USO Net)

RELIABILITY DESIGN OPTIMIZATION DESIGN FOR THE STEEL BUILDING OF PUBLIC INTERNET SERVICE CENTER (USO NET)

1 2

[1] อ ี สี ีสีหสค ง ชอ ีชร ีงสี ีสีหสค ลป ีงถ สีหสค ห ีอธ ีสีบล ีศิลป ห ีอธ
เ สลห ีอธ ี ี ล อ ี สี ีสีหสค ง ชอ ีชร ีงสี ีสีหสค ลป ีงถ สีหสค ห ีอธ ีสีบล ีศิลป ห ีอธ
*Corresponding author; E-mail address: punkrit@yahoo.co.th,bsaharat@yahoo.com

Abstract

B obrzat t pg ui f tbgfuz pg cv ne oh tusvduvsf t o Ui b rhoe vtf t dpef boe tuboebse ef t ho tuboebset tvdi bt BDJ Dpef BTDF BJTD FVSP Dpef boe FJJ Dpef pg Cbohl pl fud up goe pvu ui f sf tvmat pg ui f sf tvma t cbtf e po dsuf sb dpoe upo boe dpousprtn ui f qspdf tt pg dbrdvrbuoh ui f ovn cf s cz ui f mpbe gbdups boe ui f sf t tubodf gbdups Ui f qspcbc naz pg tvswwbrmmppl oh bu ui f qspcbc naz pg gb nwsf bt ui f pqqpt uf wbnwf g dpn c of e n vtu cf fr vbmup 2 Ui f wbnwf i bt cf f o dbrdvrbuf e dboopu fydf f e ui f sf nbc naz oef y ubshfu sf mfit po ui f dpmfndupo pg ogpsn bupo gspn ui f dpotusvdupo t uf up b tubutudbmubcrfn ui f o goe ui f tubutudbmqbsbn fuf st sf r v sf e o ui f fr vbupo up dbrdvrbuf ui f gpmpx oh Bwf sbhf)N f bo* Tuboebse Ef wbupo Dpwbsbodf Cbt.

Lf zx pset Tztuf n Tusvduvsf Sf nbc naz B obrzat t Sf nbc naz Cbtf P qun bupo)SP C* Sf nbc naz Jbef y Qspcbc naz pg Gb nwsf Ef t ho Qp ou Sf nbc naz Jbef y Ubshfu

1.

การวิเคราะห์หาความปลอดภัยของโครงสร้างอาคารในประเทศไทยใช้ข้อกำหนด (DP EF* และมาตรฐานการออกแบบ (TUB OEB SE EFTJHO* เช่น BDJDpef BTDF BJTD FVSP Dpef และ วสท. มยผ. เทศบัญญัติ กทม.เป็นต้น เพื่อใช้หาค่าผลการคำนวณออกแบบที่เป็นแบบรูปรายการรวมทั้งรายการประกอบแบบทางโครงสร้างต่าง ๆ โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นมาจากเงื่อนไขการออกแบบ (Dsuf sb Dpoe upo* และควบคุมกระบวนการคำนวณหาตัวเลขด้วยค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนัก (Mpbe Gbdups* กับค่าตัวคูณลดกำลังต้านทาน (Sf t tubodf Gbdups* ค่าการโก่งตัวที่ยอมให้และการตรวจสอบสอบความมั่นคงของโครงสร้าง (Tubc naz* ซึ่งเป็นการคำนวณออกแบบด้วยสภาวะขีดจำกัด (Mn u Tubuf* การวิเคราะห์หาความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง (Sf nbc naz pg Tusvduvsf* นั้นเป็นการใช้การวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของความปลอดภัยของโครงสร้าง (Qspcbc naz pg Tvswwbrm*โดยมองที่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการวิบัติ (Qspcbc naz pg Gb nwsf* ที่เป็นค่าตรงข้ามกันถ้ารวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับ 1 และควบคุมด้วยค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ (Sf nbc naz Jbef y* เมื่อคำนวณได้ค่าออกมาแล้วต้องไม่เกินค่าดัชนีความน่าเชื่อถือเป้าหมาย(Sf nbc naz Jbef y Ubshfu* ที่กำหนดวางไว้ ซึ่งอาศัยการรวบรวมข้อมูลจากทางหน้างานที่มีการก่อสร้างมาเข้ารูปแบบตารางสถิติแล้วหาค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ต้องใช้ในสมการเพื่อคำนวณต่อไปได้แก่ ค่าเฉลี่ย(N f bo* ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Tuboebse Ef wbupo* ค่าความแปรปรวน(Dpwbsbodf* ค่าเอนเอียง(Cbt*

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความน่าเชื่อของระบบโครงสร้าง, การวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการออกแบบด้วยวิธีความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง, ดัชนีความน่าเชื่อถือ,ความน่าจะเป็นของการเกิดการวิบัติ, ดัชนีความน่าเชื่อถือเป้าหมาย, จุดออกแบบ

ความสำคัญที่จะดำเนินการก่อสร้างให้สำเร็จตามเป้าหมายและแผนงานที่วางไว้นั้นการก่อสร้าง (Dpotusvdupo Qspdf tt* ค่า Fssps ที่เกิดขึ้นอาจเกินค่าที่ยอมให้อาจส่งผลต่อค่าความปลอดภัย (Tbgfuz Gbdups* ลดลงจนต่ำกว่าค่าที่คำนวณออกแบบไว้แต่ต้นนั่นหมายถึงโอกาสของความน่าจะเป็นในการเกิดการวิบัติขึ้นจึงควรมีการวัดผลในการก่อสร้างเพิ่มเติมด้วยวิธีการทางสถิติโดยวิธีหาความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง (Sf nbc naz Tusvduvsf B obrzat t* เปรียบเทียบกับค่าการออกแบบไว้ เพื่อให้ได้ค่าความเหมาะสมของการออกแบบ (P qun f Cbtf Ef t ho* ที่กำหนดสำหรับการออกแบบนั้นไว้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ที่ได้มาจากกระบวนการขั้นตอนทางสถิติ ได้แก่ กำลังแรงดึงเหล็ก (g_z* ค่าเยื้องศูนย์เสาเหล็กรูปพรรณ ค่าระยะ

คลาดเคลื่อนศูนย์กลางคานเหล็กรูปพรรณเพื่อนำไปหาค่า ค่าเฉลี่ย(μ) ค่าความแปรปรวน (σ) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (dpw) ค่าความเอนเอียง (c bt) ที่ต้องการซึ่งค่าเหล่านี้เป็นตัวแปรในสมการออกแบบที่เป็นฟังก์ชั่นสภาวะขีดจำกัด (Mn u Tubuf Gvodupo* เพื่อนำไปหาค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ (Sf nbc nuz Jbef y* β ความน่าจะเป็นของการวิบัติ (Qspcbc nuz pg gb nwsf * Qs งานวิจัยนี้หาค่าความน่าเชื่อถือของโครงสร้างเพื่อหาความเหมาะสมของการออกแบบโดยการใช้หลักการทางด้านวิเคราะห์หาความน่าเชื่อถือที่มีการกำหนดจุดออกแบบ (E f t ho Qp ou* ที่ใช้ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมจากหน้างานก่อสร้างของโครงการศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตสาธารณะ (VTP Ofu* จำนวน 137 ศูนย์ของที่มีอยู่จำนวน 763 ศูนย์ในแผนของปี 2561 แล้วเสร็จ ปี 2562 ค่าของกำลังวัสดุที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ เป็นค่ากำลังต้านทานที่ออกแบบตามข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบของ BDJDpef ในส่วนของวิธีออกแบบด้วยกำลังประลัย (Vnuan buf Tusf ohui E f t ho VTE* สำหรับคอนกรีตเสริมเหล็กและ BJTD Dpef ในส่วนของวิธีออกแบบเหล็กด้วยวิธีกำลังและความต้านทาน (Mpbe Sf t tubodf Gbdups E f t ho MSGE* และใช้ค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนักกับตัวคูณลดกำลัง ทั้งของ วสท. เทศบัญญัติ กทม. เปรียบเทียบกับของ BDJDpef FVSP Dpef และ BJTD Dpef โดยที่ กำลังประลัยของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกำลังต้านทานแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรมาตรฐาน BTUN B6 หรือมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1227 สำหรับเหล็กขึ้นรูปร้อน กับเหล็กรูปตัวซีเหล็กกล่อง มอก.1228 สำหรับขึ้นรูปเย็น

เครื่องมือคำนวณออกแบบ ใช้ทั้งโปรแกรมคำนวณด้วยหลักไฟไนท์เอลิเมนต์ ได้แก่ N burbc Spcpu ร่วมกับ TQFBE TI FFU ตารางคำนวณในส่วนของการหาค่าทางสถิติและขั้นตอนคำนวณหาความน่าเชื่อถือรวมถึงหาค่าจุดออกแบบที่เหมาะสม

2.

2.1 ค ี ค ช คธื normal Distribution)

ดังแสดงในสมการที่)2*)3*)4*

ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น $P(x,k) = \frac{1}{k}$ (1)

ค่าเฉลี่ย $\mu = \frac{\sum x_i}{k}$ (2)

ค่าความแปรปรวน $\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{k}$)3)

2.2 ค ี ค ช ศะค คธื Lognormal Distribution)

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปกติเป็น O) μ σ * การแจกแจงของฟังก์ชั่น Y> f yq Z เป็นล็อกปกติ mph O) μ σ * ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Ui f qspcbc nuz ef ot uz* ของตัวแปรแบบล็อกปกติ (mph opsn bmwbsbcnfn* คือ

$$\frac{1}{x}.\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$)5*

และค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

$$E(X) = exp\left\{\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right\}$$)6*

$$Ver(X) = exp\{2\mu\}.(\omega^2 - \omega)$$)7*

โดยที่ $\omega = \exp\{\sigma^2\}$ (7)

ค่าฐานนิยม (N pef * คือ $Mo_x = \frac{exp\{\mu\}}{\omega}$ (8)

ค่ามัธยฐาน (N f e bo* คือ $Me_x = exp\{\mu\}$ (9)

ความเบ้ (Tl f x of tt* คือ $\gamma_1 = (\omega-1)^{0.5}(\omega+2)$ (10)

ความโด่ง (l vsupt t* คือ $\gamma_2 = \omega^4 + 2\omega^3 + 3\omega^2 - 6$ (11)

3.

3.1 Ultimate Limit State (ULS) อร ีส ุท ีคิท

ความน่าจะเกิดการวิบัติ (Qspcbc nuz Gb nwsf * พิจารณาอิทธิพลจากผลกระทบของน้ำหนักที่กระทำ (Mpbe f ggf du R)ef n boe** และกำลังต้านทานของโครงสร้าง (Tusvduvsbmsf t tubodf S)tvqqnzn* * สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

กรณีพื้นฐานทั่วไป

$Q < R$)23*

$G = R - Q$)24*

$\sigma_G^2 = \sigma_R^2 - \sigma_Q^2$)25*

3.2 ค ี ศช Transformation)

การแปลง (Usbotgpsn bupo* ของฟังก์ชั่น H ไปยังตัวแปรมาตรฐาน (tuboebse f e wbsbcnfn* เท่ากับ

$$U = \frac{(G-\mu_G)}{\sigma_G}$$)26*

สำหรับ H > 1 ตัวแปรมาตรฐาน เท่ากับ

$$U_0 = \frac{(0-\mu_G)}{\sigma_G}$$ (16)

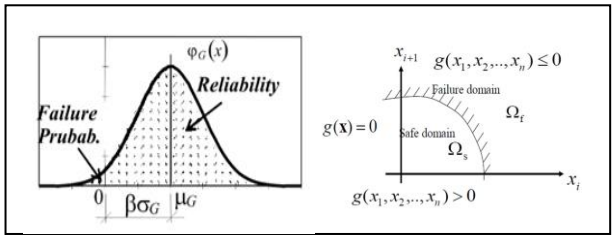
ฟังก์ชั่นสภาวะขีดจำกัด (Mn u tubuf gvodupo* เท่ากับ

G(X) = G = R - Q = 0)28*

3.3 งส ี ผ ี ใคืทค ี สื ิธื Probability Failure) ทสลสืปุ Probabilistic Approach

ค่าความน่าจะเกิดการวิบัติหาได้จากสมการ

$$P_f = \iint_{Z(X)<0} \varphi_R(r)\varphi_Q(q)drdq$$ Q)[=1*)29*



รูปที่ 1 กราฟแสดงค่า Sf nbc nuz Jbef y

3.4 ทิ ผุงส ี ผ ี ใ ะนะ ะชง ขอ ี ช Reliability Index of Structures) β

$$0 \quad \frac{G}{G} \quad \frac{R \quad E}{\left(\begin{matrix} 2 \\ X \end{matrix} \quad \begin{matrix} 2 \\ E \end{matrix} \right)^{1/2}} \qquad (2: *$$

3.5 ทะยค Design Point)

กำลังต้านทานจุดออกแบบ

$$R^*= \quad _R \quad \frac{\begin{matrix} 2 \\ R \end{matrix}}{\sqrt{\begin{matrix} 2 \\ R \end{matrix} \quad \begin{matrix} 2 \\ Q \end{matrix}}} \qquad (20)$$

น้ำหนักกระทำที่จุดออกแบบ

$$Q^*= \quad _Q \quad \frac{\begin{matrix} 2 \\ Q \end{matrix}}{\sqrt{\begin{matrix} 2 \\ R \end{matrix} \quad \begin{matrix} 2 \\ Q \end{matrix}}} \qquad (21)$$

3.6 ธิสฆถ คีศิชธีผบีผ ศ ธิสฆถ ผี ผิคค บี Load and Resistance Factor, LRFD)

E o คือน้ำหนักคงที่ระบุ (opn obmefbe mpbe* และ γ_g)efbe mpbe gbodups*Mb)opn obmmwf mpbe* γ_l)mwf mpbe gbodups*So)opn obmsft tubodf* ϕ S)sft tubodf gbodups*

$$\gamma_D D_n + \gamma_L L_n \le \phi R_n \qquad)33*$$

$$\gamma_D = \frac{D^*}{D_n} \qquad)34*$$

$$\gamma_L = \frac{L^*}{L_n} \qquad)35*$$

$$\phi = \frac{R^*}{R_n} \qquad 36*$$

$$P_f = \int_{G(X)\le 0} f_x(X)dX = \int \ldots \int_{G(X)\le 0} f_x(X)dX$$

$$= \int \ldots \int_{\Omega} I[G(X)]\, f_x(X)dX$$

$$= \int \ldots \int_{\Omega} F(X)dX \qquad)37*$$

โดยที่

Y หมายถึงตัวแปรสุ่มที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างที่ได้รับการประเมิน

H)Y* เป็นฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด ดังนั้น จะได้

H)Y* 1 สำหรับ Y ในโครงสร้างที่ปลอดภัย

H)Y* > 1 สำหรับ Y บนพื้นผิวของขีดจำกัด กรณีพิจารณา 4 มิติ

H)Y* = 1 สำหรับ โครงสร้างที่วิบัติ

g Y)Y* คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ Y

J H)Y* คือฟังก์ชันตัวบ่งชี้

ส่วนค่าของ $1 - P_f$ คือความเชื่อถือได้ของโครงสร้าง นั่นคือดัชนีความเชื่อมั่น β หมายถึง

$$\beta = -\phi^{-1}(P_f) \qquad)38*$$

หรือจะได้

$$P_f = \phi(-\beta) \qquad (28)$$

3.7 สีปุ First-Order Reliability method (FORM)

ค่าน้ำหนักกระทำ (Mpbe*R และกำลังต้านทาน (Sft tubodf* S ถือว่าเป็นตัวแปรและฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด h) * ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเหล่านี้สำหรับสภาวะขีดจำกัดที่มุ่งไปที่ความสามารถในการใช้งาน สภาวะขีดจำกัดใช้งานหรือสภาวะขีดจำกัดกำลังประลัย(tf swdfbc nozps vnan buf tubuf* โดยที่หาได้จากสมการ

$$g(x_1, x_2, ..., x_n) \approx g(x_1^*, x_2^*..., x_n^*) + \sum_{i=1}^{n} (x_i - x_i^*)\left(\frac{\partial g}{\partial x_i}\right)_{x^*} \qquad)3: *$$

$$M = g(x_1, x_2, ..., x_n) \le 0 \qquad (30)$$

เมื่อ X_i^* เป็นจุด nofbs bupo และอนุพันธ์ย่อยจะถูกประเมินที่จุดนั้น ในวิธี GP TN จุด nofbs bupo จะเป็นค่าใน tfu ของค่าเฉลี่ย $(E(x_1), E(x_2), ...E(x_n))$ ค่าเฉลี่ย (Nfbo* และค่าความแปรปรวน (Wbsbodf* ของ N จะประมาณด้วย

เมื่อ $M < 0$

$$P_f = P[M \le 0] = F_M(0) = F_{GM}\left(\frac{-\mu_m}{\sigma_m}\right) = F_{GM}(-\beta) \qquad)40)$$

เมื่อ $\beta = \frac{\mu_m}{\sigma_m}$ คือค่าดัชนีความปลอดภัย (Tbgfuz Jbefy* ซึ่งเป็นส่วนกลับของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (DP W* ของ Tbgfuz Nbsho N

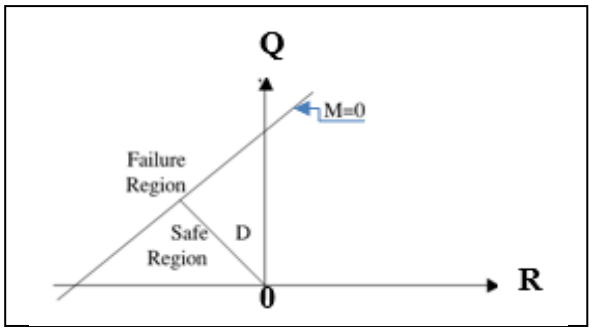
$$M = g(x_1, x_2) = g(Q, R) \qquad (31)$$

$$\mu_m = \mu_R - \mu_Q \qquad (32)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma_R^2 - \sigma_Q^2 \qquad (33)$$

N > 1 เป็นสภาวะขีดจำกัด (Mn u Tubuf* ตัวแปรปกติมาตรฐาน ของ R และ S

$$Q' = \frac{Q - \mu_Q}{\sigma_Q}; R' = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R} \qquad)45*$$



รูปที่ 2 ฟังก์ชั่นสภาวะขีดจำกัดในระนาบความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$M = \sigma_Q Q' - \sigma_R R' + \mu_Q - \mu_R = 0 \qquad)46*$$

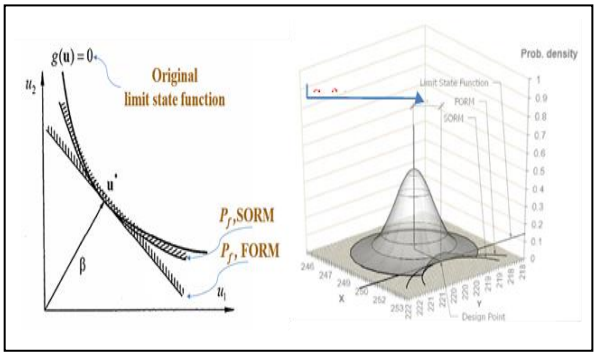
$$\beta = D = \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{\mu_R - \mu_Q}{\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_Q^2}} \qquad)47*$$

$$P_f = \phi(-D) \qquad)48*$$

3.8 สีปุ Second -Order Reliability method (SORM)

$$P_f \approx \phi(-\beta)\sum_{j=1}^{k}\left[\prod_{i=1}^{n=1}(1-\beta.\kappa_i)\right]^{-0.5} \qquad)49*$$

โดยที่ κ_i คือลำดับ เส้นโค้งหลักของพื้นผิวสภาวะขีดจำกัด (Mn u Tubuf * h)z * > 0 ที่ z วิธีนี้สามารถประมาณปัญหาขนาดใหญ่ที่มีตัวแปรพื้นฐานจำนวนมากหรือที่ฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Mn u Tubuf Gvodupo* ความสัมพันธ์ ระหว่าง GP SN TP SN และ Mn u Tubuf Gvodupo



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ของ GP SN TP SN และค่าดัชนี β

3.9 ค ี ง ีผสถ ีงส ี ผ ีใ ะนะ Deterministic reliability Calculation

ค่าความปลอดภัยเดี่ยว (T ohrfn tbgf uz gbdups*

$$G+Q<\frac{R}{\sigma} \qquad)4:)$$

เมื่อ Tbgf uz Gbdups 1 สำหรับน้ำหนักกระทำและ Tbgf uz Gbdups = 1 สำหรับกำลังต้านทาน H คือ สภาวะขีดจำกัด R คือ น้ำหนักกระทำ S คือ กำลังต้านทาน σ > ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าความปลอดภัยเดี่ยว (T ohrfn tbgf uz gbdups*

$$R_d=\frac{R_k}{\gamma_R}{}^3(G_k\gamma_G+Q_k\gamma_Q)=S_d \text{ Se >} \qquad (40)$$

โดยที่

Sd = ความปลอดภัยย่อย

Rd = กำลังต้านทานย่อย

Rk = กำลังต้านทานที่ค่าลักษณะเฉพาะ

Gk = สภาวะวิบัติที่ค่าลักษณะเฉพาะ

3.10 งส ี ผ ี ใ ผ ะชค ี สื ธี Pf , Probability of failure)

สามารถหาได้ตามสมการ

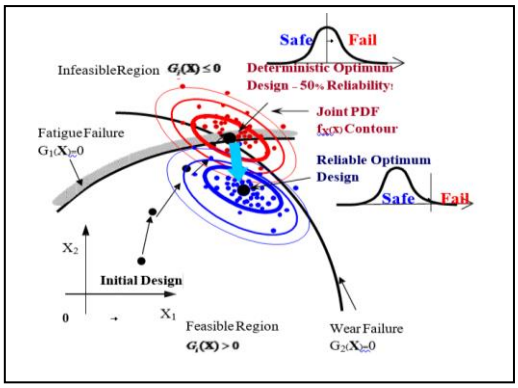
$$P_f=P(R-Q<0) \qquad)52*$$

และค่าความน่าเชื่อถือ Sf nbc nuz)Qspcbc nuz pg Tvswwbm* หาได้จากสมการ

$$P_s=1-P_f \qquad)53*$$

3.11 งส ี ใ ี อ ะชค ี ะะค ทล งส ี ผ ีใ ะนะ Reliability Based Design Optimization RBDO

เมื่อเริ่มต้นออกแบบ (Joubm Eft ho* จะได้ค่าความเหมาะสมในการออกแบบค่าหนึ่งซึ่งอยู่ในพื้นที่ Gf bt cnfn Sf hpo โดยที่ฟังก์ชั่น H)Y* 1 และค่าขีดจำกัดของฟังก์ชั่นสภาวะขีดจำกัดจะกำหนดให้การหาค่า P qun vn Eft ho คือการกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นของความปลอดภัย)Tbgf uz* มากกว่าค่าความน่าจะเป็นในการวิบัติ (Gb nwsf * เรียกว่า "Sf nbcnfn P qun vn Eft ho ซึ่งถูกตีกรอบการคำนวณโดย จุด "Efuf sn o tud P qun vn Eft ho เป็นจุดที่เป็นจุดตัดของเส้นฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ของ X f bs Gb nwsf ที่ H_3)Y*>1 กับ Gbuhvf Gb nwsf ที่ H_2)Y*>1 และให้ค่าความน่าจะเป็นของความปลอดภัย(Tbgf uz* เท่ากับความน่าจะเป็นของการวิบัติ (Gb nwsf * ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ Kp ou QE G ของความเหมาะสมของการออกแบบโดยใช้ความน่าเชื่อถือ(SCEP *

ดังนั้น การหาค่าความน่าจะเป็นของความปลอดภัย)Qspcbc nuz pg Tvswwbm* หาได้จากสมการที่ 42 โดยเปรียบเทียบกับค่าการคำนวณจากคุณสมบัติของหน้าตัดชิ้นส่วนทีเก็บข้อมูลจากจำนวน 137 ศูนย์ (อาคารก่อสร้าง) ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากจำนวน 637 ศูนย์)อาคารก่อสร้างทั้งหมด* ที่เป็นจำนวนประชากรทั้งหมด

4. Results)

ผลการศึกษาเก็บข้อมูลตัวอย่างของโครงสร้างเสาเหล็กรูปพรรณ I 150Y150y7y10 n n และโครงสร้างคานอะเสเหล็กรูปพรรณ I 150Y75y6y9 n n ได้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2 เมื่อนำไปคำนวณตามกระบวนการวิธีความน่าเชื่อถือจะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 3 เป็นค่าดัชนีความน่าเชื่อถือของเสาเหล็กรูปพรรณ (βd* กับดัชนีโครงสร้างเหล็กเสารูปพรรณ (P_f d) กับความน่าจะเกิดการวิบัติของโครงสร้างคานเหล็กรูปพรรณ (P_f c) ความน่าเชื่อถือของคานเหล็กรูปพรรณ (βc* จากนั้นคำนวณหาค่าความน่าจะเกิดการวิบัติของ

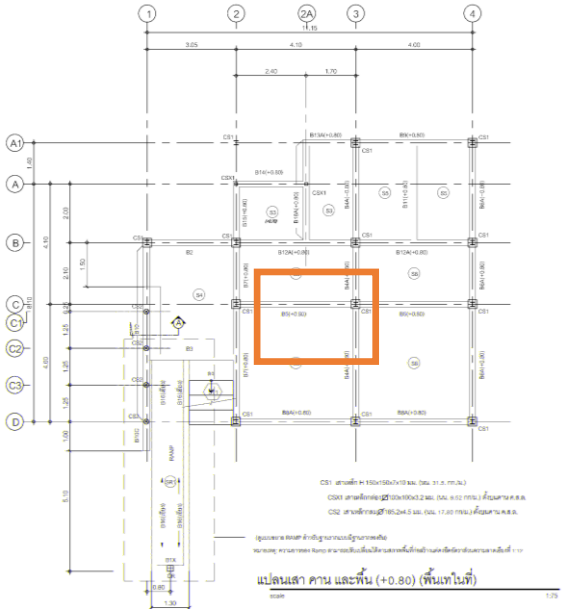
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติหน้าเสาเหล็กรูปพรรณและค่าพารามิเตอร์

คุณสมบัติหน้าตัดเสาเหล็กรูปพรรณ H-150X150x7x10 mm.			Norminal	Mean,μxi	SD,σxi	COVxi = σxi/μxi
H	mm	=	150.000	149.125	-0.875	0.59%
h	mm	=	136.000	135.559	-0.441	0.33%
B	mm	=	150.000	149.624	-0.376	0.25%
b	mm	=	140.000	140.082	0.082	0.06%
t1	mm	=	7.000	6.783	-0.217	3.20%
t2	mm	=	10.000	9.542	-0.458	4.80%
Area	$cm.^2$	=	34.600	33.233	-1.367	4.11%
Sx	$cm.^3$	=	171.207	164.562	-6.645	4.04%
Mmax	kg-m	=	12.000	13.080	1.080	8.26%
Qall(Fb = 0.6fy)	ksc	=	1440.000	1383.109	-56.891	4.11%
Z = Mmax/Fb	$cm.^3$	=	8.333	9.457	1.124	11.88%
Plastic Moment Capacity; Mp = Fb.Sx	kg-m	=	2465.379	2276.072	-189.306	8.32%
Pmax	kg	=	20480.000	19670.881	-809.119	4.11%
Pmax/A	ksc	=	591.908	591.908	0.000	0.00%
Allowable Compressive Stress (Fa)	ksc	=	2062.000	1975.169	-86.831	4.40%

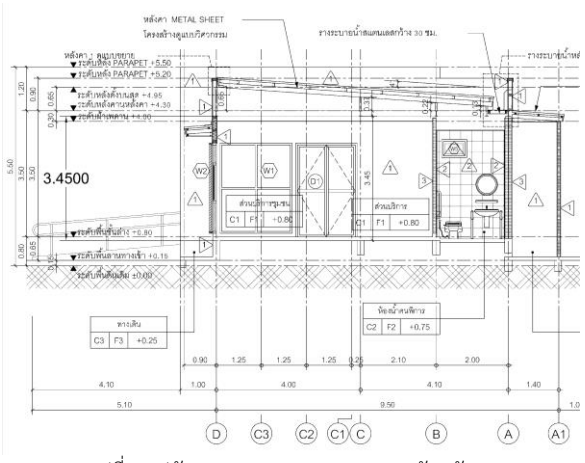
ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวนค่าความน่าเชื่อถือของเสาเหล็กรูปพรรณ

Structural Reliability เสาเหล็กรูปพรรณ H-150X150x7x10 mm.			
σ_{Fb}^2=			3236.605
σ_Q^2=			654673.323
σ_A^2=			1.869
σ_{lnFall}^2			8.083
$Mean\ of\ ln(Fall) = ln\overline{Fall} - \frac{1}{2}\sigma_{Fall}^2$			3.194
σ_{lnQ}^2=			13.392
$Mean\ of\ ln(Q) = ln\bar{Q} - \frac{1}{2}\sigma_Q^2$			0.153
σ_{lnA}^2=			1.054
$Mean\ of\ ln(A) = ln\bar{A} - \frac{1}{2}\sigma_A^2$			3.924
$X_0 = ln\left(\frac{Fall.A}{Q}\right)$			
Mean $\bar{Y} = ln(X_0) = \ln\overline{Fall} + \ln\bar{A} - \ln\bar{Q}$			6.964
$SD;\ \sigma_{\bar{Y}} = \sigma_{lnFall}^2 + \sigma_{lnQ}^2 + \sigma_{lnA}^2$			22.528
$P_f = P\left(\frac{P}{Q} < 1\right) = P\left[\left(\frac{Fall.A}{Q} < 1\right)\right] = \Phi\left[\left(\frac{\ln(1) - \bar{Y}}{\sqrt{\sigma_{\bar{Y}}}}\right)\right]$	Φ[-1.467]		0.0721
Structural reliability index	β	-	1.4530
Probability of failure	P_f	-	0.0721
Probability of Survival	P_s	-	0.9279

กรณีของชิ้นส่วนเสาเหล็กรูปพรรณขนาดหน้าตัด I 261y261y8y21 n n ตามตารางที่ 1 และชิ้นส่วนคานเหล็กรูปพรรณขนาดหน้าตัด I 261y86y7y: n n ตามตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติของหน้าตัดปรากฏ (Opsn obm*ในช่อง Opsn obm*ได้แก่ค่า I i C c u2u3 B sf b Ty ส่วนค่า โมเมนต์สูงสุด (N n by* แรงอัดในแนวแกนสูงสุด(Qn by* คำนวนหาได้จากชิ้นส่วนอาคารตามรูปที่ 5 โดยพิจารณาพื้นที่น้ำหนักกระทำและนำไปคำนวนหาค่า โมดูลัสหน้าตัด)[*จากค่าหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ R bm*ได้จาก Gc >1 7Gz จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าของโมเมนต์พลาสติกที่ทำให้เกิดจุดหมุนพลาสติก (I oh* รวงถึงค่าแรงในแนวแกนจากน้ำหนักกระทำในตำแหน่ง Hsenof 4 D ความสูงของเสาไร้การค้ำยันด้านข้างเท่ากับ 3.45 ม. ตามรูปที่ 6



รูปที่ 5 แปลนเสาเหล็ก คานและพื้น



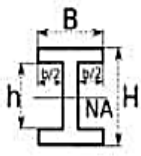
รูปที่ 6 รูปตัดขยายอาคารแสดงความสูงเสารับหลังคา

หลังได้ค่าจากการเก็บข้อมูล I i C c u2u3 แล้วคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางสถิติจึงได้ค่าเฉลี่ย (N f bo* ค่าเบี่ยงเบนมาตารฐาน (Tuboebse E f wbupo* และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (DP W* เพื่อนำค่ามาคำนวณหาค่า B sf b Ty ส่วนค่าโมเมนต์หาจากโมเมนต์ปรากฏ (Opsn obm*ที่คิดในแนวพิกัดหน้าตัด Y Z ถ้าเกิดการเยื้องศูนย์ของเสาในการก่อสร้างจริง)ค่าที่เก็บจากหน้างานจริงมีค่าสูงสุด +2.5/-2.5 มม.)กับค่าหน้าตัดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วจึงนำมาค่าโมเมนต์เบี่ยงเบน โมเมนต์เฉลี่ยและค่าสัมประสิทธ์ความแปรปรวนโมเมนต์ต่อไป

ต่อจากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์สำหรับหาค่าความน่าเชื่อถือตามตารางที่ 2 สำหรับเสาเหล็กรูปพรรณ และตารางที่ 4 สำหรับคานเหล็กรูปพรรณ

จากนั้นคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการวิบัติ (P_f d) ของเสาและ (P_f c) สำหรับคาน ได้จากค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ (β) ของเสาเหล็ก และ คานเหล็ก ตามตารางที่ 2 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติหน้าตัดคานเหล็กรูปพรรณและค่าพารามิเตอร์

คุณสมบัติหน้าตัดคานเหล็กรูปพรรณ H-150X75x6x9 mm.						
			Norminal	Mean, μ_{xi}	SD, σ_{xi}	COVxi = σ_{xi}/μ_{xi}
	H	mm =	150	149.125	-0.875	0.59%
	h	mm =	138	137.159	-0.841	0.61%
	B	mm =	75	74.090	-0.910	1.23%
	b	mm =	66	65.510	-0.490	0.75%
	t1	mm =	6	5.983	-0.017	0.28%
	t2	mm =	9	8.580	-0.420	4.90%
	Area	$cm.^2$ =	21.420	20.634	-0.786	3.81%
	Sx	$cm.^3$ =	88.52	85.69	-2.840	3.31%
Mmax		kg-m =	1,200	1308	108.000	8.26%
Qall(Fb = 0.6fy)		ksc =	1,440	1,387	-52.850	3.81%
Z = Mmax/Fb		$cm.^3$ =	833.333	942.941	109.607	11.62%
Plastic Moment Capacity; Mp = Fb.Sx		kg-m =	1,274.76	1,188.58	-86.175	7.25%

ตารางที่ 4 แสดงผลการคำนวนค่าความน่าเชื่อถือของคานเหล็กรูปพรรณ

Structural Reliability คานเหล็กรูปพรรณ H-150X75x6x9 mm.			
σ_{Fb}^2=			2793.156
σ_Q^2=			11664.000
σ_{Sx}^2=			8.063
σ_{lnFb}^2=			7.935
$Mean\ of\ ln(Fb) = ln\overline{Fb} - \frac{1}{2}\sigma_{Fb}^2$			3.267
σ_{lnQ}^2=			9.364
$Mean\ of\ ln(Q) = ln\bar{Q} - \frac{1}{2}\sigma_Q^2$			2.167
σ_{lnSx}^2=			2.204
$Mean\ of\ ln(Sx) = ln\overline{Sx} - \frac{1}{2}\sigma_{Sx}^2$			3.349
$X_0 = ln\left(\frac{Fb.Sx}{Q}\right)$			
Mean $\bar{Y} = ln(X_0) = \ln\overline{Fb} + \ln\overline{Sx} - \ln\bar{Q}$			4.449
$SD;\ \sigma_{\bar{Y}} = \sigma_{lnFb}^2 + \sigma_{lnQ}^2 + \sigma_{lnSx}^2$			19.504
$P_f = P\left(\frac{Mp}{Q} < 1\right) = P\left[\left(\frac{Fb.Sx}{Q} < 1\right)\right] = \Phi\left[\left(\frac{\ln(1) - \bar{Y}}{\sqrt{\sigma_{\bar{Y}}}}\right)\right]$	Φ[-1.007]		0.1379
Structural reliability index	β	-	1.0770
Probability of failure	P_f	-	0.1379
Probability of Survival	P_s	-	0.8621

5.

จากการทดลองสุ่มเก็บข้อมูลตัวอย่าง ความหนาของปีกเหล็กเสา ความหนาของเหล็กแผ่นตั้งเหล็กเสา ความกว้างเสาเหล็ก ความลึกเสาเหล็ก ความสูงของเสาเหล็กรับคานหลังคาเหล็กรูปพรรณ น้ำหนักกระทำกับ กำลังต้านทาน แล้วเพื่อนำไปคำนวณหาโมดูลัสหน้าตัด (Tfdupo Npevnxt*ในสมการฟังก์ชั่นสภาวะขีดจำกัด)Mn u Tubuf Gvodupo* เมื่อนำมาคำนวณหาค่า Qspcbc nvz pg gb nvsf P_f ของโครงสร้างคานเหล็กรูปพรรณได้เท่ากับ 13.786% ซึ่งมาจากค่า sfnbc nvz oefy β เท่ากับ 1.0770 สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างที่สุ่มให้ค่าทางสถิติที่นำไปสู่การวิเคราะห์ด้วยวิธีความน่าเชื่อถือของโครงสร้างเสาเหล็ก ได้ผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นของความปลอดภัยเท่ากับ . 1

International Conference on Structural Safety and Reliability Wfsmbh Evttfmepsg Bvh 2:88 qq 232 244

22 B Qvhtmfnz *The Safety of Structures*)Fex bse Bsopme Mpoepo 2:77*

23 B N Ibtpgfs OD Moe Fybdu boe owbsbou tfdpoe n pn fou dpef gpsn bu BTDF K Foh Nfdi Ew **100** 222 232)2:85*

24 E Wfof bop Dpouscvupot up tfdpoe n pn fou sfmbc nuz uifpsz Sftfbsdi Sfqpsu S 85 44 Efqbsun fou pg Dwm Fohoffsoh NJU Dbn csehf NB 2:85

25 Dbobe bo Tuboebse Bttpdbupo)DTB* Tuboebset gps uif eftho pg dpme gpsn fe tuffmn fn cfst o cvmeoht DTB T 247 Dbobeb 2:85

26 U Cfegpse S Dpplf *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*)Dbn csehf Vowfstuz Qsftt Dbn csehf 3112*

27 B T Opxbl L S Dpmmot *Reliability of Structures*)NdHsbx I mmCptupo 3111*

28 L D Lbqvs MS Mbn cfstpo *Reliability in Engineering Design*)X mfnz Ofx Zpsl 2:88*

29 N Golfmtuf o Gbnwsf Sbuf Npefmoh gps Stl boe Sfmbc nuz)Tqsohfs Ofx Zpsl 3119*

2: JC Hfstucbli Sfmbc nuz Uifpsz x ui Bqqmdbupot up Qsfwfouwf Nboufobodf)Tqsohfs Ofx Zpsl 3111*

31 E Lfdfdphmw G Tvo Fowspon foubmTusftt Tdsffooh Jut Rvbougdbupo Pqun bupo boe Nbobhfn fou)Qsfoudf Ibmm Ofx Zpsl 2::6*

32 B I T Boh X I Uboh Qspcbc nuz Dpodfqut o Fohoffsoh Fn qibtt po Bqqmdbupot up Dwm boe Fowspon foubm Fohoffsoh)X mfnz Ofx Zpsl 3118*

33 Nbetfo I P Lsfol T Moe OD Nfuipet pg Tusvduvsbm Tbgfuz Qsfoudf Ibmm Fohmfn x ppe Dnggt OK 2:97