THE JOURNAL OF BURAPHA UNIVERSITY
VOLUME 1 NUMBER 1 JUNE-OCTOBER 1995

การประยุกต์ใช้โปรแกรมสเปรดชีทในงานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

APPLICATION OF SPREADSHEET PROGRAM IN DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

สมพร อรรถเศรณีวงศ์ *
Somporn Attasaeranewong
กีรติ ศรีวัฒนาเมฆินทร์ **
Keerati Sriwatanamakin
สดาพร โภคา ***
Sdhabhon Bhoka

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรมสเปรดชีท (Spreadsheet) ในงานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กกล่าวถึงหลักการเบื้องต้น ข้อกำหนด องค์ประกอบของ Worksheet ฟังก์ชันตรรก (Logic Function) การคำนวณ ผลลัพท์ และตัวอย่าง Worksheet อย่างง่ายที่ปราศจากคำสั่งมาโคร (Macro Command) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นข้อได้เปรียบของโปรแกรมประเภทสเปรดชีทซึ่งได้แก่ความสะดวกในการจัดรูปแบบขั้นตอนการทำงานของ Worksheet ความถูกต้องแม่นยำและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของผลลัพธ์ ความยืดหยุ่นและคล่องตัวในการที่จะดัดแปลงแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานหรือตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ บทความนี้เลือกใช้โปรแกรม QUATTRO PRO R.4.0 เป็นเครื่องมือในการพัฒนา Worksheet เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูงแฟ้มข้อมูลทุกแฟ้มมี File Extension เป็น. WK1 สามารถที่จะถูกนำไปใช้ภายใต้โปรแกรมสเปรดชีท LOTUS 123 R.2.2, 2.3 หรือ 2.4. สำหรับข้อกำหนดและวิธีการออกแบบได้ยึดถือวิธีการตามทฤษฎีอีลาสติค (Elastic) ซึ่งได้กล่าวไว้ในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กฉบับแก้ไขครั้งที่ 2 (ตุลาคม 2534) โดยกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา (พ.ศ. 2533-2534) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ABSTRACT

This paper deals with an application of spreadsheet programs in design of reinforced concrete structures. The contents include basic idea, design criteria, component of design worksheet, input data, calculation, results, logic functions and example of easily design worksheet that without macro command. This paper also attempts to point out an advantage

* นักวิจัยสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Research Specialist Asian Institute of Technology)
** วิศวกรระดับ 6 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Engineer Level 6 Electricity Authority of Thailand)
*** วิศวกรโครงสร้าง บริษัท ดับบลิว เอส เค อินเตอร์คอนซัลท์ จำกัด (Structural Engineer WSK International Co., Ltd.)

of using the spreadsheet program that are the orientable format and sequence of worksheet, precise calculation and output, exact format of presentation and flexible for modification as desiration of user. In this paper, the well-known spreadsheet program, namely "QUATTRO PRO Release 4.0" is used as a tool to develop the design worksheet. The reason is that it is a high efficiency program and compatibility to LOTUS 123 Release 2.2, 2.3 and 2.4 when the file extension "WK1" is setup. Design criteria used in this paper shall follow the Elastic method, outlined in Standard for reinforced concrete structures, 2nd. revision (October 1991) that was published by the Civil Engineering Chapter, Engineering Institute of Thailand (1990-1991)

บทนำ

การพัฒนา Worksheet สำหรับใช้งานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับขั้นตอนการเลือกรูปตัด, เหล็กเสริม และการตรวจสอบคุณสมบัติของรูปตัดที่เสริมเหล็กซึ่งเป็นการลองผิดลองถูก (Trials & Errors) และเป็นขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซาก (Routine) บางครั้งวิศวกรผู้ออกแบบต้องการได้รูปตัดและเหล็กเสริมขนาดอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากันเนื่องจากเหตุผลต่าง ๆ เช่น ความต้องการและข้อจำกัดของแบบประณีตสถาปัตย์หรือความประหยัดเป็นต้น Worksheet ที่พัฒนาขึ้นเพื่องานออกแบบเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools) ในการลองผิดลองถูกและการทำงานที่ซ้ำซากได้เป็นอย่างดีโดยทำงานได้รวดเร็ว และถูกต้องแม่นยำกว่าการคำนวณด้วยมือ เนื่องจากจะไม่ปรากฏความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยมิได้ตั้งใจ (Truncation Errors) Worksheet ซึ่งเสนอในบทความนี้ พัฒนาขึ้นโดยยึดถือข้อกำหนดสำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก, ทฤษฎีอีลาสติค ซึ่งรายละเอียดกล่าวไว้ในเอกสารอ้างอิง (1)

องค์ประกอบของ Worksheet

Worksheet ที่ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้โปรแกรมสเปรดชีทซึ่งนำเสนอในบทความนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนป้อนข้อมูล (Input)

ได้แก่ ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุ เช่น ชนิดของเหล็กเสริม SR-24, SD-30 แรงอัดประลัยของคอนกรีต (fc') และ ค่าตัวคูณลดกำลัง (Factor), แรงเช่นแรงตามแนวแกน (Axial Force) โมเมนต์ดัด (Bending Moment) แรงเฉือน (Shear) โมเมนต์บิด (Torsional Moment), ขนาดมิติของรูปตัด (Dimensions) ความยาวช่วง (Span Length) ความกว้าง (Width) ความลึกหรือความหนา (Depth or Thickness) และระยะหุ้มของคอนกรีต (Covering) ขนาด, จำนวน และ/หรือตำแหน่งของเหล็กเสริม เช่น เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter of Bar), จำนวน (Number of Bars) และตำแหน่งของเหล็กเสริมในแต่ละชั้นหรือทิศทาง ในโปรแกรมสเปรดชีท เซล (Cell) ใด ๆ ของ Worksheet ที่เป็นส่วนที่จะต้องป้อนค่าตัวเลข (Input Data) จะถูก Unprotected ไว้เพื่อให้ผู้ใช้สังเกตได้ง่ายในการที่จะแก้ไขข้อมูลเหล่านั้น

ส่วนผลลัพท์ (Results)

ส่วนผลลัพท์ได้มาจากการเขียนสูตร (Formula) ลงในแต่ละเซลที่ต้องการโดยที่เซลเหล่านี้จะถูก Protected เอาไว้และค่าผลลัพท์ที่ได้จากการคำนวณตามสูตรซึ่งปรากฏบนเซลนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าตัวเลขข้อมูลที่ถูกป้อนหรือแก้ไขใหม่

เพื่อความสะดวกในการเขียนและการตรวจสอบสูตรในแต่ละเซลผู้เขียน Worksheet อาจตั้งชื่อ (Named) ค่าตัวแปรในแต่ละเซลเอาไว้ก่อน การตั้งชื่อตัวแปรเหล่านี้กระทำได้ทั้งในเซลที่ Protected หรือ

Unprotected ตัวอย่างเช่นเซลที่เก็บค่าตัวแปรซึ่งเป็นค่าแรงอัดประลัยของคอนกรีตจะถูกตั้งชื่อว่า FC' เซลที่เก็บค่าตัวคูณ (Factor) จะถูกตั้งชื่อว่า FACTOR ดังนั้นเซลที่แสดงค่าแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต (ซึ่งถูกตั้งชื่อว่า FC) จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

FC = + FACTOR*FC'

หากค่าในเซลที่ชื่อว่า FC และ FACTOR มีค่าเท่ากับ 240 และ 0.45 ตามลำดับในเซลที่แสดงค่า FC จะมีค่าเท่ากับ 108 (240X0.45) ปรากฏอยู่ การตั้งชื่อ (Named) ตัวแปร, ในเซลต่าง ๆ ทำโดยคำสั่งดังนี้

/E.N.C, ชื่อตัวแปร, ตำแหน่งเซล

ฟังก์ชั่นตรรกที่ใช้เพื่อตรวจสอบสถานะ

เป็นฟังก์ชั่นตรรกที่สร้างเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบสถานะ และความสมเหตุสมผลแต่ละลำดับขั้นตอนการออกแบบ หรือ ผลลัพท์ รูปแบบของคำสั่ง @IF (เงื่อนไข, ผลลัพท์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไข,ผลลัพท์อื่นที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไข)ผลลัพท์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหมายถึงผลลัพท์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเงื่อนไขนั้นเป็นจริงและผลลัพท์ที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขหมายถึงผลลัพท์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเงื่อนไขนั้นเป็นเท็จ ตัวอย่างเช่นในการตรวจสอบสถานะของคานคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องมีการเปรียบเทียบระหว่างโมเมนต์ดัด (Bending Moment,M) ที่กระทำต่อคานกับโมเมนต์ต้าน (Resisting Moment,Mr) ฟังก์ชั่นตรรกที่ใช้เพื่อตรวจสอบจะเป็นดังนี้

@IF(M<=M,"SINGLE REINFORCEMENT", "DOUBLE REINFORCEMENT")

ในการตรวจสอบสถานะและความสมเหตุสมผลของแต่ละขั้นตอนการออกแบบผลลัพท์ที่สอดคล้อง และไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขอาจเป็นความเห็น (Comment) สั้น ๆ ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบนิยมเขียนกำกับในรายการคำนวณ อาทิเช่น "YES", "NO", "OK", "TRY AGAIN", "REASONABLE" เป็นต้น

ฟังก์ชั่นตรรกที่ใช้เพื่อกำหนดทางเลือก

ฟังก์ชั่นตรรกประเภทนี้เหมือนกับฟังก์ชั่นตรรกที่ใช้ตรวจสอบสถานะแต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ผลลัพท์ที่สอดคล้อง และไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขจะให้ค่าเป็นตัวแปร (ตัวเลข) ตัวอย่างเช่นการคำนวณหาแรงเฉือนส่วนที่เกินกว่าความสามารถที่รูปตัดคอนกรีตที่จะสามารถรับได้ (V'=V-Vc)

@IF(V-Vc <=0.0,V-Vc)

ฟังก์ชั่นตรรกที่ใช้เพื่อกำหนดทางเลือกและตรวจสอบสถานะ

ลักษณะการใช้งานและรูปแบบคำสั่งจะเป็นการผสมผสานกัน กล่าวคือผลลัพท์ที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขอาจเป็นตัวแปรหรือเป็นตัวอักษร (character) ตัวอย่างเช่นการเสริมเหล็กปลอกเพื่อรับแรงเฉือนส่วนที่เกินกว่าความสามารถของรูปตัดคอนกรีตจะสามารถรับได้

@IF(V'<0,(n*Av*fv)/v',"NOT REQUIRED")

ฟังก์ชั่นตรรกที่มีหลายเงื่อนไข และทางเลือก

กำหนดให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นจำนวนเงื่อนไขที่จะต้องตรวจสอบ

$Y_1, Y_2, Y_3, \ldots, Y_n$ เป็นผลลัพท์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไข $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ ตามลำดับ

Y_m เป็นผลลัพท์ที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไข $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$

ฟังก์ชั่นตรรกที่ประกอบด้วยหลายเงื่อนไขและผลลัพท์หรือสถานะที่ต้องการทดสอบอาจเขียนได้ดังนี้

(1) การใช้คำสั่ง @IF ซ้อนกันเป็นลำดับขั้น หลาย ๆ ขั้น รูปแบบของคำสั่ง

@IF(X_1, Y_1, @IF(X_2, Y_2, @IF X_3, Y_3, ... @IF (X_n, Y_n, Y_m)))

วิธีการนี้มีข้อเสียเปรียบสองประการคือ คำสั่งจะมีความยาวทำให้ผู้เขียน Worksheet สับสนและผิดพลาดได้และในบางครั้งจำนวน Character ก็มากเกินกว่าที่

จะบรรจุคำสั่งดังกล่าวลงในเซลได้

(2) การใช้ Operation #AND# หรือ #OR# เพื่อเชื่อมเงื่อนไขตั้งแต่สองเงื่อนไขซึ่งมีผลลัพท์สอดคล้องกับเงื่อนไขร่วมกันเท่ากับ หรือ สอดคล้องกับเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งเป็นอย่างน้อย

เช่น กำหนดให้ผลลัพท์ Ymn สอดคล้องกับเงื่อนไข Xm และ Xn

Ym'n' สอดคล้องกับเงื่อนไข Xm หรือ Xn

Ym"n" ไม่สอดคล้องทั้งเงื่อนไข Xm และ Xn

รูปแบบของคำสั่ง

@IF(Xm#AND#Xn, Ymn, (Ym'n' หรือ Ym"n"))

@IF(Xm#OR#Xn, Ym'n', (Ymn หรือ Ym"n"))

ในแต่ละคำสั่ง Operation #AND#, #OR# หรือใช้ทั้ง #AND# และ #OR# ร่วมกันมากว่าหนึ่ง Operation ได้

ฟังก์ชั่นทางสถิติที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบ

ในบางกรณีฟังก์ชั่นทางสถิติที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าสูงสุดและต่ำสุดจะทำให้รูปแบบของคำสั่งสั้นและเข้าใจง่ายกว่าการใช้ฟังก์ชั่นตรรก "@IF" ดังที่กล่าวข้างต้น แต่เพียงอย่างเดียว รูปแบบของคำสั่ง

@MAX(X1, X2, X3,..., Xn)

@MIN(X1, X2, X3,..., Xn)

กำหนด X1, X2, X3,...,Xn เป็นค่าฟังก์ชั่นหรือตัวแปร ตัวอย่างเช่นในการคำนวณหาระยะเรียงของเหล็กปลอก ซึ่งเลือกใช้ค่าต่ำสุดระหว่างค่าที่คำนวณจากผลของแรงเฉือน, ครึ่งหนึ่งของความลึกของหน้าตัดและ 0.30 ม.

@IF(V<=Vc,@MIN(D/2,0.30),@MIN

(2Av*fv /(V-Vc),D/2,0.30)

ฟังก์ชั่นพิเศษ

ฟังก์ชั่นพิเศษที่ใช้ใน Worksheet ที่นำเสนอในบทความนี้เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้สำหรับการค้นหาค่าที่สอดคล้องกับค่าเริ่มต้นจากกลุ่มเซล รูปแบบของคำสั่ง

@HLOOKUP(ค่าเริ่มต้น, กลุ่มเซล, OFFSET)

@VLOOKUP(ค่าเริ่มต้น, กลุ่มเซล, OFFSET)

โดยที่คำสั่ง @HLOOKUP ใช้ค้นหาค่าจากกลุ่มเซลตามแถว และคำสั่ง @VLOOKUP ใช้ค้นหาค่าจากกลุ่มเซลตามคอลัมน์ตัวอย่างเช่นใน Worksheet ออกแบบพื้นสองทางตามวิธีการของมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กฯ ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบสภาพของที่รองรับ (Supports) สัดส่วนระหว่างด้านสั้นต่อด้านยาว (m=A/B) และจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปค้นหาค่าสัมประสิทธิสำหรับโมเมนต์บวกและลบของด้านสั้นและด้านยาว ค่าสัมประสิทธิสำหรับโมเมนต์ดัดของแผ่นพื้นที่มีลักษณะที่รองรับ และสัดส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวแตกต่างกันจะถูกจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าโดยถูกป้อน (Input) เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของ Worksheet การค้นหาค่าสัมประสิทธิที่สอดคล้องกับแผ่นพื้นที่ออกแบบกระทำได้โดยใช้คำสั่ง @HLOOKUP และ @VLOOKUP

ทางเลือกของผลลัพท์

ส่วนผลลัพท์ของ Worksheet ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถที่จะถูกจัดเตรียมให้มีหลายๆ ทางเลือก เพื่อผู้ออกแบบจะเลือกใช้ตามความเหมาะสม ดังเช่น Worksheet สำหรับออกแบบพื้นเสา และฐานรากที่นำเสนอในบทความนี้ ได้แสดงผลลัพธ์อันได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จำนวนและระยะเรียงของเหล็กเสริมให้มีหลายทางเลือกซึ่งผู้ออกแบบสามารถที่จะเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจำนวนและระยะเรียงของเหล็กเสริมที่เหมาะสมกับรูปตัดที่เลือกใช้ได้

การแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพ

บางกรณีการแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพมีประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ถูกป้อน หรือรูปตัดและเหล็กเสริมที่ออกแบบ อย่างไรก็ตามการแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพก็ไม่สามารถที่จะกระทำได้สำหรับทุกๆ Worksheet หรือไม่เกิดประโยชน์ใดที่จะต้องแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพ Worksheet ในบทความนี้ได้ใช้ประโยชน์ของการแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพสำหรับการออกแบบฐานรากและเสา โดยใน Worksheet ออกแบบฐานรากการแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพถูกใช้เพื่อช่วยตรวจสอบพิกัดตำแหน่งของเสา, เสาเข็ม และแสดงตำแหน่งของหน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือนที่เกิดเนื่องจากการดัดและแรงเฉือนเจาะ

ทะลุ ส่วนใน Worksheet ออกแบบเสา การแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพถูกใช้เพื่อสร้าง Interaction Diagram สำหรับรูปตัดและเหล็กเสริมของเสาที่ออกแบบ ตัวอย่าง Worksheet ที่นำเสนอในบทความนี้สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่าง Worksheet ที่นำเสนอในบทความนี้

ตัวอย่างที่	ประโยชน์ใช้งาน	การแสดงผลด้วยรูปภาพ
1	ออกแบบคานคสล.รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า[1] ไม่รับโมเมนต์บิด	ไม่มี
2	ออกแบบพื้นสองทาง[2]	ไม่มี
3	ออกแบบเสาหน้าตัดกลมปลอกเดี่ยว รับโมเมนต์ดัดสองแกน	มี
4	สร้าง Interaction Diagram[3] สำหรับเสา คสล. 6 รูปแบบ	มี
5	ออกแบบฐานราก[4]	มี

เครื่องหมาย ▭ ที่แสดงในตัวอย่าง Worksheet หมายถึงเซลที่จะต้องป้อนข้อมูล และใน Worksheet เซลเหล่านี้จะถูก unprotect ไว้

หมายเหตุ (1) ใช้สำหรับการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design).

(2) ออกแบบโดยใช้วิธีที่ 2 ตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กฯ เอกสารอ้างอิง (1).

(3) ใช้สำหรับออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) โดยออกแบบหน้าตัดสำหรับรับแรงอัดและโมเมนต์ดัดเพียงแกนเดียว.

(4) เหมาะสำหรับฐานรากที่มีเสาเข็มจำนวน 4 ต้นขึ้นไปและมีการจัดเรียงเสาเข็มในลักษณะที่สมมาตรทั้ง 2 แกน และมีรูปร่างของฐานรากเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วน Worksheet สำหรับการออกแบบฐานรากที่มีเสาเข็มจำนวน 2,3 ต้นและฐานรากที่มีเสาเข็มสมมาตรแต่มีรูปร่างของฐานรากเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) นอกเหนือจากรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปวงกลม ได้จัดทำ Worksheet แยกไว้ต่างหาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุป

ข้อได้เปรียบของการประยุกต์ใช้โปรแกรมประเภทสเปรดชีทในงานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

(1) การพัฒนา, สร้างและเขียน Worksheet ภายใต้โปรแกรมสเปรดชีทกระทำได้สะดวกกว่าการเขียนโปรแกรมภายใต้ Tools ภาษาอื่น ๆ เช่น Basic, Fortranฯลฯ เนื่องจากผู้เขียนสามารถจัดรูปแบบและลำดับขั้นตอนของ Worksheet และสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานหรือตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติสัมพัทธ์ (Relative) ของเซลต่าง ๆ ทำให้สามารถที่จะตั้งชื่อ (Name)เคลื่อนย้าย(Move)ซ่อน(Hide)ได้นอกจากนี้ผู้เขียนหรือผู้ใช้ยังสามารถที่จะมองเห็น Worksheet ได้อย่างทั่วถึงโดยเพียงการเคลื่อนย้าย Cursor และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของตรรก (Logic) และสูตร (Formula) ได้ตลอดเวลาแม้แต่ในขั้นตอนย่อย ๆ

(2) การคำนวณและการแสดงผลเป็นไปอย่างรวดเร็ว และ ถูกต้องแม่นยำ ผลลัพท์ (Output) ที่พิมพ์ออกมามีรูปแบบ (Format) เป็นมาตรฐานที่แน่นอนเป็นระเบียบเรียบร้อยง่ายแก่การตรวจสอบและปราศจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจเหมาะสมสำหรับงานเตรียมรายการคำนวณเพื่อยื่นขออนุญาตและการเตรียมรายการคำนวณโครงสร้างซึ่งมีวิศวกรร่วมคำนวณหลายคน และต้องการผลลัพท์ที่เป็นแบบแผนเดียวกัน

(3) มีความยืดหยุ่นที่สามารถจะดัดแปลงและแก้ไข Worksheet ให้เหมาะกับสภาพการใช้งานและตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้เขียน หรือผู้ใช้

(4) สามารถแสดงผลลัพท์เป็นรูปภาพได้ตามความต้องการในบางกรณี เช่น การสร้าง Interaction Diagram สำหรับออกแบบเสาสั้น เป็นต้น

(5) สามารถประยุกต์ใช้ขั้นสูงซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับผู้เขียนหรือผู้ใช้ที่มีความรู้ความชำนาญในการใช้โปรแกรมสเปรดชีทเป็นอย่างดี อาจเพิ่มเติม Worksheet ด้วยคำสั่งมาโคร (Macro Command) และการแปล (Compile) แฟ้มข้อมูล ที่มี File Extension ".WK1" ให้กลายเป็นแฟ้มข้อมูลที่มี File Extension เป็นอย่างอื่นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงานและป้องกันการแก้ไขแฟ้มข้อมูลซึ่งทั้งสองกรณีไม่กล่าวถึงรายละเอียด ณ ที่นี้

ข้อเสนอแนะ

ผู้เขียนคาดหวังว่าบทความนี้ จะเป็นประโยชน์แก่วิศวกรโครงสร้างซึ่งมีพื้นความรู้เกี่ยวกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และโปรแกรมประเภทสเปรดชีทเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา Worksheet สำหรับงานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหรือ อาจรวมถึงการประยุกต์ใช้โปรแกรมประเภทสเปรดชีทในงานวิเคราะห์และออกแบบอื่น ๆ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและคุณภาพของผลงานแล้วยังเป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมประเภทสเปรดชีท และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หนังสืออ้างอิง

1. คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา พ.ศ. 2533-2534. "มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน" ฉบับแก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1.วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย กรุงเทพ, พ.ศ. 2534.

2. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร "คอนกรีตเสริมเหล็ก". พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพ, พ.ศ. 2525.

3. สมศักดิ์ คำปลิว "การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก". พิมพ์ครั้งที่ 4. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพ, พ.ศ. 2530.

ตัวอย่างที่ 10 Worksheet ออกแบบคาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่รับโมเมนต์

RC RECTANGULAR BEAM, SUBJECT TO BENDING & SHEAR, WORKING STRENGTH METHOD

Project	:	Illustrative Problem (Reference No. 2, pp.203-206)			09/04/93
By	:	Sdhabhon BH.			09:29 AM
Beam No.	:		Location	:	

A. PROPERTIES OF MATERIAL

Steel grade ("SD-xx or" SR-xx)	:	SD-30	
Yield strength of steel, fy	:	3,000	ksc
Allowable strength of steel, fs	:	1,500	ksc
Modulus of Elasticity of steel, Es	:	2.04E+06	ksc
Ultimate comp. strength of concrete, f'c	:	145	ksc
Factor	:	0.45	
Allowable strength of concrete, fc	:	65.25	ksc
Modulus of Elasticity of concrete, Ec	:	1.83E+05	ksc

B. DESIGN PARAMETERS

n = Es/Ec	:	11	
k = 1/[1+fs/(n*fc)]	:	0.324	
j = 1 - k/3	:	0.892	
R = fc*j*k/2	:	9.42	ksc

C. LOADING

Maximum bending moment, M	:	300	kg-m
Maximum shear, V	:	660	kg

D. SECTION (w/o checking of deflection)

Case	minimum required depth (m)
1) Simply	0.07
2) One end continuous	0.06
3) Both ends continuous	0.05
4) Cantilever	0.13

b =	0.15	m		
D =	0.30	m		
Type of support (1/2/3/4)	:	1	Ok	
Concrete cover to surface of bar, d'	:	0.03	m	
Span length, L		1.60	m	

E. REINFORCEMENTS & CAPACITY OF SECTION

			Other side	Main bar	
: 1 st. layer	No. of bars, #	:	2	2	
	Diameter, mm	:	16	16	
: 2 nd. layer	No. of bars, #	:			
	Diameter, mm	:			
: Percent, As/Ag		:		0.89	%
Design depth, d		:		0.26	m
Resisting moment, Mr = R*b*d2		:		941	kg-m
Status		:		Single	

F. REINFORCEMENTS

		Required	Provided	Status
As = M/[fs*j*d], sq.cm	:	2.72	4.02	Ok
As' = (M-Mr)/[fs*(d-d')], sq.cm	:	0.00	4.02	Ok
As min = 14/[fy]*[b*D], sq.cm	:	3.65	4.02	Ok

G. SHEAR AND STIRRUP

Use of shear reinforcement, v ≤ 1.32*[f'c]exp	:		Possible		
Vc = 0.29*[f'c]exp0.5*[B*d]	:		1,351	kg	
V' = V-Vc	:		0	kg	
Diameter, mm	:	6	9	12	
fv = 0.50*fy, ksc	:	1,200	1,200	1,500	
Max. permissible spacing, Smax, m	:	0.13	0.13	0.13	

Note : Note : Effects from deep beam are included (d, Mr & Vc).
Remark : [ ] : Input

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 1ข Worksheet ออกแบบคาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่รับโมเมนต์
(รูปแบบในการนำเสนอแตกต่างกัน)

Thesis AUB
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา

<<< PRELIMINARY DESIGN WORKSHEET FOR REINFORCED CONCRETE BEAMS, RECTANGULAR SECTION, SUBJECT TO BENDING AND SHEAR >>>

Project : Illustrative Problem.
By : Sdhabhon BH.

PROPERTIES OF MATERIALS

STEEL GRADE	:	SD-30	["SD-xx or "SR-xx]	
fy	:	3,000	ksc	
fs	:	1,500	ksc	
Es	:	2.0E+06	ksc	
f'c	:	250	ksc	
factor	:	0.45		
fc	:	112.50	ksc	
Ec	:	2.4E+05	ksc	

DESIGN PARAMETERS

n = Es/Ec	:	8	
j = 1 - k/3	:	0.88	
R = fc*j*k/2	:	18.46	ksc

MOMENT AND SHEAR

M starting from	:	500	kg-m
Increasing by	:	250	kg-m
V starting from	:	500	kg
Increasing by	:	250	kg

<<< Reinforcement >>>

CONDITION OF SUPPORTS

Span & depth (w/o checking of deflection)

Type	1st.Support	2nd.Support
1	Discontinuous	Discontinuous
2	Discontinuous	Continuous
3	Continuous	Continuous
4	Cont./Discont.	Cantilever

Support Type : 1 (1/2/3/4)

b : 0.25 m
D : 0.60 m
d': 0.05 m
L : 4.00 m

<<< Stirrup >>>

Beam	M kg-m	V kg	Sup. Type	L m	Dmin m	..	section b m	d m	Cover m	Tensile 1st. #	Dia	2nd. #	Dia.	Compression 1st. #	Dia	2nd. #	Dia	d m	Mr kg-m	Status	As+, sq.cm Needed	Provided..		As-, As-, sq.cm Needed	Provided..		As-min, sq.cm Needed	Provided..		Stirrup ksc	Vc kg	V' kg	Dia., Iv, Spacing (mm, ksc, m) 6	9	12
																																1200	1200	1500
B+...	500	500	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	750	750	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	1,000	1,000	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	1,250	1,250	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	1,500	1,500	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	1,750	1,750	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	2,000	2,000	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	2,250	2,250	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	2,500	2,500	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	2,750	2,750	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26
	3,000	3,000	1	4.00	0.05	OK	0.25	0.60	0.05	5	25	2	16	2	16	4	16	0.52	12,578	Single	18.35	28.56	Ok	0.00	12.06	Ok	24.60	28.56	Ok	Yes	5,985	0	0.26	0.26	0.26

Remark: [ ] : Input

ตัวอย่างที่ 2 Worksheet ออกแบบพื้น คสล. สองทาง

<<< DESIGN OF RC TWO - WAY SLAB, USING EIT. METHOD II (COEFFICIENT METHOD) >>>

Project	:	Illustrative Problem		07/02/93
By	:	Sdhabhon BH.		07:51 AM
Slab No.	:		Floor :	

AVAILABLE DESIGN CASES

Case 1	:	Interior	
Case 2	:	One edge discontinuous	
Case 3	:	Two edges discontinuous	
Case 4	:	Three edges discontinuou	
Case 5	:	Four edges discontinuous	
A. PROPERTIES OF MATERIALS			
Steel grade ("SD-xx or "SR-xx)	:	SR-24	
Yield Strength of steel, fy	:	2,400	ksc
Allowable strength of steel, fs	:	1,200	ksc
Modulus of elasticity of steel, Es	:	2.04E+06	ksc
Ultimate compressive strength of concrete, f'c	:	145	ksc
Factor	:	0.450	
Modulus of elasticity of concrete, Ec	:	1.83E+05	ksc
j	:	0.875	
R	:	10.687	ksc
B. CONFIGURATION			
Design case	:	1	
Short span, A	:	4.50	m
Long span, B	:	5.00	m
m = A/B	:	0.90	
Interior			

C. LOADING (KG/SQ.M)	DL	LL	FL	TL
	288	150	10	448

D. COVERING, THICKNESS AND RESISTING MOMENT			
Covering to primary layer	:	0.020	m
Max. moment, Mmax	:	363	kg-m
Required thickness	:	0.078	m
Minimum thickness (t min = 2*[A+B]/180)	:	0.106	m
Design thickness, t	:	0.120	m
Resisting moment, Mr	:	1,069	kg-m
Status			Ok

E. REINFORCEMENTS

Location	Coeff.	Moment	As	6	9	12	15
Short span		(kg-m)	(sq.cm)	mm @	mm @	mm @	mm @
-M, cont.	0.040	363	3.46	0.082	0.184	0.327	0.511
-M, discont.	0.000	0					
+M	0.030	272	2.59	0.109	0.246	0.436	0.682

Location	Coeff.	Moment	As	6	9	12	15
Long span		(kg-m)	(sq.cm)	mm @	mm @	mm @	mm @
-M, cont.	0.033	299	2.85	0.099	0.223	0.397	0.620
-M, discont.	0.000	0					
+M	0.025	227	2.16	0.131	0.295	0.524	0.818

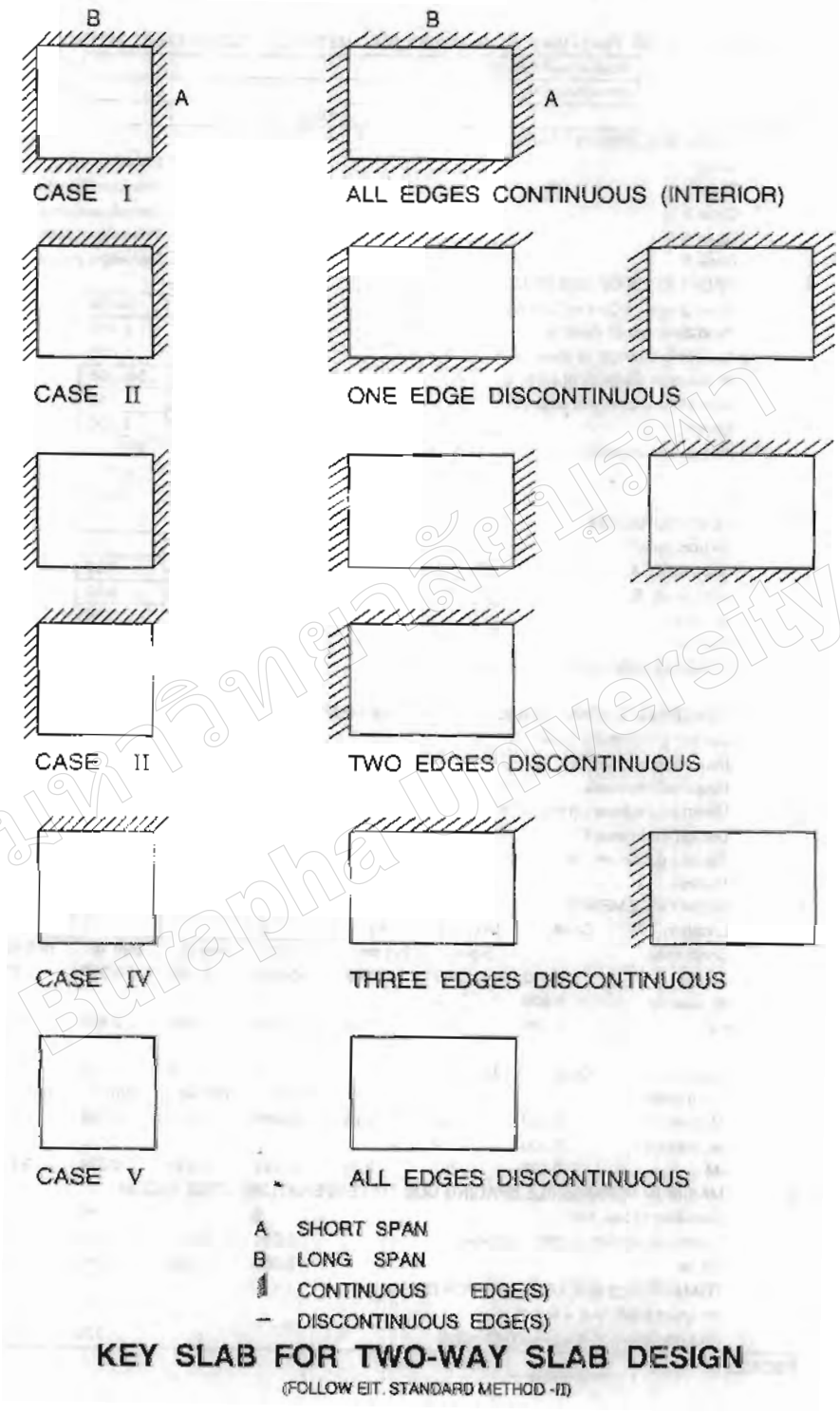
G. MAXIMUM PERMISSIBLE SPACING DUE TO TEMPERATURE STEEL AND 3*t

Diameter of bar, mm	6	9	12	15
S-temp (0.0018/0.0020/0.0025)*b*t, m	0.094	0.212	0.471	0.736
3*t, m	0.360	0.360	0.360	0.360

H. TRANSFERED SHEAR TO SUPPORTS			
On short span, V-A = w*A/3	:	672	kg-m
On Long span, V-B = [w*A/3]*[3-m2]/2	:	736	kg-m

Remark : : Input

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 1 รูปแบบของแผ่นพื้นสองทางตามมาตรฐานวสท. วิธีการออกแบบที่ 2

ตัวอย่างที่ 3 Worksheet ออกแบบเสาหน้าตัดกลมปลอกเดี่ยว รับโมเมนต์ดัดสองแกน

DESIGN OF RC COLUMN, CIRCULAR SECTION WITH SINGLE LOOP, SUBJECT TO BIAXIAL BENDING

Project	:	Illustrative Problem (Reference No. 3, pp. 136-140)	05/03/93
By	:	Sdhanbhon BH.	06:21 PM
Column	:	Floor :	

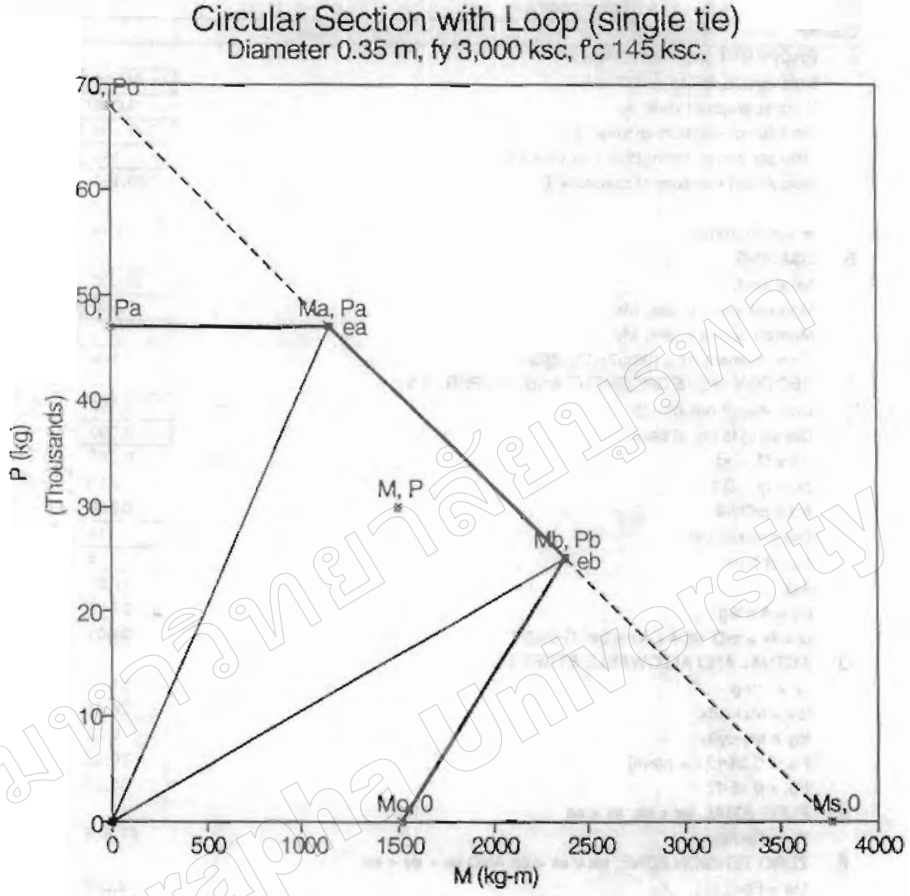
A.	PROPERTIES OF MATERIALS			
	Steel grade, SR-xx or SD-xx	:	SD-30	
	Yield strength of steel, fy	:	3,000	ksc
	Modulus of elasticity of steel, Es	:	2.04E+06	ksc
	Ultimate comp. strength of concrete, f'c	:	145	ksc
	Modulus of elasticity of concrete, Ec	:	183,153	ksc
	n	:	11	
	m = fy/[0.85*f'c]	:	24.34	
B.	LOADING			
	Axial load, P	:	30,000	kg
	Moment about x-axis, Mx	:	1,500	kg-m
	Moment about y-axis, My	:		kg-m
	Total moment, M = [(Mx)2+(My)2]Exp0.5	:	1,500	kg-m
C.	SECTION, REINFORCEMENT AND PROPERTIES			
	Diameter of column, D	:	0.350	m
	Covering to cg. of bars	:	0.030	m
	Ds = D - 2*d'	:	0.247	m
	cx = cy = D/2	:	0.18	m
	Ag = π*D2/4	:	0.096	sq.m
	Diameter of bar	:	19	mm
	No. of bars	:	6	#
	Ast	:	17.01	sq.cm
	pg = Ast/Ag	:	0.018	Ok
	Ix = Iy = π*D^4/64 + Ast*(2*n-1)*Ds2/8	:	0.001	m^4
D.	ACTUAL AND ALLOWABLE STRESS			
	fa = P/Ag	:	31.18	ksc
	fbx = Mx*cx/Ix	:	26.01	ksc
	fby = My*cy/Iy	:	0.00	ksc
	Fa = 0.34*c'[1 + pg*m]	:	70.52	ksc
	Fb = 0.45*f'c	:	65.25	ksc
E.	PURE AXIAL, ex < ea, ey < ea			
	Po = Fa*Ag	:	67,846	kg
F.	ZERO TENSION ZONE, ea < ex < eb AND ea < ey < eb			
	Ms = Fb*(I./c.)	:	3,762	kg-m
	Pa = 0.85*Ag*[0.25*f'c + 0.40*fy*pg]	:	46,997	kg
	ea = Ms*[1/Pa-1/Po]	:	0.025	m
	Ma = Pa*ea	:	1,156	kg-m
G.	BALANCE CONDITION, Mb, Pb			
	eb = 0.43*pg*m*Ds + 0.14*D	:	0.095	m
	Pb = 1/[1/(Fa*Ag) + eb*c/(I*Fb)]	:	25,055	kg
	Mb = Pb*eb	:	2,373	kg-m
H.	PURE BENDING, P = 0			
	Mox = Moy = 0.12*Ast*fy*Ds	:	1,513	kg-m
I.	ECCENTRICITY AND STATUS OF SECTION			
	ex = Mx/P	:	0.050	m
	ey = My/P	:	0.000	m
	Status	:	Compression Control	
	fa/Fa+fbx/Fb+fby/Fb (Compression control)	:	0.84	Ok
J.	LOOP (CIRCULAR TIE)			

Diameter, mm	6	9	12
Max. allowed spacing, m	0.35	0.35	0.35

Remark: [ ] : Input

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 3 Worksheet ออกแบบเสาหน้าตัดกลมปลอกเดี่ยว รับโมเมนต์ดัดสองแกน (ต่อ)



มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตัวอย่างที่ 4 Worksheet สร้าง Uniaxial Interaction Diagram (สำหรับเสา คสล. 5 รูปแบบ)

INTERACTION DIAGRAM FOR RC COLUMNS, SYMMETRICAL SECTION AND REINFORCEMENTS, UNIAXIAL BENDING

Case	:		1		2		3		4		5	
Section	:		Rectangular		Square		Circular		Circular		Square	
Lateral	:		Tie		Tie		Loop		Spiral		Spiral	
b	:	20.00	cm	fy	:	3,000	ksc	Es	:	2.0E+06		ksc
t or D	:	20.00	cm	fs*	:	1,200	ksc	Ec	:	1.8E+05*		ksc
Cover, d"	:	3.00	cm	f'c	:	145	ksc	Case	:	2		

1 st. Title of Interaction Diagram : Square Section with Tie
2 nd. Title of Interaction Diagram : b = 20 cm, t = 20 cm, d"= 3.0 cm, f'c= 145 ksc, fy = 3,000 ksc

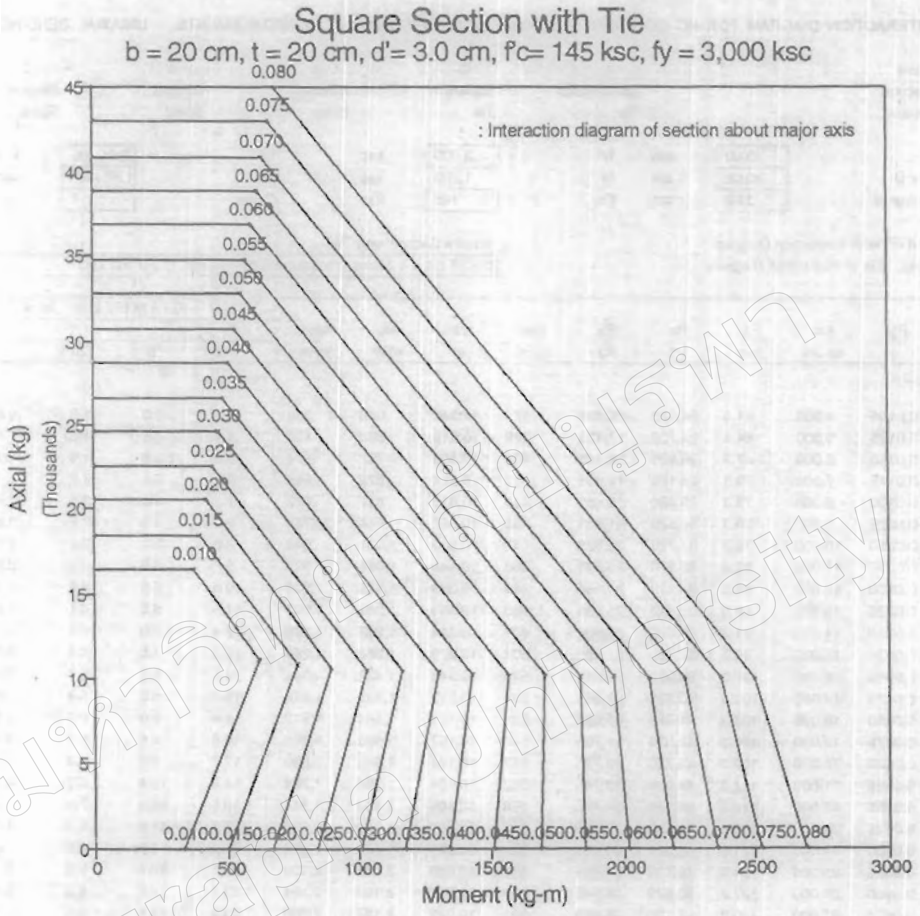
Pg	Ast	Fa	Po	Pa	Ma	Pb	Mb	Mox	BAR DIAMETER, mm			
	sq.cm	ksc	kg	kg	kg-m	kg	kg-m	kg-m	12	16	20	25
0.0100	4.000	61.3	24,520	16,405	377	11,048	626	336	3.5	2.0	1.3	0.8
0.0125	5.000	64.3	25,720	17,425	389	10,918	694	420	4.4	2.5	1.6	1.0
0.0150	6.000	67.3	26,920	18,445	401	10,808	762	504	5.3	3.0	1.9	1.2
0.0175	7.000	70.3	28,120	19,465	412	10,714	829	588	6.2	3.5	2.2	1.4
0.0200	8.000	73.3	29,320	20,485	424	10,633	897	672	7.1	4.0	2.5	1.6
0.0225	9.000	76.3	30,520	21,505	435	10,562	964	756	8.0	4.5	2.9	1.8
0.0250	10.000	79.3	31,720	22,525	447	10,500	1,031	840	8.8	5.0	3.2	2.0
0.0275	11.000	82.3	32,920	23,545	458	10,445	1,098	924	9.7	5.5	3.5	2.2
0.0300	12.000	85.3	34,120	24,565	469	10,396	1,165	1,008	10.6	6.0	3.8	2.4
0.0325	13.000	88.3	35,320	25,585	480	10,353	1,232	1,092	11.5	6.5	4.1	2.6
0.0350	14.000	91.3	36,520	26,605	491	10,314	1,299	1,176	12.4	7.0	4.5	2.9
0.0375	15.000	94.3	37,720	27,625	502	10,278	1,366	1,260	13.3	7.5	4.8	3.1
0.0400	16.000	97.3	38,920	28,645	513	10,246	1,432	1,344	14.1	8.0	5.1	3.3
0.0425	17.000	100.3	40,120	29,665	524	10,217	1,499	1,428	15.0	8.5	5.4	3.5
0.0450	18.000	103.3	41,320	30,685	535	10,191	1,566	1,512	15.9	9.0	5.7	3.7
0.0475	19.000	106.3	42,520	31,705	546	10,167	1,633	1,596	16.8	9.4	6.0	3.9
0.0500	20.000	109.3	43,720	32,725	557	10,144	1,699	1,680	17.7	9.9	6.4	4.1
0.0525	21.000	112.3	44,920	33,745	567	10,124	1,766	1,764	18.6	10.4	6.7	4.3
0.0550	22.000	115.3	46,120	34,765	578	10,105	1,833	1,848	19.5	10.9	7.0	4.5
0.0575	23.000	118.3	47,320	35,785	589	10,087	1,900	1,932	20.3	11.4	7.3	4.7
0.0600	24.000	121.3	48,520	36,805	599	10,071	1,966	2,016	21.2	11.9	7.6	4.9
0.0625	25.000	124.3	49,720	37,825	610	10,056	2,033	2,100	22.1	12.4	8.0	5.1
0.0650	26.000	127.3	50,920	38,845	620	10,042	2,100	2,184	23.0	12.9	8.3	5.3
0.0675	27.000	130.3	52,120	39,865	631	10,029	2,167	2,268	23.9	13.4	8.6	5.5
0.0700	28.000	133.3	53,320	40,885	641	10,017	2,233	2,352	24.8	13.9	8.9	5.7
0.0725	29.000	136.3	54,520	41,905	652	10,005	2,300	2,436	25.6	14.4	9.2	5.9
0.0750	30.000	139.3	55,720	42,925	662	9,994	2,367	2,520	26.5	14.9	9.5	6.1
0.0775	31.000	142.3	56,920	43,945	673	9,984	2,434	2,604	27.4	15.4	9.9	6.3
0.0800	32.000	145.3	58,120	44,965	683	9,974	2,501	2,688	28.3	15.9	10.2	6.5

Diameter of main bars/tie, cm	6	9	10	12	16	20	25	28	32
16*Diameter of main bars, cm				19	26	32	40	45	51
48*Diameter of tie/loop, cm	29	43	48						
Least dimension of column, cm	20								

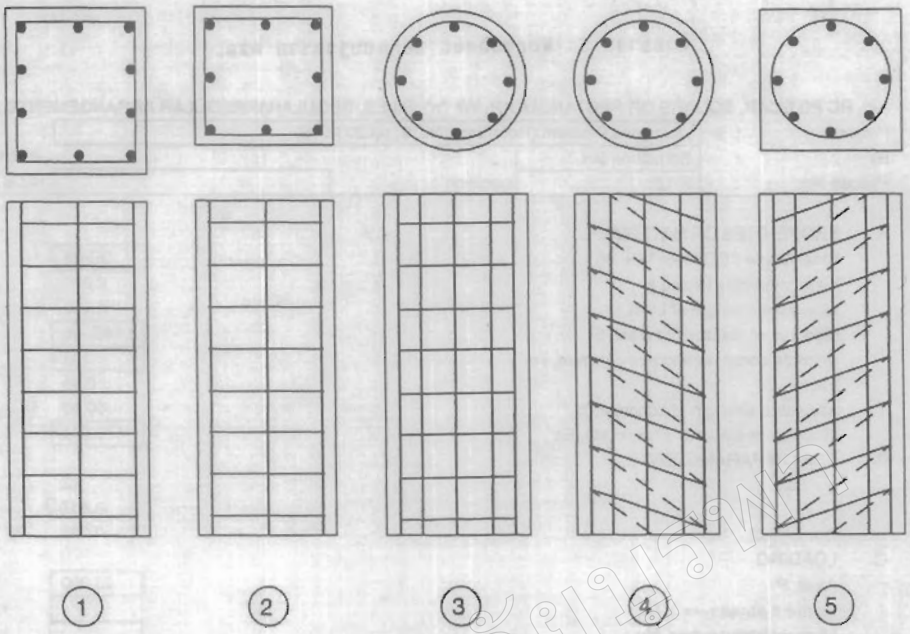
Remark: [ ] : Input

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 4 Worksheet สร้าง Uniaxial Interaction Diagram (ต่อ)
(สำหรับเสา คสล. 5 รูปแบบ)



มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University



VARIOUS TYPE OF COLUMN SECTION

รูปที่ 2 รูปแบบของเสาคสล.ซึ่งสามารถใช้ Worksheet ในตัวอย่างที่ 4 สร้าง Uniaxial Interaction Diagram ได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 5 Worksheet ออกแบบฐานราก คสล.

<< RC PILECAP, SQUARE OR RECTANGULAR, W/ "n" PILES, REGULAR/IRREGULAR ARRANGEMENTS >>

Project	:	Illustrative Problem (Reference No. 2, pp.203-206)			
By	:	Sdhabhon BH.			09/01/93
Pilecap No.	:	F-12	Location	:	10:06 AM

A.	PROPERTIES OF MATERIAL				
	Steel grade ("SD-xx or "SR-xx)	:		SD-28	
	Yield strength of steel, fy	:		2,800	ksc
	Allowable strength of steel, fs	:		1,400	ksc
	Modulus of elasticity of steel, Es	:		2.04E+06	ksc
	Ultimate comp. strength of concrete, f'c	:		133	ksc
	Factor	:		0.45	
	Allowable strength of concrete, fc	:		60.00	ksc
	Modulus of elasticity of concrete, Ec	:		175,624	ksc
B.	DESIGN PARAMETERS				
	n = Es/Ec	:		12	
	j = 1 - k/3	:		0.887	
	R = fc•j•k/2	:		9.034	ksc
C.	LOADING				
	Axial, P			25,000	kg
	Moment about x-axis, Mx.	:			kg-m
	Moment about y-axis, My.	:			kg-m
	Eccentricity along x-axis, ex	:			m
	Eccentricity along y-axis, ey	:			m
	Total moment about x-axis, Mx	:		0	kg-m
	Total moment about y-axis, My	:		0	kg-m
D.	CONFIGURATION OF PILECAP AND COLUMN				
	Diameter of pile	:		0.17	m
	Total depth of pilecap	:		0.30	m
	Cover to cg. of bars	:		0.05	m
	Design depth	:		0.25	m
	Dimension of column // y-axis, a	:		0.30	m
	Dimension of column // y-axis, c	:		0.20	m
	Capacity of pile, Psafe	:		2,500	kg/ea
	No. of piles needed	:		10.8	ea
	No. of piles used	:		12	ea
	No. of Row(s)	:		4	#
	No. of column(s)	:		3	#
			Minimum	Used	
	Spacing of row(s)	:	0.50	0.50	m
	Spacing of column(s)	:	0.50	0.50	m
	Short side (width), x	:	1.33	1.40	m
	Long side (depth), y	:	1.83	1.90	m
	Total load, include pilecap	:		26,915	kg

E. PILES ARRANGEMENT

No.	Co-ordinate, m x	y	dx2 sq.m	dy2 sq.m	Mx kg-m	My kg-m	Effective Pile(s) #	Flexural shear, kg P'x	P'y	Punching P'.. kg
11	-0.50	0.75	0.25	0.56	1,346			2,500	2,500	2,500
12	0.00	0.75	0	0.56	1,346			2,500	0	2,500
13	0.50	0.75	0.25	0.56	1,346	897	1	2,500	2,500	2,500
21	-0.50	0.25	0.25	0.06	224			0	2,500	2,500
22	0.00	0.25	0	0.06	224			0	0	1,042
23	0.50	0.25	0.25	0.06	224	897	1	0	2,500	2,500

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 5 Worksheet ออกแบบฐานราก คสล. (ต่อ)

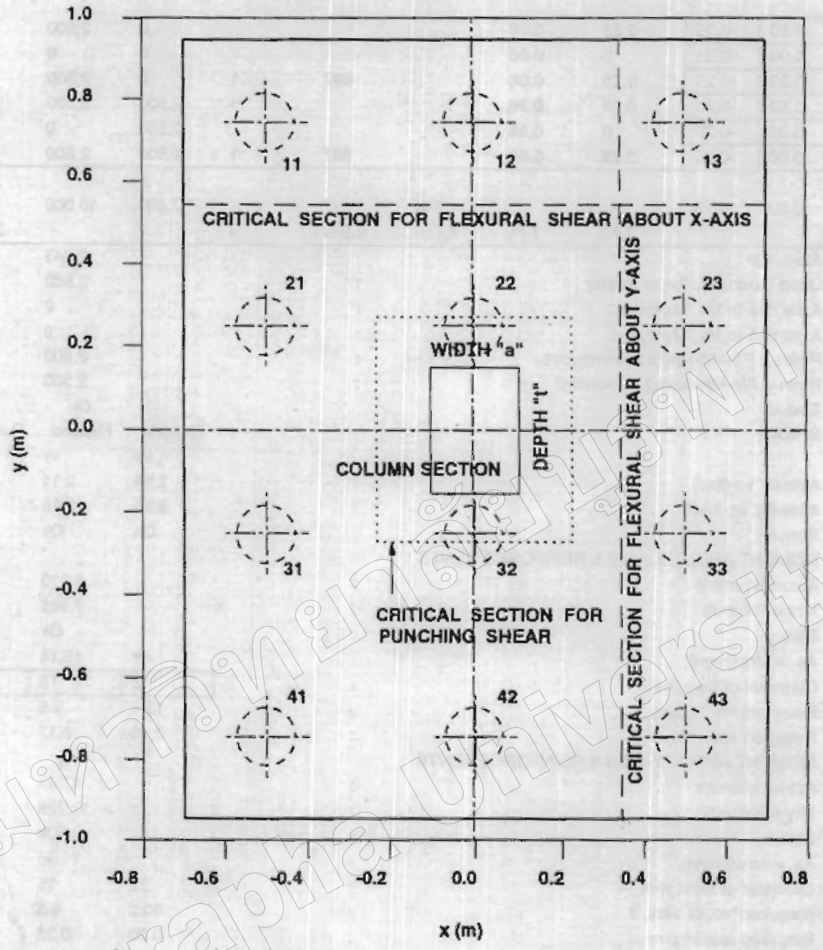
31	-0.50	-0.25	0.25	0.06				0	2,500	2,500
32	0.00	-0.25	0	0.06				0	0	1,042
33	0.50	-0.25	0.25	0.06		897	1	0	2,500	2,500
41	-0.50	-0.75	0.25	0.56				2,500	2,500	2,500
42	0.00	-0.75	0	0.56				2,500	0	2,500
43	0.50	-0.75	0.25	0.56		897	1	2,500	2,500	2,500
Max.	0.50	0.75			1,346	897		7,500	10,000	
Total			2.00	3.75	4,710	3,589	4			27,083

	Axial, P/n	:		2,243	kg
	Used (normally, P/n or Psafe)	:		2,500	kg
	Axial due to Mx, Mx*dx/dx2	:		0	kg
	Axial due to My, My*dy/dy2	:		0	kg
	Pmax = P/n+Mx*dx/dx2+My*dy/dy2	:		2,500	kg
	Pmin = P/n-Mx*dx/dx2-My*dy/dy2	:		2,500	kg
	Status			Ok	
F.	SHEAR		Flexural	Flexural	Punching
			vx	vy	
	Actual, v.. (ksc)	:	2.14	2.11	5.42
	Allowed, vc (ksc)	:	3.35	3.35	6.12
	Status	:	Ok	Ok	Ok
G.	MOMENT ABOUT X-AXIS & REINFORCEMENTS				
	Actual Moment	:		4,710	kg-m
	Mrx = R*bx*d2	:		7,905	kg-m
	Status	:		Ok	
	As = Mrx/[fs*j*d]	:		15.18	sq.cm
	Diameter of bars, mm	:	12	15	19
	Required No. of bars, #	:	13.4	8.6	5.4
	Required spacing, m	:	0.10	0.17	0.30
H.	MOMENT ABOUT Y-AXIS & REINFORCEMENTS				
	Actual Moment	:		3,589	kg-m
	Mry = R*by*d2	:		10,728	kg-m
	Status	:		Ok	
	As = Mry/[fs*j*d]	:		11.56	sq.cm
	Diameter of bars, mm	:	12	15	19
	Required No. of bars, #	:	10.2	6.5	4.1
	Required spacing, m	:	0.20	0.32	0.58
I.	BONDING				Deformed
	Diameter of bars, mm	:	12	15	19
	Bonding stress, u (ksc)	:	31.08	24.86	19.63
	Perimeter //X = V/[u*j*d], cm	:	19.53	24.41	30.92
	Required No. of bars, #	:	5.18	5.18	5.18
	Required spacing, m	:	0.31	0.31	0.31
	Perimeter //Y = V/[u*j*d], cm	:	13.02	16.28	20.62
	Required No. of bars, #	:	3.45	3.45	3.45
	Required spacing, m	:	0.53	0.53	0.53
J.	TEMPERATURE STEEL, [0.0018/0.0020/0.0025]*b*t				
	Diameter of bars, mm	:	12	15	19
	Required No. of Bars along x-axis, #	:	2.5	1.6	1.0
	Required spacing, m	:	0.52	0.81	1.29
	Required No. of Bars along y-axis, #	:	1.9	1.2	0.7
	Required spacing, m	:	0.97	1.51	2.43

Remark: [ ] : Input

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างที่ 5 Worksheet ออกแบบฐานราก คสล. (ต่อ)



PILE AND FOOTING ARRANGEMENT

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University