5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 อาคารคลับเฮ้าส์ ราชกรีฑาสโมสร ในสภาพปัจจุบันมีความเสียหายในระดับ **"ปานกลาง-รุนแรง"** ความเสียหายในระดับข้างต้นนี้ **โครงสร้างโดยรวมน่าจะมีความมั่นคงต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด** แนะนำให้พิจารณาดำเนินการดังนี้

5.1.1 ประเมินเสถียรภาพของโครงสร้างในเชิงลึกในลักษณะเดียวกับที่เคยดำเนินการในปี พ.ศ. 2553 และ 2560

5.1.2 องค์อาคารที่ผลวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.1.1 ชี้ว่ามีความมั่นคงต่ำกว่าเกณฑ์ แนะนำให้พิจารณาเสริมกำลังด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนใช้งาน

5.1.3 ในช่วงระหว่างที่รอผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.1.1 แนะนำให้ควบคุมน้ำหนักบรรทุกใช้งานปลอดภัยในแต่ละพื้นที่ของอาคารไม่ให้เกินที่แนะนำไว้ในรายงานผลปี พ.ศ. 2560

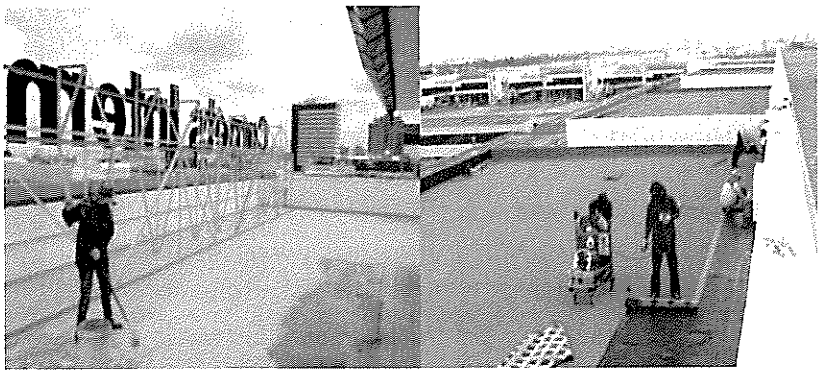
5.2 ความเสียหายและข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่พบจากการสำรวจทางกายภาพ (ระบุในตารางที่ 1) แนะนำให้ซ่อมแซมด้วยวิธีการที่เหมาะสม หรือตามวิธีการที่แนะนำต่อไปนี้

5.2.1 **ผิวคอนกรีตแตกกะเทาะ สังเกตเห็นเหล็กเสริมเป็นสนิม (ความเสียหายประเภทที่ 1) รอยร้าวแนวดิ่งตามแนวเสา (ความเสียหายประเภทที่ 2) และ รอยร้าวตามแนวเหล็กเสริมตามแนวคาน (ความเสียหายประเภทที่ 3)** เกิดจากปัญหาเหล็กเสริมเป็นสนิมแล้วบวมดันคอนกรีตออกมา แนะนำให้ซ่อมหยุดการเกิดสนิมด้วยวิธี Conventional Patch & Repair (CPR) ตามวิธีการและขั้นตอนที่แนะนำใน มยผ. 1901-51 มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต โดยสกัดเปิดคอนกรีตบริเวณดังกล่าวและบริเวณโดยรอบออกไปอีกข้างละ 0.50 เมตร โดยการสกัดให้สกัดถึงระดับเหล็กเสริมและสกัดเพิ่มให้ลึกลงไปอีก ¾ นิ้ว หากเหล็กเสริมเป็นสนิมให้ทำการขัดสนิมเหล็กออก

กรณีที่พบว่าพื้นที่หน้าตัดจริงของเหล็กเสริมลดลงมากกว่าร้อยละ 10 จะต้องทำการเสริมเหล็กเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนเหล็กเสริมใหม่ด้วยเหล็กที่มีขนาดและกำลังมากกว่าหรือเท่ากับเหล็กเสริมเดิม การต่อทาบเหล็กแนะนำให้ใช้การเชื่อมโดยมีระยะเชื่อมที่เพียงพอตามรายการคำนวณออกแบบหรืออย่างน้อย 0.20 ม. หากไม่มีการคำนวณ จากนั้นตัดแต่งขอบงานสกัดให้ตั้งฉากกับองค์อาคารเพื่อให้วัสดุซ่อมมีการยึดเกาะที่ดี ก่อนทำความสะอาดเหล็กเสริมและคอนกรีต และซ่อมปิดแผล

ในการซ่อมปิดแผล แนะนำให้พิจารณาเลือกใช้วัสดุซ่อมตามลักษณะและขนาดของพื้นที่ วัสดุซ่อมที่แนะนำ ได้แก่ Polymer Modified Mortar, Non-shrink Cement Mortar หรือ Portland Cement Mortar โดยตั้งแบบหล่อหรือฉาบปิดองค์อาคารที่พบความเสียหาย

5.2.2 **คราบความชื้น (ความเสียหายประเภทที่ 4)** แนะนำให้ปรับปรุงการระบายน้ำในช่วงที่ฝนตกมาก ให้น้ำฝนระบายออกจากอาคารอย่างรวดเร็ว ไม่ให้มีน้ำขังบนกันสาด/พื้นดาดฟ้า ติดตั้งระบบกันซึมที่เหมาะสมบนหลังพื้นกันสาดหรือพื้นดาดฟ้า อาทิ วัสดุประเภททาเคลือบแบบทนต่อรังสียูวี โดยวัสดุทาเคลือบจะกลายเป็นฟิล์มบาง ๆ ประมาณ 1000 ไมครอน หรือหนากว่านั้น หรือประเภทแผ่น Membrane สำเร็จรูป ที่มีทั้งชนิดแผ่นมีกาวในตัวแบบ เต็มแผ่น (Fully bond) และเททับด้วยคอนกรีตทับหน้าเพื่อป้องกันรังสียูวี หรือแผ่นปูและเชื่อมรอยซ้อนทับด้วยความร้อน (Torch on system) ซึ่งมีราคาสูงกว่าแต่ไม่ต้องเททับด้วยคอนกรีตทับหน้าเพื่อป้องกันรังสียูวี



รูปที่ 3 วัสดุกันซึมบนดาดฟ้าด้วยการทาเคลือบหรือแผ่นสำเร็จรูป

5.2.3 **รอยร้าวแนวดิ่งขอบผนังขนานแนวเสา (ความเสียหายประเภทที่ 5) และรอยร้าวแนวนอนขอบผนังขนานแนวคาน (ความเสียหายประเภทที่ 6)** คาดว่าเกิดจากเหล็กเดือย (Dowel bar) ยึดรั้งผนังกับโครงสร้างอาคารไม่เพียงพอ แนะนำให้เจาะฝังเหล็กเดือยเพิ่มเติม ทุกระยะ 20 ซม. เพื่อเสริมการยึดรั้งกับโครงสร้างก่อนฉาบซ่อมด้วยปูนฉาบชนิดยืดหยุ่นสูง

5.2.4 **รอยร้าวแนวดิ่ง แนวนอน และแนวเฉียงกลางผนัง (ความเสียหายประเภทที่ 7) และรอยร้าวมุมวงกบขอบหน้าต่าง/ประตู (ความเสียหายประเภทที่ 8)** คาดว่าไม่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพของโครงสร้าง แนะนำให้ดำเนินการดังนี้

1) กรณีความกว้างรอยร้าวต่ำกว่า 3 มม. และสภาพของปูนก่อ/ปูนฉาบอยู่ในสภาพดี ให้เซาะร่องรูปตัววี (V-groove) และฉาบปิดซ่อมด้วยปูนฉาบชนิดยืดหยุ่นสูง (Flexible mortar patching)

2) กรณีความกว้างรอยร้าวมากกว่า 3 มม. และสภาพของปูนก่อ/ปูนฉาบอยู่ในสภาพดี ให้ดำเนินการสกัดเปิดร่องตามแนวรอยร้าว และเย็บคร่อมรอยร้าวโดยเจาะฝังลวดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 – 4 มม. (U-stitch) ทุกๆ ระยะ 10 – 15 ซม. ด้วยวัสดุยึดเหนี่ยวเหล็กเสริม จากนั้นให้ดำเนินการฉาบปิดซ่อมด้วยปูนฉาบชนิดยืดหยุ่นสูง

5.2.5 **รอยร้าวตามแนวยาวที่หลังพื้น (ความเสียหายประเภทที่ 9)** และ **รอยร้าวตามแนวยาวที่ท้องพื้น (ความเสียหายประเภทที่ 10)** แนะนำให้ซ่อมประสานก่อนการใช้งาน ด้วยการฉีดสารประสาน (Epoxy resin) ภายใต้แรงดันที่เหมาะสม (epoxy injection) ตามวิธีที่แนะนำในมาตรฐาน มยผ. 1901-51 "มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต" จัดทำโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

5.3 เนื่องจากสำรวจพบแนวโน้มการทรุดตัวต่างระดับบริเวณปีกอาคารด้านทิศเหนือ แนะนำให้สำรวจการทรุดตัวระยะยาวต่อเนื่องอย่างน้อยปีละครั้ง จนกว่าจะยืนยันได้ว่าไม่พบการทรุดตัวต่างระดับเพิ่มขึ้น

Executive Summary
Structural Investigation and Stability Analysis
THE ROYAL BANGKOK SPORT CLUB
Henry Dunant Rd, Bangkok

(From year 2010-2020)

The existing club building at the Royal Bangkok Sport Club (RBSC) had been investigated to evaluate the stability of all structure members by finite element method on year 2010 & year 2017. In addition, the preliminary condition survey had be performed on last year (year 2019) to record the progress of all physical defects as well as structure behavior compare to the previous recorded.

The results can be summarized as follows;

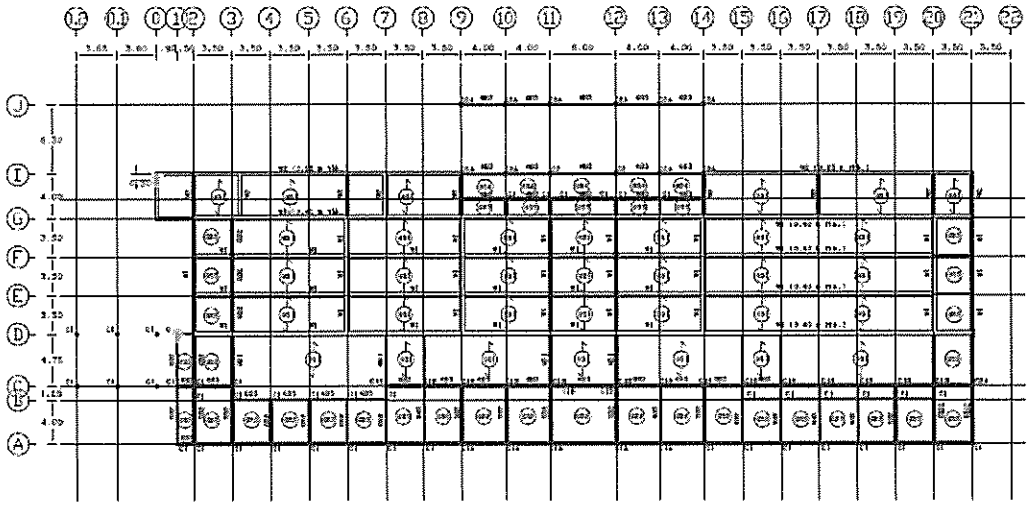
1. Structural Systems

The existing club building is 2-storey building with 37x90 m size. The structures includes multi-structural systems i.e. reinforced concrete (R/C) structures, masonry walls, wood structures, steel structures, which can be briefly summarized as:-

- Foundation: shallow spread R/C footing, Wall strip footing (No pile is found at excavation pit)
- Pier: R/C columns and R/C Bearing Wall
- Ground Fl.: R/C slab & beams, R/C columns, Masonry bearing wall
- Upper Fl.: R/C slab&beams and Wood slab&beams, R/C columns, Steel columns
- Roof: R/C slab & beams, Steel roof trusses, Wood frames

2. Physical Damage

The current physical damage (Defect), found on this inspection (year 2019), were summarized in Fig 01 below.

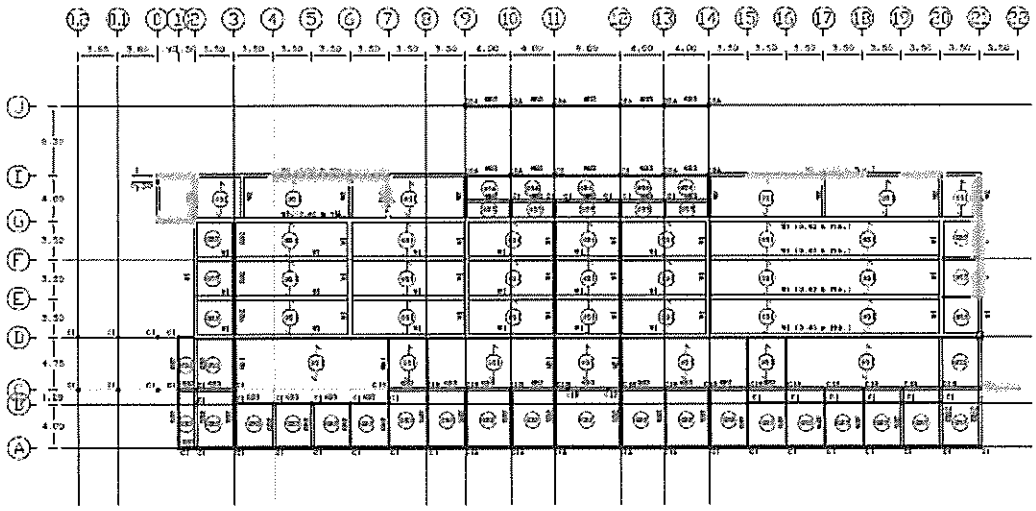


Physical damage plan
1st FLOOR

Symbol

Defect on column and beam such as concrete spalling, crack line etc.

Moisture stains



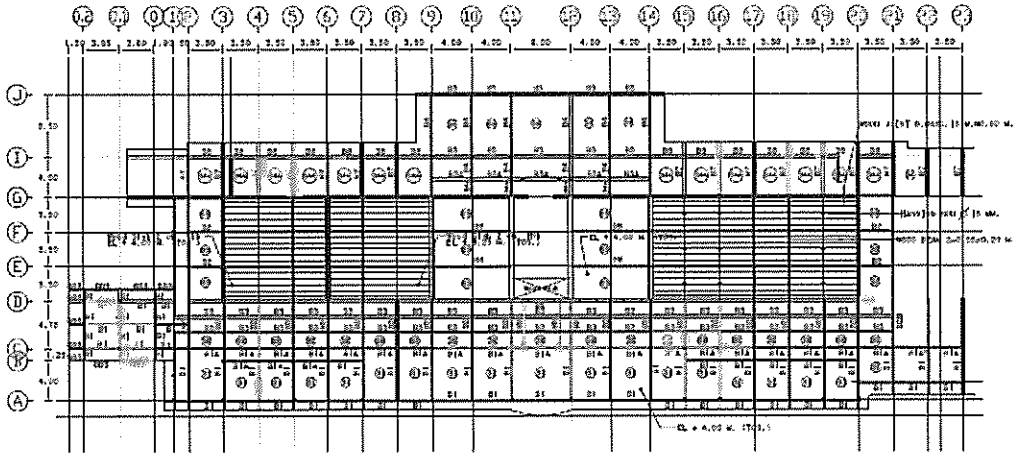
Physical damage plan

1ST FLOOR

Symbol

Defect on column and beam such as concrete spalling, crack line etc.

Moisture stains



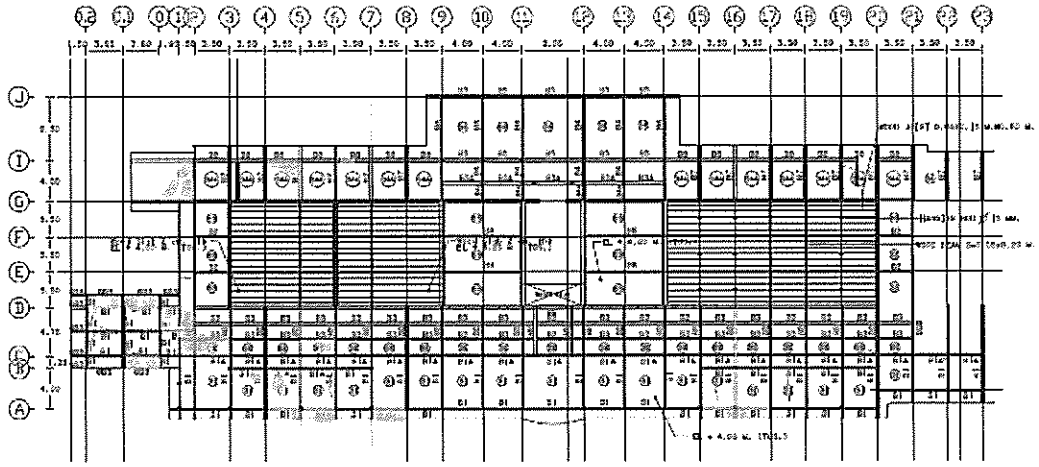
Physical damage plan

2ND FLOOR

Symbol

Defect on column and beam such as concrete spalling, crack line etc.

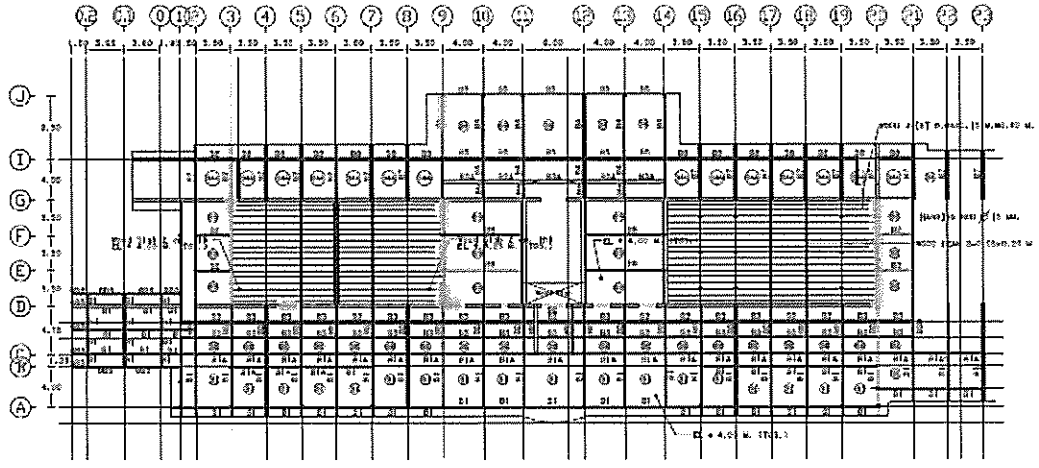
Moisture stains



Physical damage plan
2nd FLOOR

Symbol

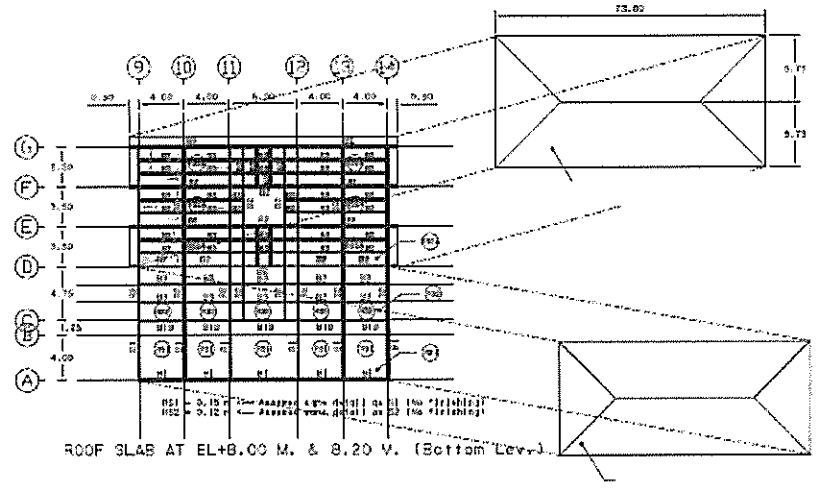
Concrete spalling
Moisture stains
Crack on slab

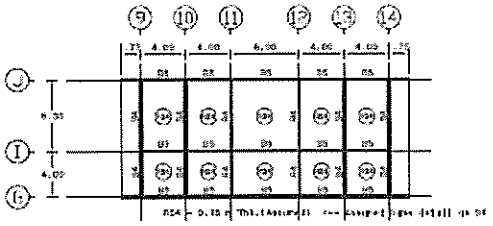


Physical damage plan
2nd FLOOR

Symbol

Defect on column and beam such as concrete spalling, crack line etc
Moisture stains

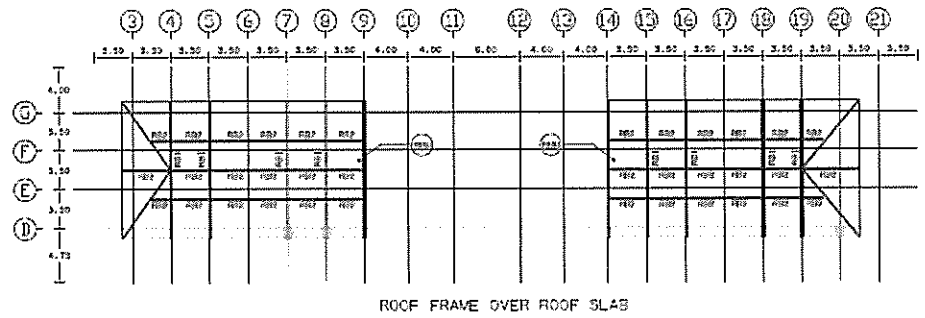


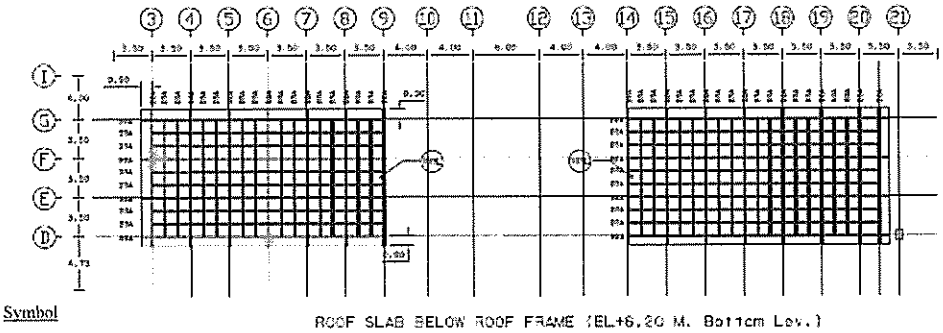


Symbol

Concrete spalling
Moisture stains
Crack on slab

Physical damage plan





Symbol

Defect on column and beam such as concrete spalling, crack line etc.
Moisture stains

Physical damage plan

CEILING and ROOF

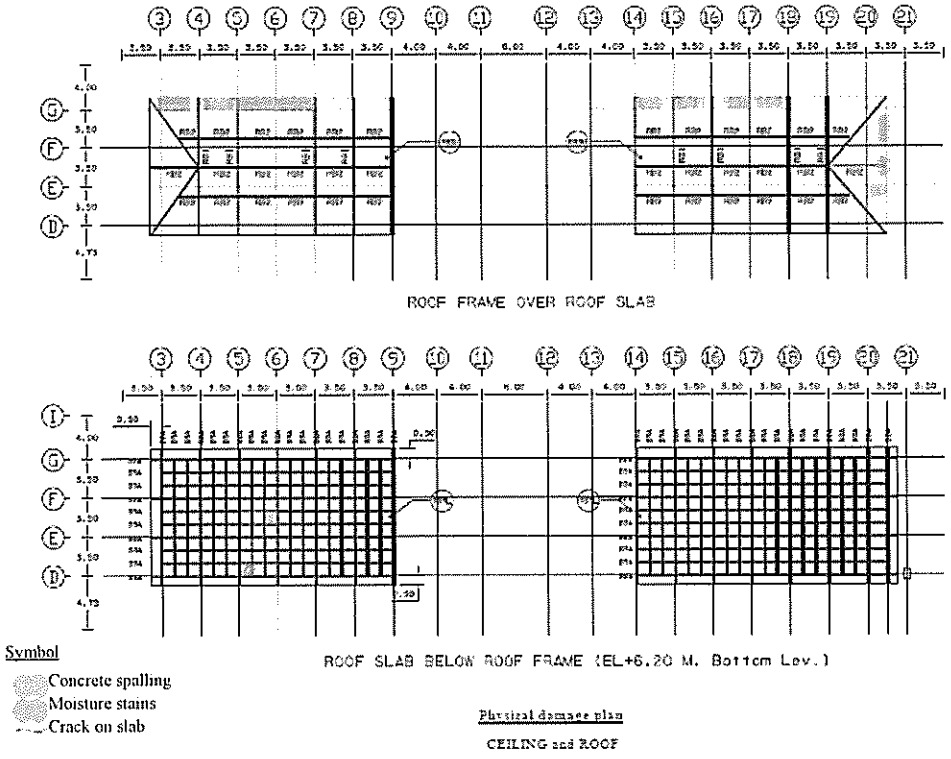


Figure 01 Physical damage recorded.

3. Material Strength

The major construction material ie., concrete, steel rebar, wood and brick wall, were random tested by destructive and nondestructive test to evaluate in situ material strength. The results are summarized in Table 01 below.

Table 01 Summary Strength of Material

Material	Structure member	Strength Type	Strength (ksc)		
			Year 2010	Year 2017	Year 2019
Concrete	Column	Compressive strength	182	179	138
	Beam	Compressive strength	204	186	144
	Slab	Compressive strength	219	238	233
Reinforcement bar (round bar)	Column & Beam	Ultimate tensile strength	-	4122-4566	-
Wood		Ultimate Compressive Strength	403 – 425	-	-
		Ultimate Bending Strength	338 – 835	-	-
		Ultimate Shear Strength	20 – 47	-	-
Brick	Wall	Ultimate Compressive Strength	4.5 – 11.9	-	-

It should be noted that the concrete strength (fc') are reduce by 2-29% in ten (10) years period.

4. Building Plane

Inclination plan of ground floor and upper floor, measured on different period are summarized in Table 02 below. In general, the average building plane are stable and within acceptable range (less than 1:300). However, the potential of differential settlement is detected as indicated in Fig 02 and Fig 03 below.

Table 02 Inclination Plane of Club Building

Floor	Direction	Inclination Plane		
		Year 2010	Year 2017	Year 2019
1	North-South Direction	1:-472	1:530	1:530
	East-West Direction	1:1505	1:417	1:417
2	North-South Direction	1:-333	1:315	1:315
	East-West Direction	1:721	1:759	1:759

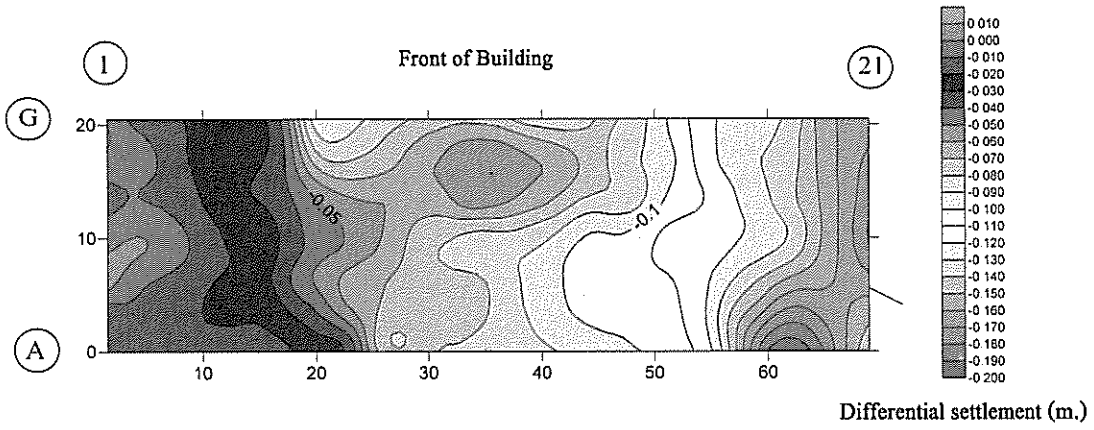


Figure 02 Differential settlement contour for 1st floor

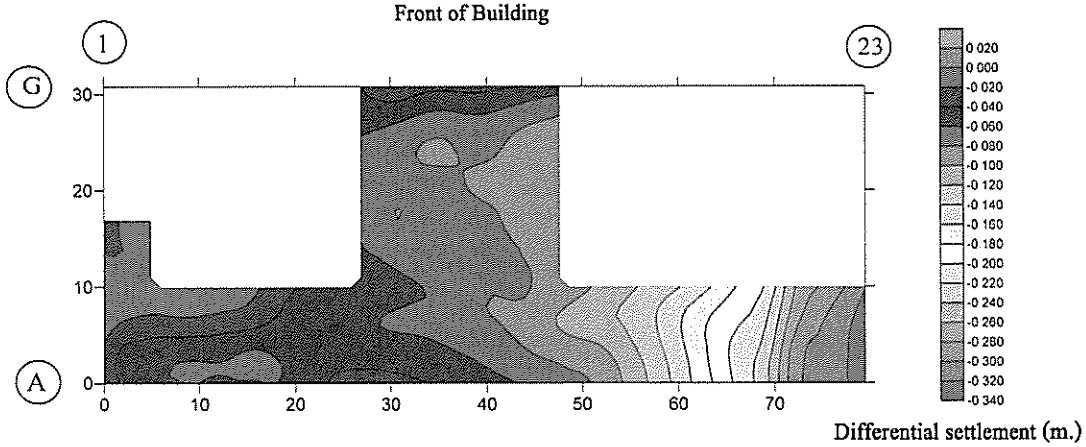


Figure 03 Differential settlement contour for 2nd floor

5. Structural Stability

In year 2017, the detail structure stability analysis has been done to evaluate the actual safe service load. The complete 3-dimensional model of the building, shown in Figure 04, was set up. The analysis was carried out by finite element method using structure program "SAP2000". Base on the structural analysis results, the safe service live load for ground floor and upper floor slab are advised in Figures 05 and 06, respectively.

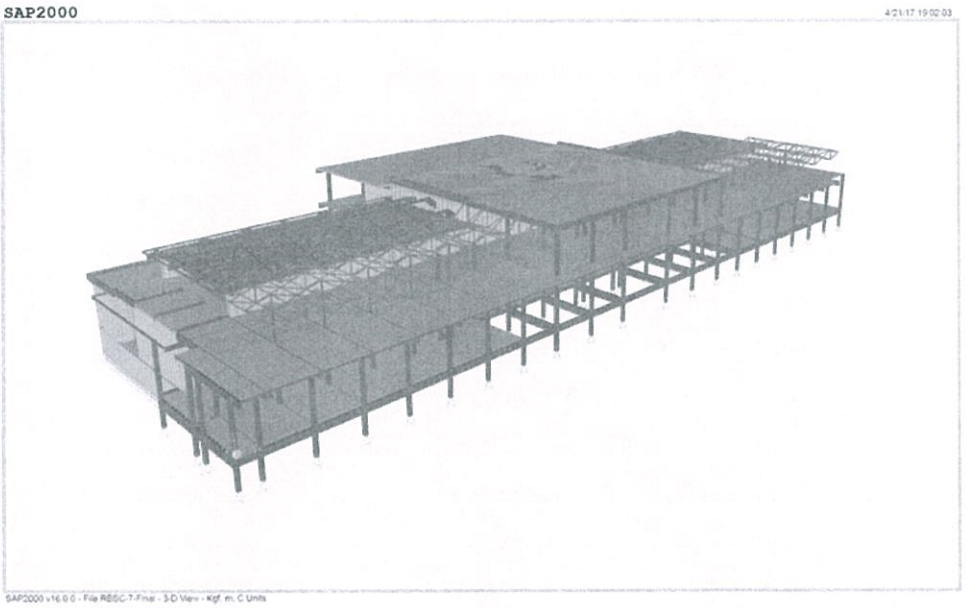


Figure 04 3-Dimensional mathematical model

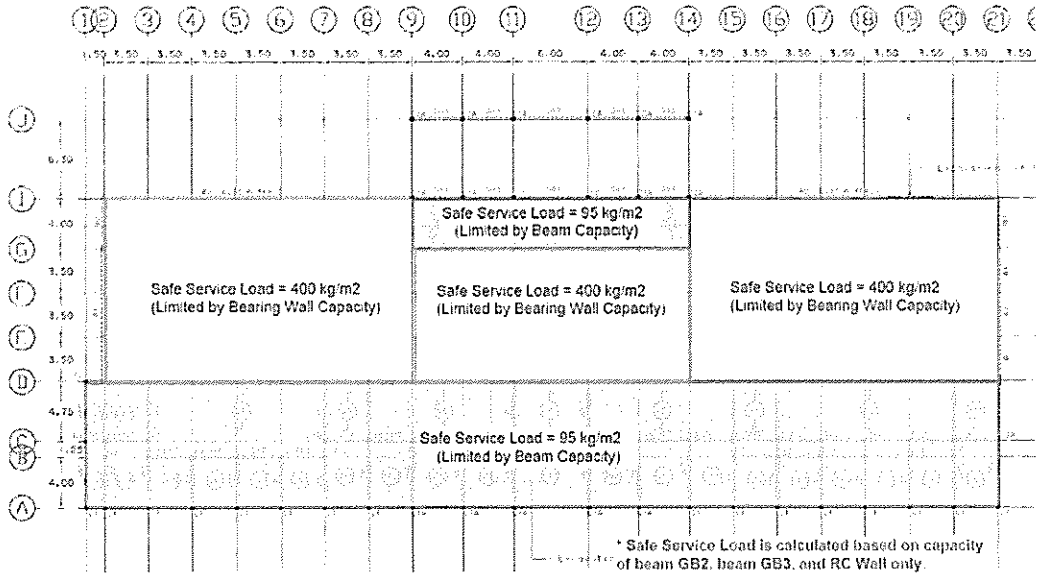


Figure 05 Safe service load on the 1st floor

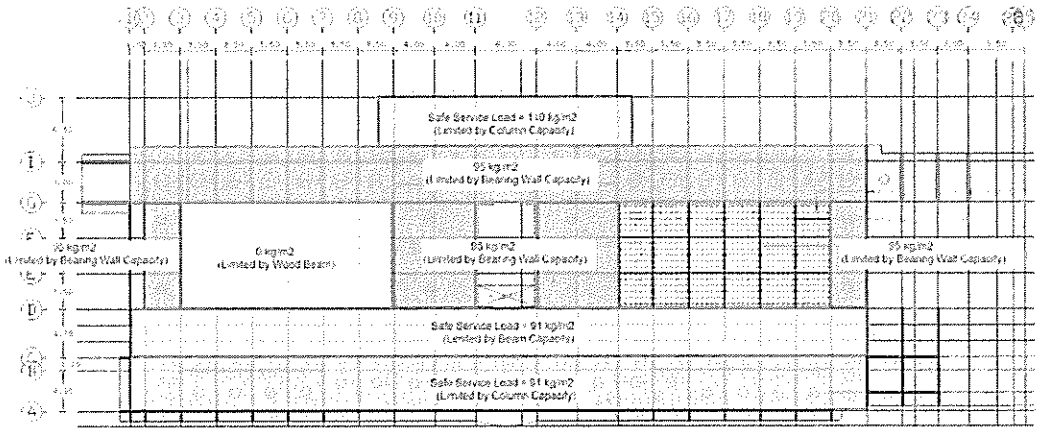


Figure 06 Safe service load on the 2nd floor

Safe service load as recommend above, should be consider the additional comment as follow.

A) 2nd floor slab in the middle of the building is timber structure (D-G/3-9 and D-G/14-20). Safe service load of these areas are very low. It is recommended to stop using these areas and do not use as stock area.

B) Safe service load on terrace of 2nd floor (A-D/1-21) area are quite low (~ 100 kg./ sq.m.). It is strongly recommended to control amount of people to use this area (especially on horse racing time) not more than the recommended service load as above.

C) Safe service load of 2nd floor, D-G/9-11 and D-G/12-14 area are quite low (~ 100 kg./ sq.m.). It is strongly recommended to control amount of people to use this area not more than the recommended service load as above.

D) Safe service load of 2nd floor I-G/1-21 and D-G/20-21 area are quite low (~ 100 kg./ sq.m.). It is strongly recommended to control amount of people to use this area not more than the recommended service load as above.

6. Building Condition Classification

In year 2019, the detail structure analysis wad not performed. However the structure stability was evaluated by the visual condition and the above field survey & testing base on the criteria modified from the recommendation of ***Burland et, al, 2001*** (Building Damage Classification) are shown in Table 03 below.

Table 03 Degree of damage•

Degree of Damage	Risk Category	Overall Condition
Moderate - Severe	3-4	The overall current structure stability may lower than the standard requirement

•: ***Evaluation base on the criteria modified from Burland et al 2001***

7. Conclusion and Comments

7.1 At present (year 2019), the clubhouse building was classified in **"Moderate-Severe"** degree of damage based on the criteria modified from Burland et, al, 2001 recommendation. In these categories, **the current overall structure stability may lower than the standard requirement.** It is recommended to consider as follow.

7.1.1 Confirm the stability of each structure members by details structure analysis, similar to the report on year 2017.

7.1.2 All insufficient capacity member, indicated by the analysis result in clause 7.1.1 shall be strengthened by proper method.

7.1.3 During the period, waiting for the result on clause 7.1.1, the safe service load on each part of the building **shall be limited as specified in report on year 2017** or as mentioned in Fig 05 and Fig 06.

7.2 All physical distresses, found and recorded in table 1, shall be rectified by proper method or as suggested below.

7.2.1 Concrete spalling and/or rebar corroded exposed (distress type 1) are assumed cause by **corrosion of rebar**. It is recommended to repair by conventional patch and repair (CPR). The detail method of repair can be referred to *Standard No. 1901-51 (Concrete Repair Standard)* issued by Department of Public Works and Town & Country Planning, Ministry of Interior as described below.

7.2.2 Crack lines on bottom of slab (distress type 2&3) are assumed cause by deflection of slab, these crack lines should be filled by epoxy injection method referred to *Standard No. 1901-51 (Concrete Repair Standard)* for integrity of slab section and serviceability in long term.

7.2.3 Crack lines on top of slab along the position of beam or bearing wall underneath (distress type 4) are assumed caused by excess negative moment over support area. It is recommended to install dowel bar every 20 cm. to improve the moment capacity of slab before patching with high elastic plaster material.

7.2.4 Crack lines on top in the middle of slab (distress type 5) are assumed cause by plastic shrinkage. It is recommended to fill all crack lines where crack width more than 0.3 mm. by epoxy injection method under low pressure grouting.

7.2.5 The crack lines found in the middle zone of wall (distress type 6), it is recommended to repair by stitching method. V-groove about 10 cm width shall be prepared along the crack lines. Install Ø 4 mm wire every 0.15 m (Ø 4 mm wire @0.15 m) perpendicular to crack lines. After that, fill the groove line with high elastic plaster material.

7.3 Long term settlement monitoring is recommended to carry out at least once a year in order to observe the progress of differential settlement which found in the north wing of the building.