การกระจายทางสถิติของปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการรับแรงของชิ้นส่วนโครงสร้าง คสล.

อาจารย์ ดร.ฉัตร สุจินดา

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

คำนำ

- ปัญหา
  - ร่างกฎกระทรวง
    - กรณีที่ 1: ใช้ค่า ϕ เหมือนกับมาตรฐาน ACI318-99 (USA)
    - กรณีที่ 2: ใช้ค่า ϕ เป็น 5/6 เท่าของกรณีที่ 1
  - ระเบียบกฎเกณฑ์ และวิธีปฏิบัติของ ไทย ต่างไปจาก USA ดังนั้นค่า ϕ ที่เหมาะสมน่าจะแตกต่างไปจาก USA
- ขอบเขต
  - รวบรวมสถิติของ ขนาดของโครงสร้าง ตำแหน่งของเหล็กเสริม กำลังของเหล็ก และคอนกรีตที่มีผลต่อความสามารถในการรับแรง
  - ทำ Fit Distribution เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่า ϕ ของไทยต่อไป

ขั้นตอนในการวิเคราะห์เพื่อหาค่า ϕ

1. กำหนดความเชื่อมั่นของโครงสร้างโดยใช้ค่าเชิงปริมาณคือดัชนีความเชื่อมั่นเป้าหมาย β_T (Target Reliability Index)

ตาราง ดัชนีความเชื่อมั่นเป้าหมายที่ใช้ใน American National Standards A58

แรงภายใน และประเภทของชิ้นส่วน	β_T
โมเมนต์ดัด คอนกรีตเสริมเหล็ก	3.0
โมเมนต์ดัด คอนกรีตอัดแรงหล่อในโรงงาน	3.0
โมเมนต์ดัด คอนกรีตอัดแรงหล่อในที่	3.0
พังเนื่องจากแรงอัด เสาปลอกเดี่ยว	3.5
พังเนื่องจากแรงอัด เสาปลอกเกลียว	3.0
แรงเฉือน	3.5

2. ลอง Trial & Error เลือกค่าตัวคูณลดกำลัง เพื่อใช้ในการคำนวณความสามารถในการรับแรง ที่จะออกแบบ (Resistance)

$$R_n = \frac{1.4M_D + 1.7M_L}{\phi}$$

3. ทำ Monte Carlo Simulation โดยวิธีสุ่มเพื่อหาการกระจายของ Load Effect, Q

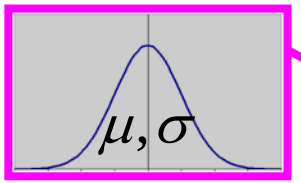
$$Q = M_D + M_L$$

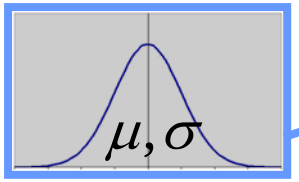
Random Generate ข้อมูล โดยอาศัยข้อมูลจาก Load Survey

ข้อมูลจาก Load Survey

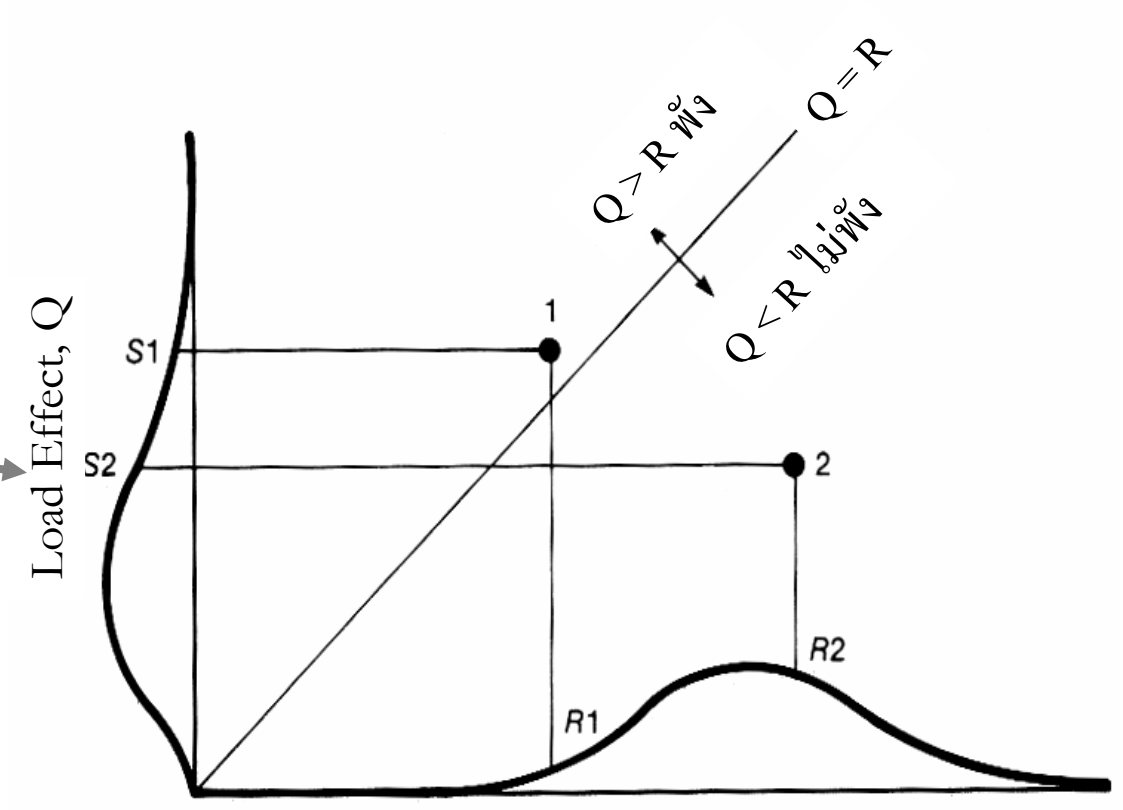
Load component	**Arbitrary-point-intime**		**Maximum 50-year load**	
	Bias	**COV**	**Bias**	**COV**
Dead load (cast-in-place)	1.05	0.10	1.05	0.10
Dead load (plant-cast)	1.03	0.08	1.03	0.08
Live load	0.24	0.65	1.00	0.18
Snow	0.20	0.87	0.82	0.26
Wind	0.00	0.00	0.78	0.37
Earthquake	0.00	0.00	0.66	0.56

Random Number Generator

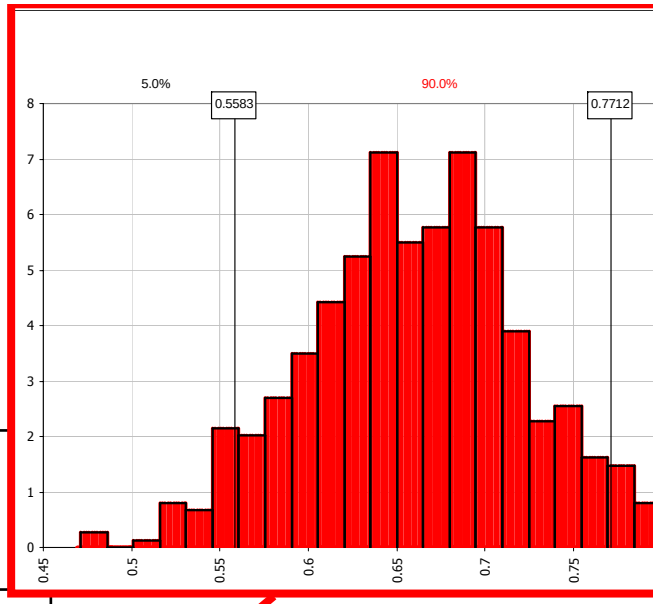




$Q = D + L$



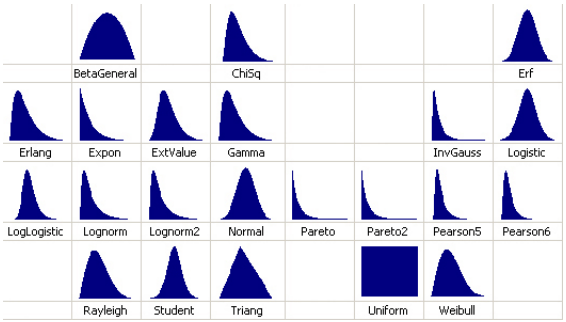
ประเภทของชิ้นส่วนโครงสร้าง	D/(D+L) ในทางปฏิบัติ
คาน	0.3 – 0.7
พื้น	0.3 – 0.6
เสา	0.4 – 0.9

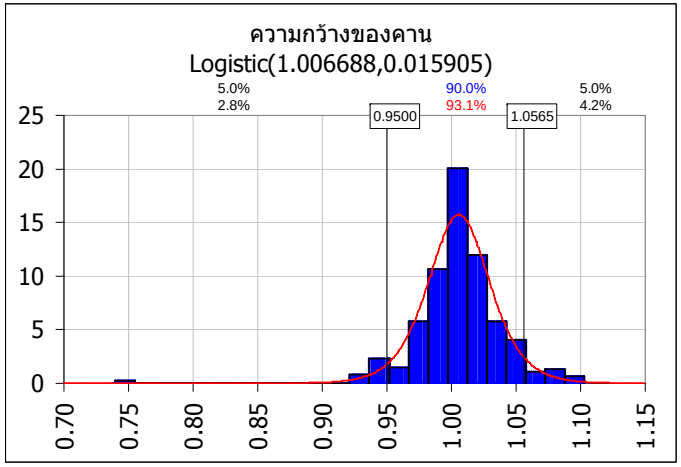


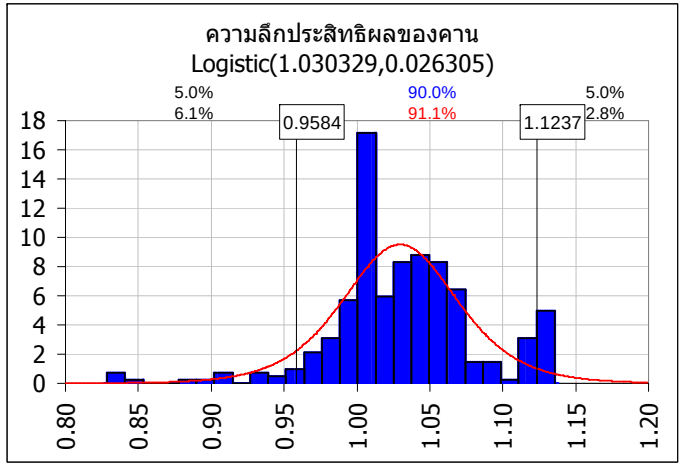
$D/(D+L)$	μ_Q	σ_Q
0.3	0.6311	0.0779
0.4	0.6418	0.0755
0.5	0.6612	0.0654
0.6	0.6759	0.0627
0.7	0.693	0.0601
0.8	0.7108	0.0619
0.9	0.733	0.0658

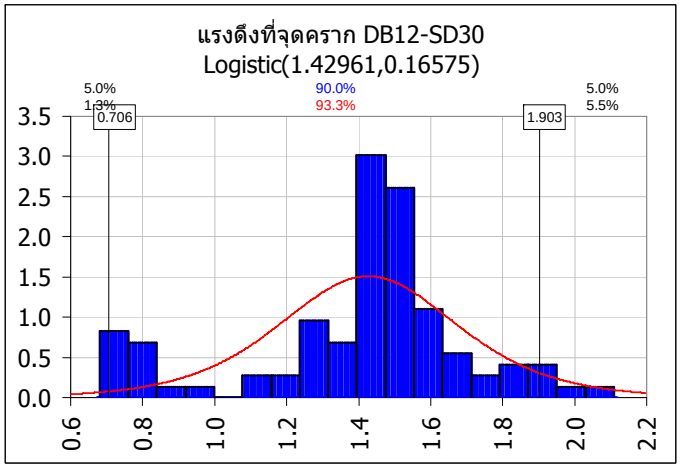
4. ทำ Monte Carlo Simulation โดยวิธีสุ่มเพื่อหาการกระจายของ Resistance, R จากข้อมูล

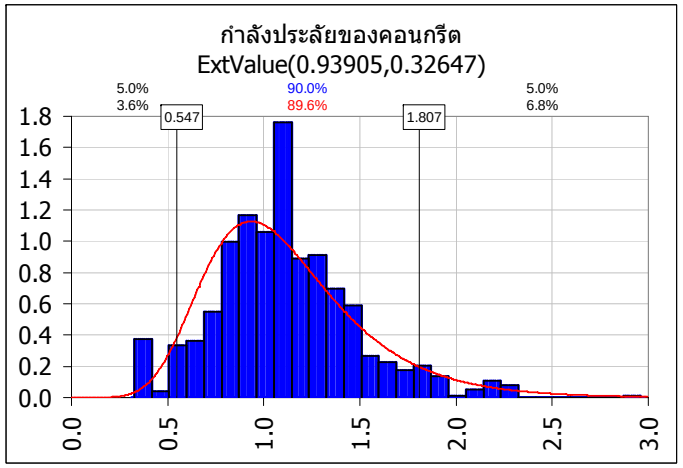
1. ขนาดของโครงสร้าง
2. ตำแหน่งของเหล็กเสริม
3. กำลังของเหล็กและคอนกรีต





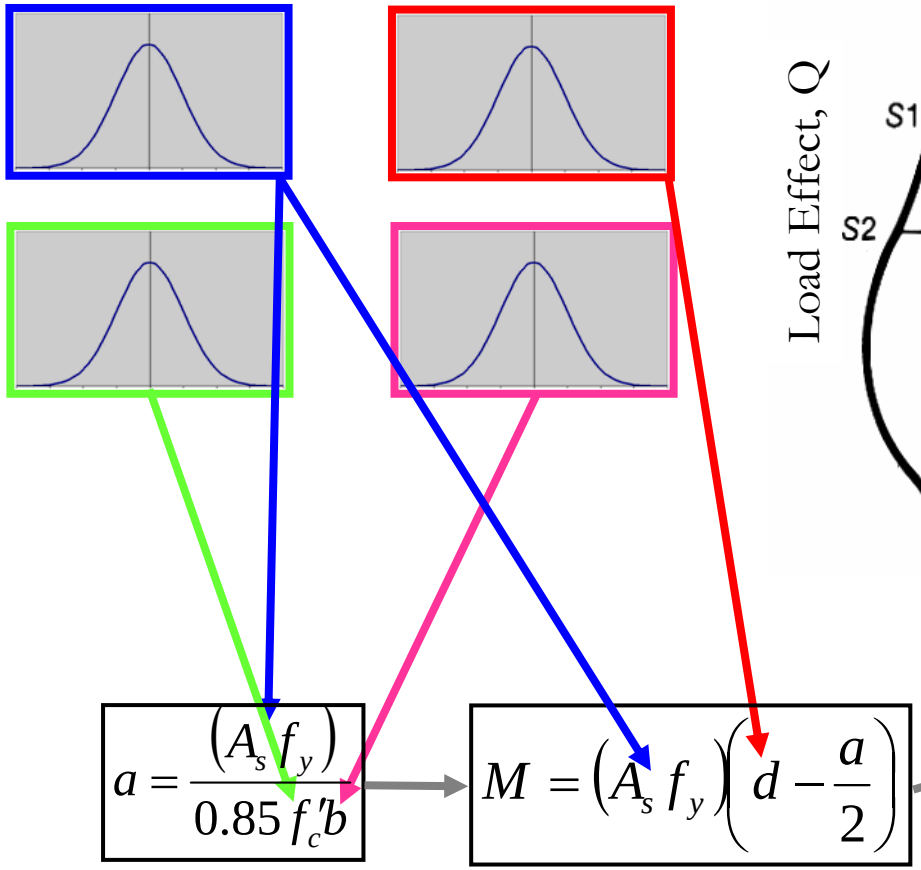






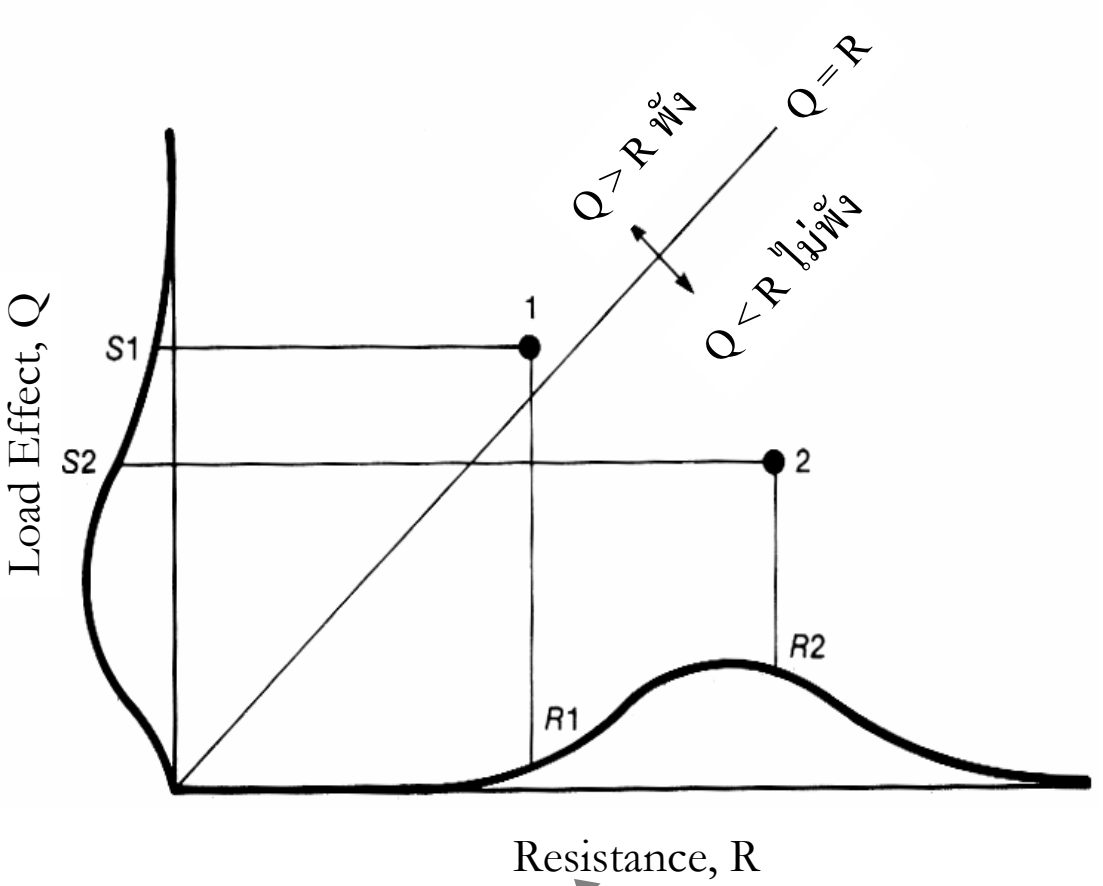
วิธีการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโครงสร้าง โดยใช้ Monte Carlo Simulation

Random Number Generator

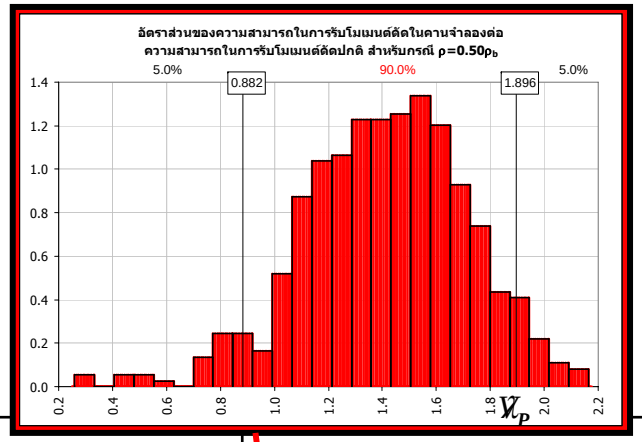


$$a = \frac{\left(A_s f_y\right)}{0.85 f_c' b}$$

$$M = \left(A_s f_y\right)\left(d - \frac{a}{2}\right)$$



5. ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสูตรออกแบบ (Professional Factor)



$$\mu_R^* = \lambda_P \times \mu_R$$

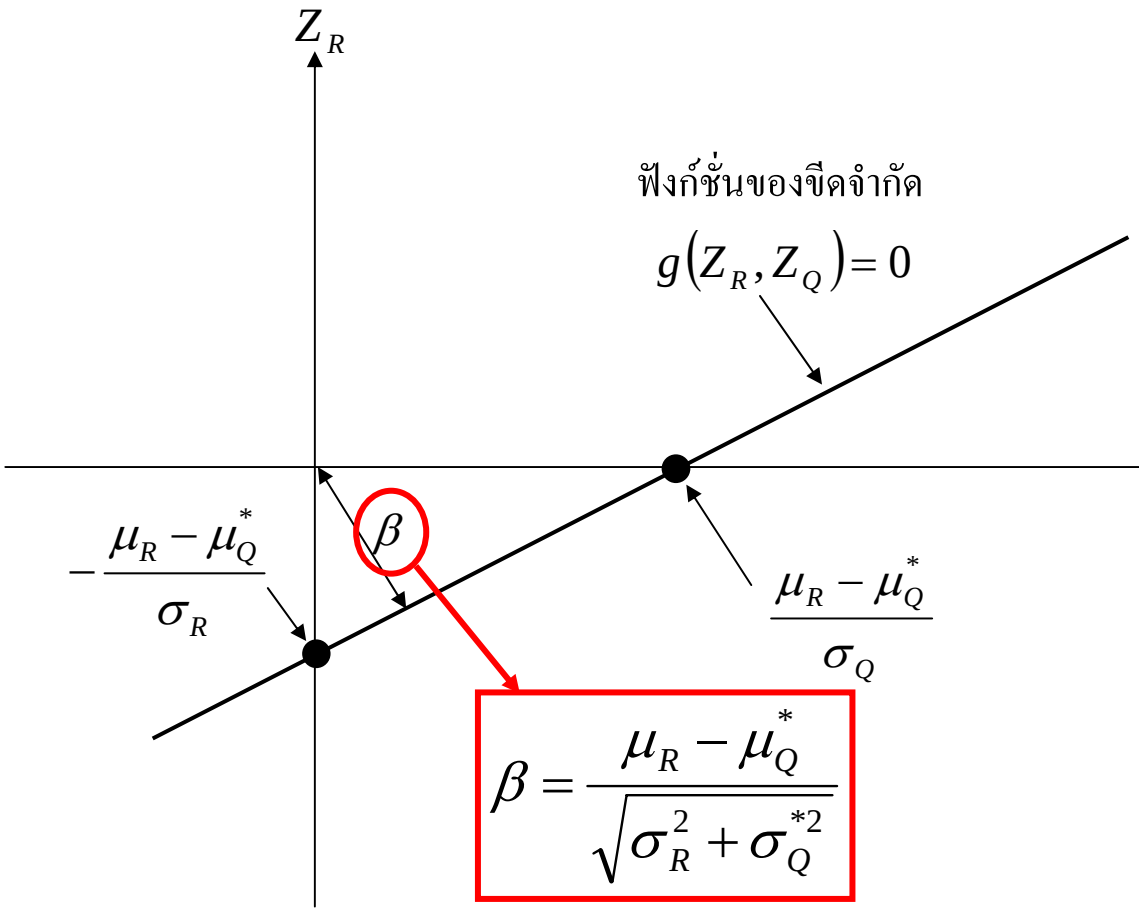
$$\sigma_P = \lambda_P \times V_P$$

$$\sigma_R^* = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

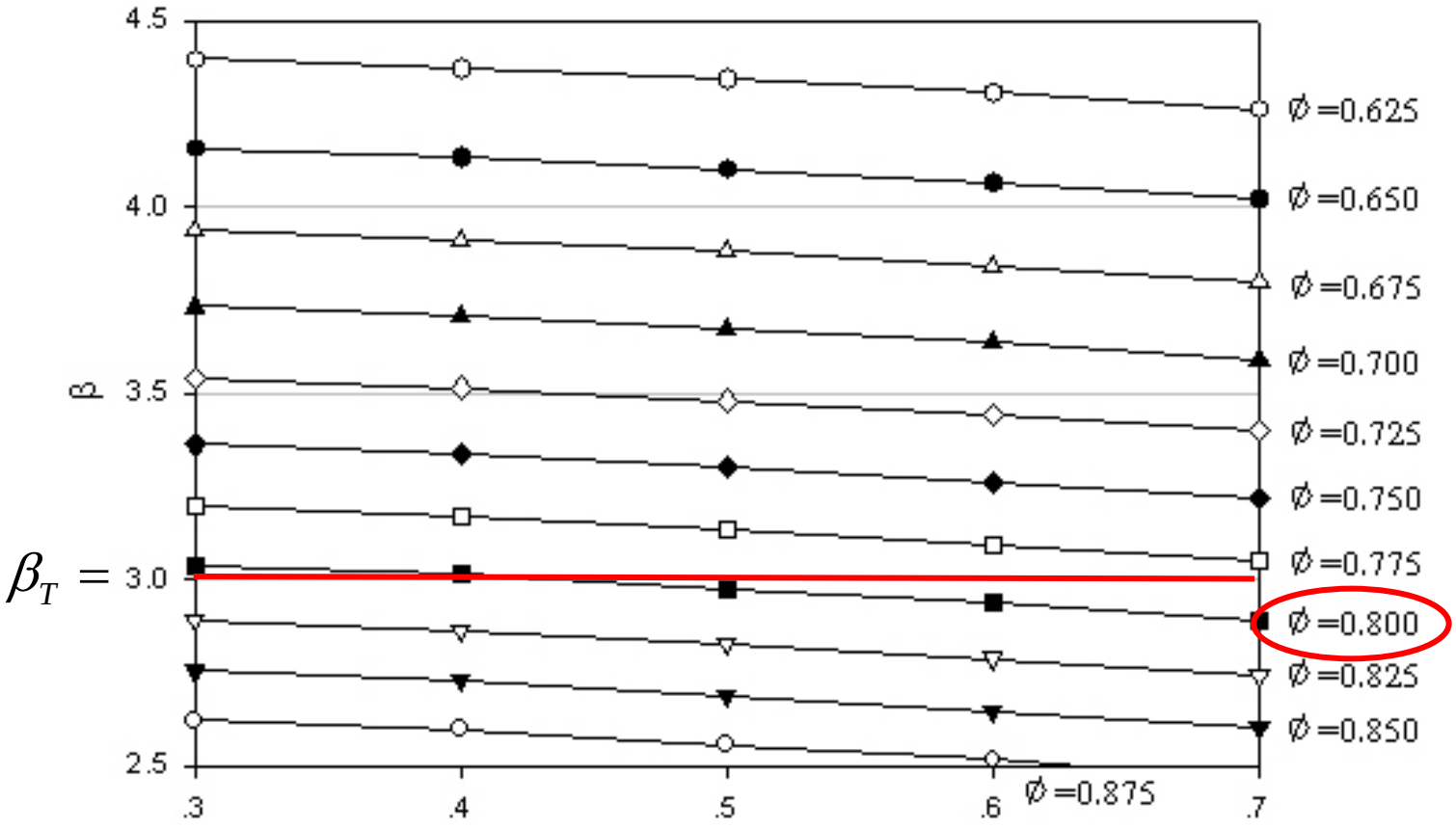
ประเภทของชิ้นส่วนโครงสร้าง	λ_P	V_P
คาน รับโมเมนต์ดัด	1.02	0.06
คาน รับแรงเฉือน	1.075	0.10
พื้น	1.02	0.06
เสา ปลอกเดี่ยว	1.00	0.08
เสา ปลอกเกลียว	1.05	0.06

อัตราส่วนเหล็กเสริม	การจำลอง		ปรับแก้ด้วยค่า Professional Factor แล้ว	
	Bias	COV	Bias	COV
ρ_{min}	1.5003	0.3236	1.5303	0.3291
$0.25\rho_b$	1.4849	0.3168	1.5146	0.3224
$0.50\rho_b$	1.4112	0.3043	1.4394	0.3102
$0.75\rho_b$	1.3241	0.3338	1.3506	0.3391

5. คำนวณดัชนีความเชื่อมั่น β



β	P_f
10^{-1}	1.28
10^{-2}	2.33
10^{-3}	3.09
10^{-4}	3.71
10^{-5}	4.26
10^{-6}	4.75
10^{-7}	5.19
10^{-8}	5.62
10^{-9}	5.99



ดัชนีความเชื่อมั่น β ของคานรับโมเมนต์ กรณี $\rho = 0.75\rho_b$

ข้อมูล		งานวิจัยนี้		USA	
		Bias Factor	COV	Bias Factor	COV
คาน	ความกว้าง	1.006	0.032	1.01	0.04
	ความลึกประสิทธิผล	1.031	0.048	0.99	0.04
เสา	ขนาด	1.014	0.016	1.005	0.04
แรงดึงที่จุดคราก 9มม(ไทย)/9.5มม(USA)		1.38	0.20	1.20^{+}	0.041^{*}
		97 ข้อมูล		72 ข้อมูล	
แรงดึงที่จุดคราก 12(ไทย)//12.5มม(USA)		1.40	0.22	1.145^{+}	0.066^{*}
		92 ข้อมูล		79 ข้อมูล	
แรงดึงที่จุดคราก 16(ไทย)/15.5มม(USA)		1.65	0.19	1.125^{+}	0.041^{*}
		64 ข้อมูล		116 ข้อมูล	
กำลังประลัยคอนกรีต 150ksc(ไทย) /210ksc(USA)		1.113	0.330	1.35	0.102
		820 ข้อมูล		330 ข้อมูล	

4.9 เท่า

3.3 เท่า

4.6 เท่า

3.2 เท่า

สรุป

- จากการรวบรวมข้อมูลทางสถิติ มาทำ Fit Distribution นำไปใช้วิเคราะห์เพื่อเลือกค่า ϕ ที่เหมาะสมต่อไป
- จำนวน สถานที่ กรณี ของข้อมูลที่เก็บยังมีอยู่จำกัด ต้องเก็บเพิ่ม
- อนึ่งค่า COV ของกำลังวัสดุที่เก็บในประเทศไทย มีค่าสูงกว่าประเทศสหรัฐอเมริกา 3 ถึง 5 เท่า จึงคาดว่าตัวคูณลดกำลัง ที่วิเคราะห์ได้จะแตกต่างจากของ ACI318 อย่างมีนัยสำคัญ