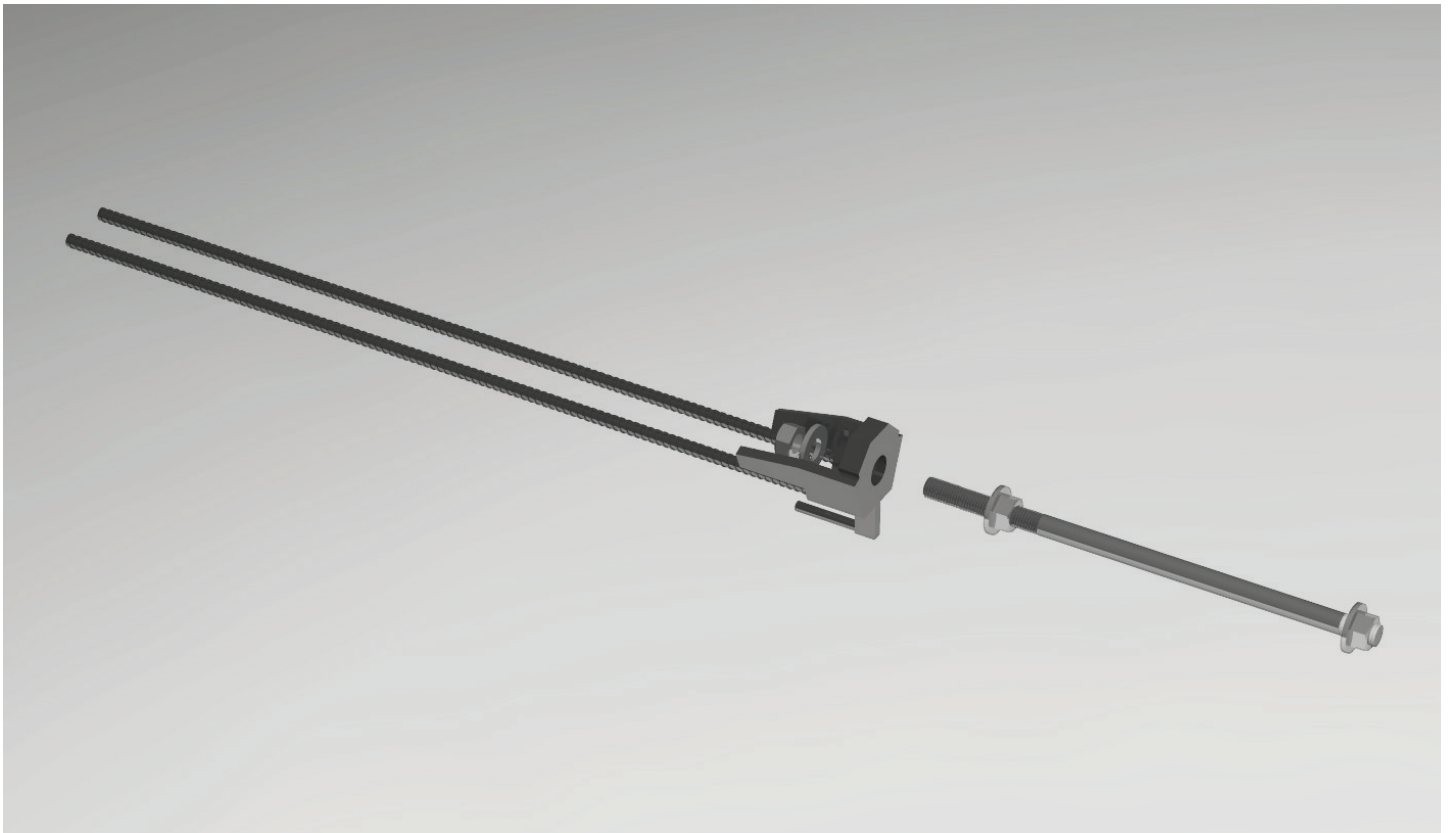


HFCS (COLUMN SHOE) TECHNICAL MANUAL

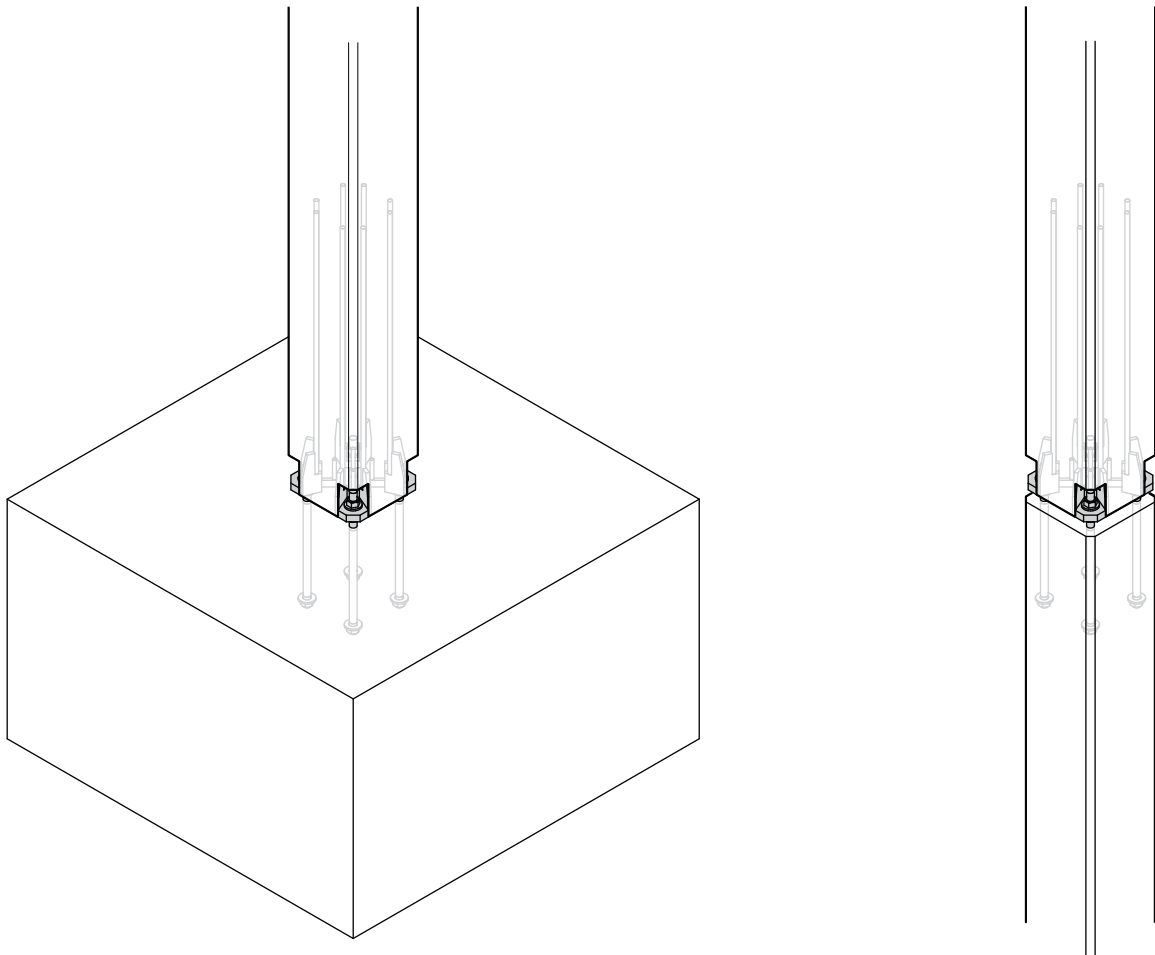
ข้อมูลผลิตภัณฑ์
จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS



0. CONTENTS

1. ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์	01
(PRODUCT DESCRIPTION)	
1.1 จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS	
1.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS	
2. ขนาดและข้อมูลจำเพาะของ HFCS COLUMN SHOE	04
(DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS)	
2.1 วัสดุ (Materials)	
2.2 มิติของจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS	
2.3 อุปกรณ์ฝังยึด (Anchor bolt)	
2.4 การจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ (Arrangement in the column)	
2.5 ขนาดเสาขั้นต่ำ (Minimum column size)	
3. เหล็กเสริมเพิ่มเติม	11
(SUPPLEMENTARY REINFORCEMENT)	
3.1 เหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติมบริเวณจุดต่อ	
3.2 การเสริมเหล็กบริเวณสมอสลักเกลียว (Anchor bolt)	
4. การติดตั้ง (INSTALLING HFCS COLUMN SHOE)	18
4.1 การติดตั้งในแบบหล่อ (Installing HFCS column shoe into formwork)	
4.2 การติดตั้งที่หน้างาน (Installing HFCS column shoe on site)	
หมายเหตุเกี่ยวกับเอกสารนี้	26

1. ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์ (PRODUCT DESCRIPTION)



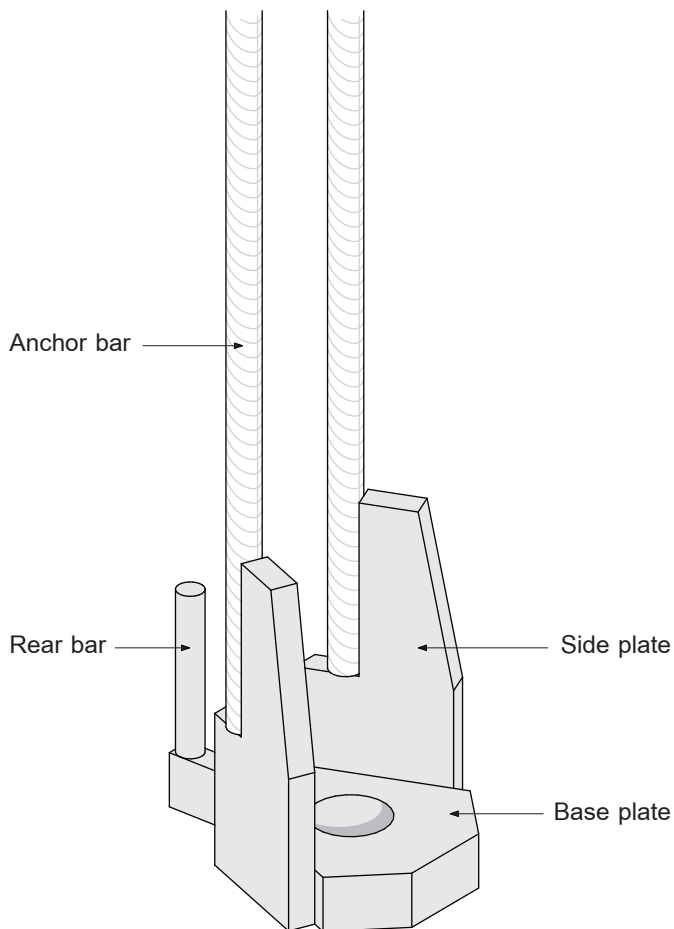
รูปที่ 1.1 การนำระบบจุดต่อ HFCS ไปใช้งาน

1.1 จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS

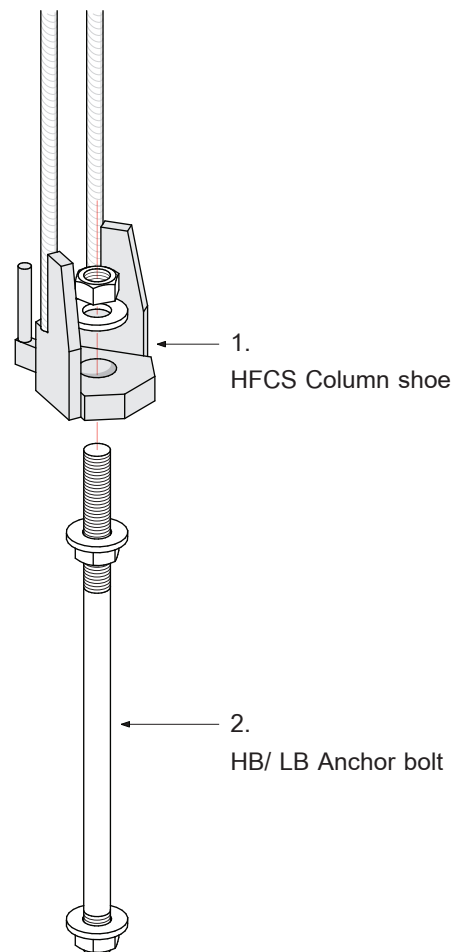
จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS เป็นจุดต่อระหว่างเสาคอนกรีตสำเร็จรูปกับฐานราก หรือระหว่างเสาคอนกรีตสำเร็จรูปกับเสาคอนกรีตสำเร็จรูป ติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว ไม่มีการค้ำยันเสาระหว่างการติดตั้ง ไม่มีการเชื่อมหน้างาน

จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ผลิตจากเหล็กหล่อเหนียวสำหรับโครงสร้าง (structural grade) หล่อเป็นเนื้อเดียวกันทั้งชิ้น ไม่มีรอยต่อ จึงมั่นใจในความแข็งแรง

จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ทำหน้าที่ถ่ายแรงจากเสาไปสู่ฐานราก ประกอบด้วย แรงอัด แรงเฉือน และแรงดัด ทั้งในขั้นตอนการติดตั้ง (construction stage) และขั้นตอนการรับแรงขั้นสุดท้าย (final stage) โดยจุดต่อถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอในการถ่ายแรงจากเสาไปยังฐานราก



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของจุดต่อ HFCS



รูปที่ 1.3 ระบบจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS

1.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS

จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ประกอบด้วย

1. HFCS Column shoe (ตาราง 2.1)
2. HB...(ตาราง 2.2)/ LB... Anchor bolts (ตาราง 2.3)



ภาพแสดงการติดตั้งจุดต่อ HFCS

1

PRODUCT DESCRIPTION

2

DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS

3

SUPPLEMENTARY REINFORCEMENT

4

INSTALLING HFCS COLUMN SHOE

2. ขนาดและข้อมูลจำเพาะของจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS (DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS)



รูปที่ 2.1 การให้สัญลักษณ์

2.1 วัสดุ

Column shoe:

เหล็กหล่อเหนียว (cast steel) ขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวกันทั้งชิ้นงาน

เหล็กเส้น (All rebar):

Grade SD40

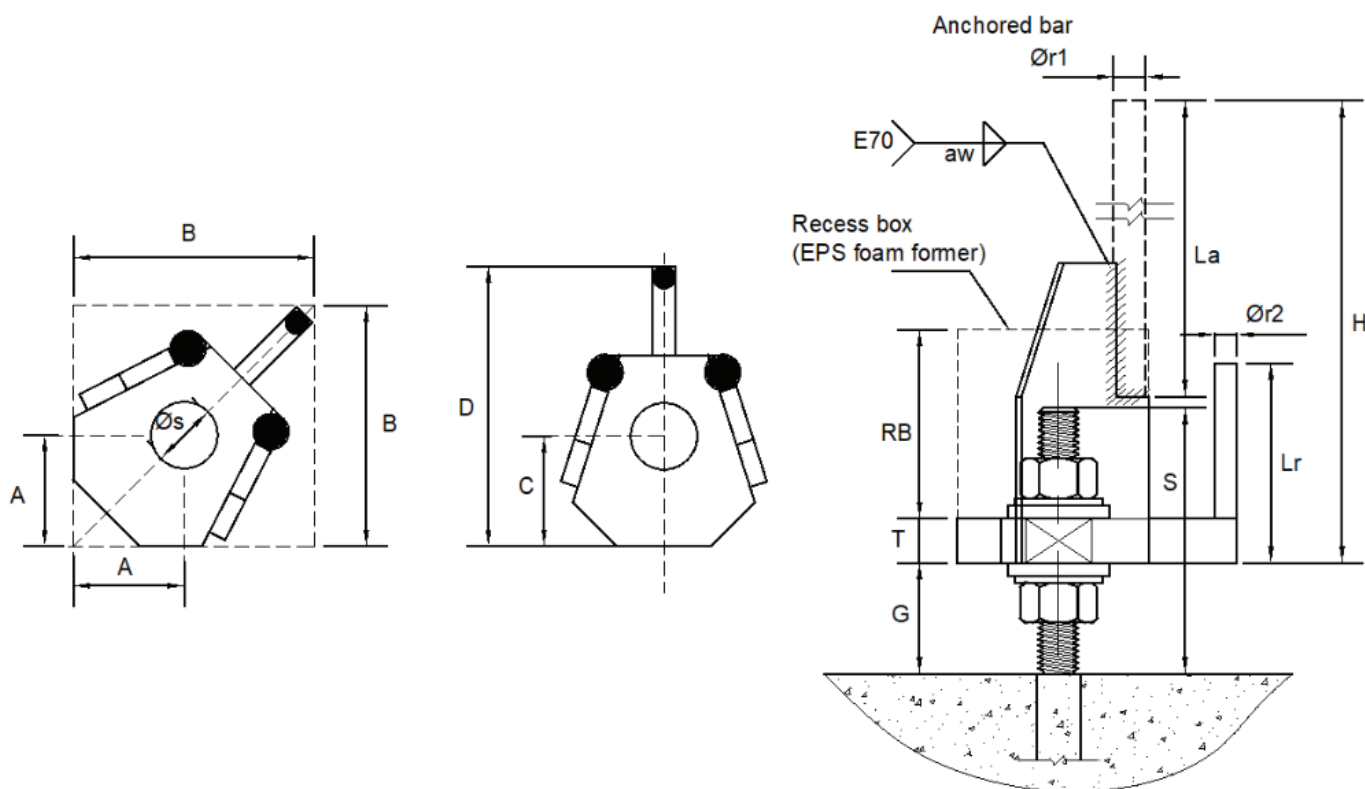
การเคลือบผิว (Surface Treatment):

ไม่มีการเคลือบผิวจากโรงงาน (หากต้องการเคลือบผิว กรุณาติดต่อ Hybrid Frame ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม)

การให้สัญลักษณ์ (Markings):

มีการให้สัญลักษณ์ที่ฐาน (Base plate) ดังรูปที่ 2.1

2.2 มิติของจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS



ตาราง 2.1

Type	A	B	C	D	ϕ_s	G	T	RB	S	Lr	La	H	ϕ_1	ϕ_2	aw
HFCS16	50	97	50	111	27±1	50	15	85	110±10	65	650	720	2-DB12	10	4
HFCS20	50	108	50	126	29±1	50	20	95	120±10	90	860	935	2-DB16	10	6
HFCS24	50	118	50	139	34±1	50	25	105	140±10	100	980	1050	2-DB16	12	6
HFCS30	50	145	50	176	39±1	50	35	120	170±10	125	1180	1275	2-DB20	16	6

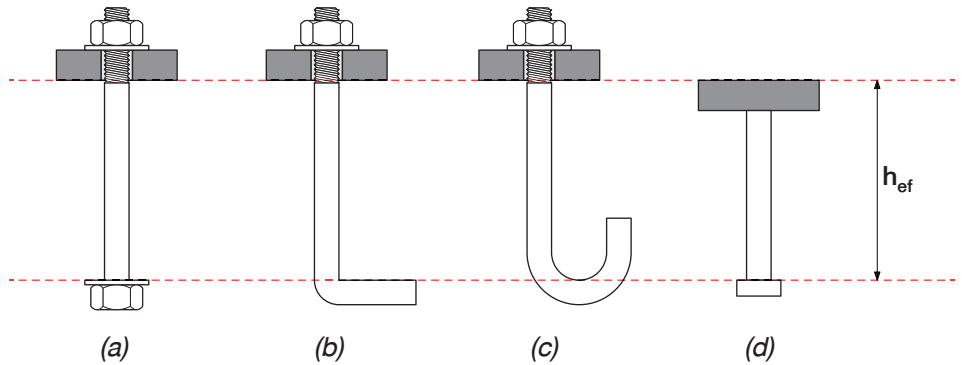
Note

- มิติที่แสดงในตารางมีหน่วย mm.
- DB = Grade SD40

2.3 สมอสลักเกลียว (Anchor bolt)

สมอสลักเกลียว (Anchor bolt) เป็นจุดต่อที่ทำหน้าที่ยึดจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS เข้ากับฐานโครงสร้างที่มั่นคง (Base structure) เช่น ฐานราก หรือเสาตอม่อ โดยทำหน้าที่ถ่ายแรงจากเสา ไปยังฐานโครงสร้าง สมอสลักเกลียว (Anchor bolt) HB... และ LB... ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Hybrid frame ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ร่วมกับจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS โดยเฉพาะทำให้การถ่ายแรงเป็นไปตามมาตรฐานของ Hybrid Frame

ตามมาตรฐาน ACI ความลึกประสิทธิภาพ h_{ef} (effective embedment depth) ให้วัดจากผิวบนของหน้าตัดดึงด้วยแรงดึง (failure surface in tension) ไปจนถึงหน้าสัมผัสแบกทาน (bearing contact) ดังรูปที่ 2.2

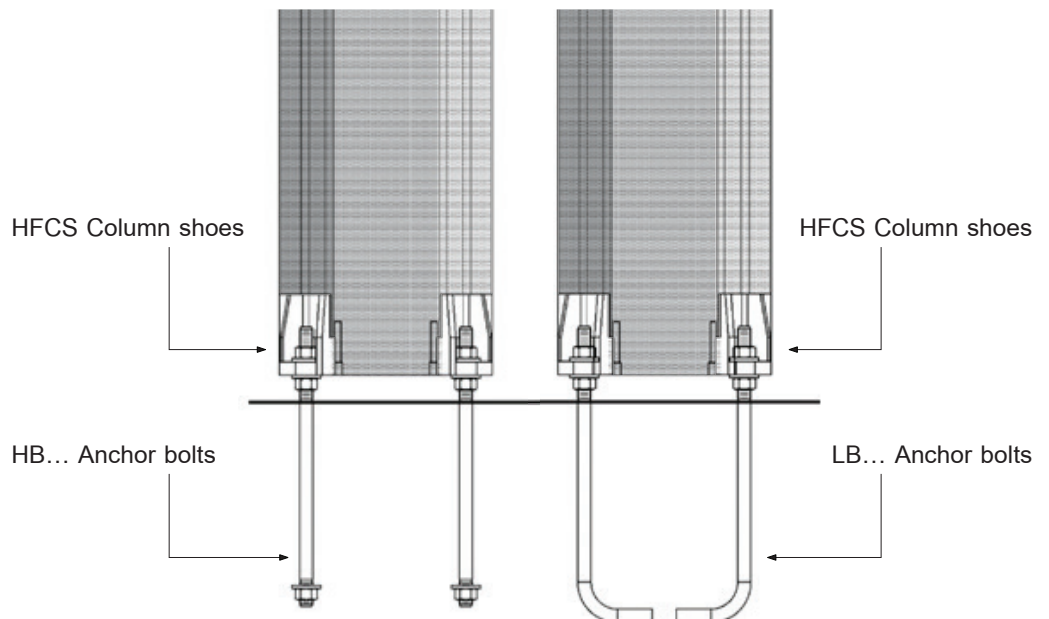


(A) Cast-in anchor: (a) hex head bolt with washer; (b) L-bolt; (c) J-bolt; and (d) welded headed stud.

รูปที่ 2.2 สมอสลักเกลียว (Anchor bolts) แบบต่างๆ

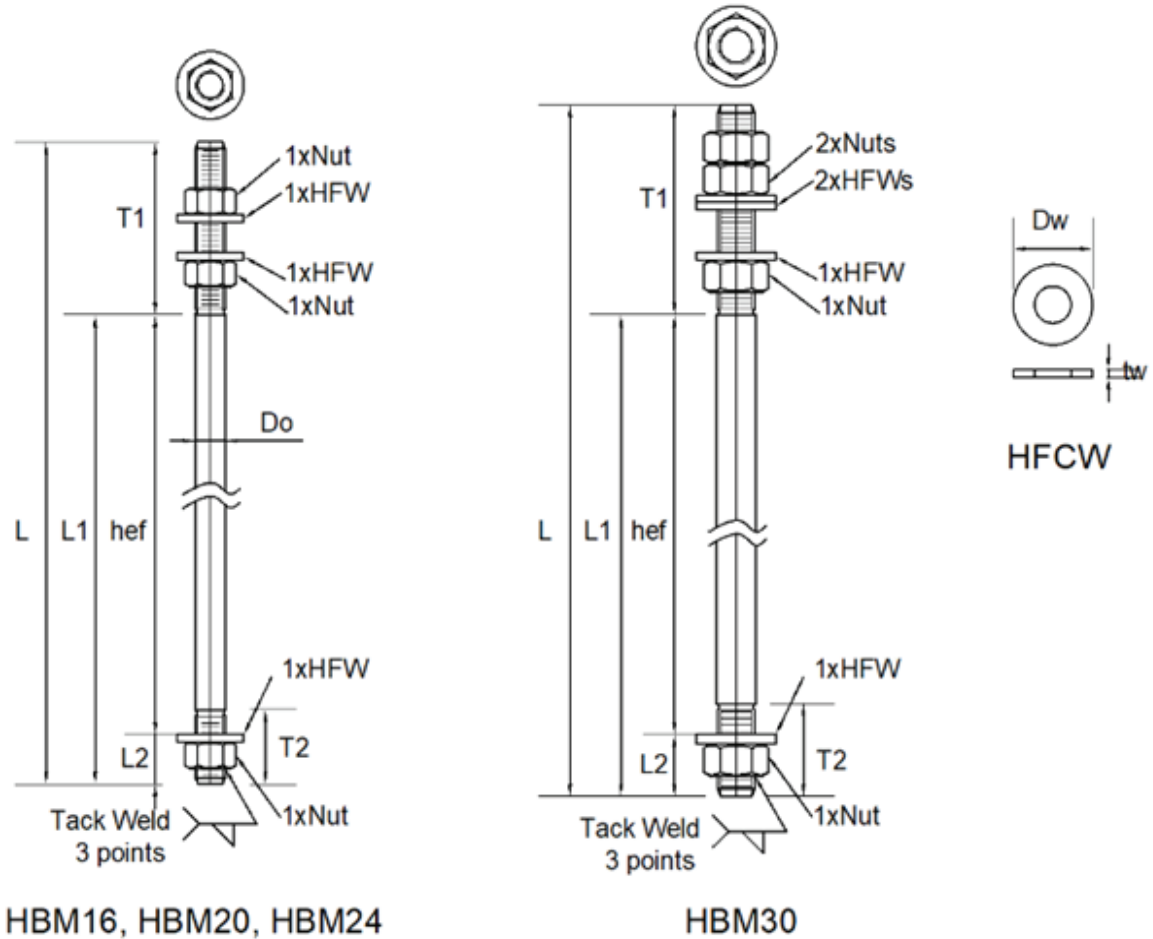
ASCE Anchor Bolts Report ได้แนะนำความลึกประสิทธิภาพ h_{ef} ควรมีค่ามากประมาณ 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของ Anchor bolt ($12D_o$)

จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ใช้ได้กับสมอสลักเกลียว (Anchor bolt) HB... และ LB... ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การใช้จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ร่วมกับสมอสลักเกลียว

2.3.1 มิติของ Headed bolts (HB bolts)



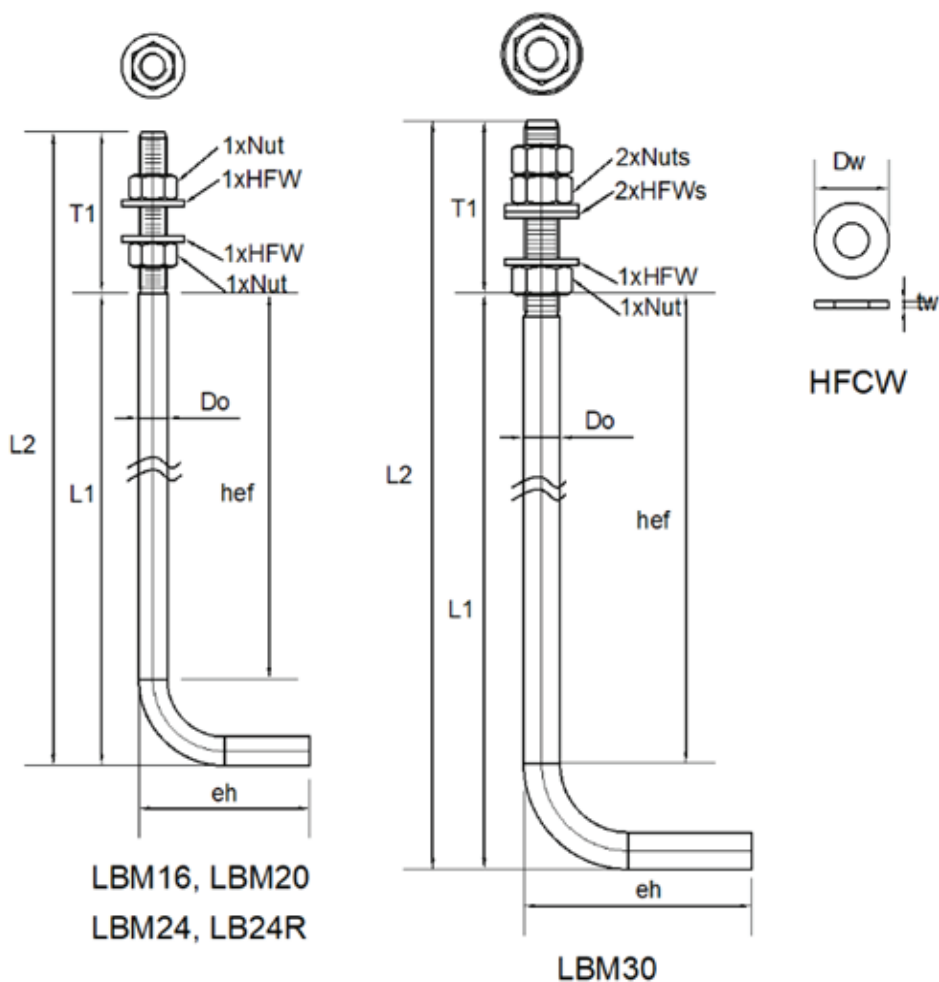
ตาราง 2.2

Type	Do	Thread T1	Thread T2	L1	L2	hef	L	Dw	tw	n of Nut	n of Washer	Bolt Grade	Nut Grade
HBM16	16	110	35	245	30	215	355	38	6	3xNuts	3xHFW16	S45C, SCM440	8.8
HBM20	20	120	40	310	35	275	430	46	6	3xNuts	3xHFW20	S45C, SCM440	8.8
HBM24	24	140	50	380	40	340	520	55	6	3xNuts	3xHFW24	S45C, SCM440	8.8
HBM30	30	170	60	470	50	420	620	65	6	4xNuts	4xHFW30	S45C, SCM440	8.8

Note

- มิติที่แสดงในตารางมีหน่วย mm.
- หากต้องการ bolt เกรดอื่น กรุณาติดต่อ Hybrid Frame

2.3.2 มิติของ L-bolts (LB bolts)



ตาราง 2.3

Type	Do	Thread T1	L1	L2	hef	eh	Dw	tw	n of Nut	n of Washer	Bolt Grade	Nut Grade
LBM16	16	110	290	400	244	100	38	6	2xNuts	2xHFW16	S45C, SCM440	8.8
LBM20	20	120	330	450	270	150	46	6	2xNuts	2xHFW20	S45C, SCM440	8.8
LBM24	24	140	410	550	360	150	55	6	2xNuts	2xHFW24	S45C, SCM440	8.8
LBM24R	DB25	140	410	550	360	150	55	6	2xNuts	2xHFW24	SD40, SD50	8.8
LBM30	30	170	500	650	408	200	65	6	3xNuts	3xHFW30	S45C, SCM440	8.8

Note

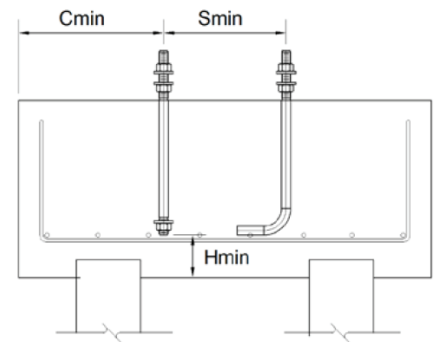
- มิติที่แสดงในตารางมีหน่วย mm.
- หากต้องการ bolt เกรดอื่น กรุณาติดต่อ Hybrid Frame

2.3.3 มิติขั้นต่ำของการวางสมอสลักเกลียว (Anchor bolt)

ในกรณีที่ฝังสมอสลักเกลียว (Anchor bolt) HBM... และ LBM... จะต้องทำการตรวจสอบความลึกของฐานรากว่ามีความลึกเพียงพอหรือไม่ ต่อไปนี้เป็นมิติขั้นต่ำสำหรับการจัดวางสมอสลักเกลียว

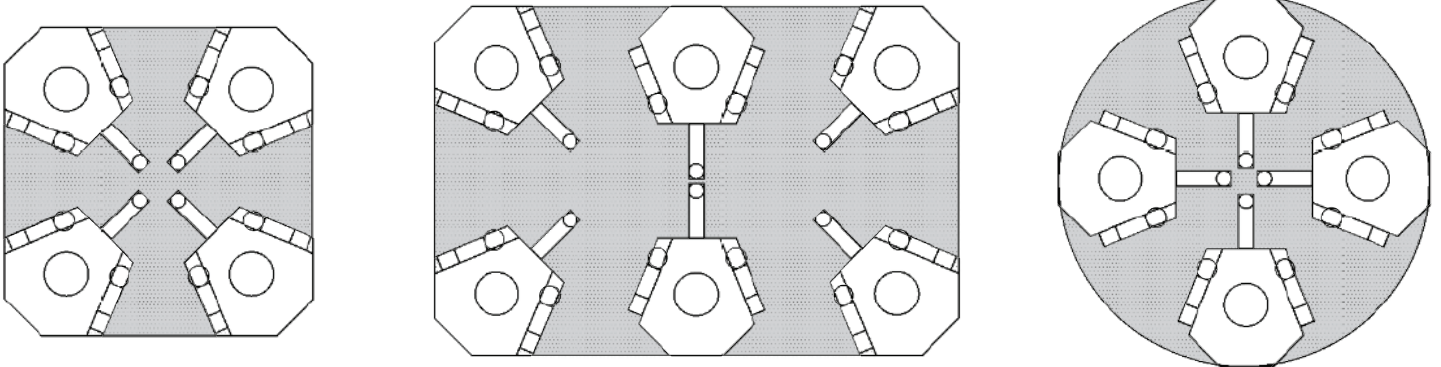
ตาราง 2.4

Type	Cmim [mm]	Smim [mm]	Hmin [mm]
HBM16 / LBM16	50	80	100
HBM20 / LBM20	75	100	100
HBM24 / LBM24	75	100	100
HBM30 / LBM30	100	130	100



รูปที่ 2.4 มิติขั้นต่ำสำหรับสมอฝังยึด

2.4 การจัดเรียงจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ในรูปแบบต่างๆ (Arrangement in the column)



รูปที่ 2.5 การจัดเรียงจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS ในรูปแบบต่างๆ

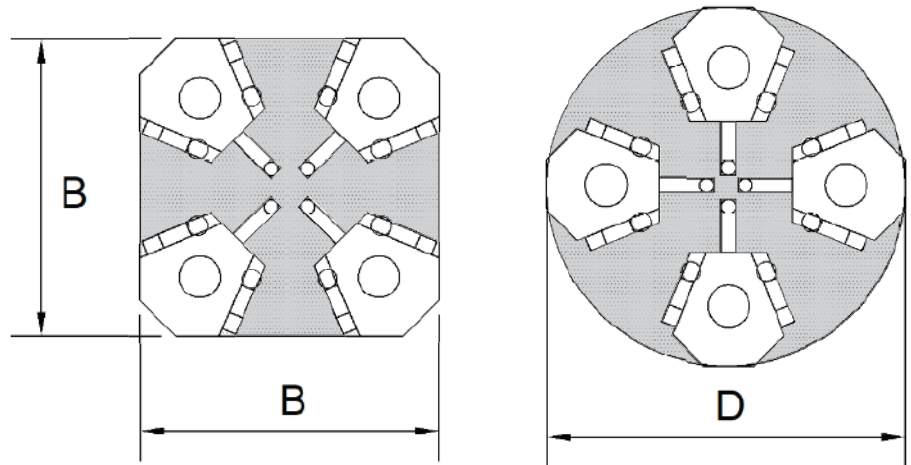
จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS นั้นสามารถนำมาจัดเรียงในเสาได้หลากหลายรูปแบบทั้งเสาสี่เหลี่ยมและเสากลม

2.5 ขนาดเสาขั้นต่ำ (Minimum column size)

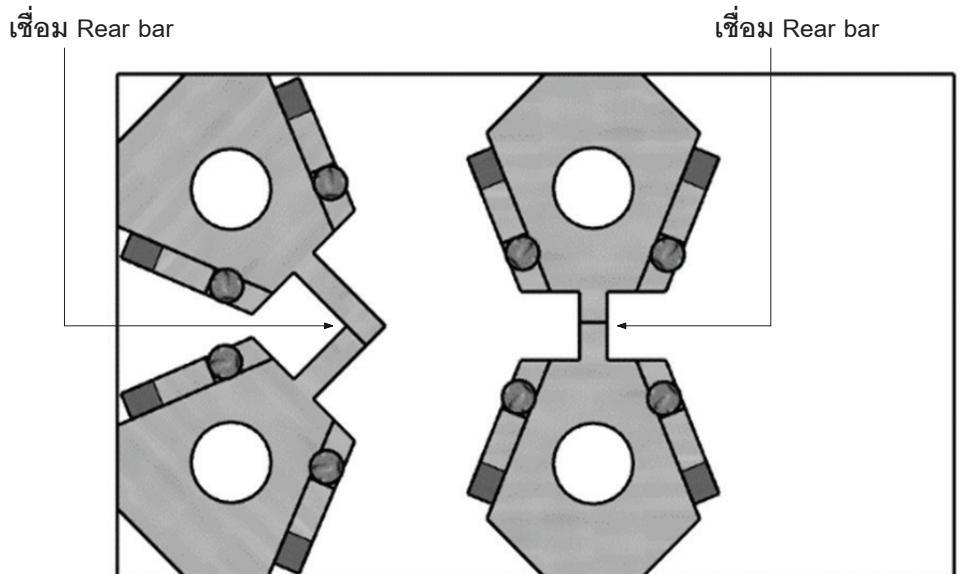
ตาราง 2.5

Type	B	D
HFCS16	200	250
HFCS20	220	280
HFCS24	250	300
HFCS30	300	380

ตาราง 2.5 เป็นขนาดเสาขั้นต่ำสำหรับชิ้นส่วนมาตรฐาน (standard part)



ในกรณีที่เสามีขนาดเล็กกว่าค่าในตาราง 2.5 การตัดและเชื่อม Rear bar เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การตัดและเชื่อม Rear bar

3. เหล็กเสริมเพิ่มเติม (SUPPLEMENTARY REINFORCEMENT)

3.1 เหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติมบริเวณจุดต่อ

ตาราง 3.1 เป็นตัวอย่างเหล็กเสริมเพิ่มเติมแนะนำ เหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติมนั้นทำให้บริเวณจุดต่อ (connection zone) มีความเหนียวและแข็งแรง โดยเหล็กเสริมแต่ละชนิดมีหน้าที่ดังนี้

As1, As4 : เป็นเหล็กเสริมที่ใช้ด้านทานแรงเฉือนทั้งในขณะติดตั้ง (erection stage) และการรับแรงขั้นสุดท้าย (final stage) ในกรณีที่ Rear bar วางชิดกันสามารถใช้การเชื่อมแทนการเสริมเหล็กได้

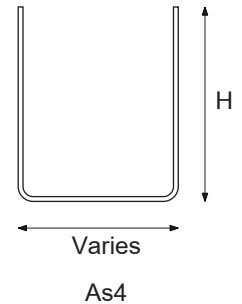
As2 : เป็นเหล็กปลอกเสาที่ใช้ยึด column - shoe จะต้องเสริมที่โคนเสาชิดกับ column shoe ช่วยรับแรงแนวนอนที่อาจเกิดจากการเอียงศูนย์ของแรงในเสา

As3 : เป็นเหล็กปลอกที่เสริมตั้งฉากกับเหล็กแกนเสา (transverse reinforcement) บริเวณที่มีการทาบเหล็ก (lap zone) เพื่อช่วยถ่ายแรงที่เกิดจากการทาบเหล็กแกนเสากับเหล็ก anchor bar ของ column shoe เนื่องจากเหล็กทั้งสองมีการทาบแบบไม่สัมผัสกัน ตามมาตรฐาน EN 1992-1-1, Section 8.7 แนะนำให้เสริมที่ระยะห่างไม่เกิน 150mm ที่ระยะ $L_s/3$ ที่โคนเสา และ $L_s/3$ ที่ปลายของ anchor bar เพื่อให้ง่ายต่อการเสริมเหล็กในที่นี้จะเสริมเหล็กให้เท่ากันตลอดความยาวระยะทาบ (lap zone)

Ls : เป็นระยะทาบเหล็ก เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. หรือ ACI

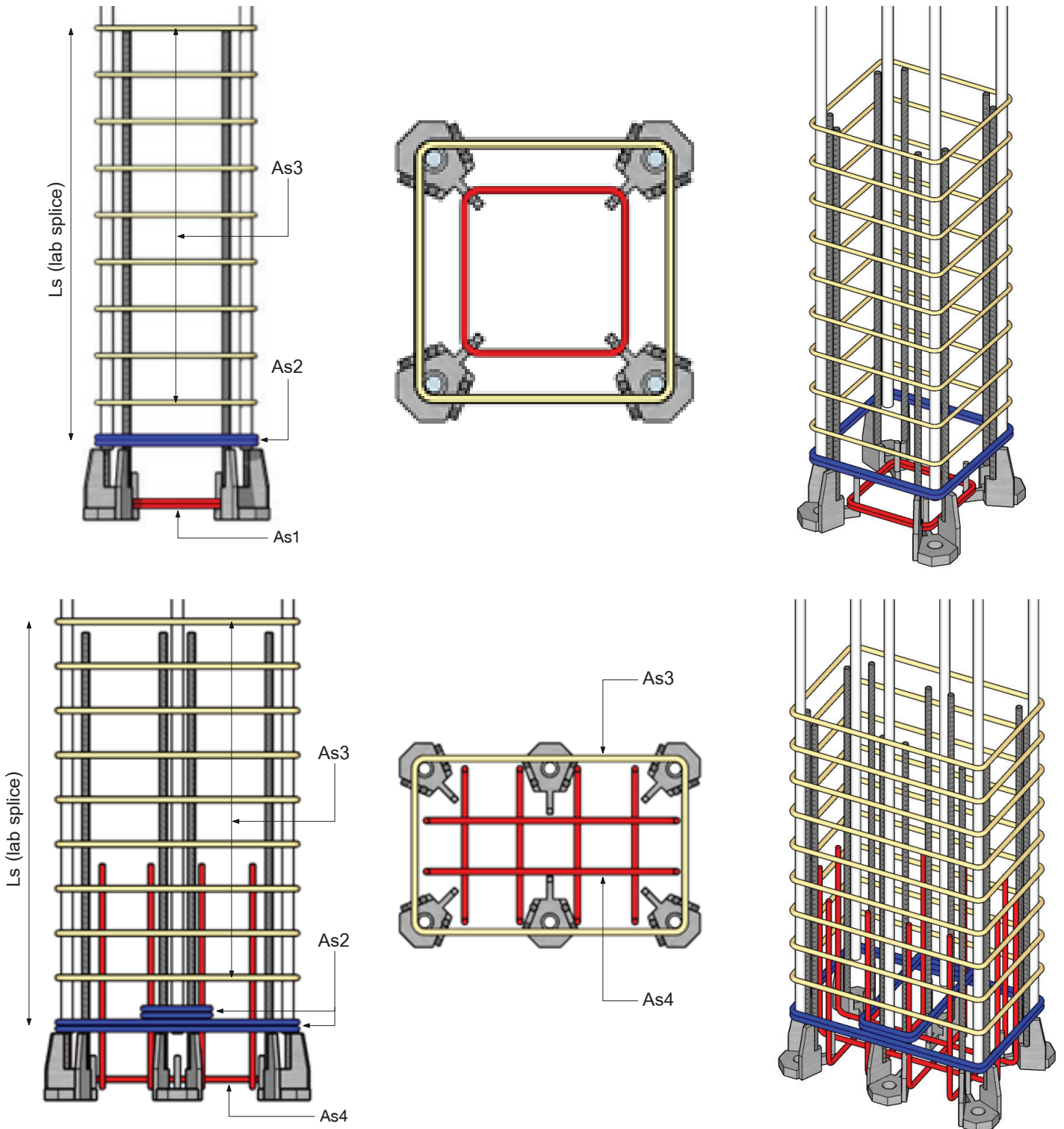
ตาราง 3.1

Type	As1	As2	As3	As4	Ls
HFCS16	1-RB9	2-RB9	ST-@100	n x RB9, H=400	600
HFCS20	2-RB9	2-RB9	ST-@100	n x RB9, H=400	800
HFCS24	2-RB9	2-DB12	ST-@100	n x RB9, H=400	900
HFCS30	1-DB12	3-DB12	ST-@100	n x DB12, H=500	1100



Note

1. RB= Grade SR24, DB = Grade SD40
2. ST = ขนาดเหล็กปลอกตามแบบขยายเสา
3. ปริมาณ n ใน As4 ขึ้นอยู่กับปริมาณ column shoe โดยทั่วไปจะมีประมาณ เท่ากับจำนวน column shoe



รูปที่ 3.1 แบบแสดงเหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติม

3.2 การเสริมเหล็กบริเวณสมอสลักเกลียว (Anchor bolt)

การวางสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ลงไปที่โครงสร้างที่ (base structure) เช่น ฐานราก หรือเสาตอม่อ จะต้องมีการเสริมเหล็กพิเศษเพิ่มเติมเพื่อให้จุดต่อมีความมั่นคงแข็งแรง โดยทำได้ 2 วิธี วิธีแรกได้จากการคำนวณโดยตรงจากวิศวกรออกแบบ วิธีที่ 2 หากไม่มีรายการคำนวณสามารถเลือกเสริมเหล็กได้จากตารางแนะนำของ Hybrid frame โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งมีรูปแบบการเสริมเหล็กในรูปแบบต่างๆ แนะนำดังต่อไปนี้

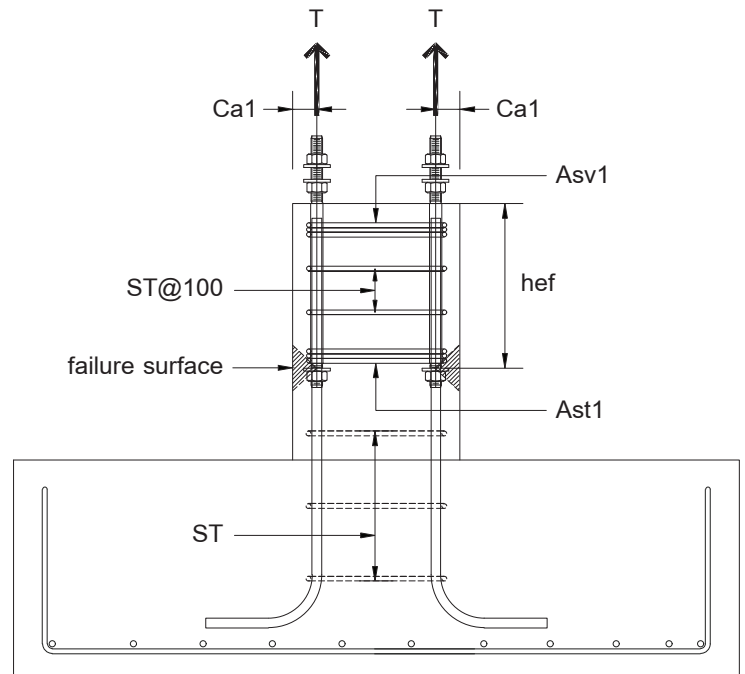
3.2.1 เหล็กเสริมกรณีวางสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ในเสาตอม่อ

ACI แนะนำว่า กรณีระยะขอบ $Ca1 < 0.4hef$ จะมีโอกาสเกิดการแตกร้าวแบบ side-face blowout กรณีนี้จะต้องเสริมเหล็ก Ast1 (blow-out stirrups) ตามตาราง 3.2 โดย ST เป็นขนาดเหล็กปลอกตามแบบขยายเสา

เหล็ก Asv1 เป็นเหล็กเสริมเพื่อด้านทานแรงเฉือนที่ฐานเสา หากมีแรงเฉือนน้อยหรือไม่มีแรงเฉือน ให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรในการลดเหล็กเสริมดังกล่าว

ตาราง 3.2

Type	Ast1	Asv1
HBM16 / LBM16	2-RB9 (SR24)	2-RB9 (SR24)
HBM20 / LBM20	4-RB9 (SR24)	4-RB9 (SR24)
HBM24 / LBM24	2-DB12 (SD40)	2-DB12 (SD40)
HBM30 / LBM30	3-DB12 (SD40)	3-DB12 (SD40)



รูปที่ 3.2 การเสริมเหล็กเพิ่มเติมในเสาตอม่อ

3.2.2 เหล็กเสริมกรณีวางสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ในฐานราก

การวางสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ในฐานรากนั้นมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสมอสลักเกลียวและความหนาของฐานราก ต่อไปนี้เป็นตำแหน่งของสมอสลักเกลียวในรูปแบบต่างๆ และเหล็กเสริมเพิ่มเติมแนะนำเนื่องจากการวิบัติของสมอสลักเกลียวนั้นขึ้นอยู่กับแรงที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์โครงสร้างของอาคารนั้นๆ และรูปแบบการวิบัติมีหลายรูปแบบ (failure mode) การเสริมเหล็กที่แนะนำโดย Hybrid frame นั้นให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรผู้ออกแบบในการเลือกเหล็กเสริมให้เหมาะสมเท่าที่จำเป็น

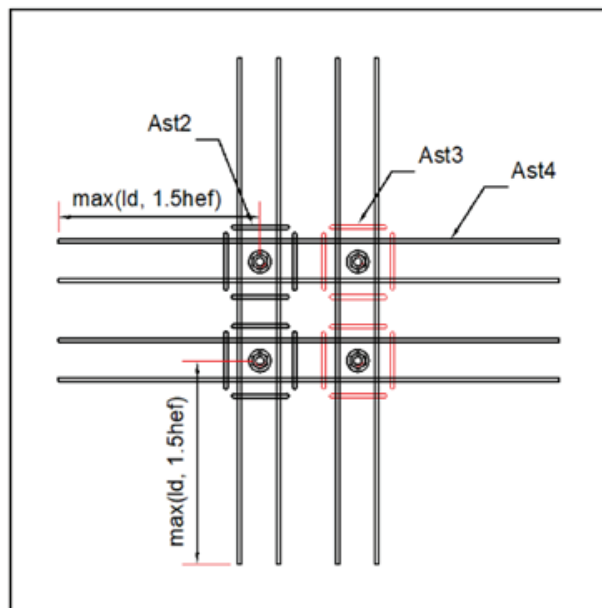
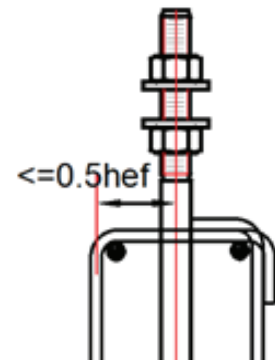
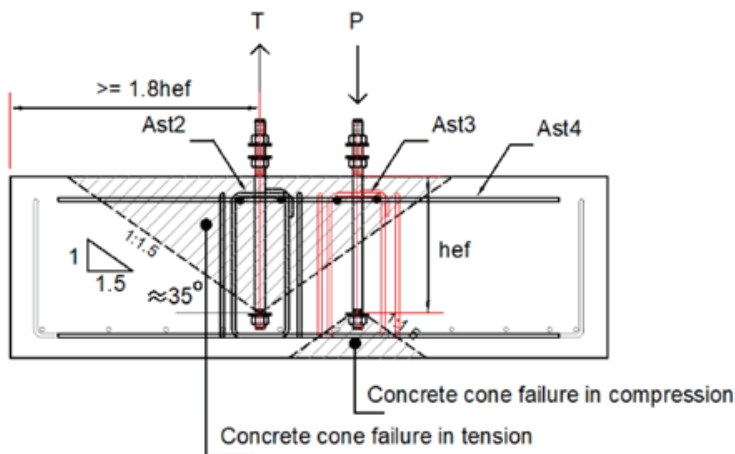
3.2.2.1 กรณีสมอสลักเกลียวห่างจากขอบ $\geq 1.8h_{ef}$

กรณีสมอสลักเกลียวห่างจากขอบ $\geq 1.8h_{ef}$ การวิบัติแบบกรวยด้วยแรงดึง (concrete cone failure in tension) จะยังไม่ถึงขอบฐานราก เพราะรัศมีการวิบัติมีค่าประมาณ $1.5h_{ef}$ การเสริมเหล็กจึงพิจารณาจากแรงดึงหรือแรงอัดที่เกิดขึ้นกับสมอสลักเกลียว ทาง Hybrid Frame ได้แนะนำเหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติมดังนี้

Ast2 : เป็นเหล็กเสริมที่ใช้รับแรงดึง (tension) จากสมอสลักเกลียว (anchor bolt) โดยจะเสริมรอบๆ สมอสลักเกลียวในแต่ละตัวแบบสมมาตร หากฐานรากต้นให้เสริมเป็นเหล็กปลอกดังรูป 3.3 หากฐานรากลึกเพียงพอให้เสริมเหล็กแบบ U-bar ดังรูป 3.4 โดยมีระยะฝังยึด l_d (development length) ไม่น้อยกว่ามาตรฐาน

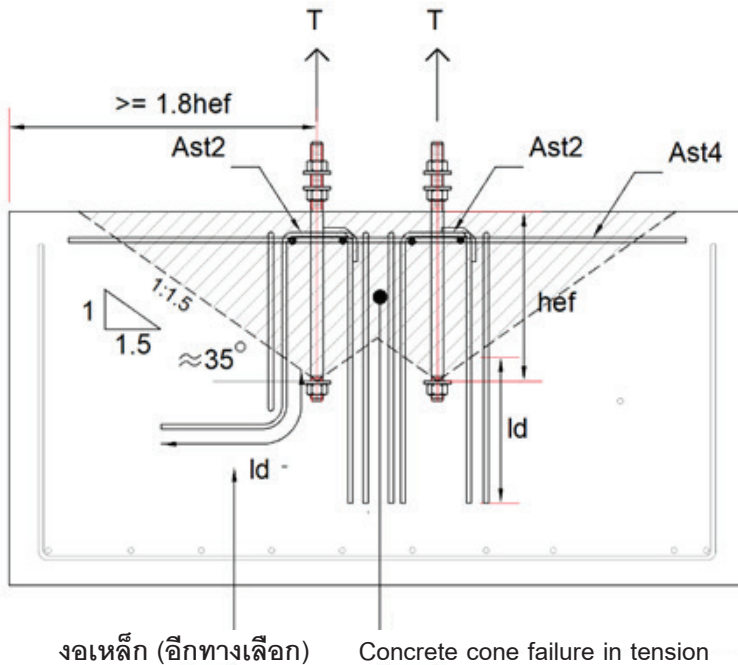
Ast3 : เป็นเหล็กเสริมต้านทานแรงอัด (compression) จากสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ในกรณีฐานรากนั้นต้น โดยระยะฐานรากด้านล่างขั้นต่ำเป็นไปตามตาราง 2.4 เหล็กเสริม Ast3 สามารถใช้ร่วมกับ Ast2 ได้ โดยเลือกใช้ค่าที่มากที่สุด

Ast4 : เป็นเหล็กเสริมที่ผิวบนของฐานราก (top surface reinforcement) ในกรณีนี้เป็นเหล็กที่ช่วยประคองเหล็ก Ast2 และ Ast3



รูปที่ 3.3 การเสริมเหล็กเพิ่มเติมกรณีฐานรากต้น

การเสริมเหล็กกรณีฐานรากเล็ก ให้เสริมเหล็กพิเศษเพิ่มเติมแบบ U-bar โดยมีขาลังจากแนววิบัติไม่น้อยกว่า l_d (development length)



รูปที่ 3.4 การเสริมเหล็กเพิ่มเติมกรณีฐานรากเล็ก

ตาราง 3.3

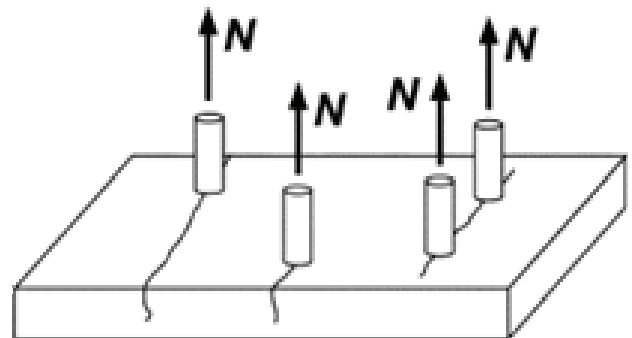
Type	Ast2, Ast3 (per bolt)	Ast4
HBM16 / LBM16	4-RB9 (SR24)	$n \times DB12(SD40)$
HBM20 / LBM20	4-RB9 (SR24)	$n \times DB12(SD40)$
HBM24 / LBM24	4-DB12 (SD40)	$n \times DB12(SD40)$
HBM30 / LBM30	4-DB12 (SD40)	$n \times DB12(SD40)$

Note

จำนวนเหล็กเสริม n สำหรับ Ast4 เกิดจากการจัดเหล็กตามจำนวนสมอสลักเกลียว (anchor bolts) ดังรูป 3.3

3.2.2.2 กรณีสมอสลักเกลียววางห่างจากขอบ $< 1.8h_{ef}$

ในกรณีที่สมอสลักเกลียววางห่างจากขอบ $< 1.8h_{ef}$ หากเกิดแรงดึงในสมอสลักเกลียวจะเกิดการวิบัติในรูปแบบผ่าซีก (concrete splitting) ดังรูป 3.5 จะเห็นว่าแนวแตกร้ากระจายมาที่ขอบฐานรากดังนั้นจะต้องเสริมเหล็กที่ขอบฐานรากด้วย



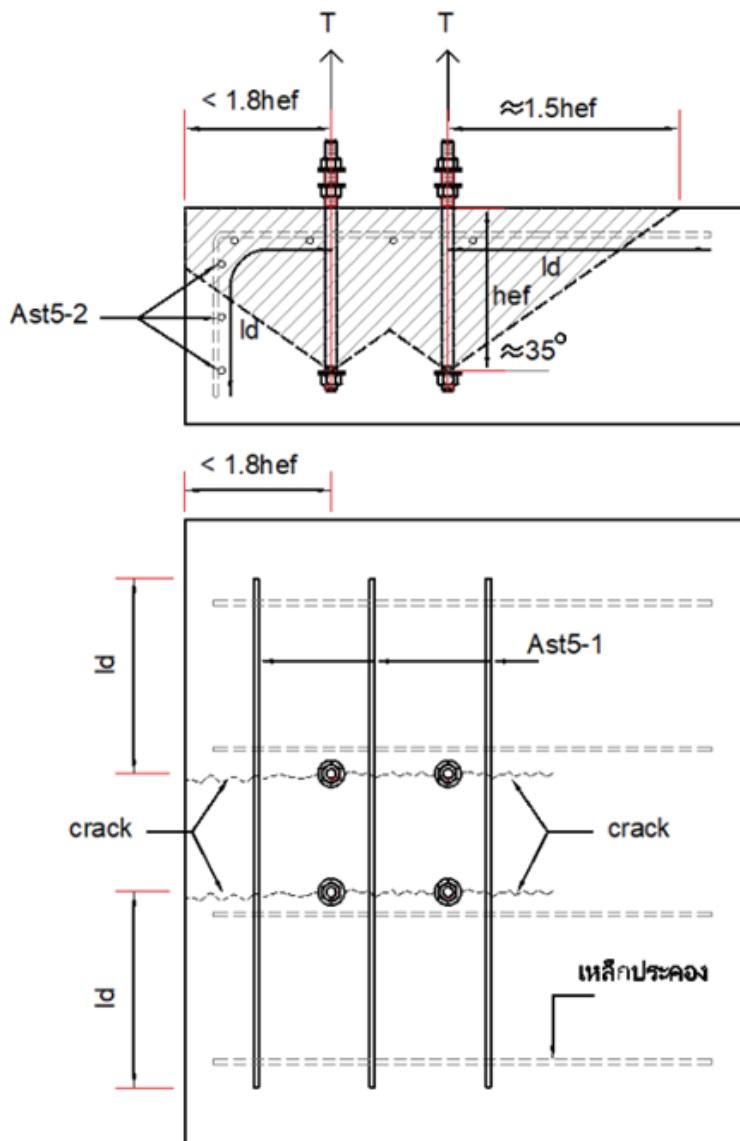
(v) Concrete splitting

รูปที่ 3.5 การวิบัติในรูปแบบผ่าซีก (concrete splitting)

ตาราง 3.4 แสดงเหล็กเสริมเพิ่มเติม Ast5-1 และ Ast5-2 เพื่อด้านทานการวิบัติในรูปแบบผ่าซีก (concrete splitting) ต่อสมอสลักเกลียวหนึ่งอัน โดยจะเสริมที่ผิวบนของฐานรากและขอบฐานราก

ตาราง 3.4

Type	Ast5-1 + Ast5-2 (area per bolt)	Ast5-1 + Ast5-2 (selected reinf. per bolt)
HBM16 / LBM16	1.20 cm ² (SR24)	2-RB9 (SR24)
HBM20 / LBM20	1.90 cm ² (SR24)	2-RB9 (SR24)
HBM24 / LBM24	2.80 cm ² (SR24) หรือ 1.80 cm ² (SD40)	3-RB9 (SR24) หรือ 2-DB12 (SD40)
HBM30 / LBM30	2.60 cm ² (SD40)	2-DB12 (SD40)



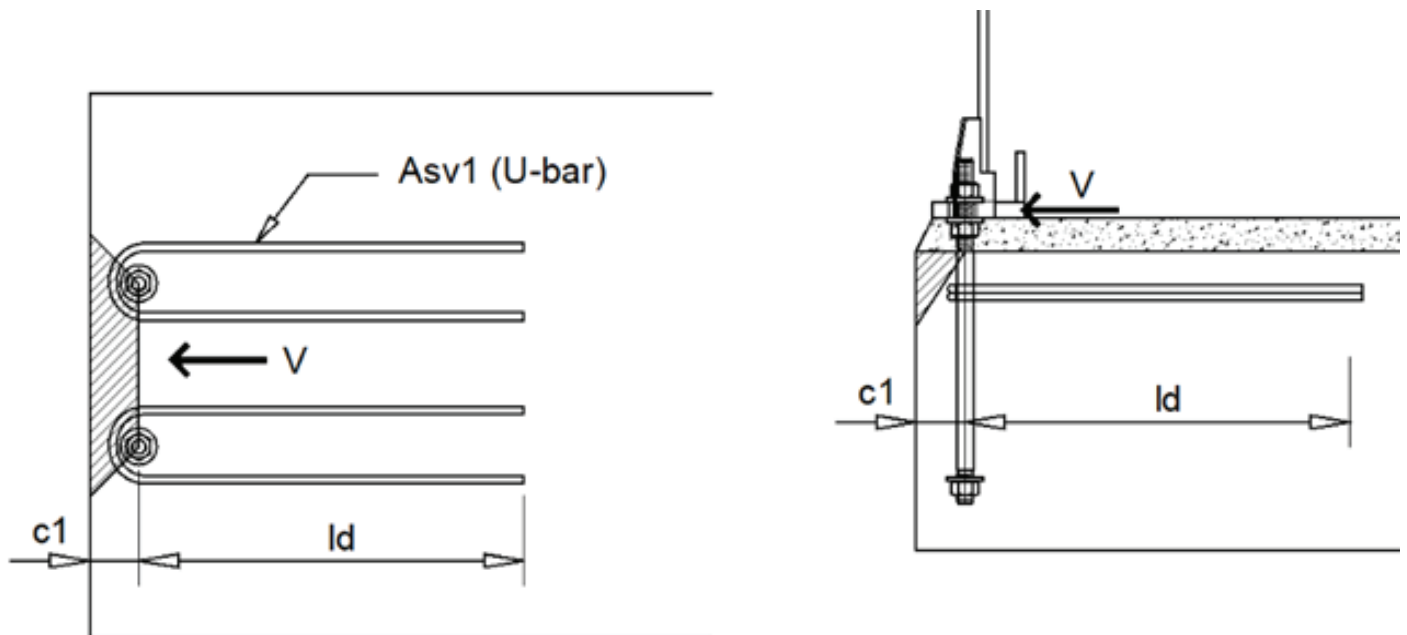
รูปที่ 3.6 การเสริมเหล็กเพื่อด้านทานการวิบัติในรูปแบบผ่าซีก (concrete splitting)

3.2.3 เหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือนกรณีวางสมอสลักเกลียว (anchor bolt) ชิดขอบฐานราก

แรงเฉือนที่ถ่ายไปสู่ฐานรากผ่านสมอสลักเกลียว (anchor bolts) กรณีอยู่ชิดขอบจะทำให้เกิดการแตกร้าวที่มุมฐานรากได้ เพื่อป้องกันการแตกร้าวที่ฐานราก เหล็กเสริม Asv1 จะถูกเสริมดังรูป 3.7 และปริมาณเหล็กเสริมแนะนำเป็นไปตามตาราง 3.5

ตาราง 3.5

Type	Asv1 (U-bar) (per bolt)
HBM16 / LBM16	1-RB9 (SR24)
HBM20 / LBM20	1-DB12 (SD40)
HBM24 / LBM24	1-DB16 (SD40)
HBM30 / LBM30	2-DB16 (SD40)



รูปที่ 3.7 การเสริมเหล็กเพื่อต้านทานแรงเฉือน

4. การติดตั้ง (Installing HFCS column shoe)

4.1 การติดตั้งในแบบหล่อ (Installing HFCS column shoe into formwork)

4.1.1 จุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS มีการระบุสัญลักษณ์ไว้ที่ฐาน (Base plate) ให้ทำการเลือกรุ่นจุดต่อให้ตรงกับแบบผลิต และแบบติดตั้ง

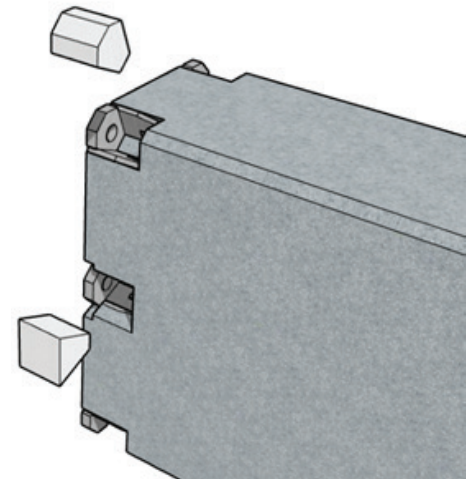
4.1.2 นำจุดต่อเสา HFCS มาจัดกลุ่ม โดยใช้เหล็กเส้นเชื่อม Tack เข้ากับ Side plate เพื่อจัดกลุ่มให้เข้าที่และมั่นคงแข็งแรง ความคลาดเคลื่อนของรูสำหรับจุดต่อ HFCS ควรมีค่าไม่เกิน $\pm 2\text{mm}$



รูปที่ 4.1 การจัดกลุ่มจุดต่อ HFCS

4.1.3 ประกอบเบ้าโฟม (EPS foam recess box) เข้ากับจุดต่อ HFCS ก่อนทำการเทคอนกรีต โดยเบ้าโฟมมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- R-Box1 : ใช้กรณีจุดต่อ HFCS อยู่มุมเสา
- R-Box2 : ใช้กรณีจุดต่อ HFCS อยู่กลางเสา

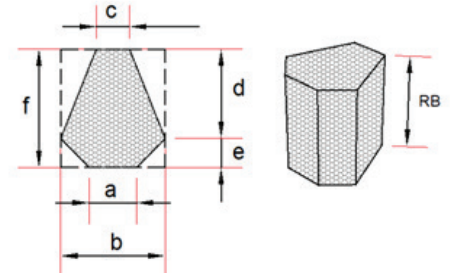


รูปที่ 4.2 การประกอบเบ้าโฟมในแบบหล่อเสา

ตาราง 4.1 และตาราง 4.2 เป็นมิติของเบ้าโฟม R-Box1 และ R-Box2 โดยใช้โฟม EPS ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดมาตัดให้รูปทรงตามรูป โดยต้องใช้ความประณีตในการตัดเพื่อให้การหล่อชิ้นงานออกมาสวยงาม

ตาราง 4.1 มิติของ R-Box1

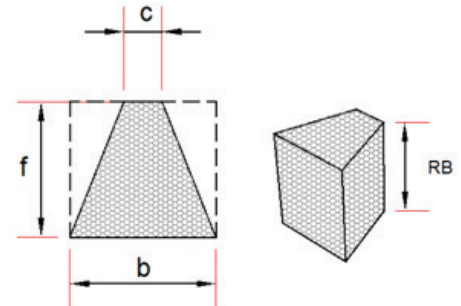
Type	a	b	c	d	e	f	RB
RB1-16	40	70	30	60	15	75	85±5
RB1-20	40	75	35	60	20	80	95±5
RB1-24	40	80	30	65	25	90	105±5
RB1-30	40	95	25	80	30	110	120±5



รูปที่ 4.3 มิติของ R-Box1

ตาราง 4.2 มิติของ R-Box2

Type	b	c	f	RB
RB2-16	80	30	75	85±5
RB2-20	90	35	80	95±5
RB2-24	100	30	90	105±5
RB2-30	120	25	110	120±5



รูปที่ 4.4 มิติของ R-Box2

Note : มิติที่แสดงในตารางมีหน่วย mm

เนื่องจากการตัด R-Box1 และ R-Box2 นั้นต้องใช้ความประณีตและต้องตัดในปริมาณมาก แนะนำใช้แผ่นเหล็ก กระดาษแข็ง หรือไม้อัดบางตัดเป็นพิมพ์ให้ได้รูปทรงตามตาราง 4.1 หรือตาราง 4.2 แล้วค่อยนำมาทาบกกับแผ่นโฟมแล้วตัดให้ได้รูปทรงดังรูป



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการตัดเบ้าโฟม

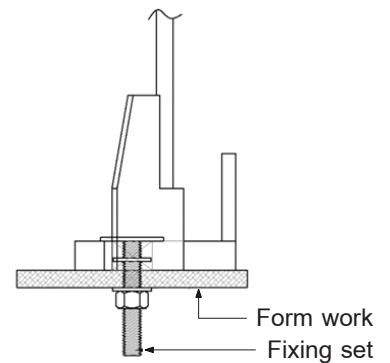
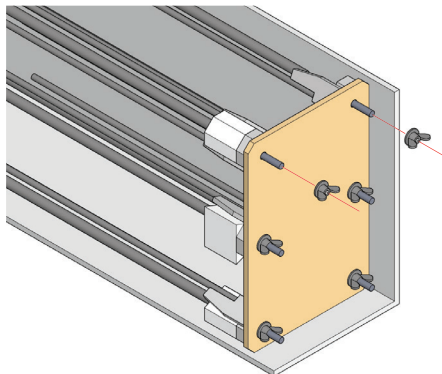
Tips :

การพันเบ้าโฟมด้วยเทปพลาสติกจะทำให้
การแกะออกหลังเทคอนกรีตง่ายขึ้น



รูปที่ 4.6 การติดตั้งเบ้าโฟม

4.1.4 ยึดจุดต่อเสา HFCS เข้ากับแบบหล่อ
ด้วยอุปกรณ์ยึด (Fixing set) เช่น น็อตและสกรู
ทั่วไป หรือใช้อุปกรณ์ยึด (Fixing set) ของ
Hybrid frame ที่ออกแบบมาเฉพาะ

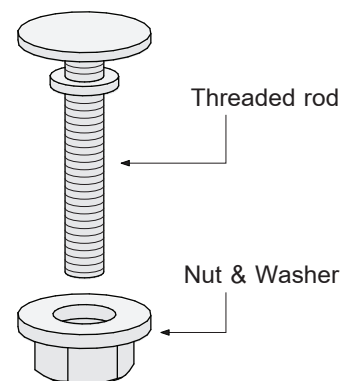


รูปที่ 4.7 การยึดจุดต่อเสา HFCS เข้ากับแบบหล่อ

4.1.5 ให้ตรวจสอบเหล็กเสริมพิเศษเพิ่มเติม
(Supplementary reinforcement) ตาม
มาตรฐานของ Hybrid frame

ตาราง 4.3 อุปกรณ์ยึด (Fixing set)

Fixing set	Threaded rod	Nut & Washer
FX16	M12x100	1xM12
FX20	M12x100	1x M12
FX24	M16x100	1x M16
FX30	M16x120	1x M16



รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ยึด FX... (Fixing set)

4.2 การติดตั้งที่หน้างาน (Installing HFCS column shoe on site)

4.2.1 ก่อนติดตั้งจะต้องมีการประชุมวางแผนงานก่อนเริ่มงาน

4.2.2 ตรวจสอบเครื่องมือ เครื่องจักร และอื่นๆ โดยมีรายตรวจสอบแนะนำดังนี้

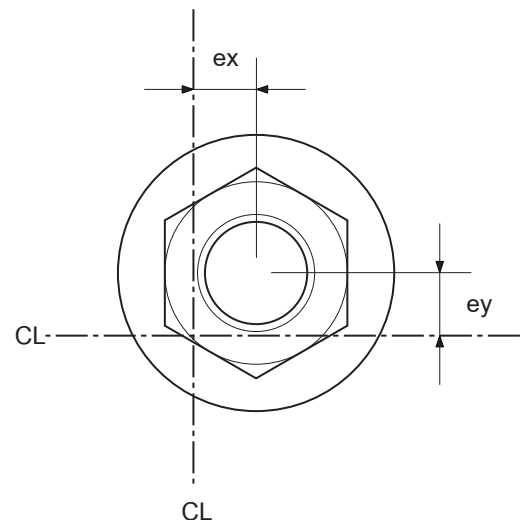
ตาราง 4.4 รายการตรวจสอบก่อนติดตั้ง

#	รายการ	รายละเอียด
1	แผนการติดตั้ง (Installation plan)	แบบแสดงถึงแผนการติดตั้ง เช่น ที่กองวัสดุ ที่จอดรถครน ฯ
2	แบบสำหรับติดตั้ง (Installation drawings)	แบบแปลนสำหรับติดตั้ง ระบุชื่อคาน, ชื่อจุดต่อ, บอกระดับ ฯ
3	อุปกรณ์ยกเสา	เช่น ไซยกที่ปลอดภัยตามน้ำหนักเสา, แท่งเหล็กสำหรับยกเสา
4	ประแจสำหรับขันสลักเกลียว	ตรวจสอบประแจให้ตรงกับขนาดที่จะติดตั้ง
5	อุปกรณ์ตรวจสอบดึง และระดับ	กล้องระดับ, กล้องเลเซอร์, ระดับน้ำ, ลูกดิ่ง หรืออื่นๆ
6	เครื่องจักร	ตรวจสอบน้ำหนักยกที่ปลอดภัยของเครื่องจักร
7	มาตรการเรื่องความปลอดภัย (Safety)	ประชุมวางแผนเรื่องมาตรการด้านความปลอดภัย
8	วิทยุสื่อสาร	กรณีที่ต้องมีการสื่อสารระยะไกล
9	ป้ายสัญลักษณ์	ป้ายเตือนต่าง ๆ ขณะติดตั้ง
10	นั่งร้านและอุปกรณ์ค้ำยัน	หากตั้งเสาสูง อาจจำเป็นต้องตั่งนั่งร้าน และมีการค้ำยันชั่วคราว
11	รายการตรวจสอบอื่นๆ	เป็นไปตามมาตรฐานงานของแต่ละหน่วยงาน

4.2.3 การติดตั้ง Anchor bolts

การจัดกลุ่มและวาง Anchor bolts ลงในแบบหล่อคอนกรีตจะต้องใช้ Fitting template เพื่อให้การวาง Anchor bolts มีความแม่นยำ โดยมีความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมดังนี้

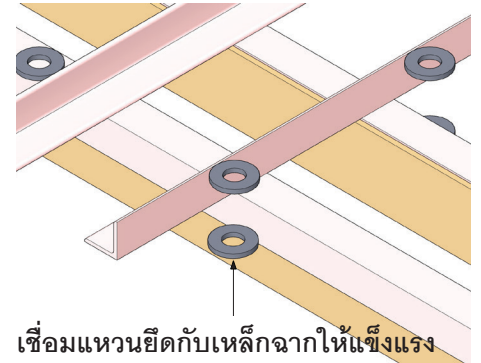
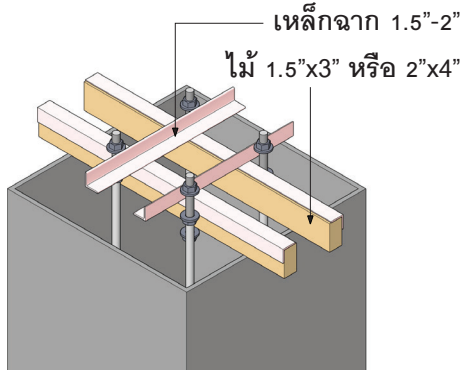
Anchor bolt ในแต่ละชิ้นมีความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม $ex, ey \leq \pm 3mm$



รูปที่ 4.9 ความคลาดเคลื่อนของ Anchor bolt

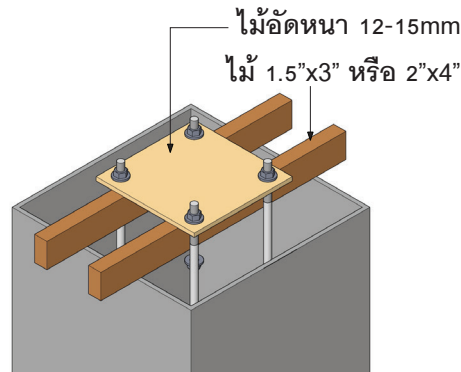
สำหรับ Fitting template นั้นทำได้หลายแบบ ต่อไปนี้เป็น Fitting template แนะนำในแบบต่างๆ

แบบที่ 1 : ใช้เหล็กฉาก และไม้มาประกอบเข้าด้วยกันเป็น Fitting template โดยให้แวนเชื่อมติดกับเหล็กฉากเป็นแนวยึด Anchor bolts เนื่องจากแวนเชื่อมยื่นออกมาจากเหล็กฉาก หากดูไม่มั่นคงแข็งแรงให้พิจารณาเชื่อมเสริมความแข็งแรงตามความเหมาะสม



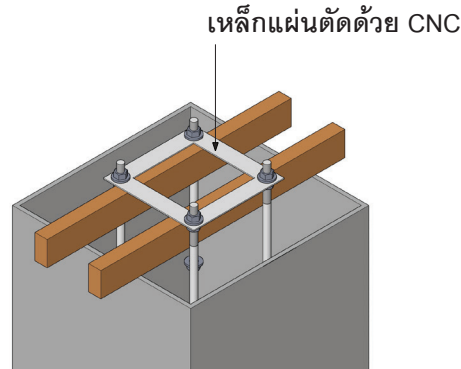
รูปที่ 4.10 การจัดกลุ่ม Anchor bolts แบบที่ 1

แบบที่ 2 : ใช้ไม้ัดเจาะรูเป็น Fitting template ตามแบบแล้วยึดกับ Anchor bolt

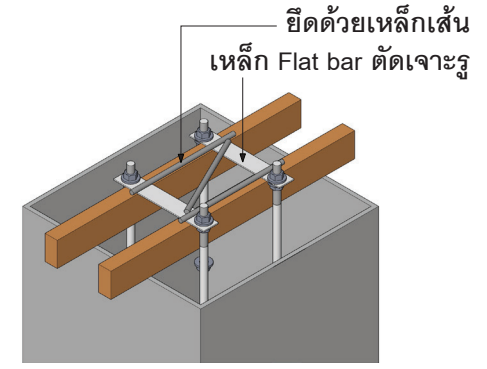


รูปที่ 4.11 การจัดกลุ่ม Anchor bolts แบบที่ 2

แบบที่ 3 : ตัดเพลทเหล็กหนา 3-6mm เป็น Fitting template ตามแบบด้วยเครื่อง CNC แล้วยึดกับ Anchor bolts หรือใช้เหล็ก Flat bar นำมาเจาะรูแล้วยึดโยงด้วยเหล็กเส้นก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง



แบบตัดเพลทด้วยเครื่อง CNC



แบบใช้เหล็ก Flat bar เจาะรู

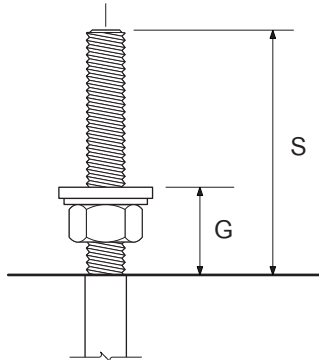
รูปที่ 4.12 การจัดกลุ่ม Anchor bolts แบบที่ 3

Tips :

ในขั้นตอนการเทคอนกรีตฐานรากจะต้องห่อหุ้มเกลียวไม่ให้สัมผัสกับน้ำปูนด้วยพลาสติก หรือ ใช้กระดาษกาวพันรอบเกลียว

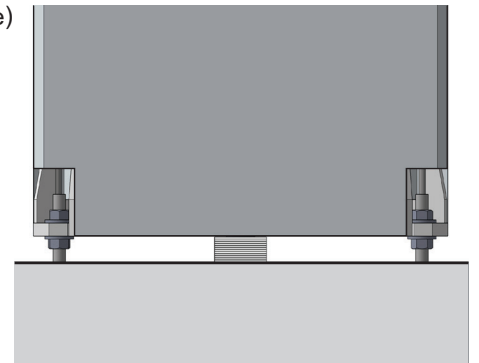
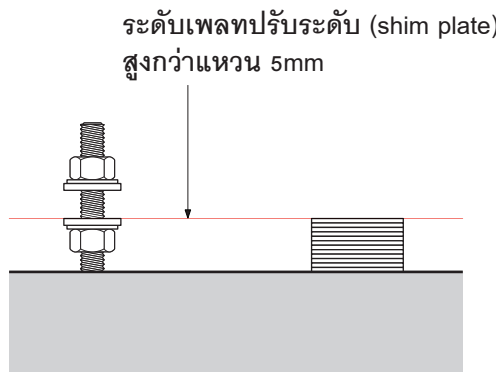
4.2.4 การตั้งค่าระดับ Anchor bolt (Bolt elevation)

ให้ตั้งค่าระดับ Anchor bolt โดยมีค่า G และ S เป็นไปตามตาราง 2.1 ความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม คือ $G \leq \pm 5\text{mm}$ และ $S \leq \pm 5\text{mm}$



รูปที่ 4.13 การตั้งระดับ Anchor bolt

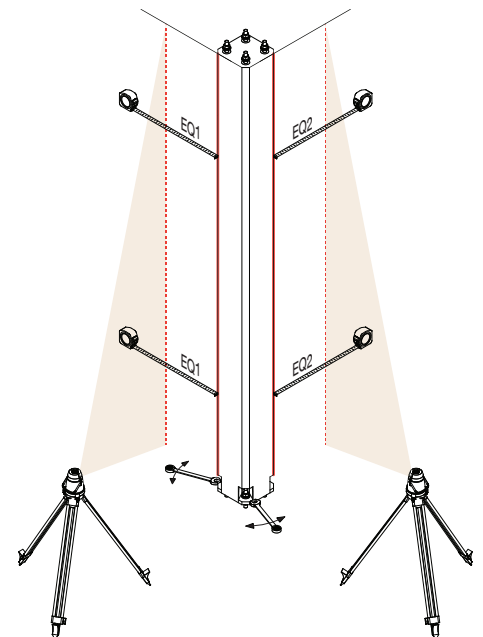
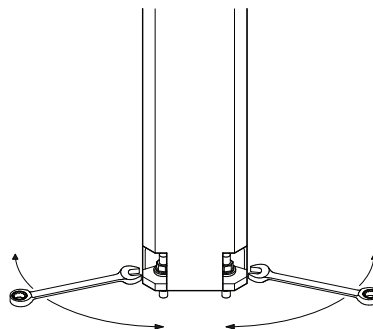
สำหรับเสาขนาดใหญ่ให้ใส่เพลทปรับระดับ (shim plate) หนา 2-5mm โดยแนะนำให้ปรับระดับเพลทปรับระดับสูงกว่าแนวประมาณ 5mm. เพื่อให้เสาถ่ายน้ำหนักที่เพลทปรับระดับจะทำให้สามารถปรับตั้งเสาด้วยน็อตได้ง่าย



รูปที่ 4.14 การรองฐานเสาด้วยเพลทปรับระดับ (shim plate)

4.2.5 การปรับตั้งเสา

ให้ใช้ประแจขันน็อตได้ฐานเสาเพื่อปรับตั้งทั้งสองแกนการตรวจสอบตั้งเสาสามารถใช้ลูกตั้งพร้อมกันทั้งสองแกน หรือใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) 2 ชุดพร้อมกันทั้งสองแกน เมื่อได้ตั้งแล้วให้ค้ำยันชั่วคราวด้วยป๊อบเพื่อรอกันแน่นในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.15 การปรับตั้งเสา

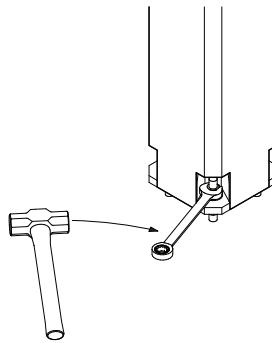
4.2.4 การขันแน่น (Nut torque)

นำเสาสำเร็จรูปมาติดตั้งเข้ากับ Anchor bolts แล้วขันน็อตให้แน่น ค่าในตาราง 5.5 เป็นค่าแรงบิด (torque) ขั้นต่ำ และค่าแรงบิดสูงสุด แนะนำ ค่าแรงบิดขั้นต่ำคือค่าที่ทำให้เกิดแรง preload ยึดแน่นระหว่างผิวเหล็ก โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างเหล็ก (coefficient of friction) เท่ากับ 0.15 ในการคำนวณแรงบิดขั้นต่ำ

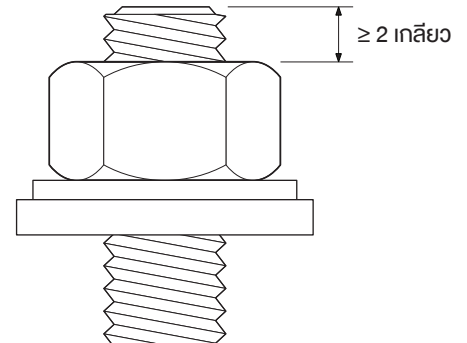
ตาราง 4.5

Anchor bolts	Grade	Tmin (Nm)	Tmax (Nm)
HBM16 / LBM16	S45C	100	200
HBM20 / LBM20	S45C	170	370
HBM24 / LBM24	S45C	280	640
HBM30 / LBM30	S45C	580	1270

หากไม่มีประแจวัดแรงบิด (Torque wrenches) अनुलोमให้ใช้ค้อนปอนด์ขนาด 3/4 ปอนด์ – 1 ปอนด์ เคาะ 5-10 ครั้งเพื่อขันน็อตให้แน่น ต้องระวังไม่เคาะแรงจนเกินไปจนเกลียวเสียหาย หลังขันน็อตแน่นแล้วควรมีเกลียวเหลืออย่างน้อย 2 เกลียว (free thread)



รูปที่ 4.16 การขันแน่นด้วยค้อนปอนด์



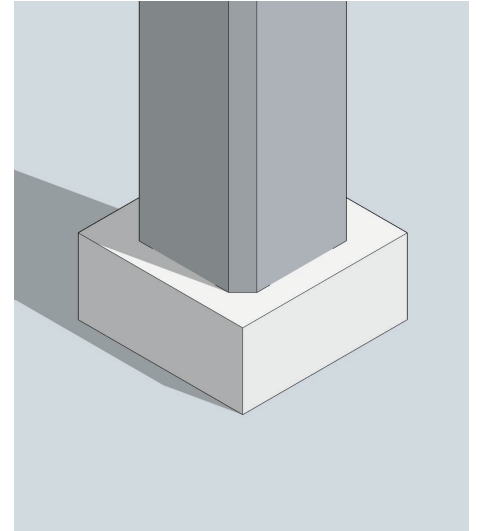
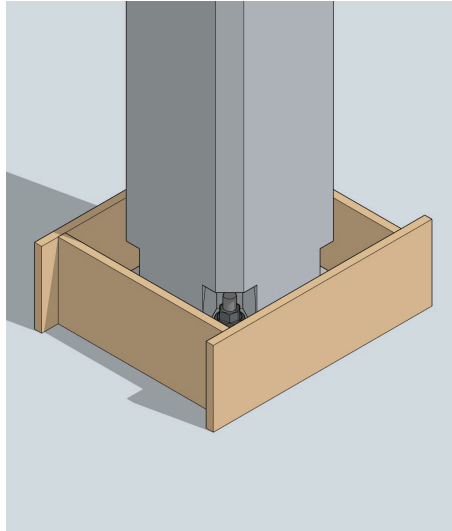
รูปที่ 4.17 เกลียวเหลืออย่างน้อย 2 เกลียว



แหวน (Washer) ที่ใช้กับจุดต่อเสาสำเร็จรูป HFCS เป็นแหวนเฉพาะ มิติต่างๆเป็นไปตามตาราง 2.2 และ 2.3 ห้ามใช้กับแหวนที่มีจำหน่ายทั่วไป เพราะจะทำให้การรับแรงไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ Hybrid frame

4.2.7 การเกร้าท์จุดต่อ (Grouting the connection)

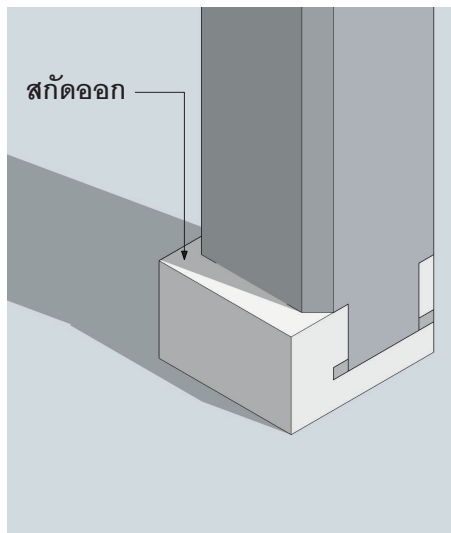
จุดต่อจะต้องเกร้าท์ด้วยปูนเหลวชนิดไม่หดตัว (non shrink grout) โดยมีกำลังอัดประลัย (fc') ไม่น้อยกว่ากำลังอัดประลัยของเสาและไม่น้อยกว่า 300 ksc (ทรงกระบอก) ปูนเกร้าท์ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเสา และช่วยป้องกันสนิมที่จุดต่อหากเกร้าท์จุดต่อให้มีระยะหุ้มไม่น้อยกว่า 50mm. จุดต่อจะสามารถทนไฟได้ดี การเทปูนเกร้าท์แนะนำให้เทจากด้านเดียวเพื่อลดโอกาสเกิดโพรงอากาศ



รูปที่ 4.18 การเกร้าท์จุดต่อ

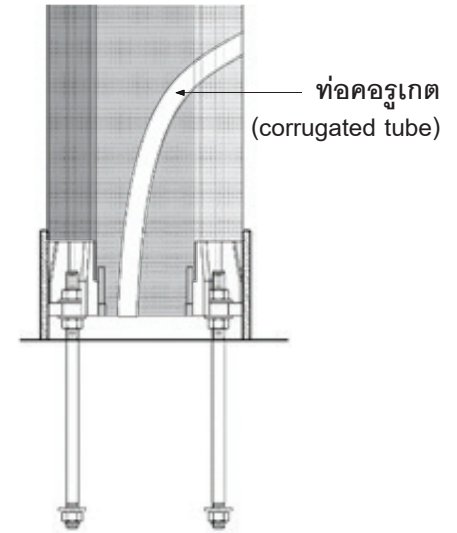
หากจำเป็นต้องเกร้าท์เสมอหน้าเสา จะทำให้ไม่สามารถเทปูนเกร้าท์ได้โดยตรงจำเป็นต้องปรับวิธีการทำงาน ซึ่งมีวิธีแนะนำ 2 แบบดังนี้

แบบที่ 1 ให้เทปูนเกร้าท์โดยหน้าเสา 1 ด้าน แล้วสกัดออกภายหลังวิธีนี้มีข้อควรระวังในขั้นตอนการสกัดเพราะจะทำให้เนื้อปูนเกร้าท์แตกร้าวได้



แบบที่ 1

แบบที่ 2 ให้ใส่ท่อคอรูเกต (corrugated tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40-50mm เข้าไปในเสาเพื่อใช้เป็นท่อสำหรับเทปูนเกร้าท์ (Grouting pipe)



แบบที่ 2

รูปที่ 4.19 การเทปูนเกร้าท์เสมอหน้าเสา

หมายเหตุที่เกี่ยวกับเอกสารนี้

1. ทางบริษัทขอสงวนสิทธิ์ในการปรับปรุงเนื้อหาได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบ ทางลูกค้าสามารถติดต่อ Hybrid frame เพื่อรับเอกสารล่าสุดกับบริษัท
2. ข้อมูลและรายละเอียดในเอกสารนี้ ทาง Hybrid frame จะไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ของ Hybrid frame
3. ทาง Hybrid frame ไม่อนุญาตให้คัดลอกเอกสารนี้เพื่อการพาณิชย์ยกเว้นแต่เพื่อการศึกษาเท่านั้น โดยจะต้องติดต่อ Hybrid frame เพื่อขออนุญาต และจะต้องได้รับการอนุญาตเท่านั้น



1

PRODUCT DESCRIPTION

2

DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS

3

SUPPLEMENTARY REINFORCEMENT

4

INSTALLING HFCS COLUMN SHOE