำให้การกำหนดค่าปัจจัยต่างกันด้วย ในกระบวนการสำรวจและการประเมิน ใช้วิธีการประเมินด้วยสายตา ที่ต้องพิจารณาประเภทของความเสียหาย ระดับความรุนแรงของความเสียหาย จึงเป็นไปได้หากผู้ประเมินต่างกันอาจทำให้ผลการประเมินแตกต่างกัน หากได้ค่าดัชนีชี้สภาพของอาคารที่มีความถูกต้องจะส่งผลทำให้ผู้ที่รับผิดชอบในเรื่องการบริหารจัดการอาคารสามารถตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และปัจจุบันประเทศไทยได้มีกฎหมายให้อาคารต้องทำการตรวจสอบเพื่อรับรองความปลอดภัย โดยกำหนดให้อาคารต้องมีสิ่ง

ต่างๆ ทั้งชนิด จำนวน ระยะหรือขนาดของพื้นที่ แต่อาจไม่มุ่งเน้นเรื่องของสภาพความพร้อม เช่นกฎหมายกำหนดจำนวนและชนิดของประตูหนีไฟ แต่ไม่ได้กำหนดสภาพว่าต้องมีสภาพพร้อมใช้งานได้เท่าไรจึงถือว่าปลอดภัยเมื่อต้องใช้งาน ดังนั้นหากนำวิธี Condition Indexes มาพัฒนา ร่วมใช้กับการตรวจสอบอาคารเพื่อรับรองความปลอดภัย จะมีความถูกต้องและสร้างความมั่นใจแก่ผู้ใช้อาคารมากขึ้น ด้วย

#### เอกสารอ้างอิง

1. Uzaraski, D.R., et al. "Development of the BUILDER Engineering Management System for BUILDING Maintenance." *Decision and Concept Report*. (1990).
2. Shahin, M.Y., Darter, M.I. and Kohn, S.D. "Development of a Pavement Maintenance Management System." *Airfield Pavement Condition Rating*. (1976).
3. Donald, R. and Laurence, A., "Assessing Building Condition by the Use of Condition Indexes." *Infrastructure Condition Assessment*. (1997) : 365-374.
4. Uzaraski, D.R., "Development of Condition Indexes for Low Volume Railroad Track." *Technical Report*. (1987).