การเลือกตัวคูณลดกำลังสำหรับการออกแบบเหล็กปลอกรับแรงเฉือนในคาน โดยพิจารณาถึงการกระจายของกำลังครากของเหล็กเส้นจากบ้านพักอาศัย ในเขต กทม.

ดร. ฉัตร สุจินดา

อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

พื้นฐาน

- หลักการออกแบบโครงสร้าง

  คสล. ด้วยวิธีกำลัง Factored Load เช่น $U = 1.4D + 1.7L$

Design “Nominal” Resistance กำลังการรับแรง “ปกติ”

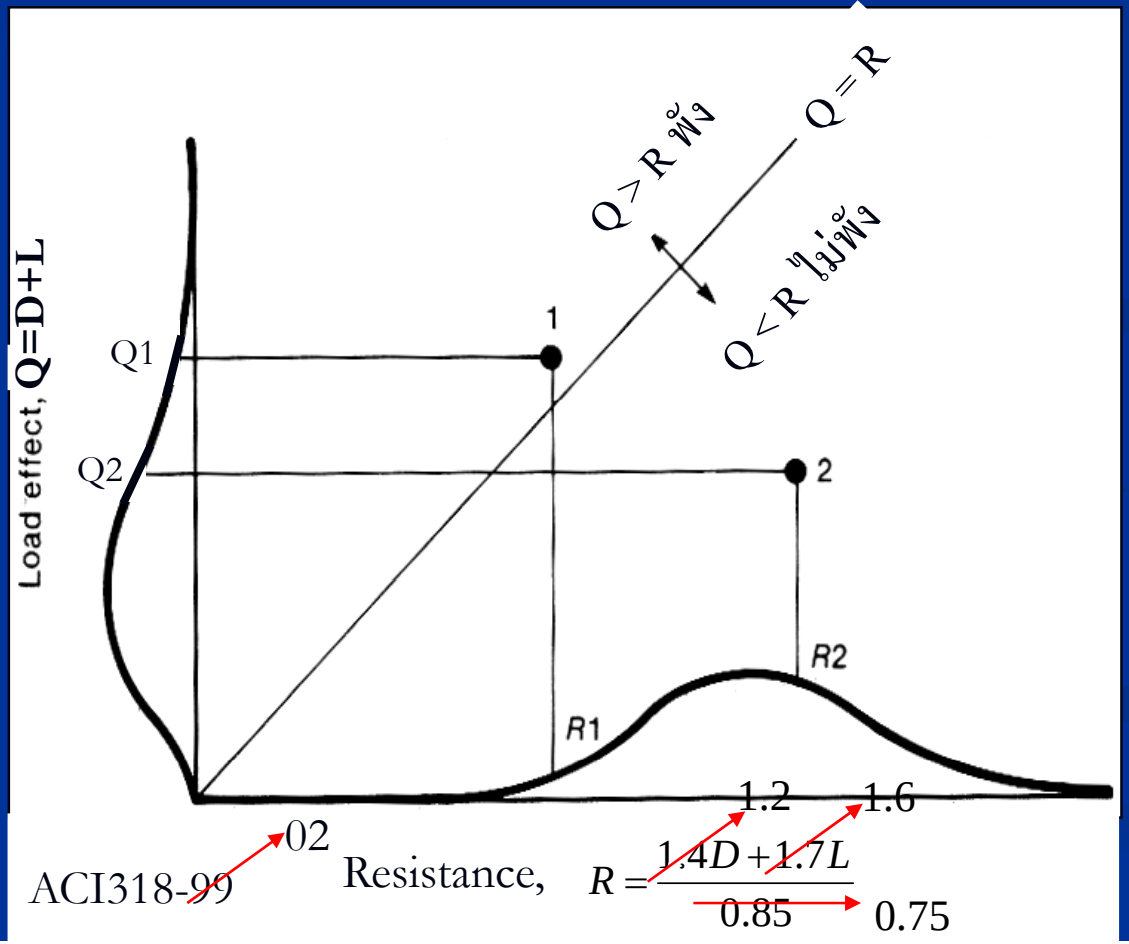
$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

กำลังการรับแรงจริง ($M_{จริง}$) เป็นตัวแปลสุ่ม (Random Variable) ซึ่งการกระจายขึ้นอยู่กับคุณภาพการก่อสร้างและวัสดุ

ACI318-99 (ของประเทศสหรัฐอเมริกา) $\phi = 0.85$ ใช้สำหรับแรงเฉือน

หลักการในการเลือกตัวคูณลดกำลัง

- การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของโครงสร้าง โดยจำกัดโอกาสที่โครงสร้างที่ออกแบบจะพัง (P_F)



ดัชนีความเชื่อมั่น

Reliability Index

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_F)$$

โอกาสที่จะพัง

Probability to fail

Inverse Normal

Distribution Function

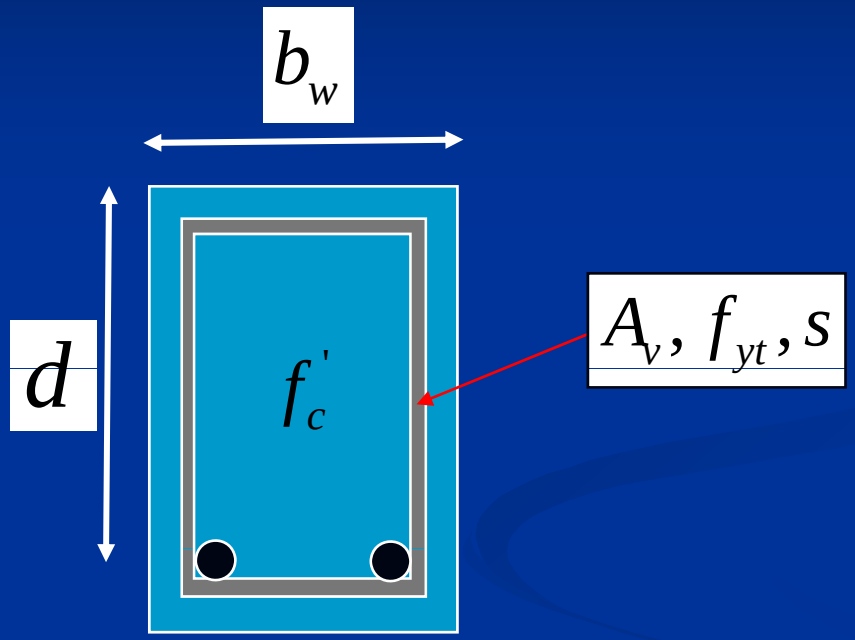
ค่าตัวคูณลดกำลังตัวใหม่

มาจากไหน? อย่างไร? → **กรณี 2 = 5/6 กรณี 1**

กรณีที่ 1 คือกรณีการก่อสร้างที่มีการระบุมาตรฐานงานก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดี
กรณีที่ 2 คือกรณีการก่อสร้างที่ไม่มีการระบุฯ

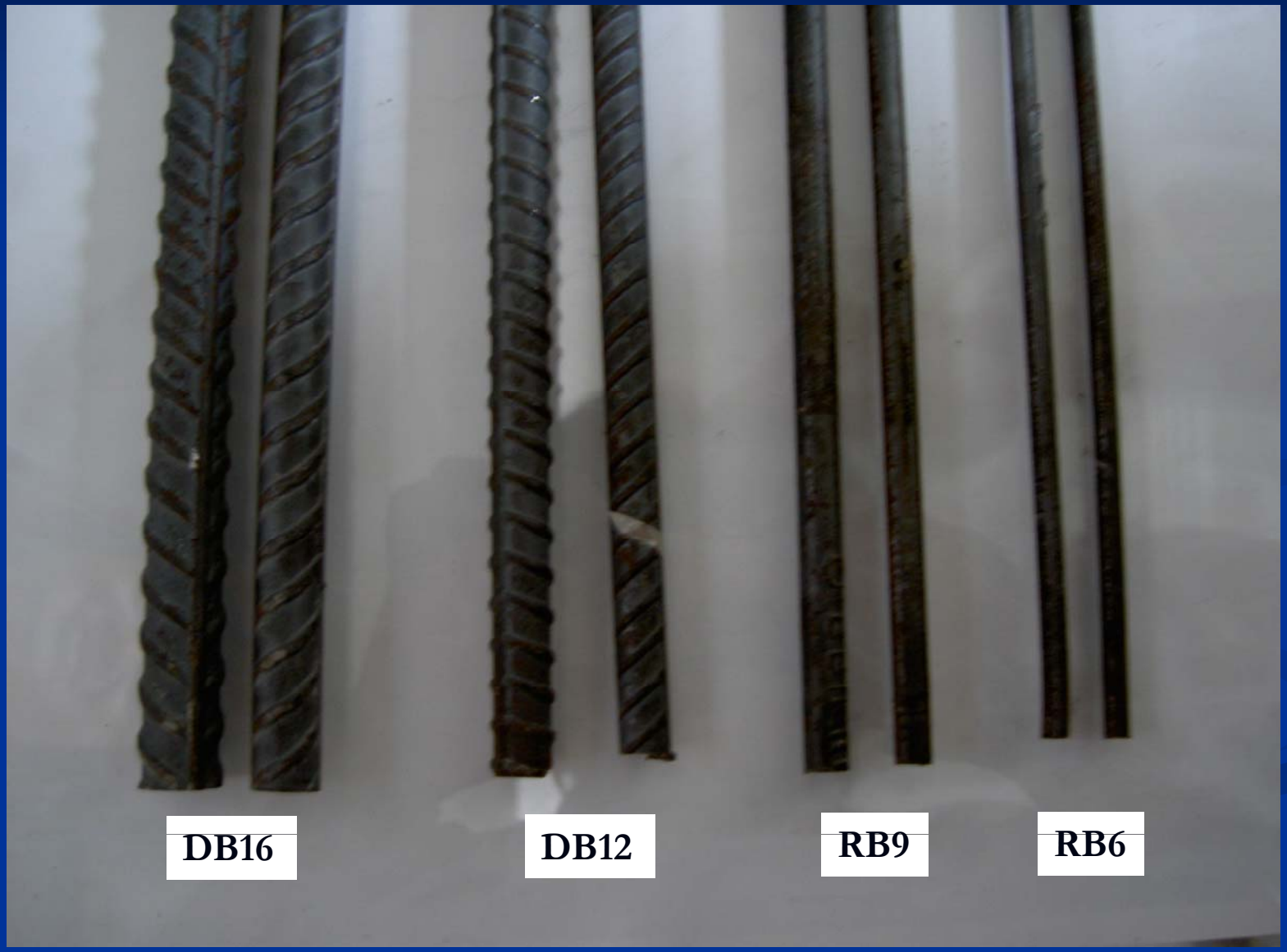
ตัวคูณลดกำลัง (Ø)	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
(1) แรงดัดที่ไม่มีแรงตามแนวแกน	0.90	0.75
(2) แรงอัดตามแนวแกน		
(2.1) เสาคอนกรีตเสริมเหล็กปลอกเกลียว	0.75	0.625
(2.2) เสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดี่ยว	0.70	0.60
(3) แรงเฉือนและแรงบิด	0.85	0.70
(4) แรงแบกทานบนคอนกรีต	0.70	0.60

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงเฉือน

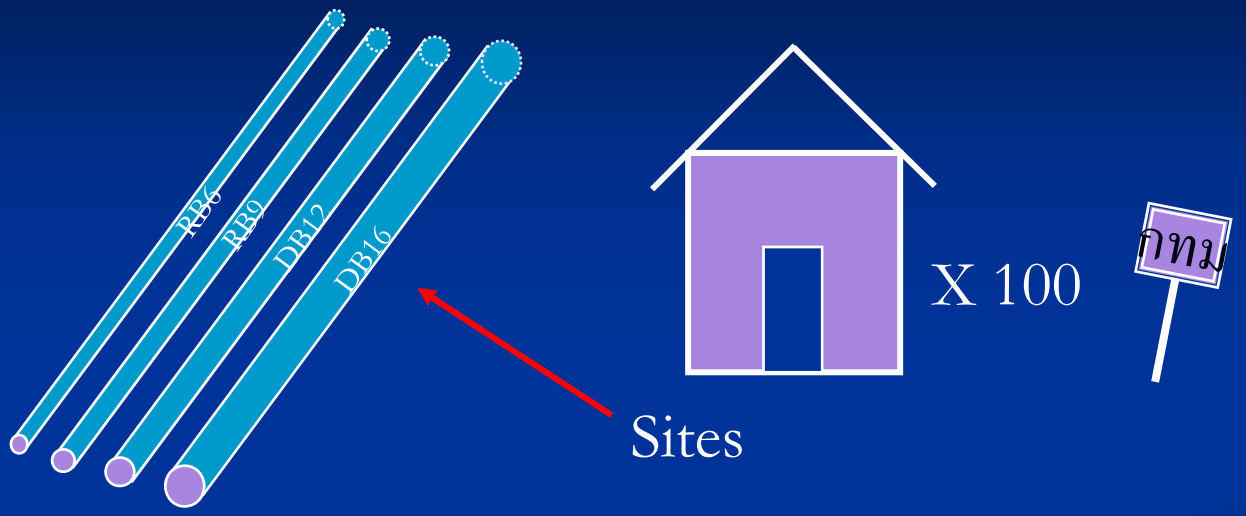


$$V_n = V_c + V_s = 0.53\sqrt{f_c'}b_w d + \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

ตัวอย่างเหล็กเส้นในตลาดไทย

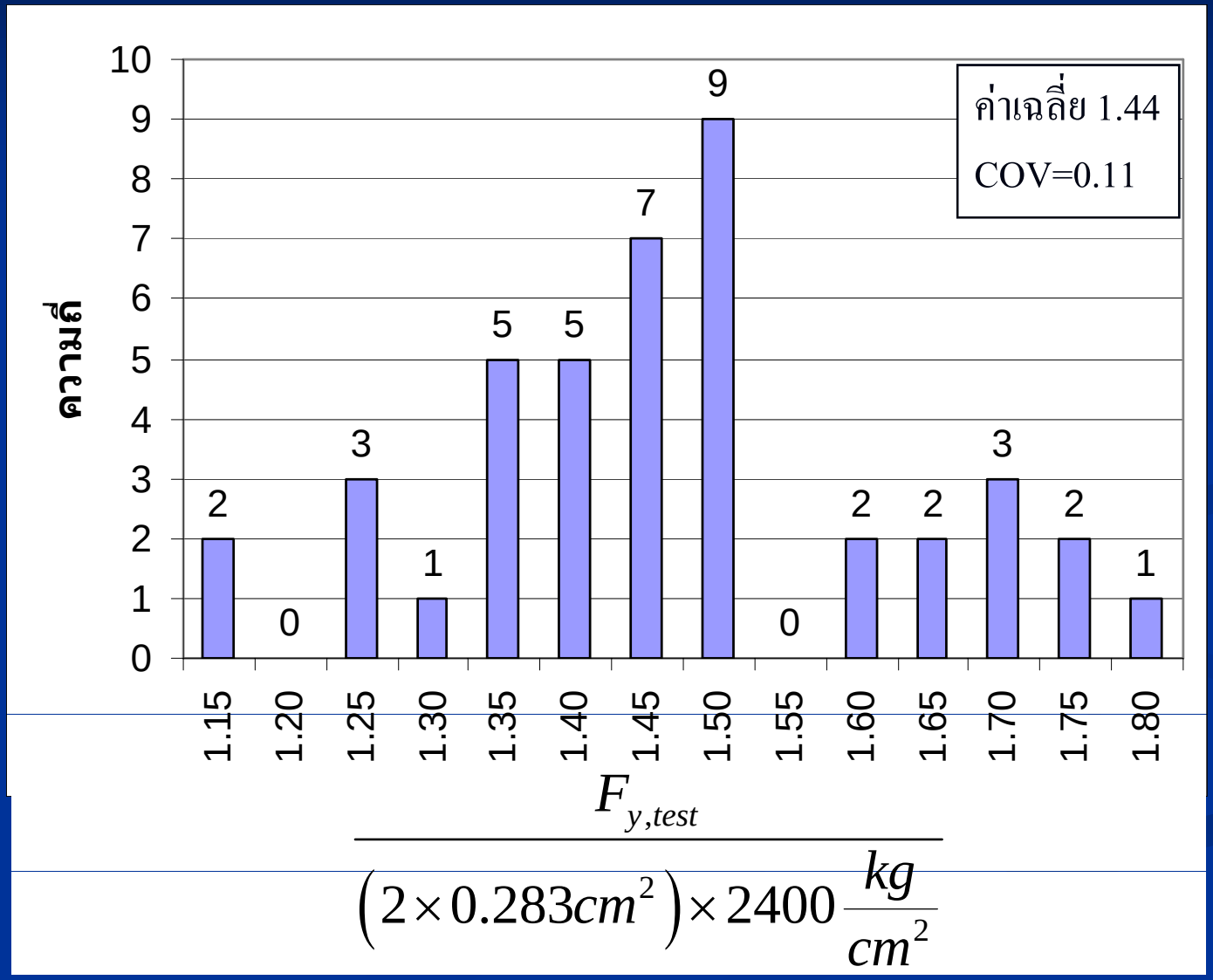


ความนำ (ต่อ)

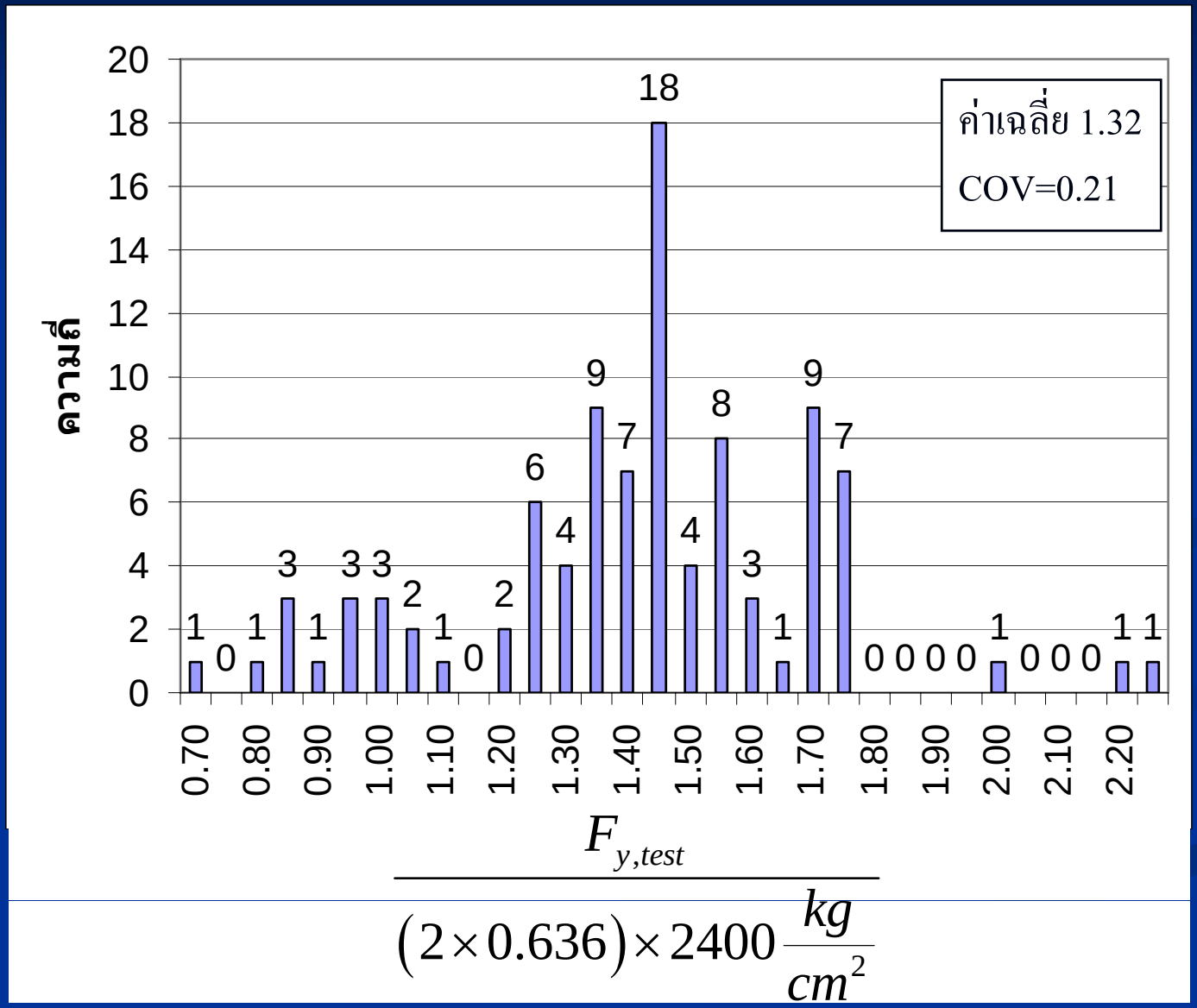


- การศึกษาถึงการกระจายของมวลต่อความยาว ของการก่อสร้างในประเทศไทย จำกัดเฉพาะโครงสร้างบ้านพักอาศัย ในเขต กทม. และปริมณฑล เฉพาะขนาด RB6 RB9 DB12 และ DB16
- ใช้ข้อมูลการกระจายของมวลต่อความยาว มาทดลองวิเคราะห์เพื่อเลือกค่าตัวคูณลดกำลัง

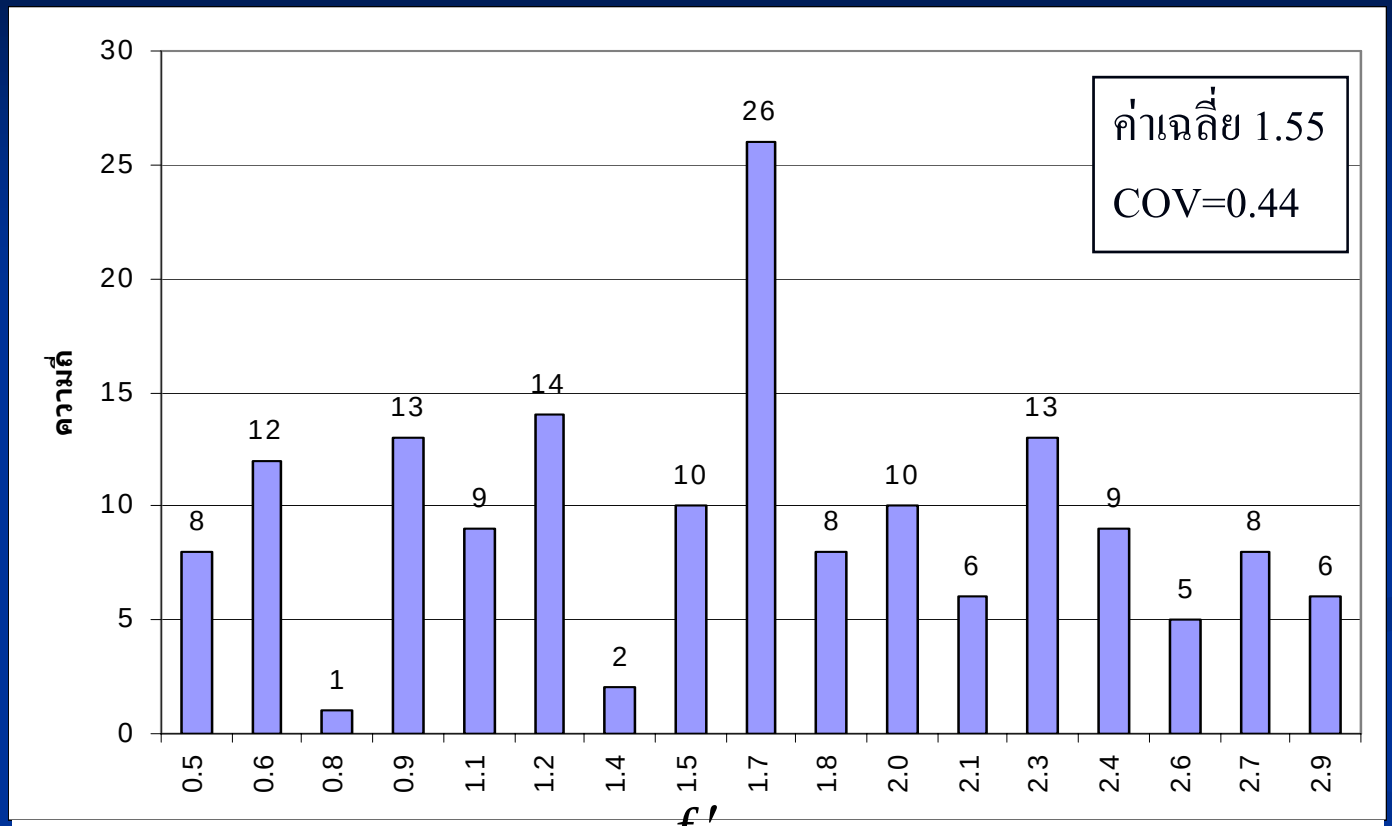
กราฟการกระจายของ เหล็กเสริม RB6 ตัวอย่าง



กราฟการกระจายของเหล็กเสริม RB9 ตัวอย่าง



กราฟการกระจายของกำลังอัดคอนกรีตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพ



ข้อ ๘ ในการคำนวณส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กตามทฤษฎีกำลังประลัยให้ใช้ค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตไม่เกิน ๑๕ เมกาปาสกาล (๑๕๐ กิโลกรัมแรงต่อตารางเซ็นติเมตร).

Load Effect, Q เป็นตัวแปรสุ่ม

Load Combinations

$$D$$

$$D + L$$

$$D + L + W$$

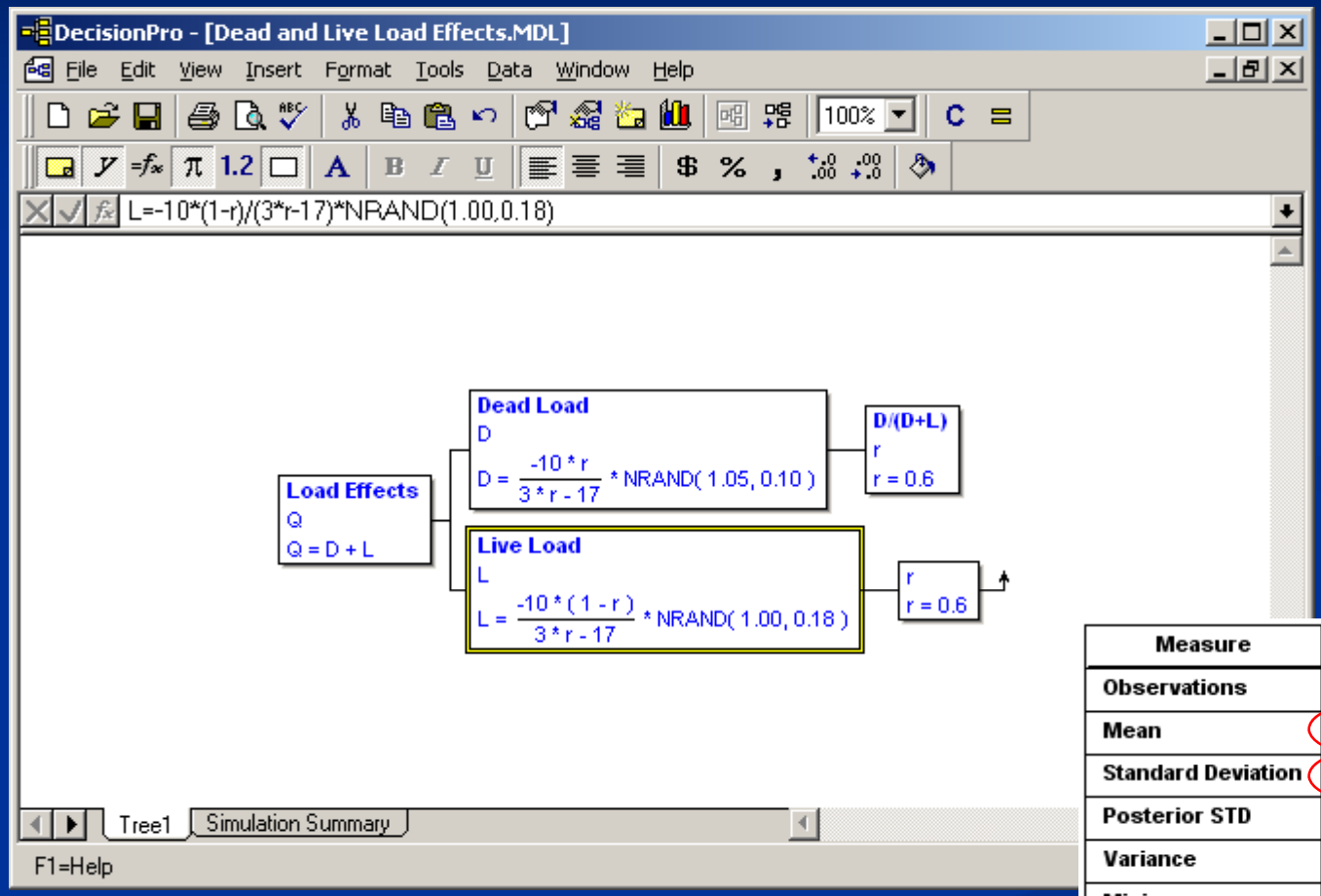
$$D + L + E$$

$$D + L + S + W$$

$$D + L + S + E$$

ประเภทของน้ำหนักบรรทุก	ณ. เวลาใด ๆ		สูงสุดในรอบ 50 ปี	
	λ_{load}	ν_{load}	λ_{load}	ν_{load}
คงที่ D (หล่อในที่)	1.05	0.10	1.05	0.10
คงที่ D (หล่อจากโรงงาน)	1.03	0.08	1.03	0.08
จร L	0.24	0.65	1.00	0.18
หิมะ S	0.20	0.87	0.82	0.26
ลม W	0.00	0.00	0.78	0.37
แผ่นดินไหว E	0.00	0.00	0.66	0.56

Monte Carlo Simulations สำหรับ Load Effect, Q

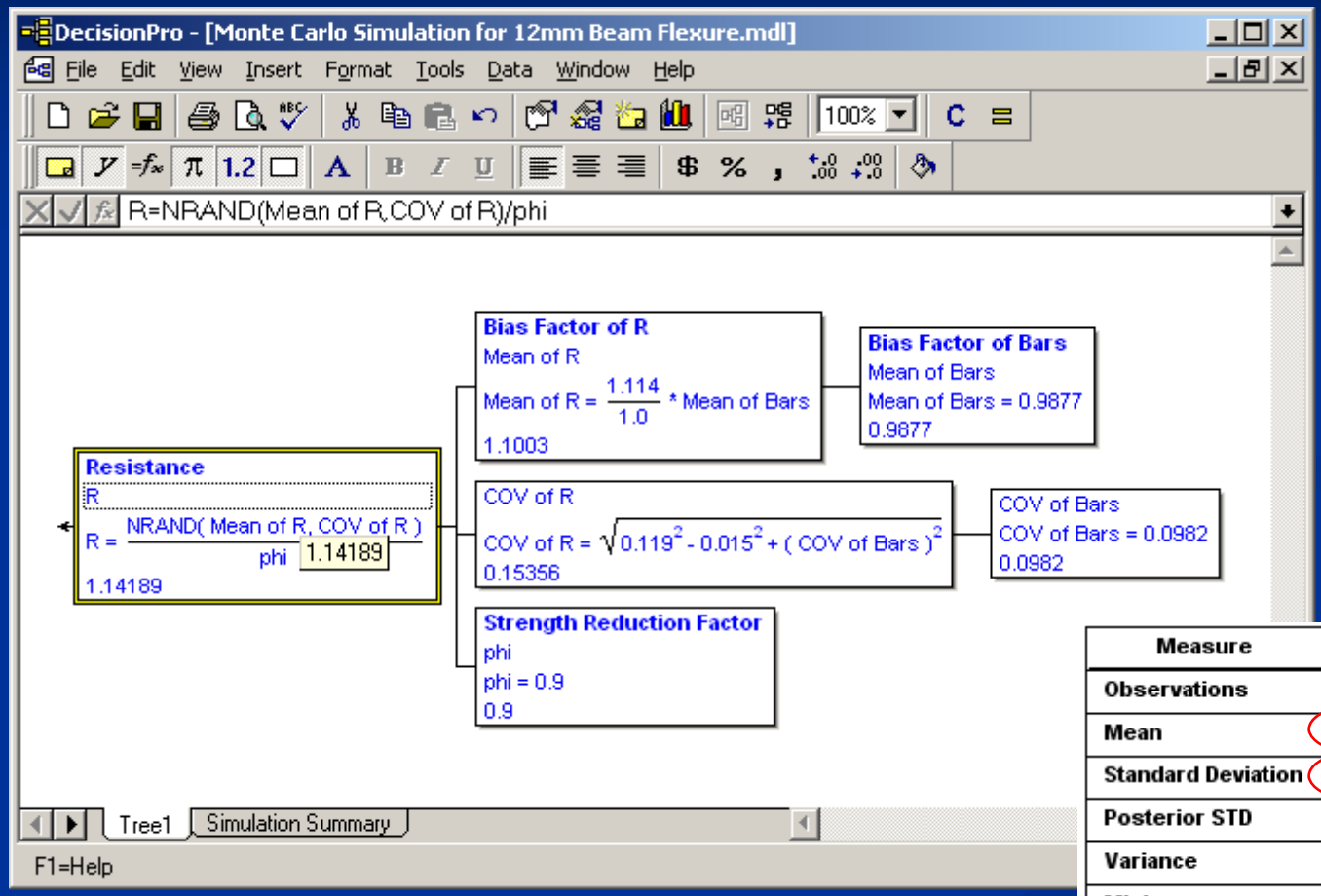


Measure	Value
Observations	10000
Mean	0.67789
Standard Deviation	0.06134
Posterior STD	0.00061
Variance	0.00376
Minimum	0.44934
5th Percentile	0.57786
Median	0.67798
95th Percentile	0.77854
Maximum	0.92894

μ_Q

σ_Q

Monte Carlo Simulations สำหรับ Resistance, R



Measure	Value
Observations	10000
Mean	1.22405
Standard Deviation	0.17054
Posterior STD	0.00171
Variance	0.02908
Minimum	0.49921
5th Percentile	0.94244
Median	1.22179
95th Percentile	1.5071
Maximum	1.90574

μ_R

σ_R

ดัชนีความเชื่อมั่นของโครงสร้างที่ออกแบบ

- สำหรับทุก ๆ กรณี
  - คานหล่อในที่, พื้นหล่อในที่
  - เหล็กเสริมขนาดต่าง ๆ กัน
  - ค่า $\frac{D}{D+L}$ ต่าง ๆ กัน
  - ค่า ϕ ต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.9 เพิ่มที่ละ 0.05
- คำนวณค่า $\beta = \frac{\mu_R - \mu_Q}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2}}$
- เขียนกราฟระหว่างค่า β กับ $\frac{D}{D+L}$

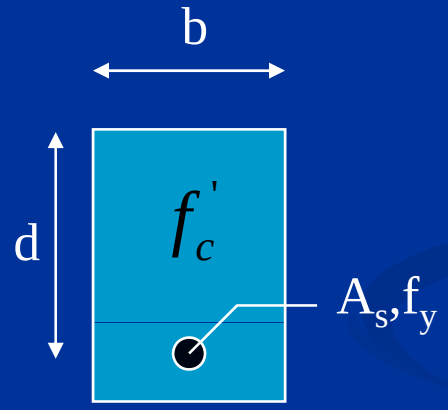
สรุป

- เลือกค่าตัวคูณลดกำลัง ที่รักษาระดับความเชื่อมั่นเท่าเดิม (ACI318)

ชิ้นของชิ้นส่วนโครงสร้าง	ขนาดของเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด	β_{orig} (ACI318)	ϕ "กรณีที่ 2" $\frac{5}{6}\times 0.90$	ϕ	β
คานหล่อในที่	DB12	3.54	0.75	0.75	3.63
	DB16			0.70	3.41
พื้นหล่อในที่	RB6	2.45		0.75	2.44
	RB9			0.65	2.42
	DB12			0.80	2.48

ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาข้อมูลทางสถิติอื่น ๆ ของการก่อสร้างไทย
  - คุณสมบัติอื่น ๆ ของวัสดุที่มีผล
  - ศึกษาการกระจายของตัวแปรอื่น ๆ



$$M_n\left(f_c', f_y, b, d, A_s\right)$$

- ศึกษาถึงขีดจำกัดอื่น ๆ เช่น แรงเฉือน (จะนำเสนอใน โยธาแห่งชาติ 11)