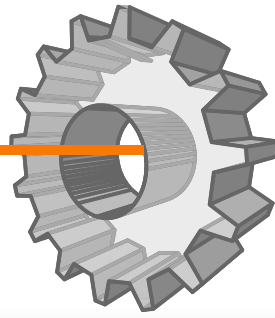




มุมนักออกแบบ (Design Tip)



ตอนที่

27



รองศาสตราจารย์ ดร. อมร พิมานมาศ

กรรมการอำนวยการ และ ประธานคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมโครงสร้างและสะพาน วสท.

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



การใช้ค่า K และการคำนวณคาบธรรมชาติ T ในกฎกระทรวงต้านแผ่นดินไหว

สวัสดีครับ ท่านผู้อ่านทุกท่าน มุมนักออกแบบในตอนนี้ เรามาดูกันเรื่องกฎกระทรวงต้านทานแผ่นดินไหวสักนิด
นี่นะครับ ท่านผู้อ่านคงจะทราบกันดีอยู่แล้วว่าปัจจุบันเรามีกฎกระทรวงต้านทานแผ่นดินไหวปี 2550 ซึ่งได้กำหนด
แรงแผ่นดินไหวไว้ดังนี้

$$V = ZIKCS \cdot W$$

- โดยที่ V = แรงเฉือนที่ฐาน
- Z = สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว
- I = สัมประสิทธิ์ความสำคัญของอาคาร
- K = สัมประสิทธิ์ระบบโครงสร้างอาคาร
- C = สัมประสิทธิ์คาบธรรมชาติของอาคาร
- S = สัมประสิทธิ์ของดิน

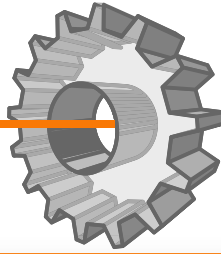
ในบรรดาค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดนี้ ดูเหมือนว่าสัมประสิทธิ์ K จะยังมีความสับสนในการใช้งานกันอยู่ค่อนข้างมาก
ทีเดียว ส่วนสัมประสิทธิ์ตัวอื่น ๆ มีสูตรหรือสมการที่ชัดเจนอยู่แล้ว เนื่องจากค่า K เป็นค่าที่มีความสำคัญเพราะปรากฏอยู่
ในสูตรการคำนวณแรงแผ่นดินไหว หากใช้ค่า K ไม่ถูกต้องก็อาจจะได้แรง V ผิดไปจากความเป็นจริง





ดร. ออมร

มุมนักออกแบบ (Design Tip)



TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
Member

รศ.ดร. ออมร พิชานมาต



27

การใช้ค่า K และการคำนวณคาบธรรมชาติ T ในกฎกระทรวงต้านแผ่นดินไหว

มุมนักออกแบบในตอนนี้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ค่า K ให้ถูกต้อง แต่ก่อนอื่นต้องเรียนให้ทราบก่อนว่าค่า K เป็นสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้างที่ต้านแรงด้านข้างของอาคารซึ่งในข้อ 9 ของกฎกระทรวงได้ให้ตารางค่าสัมประสิทธิ์ดังแสดงในรูปที่ 1

ในตารางจะเห็นว่าได้จำแนกโครงสร้างออกเป็น 5 ข้อ คำถามที่มักจะได้รับก็คือหากต้องการจะออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวจะใช้ค่า K เท่าไร ถ้าหากดูในตารางจะพบว่ามีให้เลือกสองข้อคือข้อ 2 และ ข้อ 5 ซึ่งพูดถึงโครงสร้างแรงดัดทั้งคู่แต่ข้อ 2 ระบุว่าหากเป็นโครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวให้ใช้ $K = 0.67$ ส่วนข้อ 5 ระบุว่าหากเป็นโครงสร้างแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดให้ใช้ $K = 1.0$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อ 2 และข้อ 5 พบว่าค่า K ของข้อ 5 มีค่าแตกต่างจากของข้อ 2 อย่างมาก ซึ่งก็จะทำให้ได้แรงที่ใช้ในการออกแบบแตกต่างกันตามไปด้วย

ทีนี้จะใช้ค่า K เท่าไรจึงจะถูกต้องนั้น ก่อนอื่นเราต้องมาดูรายละเอียดของโครงสร้างกันเสียก่อน หลายคนอาจจะยังไม่ทราบว่าโครงสร้างสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทตามมาตรฐาน ACI318 ดังนี้

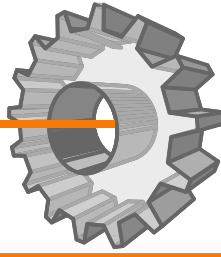
1. โครงสร้างแบบธรรมดา (OMF = ordinary moment frame) เป็นโครงสร้างที่เรารู้จักคุ้นเคยกันดี เป็นโครงสร้างที่สามารถต้านแรงด้านข้างได้ แต่ปราศจากความเหนียวจึงไม่สามารถโยกตัวได้มาก
2. โครงสร้างที่มีความเหนียวปานกลาง (IMF = Intermediate moment frame) ใน มยพ. 1301-54 เรียกโครงสร้างชนิดนี้ว่าโครงสร้างที่มี ความเหนียวจำกัด เป็นโครงสร้างที่สามารถต้านแรงด้านข้างได้ มีความเหนียวในระดับปานกลาง สามารถโยกตัวได้ระดับหนึ่ง
3. โครงสร้างที่มีความเหนียวพิเศษ (SMF = special moment frame) ใน มยพ. 1301-54 เรียกโครงสร้างชนิดนี้ว่าโครงสร้างที่มี ความเหนียว เป็นโครงสร้างที่สามารถต้านแรงด้านข้างได้ มีความเหนียวสูง และสามารถโยกตัวได้มาก





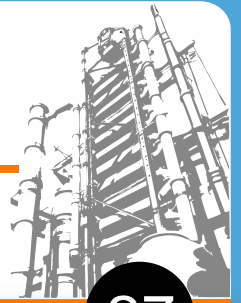
ดร.อมร

มุมนักออกแบบ (Design Tip)



TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
Member

รศ.ดร. อมร พิชานมาต



27

การใช้ค่า K และการคำนวณคาบธรรมชาติ T ในกฎกระทรวงต้านแผ่นดินไหว

ระบบและชนิดโครงสร้างรับแรงในแนวนอน	ค่าของ K
(๑) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Wall) หรือ โครงสร้างค้ำ (Braced Frame) ด้านแรงทั้งหมดในแนวนอน	๑.๓๓
(๒) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียว (Ductile Moment-Resisting Frame) ด้านแรงทั้งหมดในแนวนอน	๐.๖๗
(๓) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียวร่วมกับ กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงสร้างค้ำด้านแรงในแนวนอน โดยมีข้อกำหนด ในการคำนวณออกแบบ ดังนี้	๐.๘๐
(ก) โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวนอนได้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๕ ของแรงในแนวนอนทั้งหมด	
(ข) กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงสร้างค้ำเมื่อแยกเป็นอิสระจาก โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวนอนได้ทั้งหมด	
(ค) โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือ โครงสร้างค้ำต้องสามารถต้านแรงในแนวนอนได้ทั้งหมด โดยสัดส่วน ของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบ ให้เป็นไปตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง	
(๔) หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า ๔ ต้น และมีแกนแข็งและไม่ได้ตั้งอยู่ บนอาคาร	๒.๕
หมายเหตุ ผลคูณระหว่างค่า K กับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ ๐.๑๒ และ ค่าสูงสุดเท่ากับ ๐.๒๕	
(๕) โครงสร้างค้ำที่มีความเหนียวจำกัดและโครงสร้างระบบอื่น ๆ นอกจาก โครงสร้างค้ำตาม (๑) (๒) (๓) หรือ (๔)	๑.๐

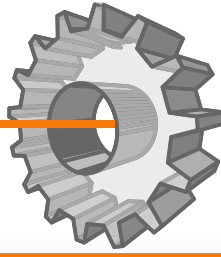
รูปที่ 1 สัมประสิทธิ์ค่า K สำหรับโครงสร้างประเภทต่างๆ (จากกฎกระทรวงปี 2550)





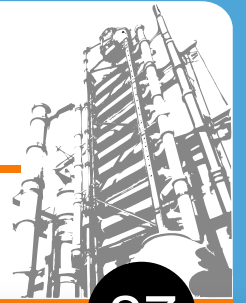
ดร.อมร

มุมนักออกแบบ (Design Tip)



TUMCIVIL.COM
engfanatic CLUB

รศ.ดร. อมร พิชานมาต



27

การใช้ค่า K และการคำนวณคาบธรรมชาติ T ในกฎกระทรวงต้านแผ่นดินไหว

โครงสร้างทั้งสามประเภทนั้นแตกต่างกันที่ระดับความเหนียวดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำรายละเอียดการเสริมเหล็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่เหล็กปลอกที่ปลายคานและปลายเสา การเลือกใช้โครงสร้างประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของแต่ละพื้นที่ หากเป็นพื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวหรือเป็นพื้นที่ที่กฎกระทรวงไม่ได้บังคับใช้ ก็สามารถใช้ OMF ได้ แต่หากเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยระดับปานกลางได้แก่ บริเวณที่ 1 หรือ 2 ในกฎกระทรวงฯ จะต้องเป็นโครงสร้างที่มีความเหนียวปานกลางขึ้นไป และหากเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยระดับสูงถึงสูงมาก เช่น ประเทศนิวซีแลนด์หรือญี่ปุ่นก็ต้องใช้โครงสร้างที่มีความเหนียวพิเศษเท่านั้น

มีข้อสังเกตที่น่าจะต้องบอกให้ท่านผู้อ่านรับทราบกันอยู่สามสี่ประเด็นดังนี้

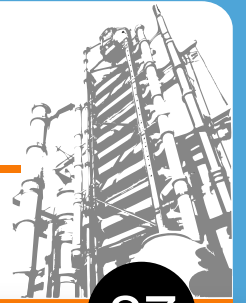
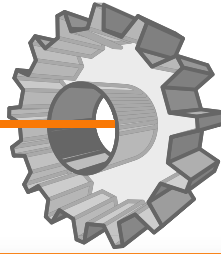
- (1) กฎกระทรวงใช้คำว่า “เหนียว” หมายถึง “เหนียวพิเศษ” และ “เหนียวจำกัด” หมายถึง “เหนียวปานกลาง”
- (2) ประเทศไทยไม่ได้จัดเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวสูงเพราะกฎกระทรวงปี 2550 ระบุเฉพาะบริเวณที่ 1 และ 2 เท่านั้น ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้าง ท่านสามารถเลือกใช้โครงสร้างที่มีความเหนียวจำกัด (เหนียวปานกลาง) หรือโครงสร้างที่มีความเหนียว (เหนียวพิเศษ) ก็ได้ หากใช้โครงสร้างที่มีความเหนียวจำกัดจะใช้ค่า $K = 1.0$ (ตามข้อ 5 ของตาราง) แต่หากใช้โครงสร้างที่มีความเหนียว (เหนียวพิเศษ) จะใช้ค่า $K = 0.67$ (ตามข้อ 2 ของตาราง)
- (3) จากข้อ (2) จะเห็นว่ากฎกระทรวงได้ให้ทางเลือกไว้ กล่าวคือหากท่านเลือกที่จะออกแบบให้เป็นโครงสร้างที่มีความเหนียวจำกัด ท่านก็ต้องออกแบบให้โครงสร้างของท่านต้านแรงมากขึ้น ($K = 1.0$) แต่ในด้านความเหนียวก็สามารถทำให้มีความเหนียวในระดับปานกลางได้ แต่หากท่านออกแบบให้เป็นโครงสร้างที่มีความเหนียว ท่านก็สามารถลดแรงลงได้มากทีเดียว ($K = 0.67$) แต่ก็ต้องชดเชยด้วยการทำให้โครงสร้างของท่านมีความเหนียวเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษ หากถามว่าทางเลือกไหนประหยัดกว่ากันก็อาจจะยังตอบไม่ได้ คงต้องดูเป็นอาคารๆ ไป เพราะค่าใช้จ่ายจะไปปรากฏกันคนละด้าน กล่าวคือหากออกแบบให้เป็นโครงสร้างที่มีความเหนียวจำกัด จะเสียค่าใช้จ่ายในการทำให้งัดรับน้ำหนักของโครงสร้างเพิ่มขึ้น แต่ก็ประหยัดการทำรายละเอียดการเสริมเหล็กลงไป แต่หากท่านออกแบบเป็นโครงสร้างที่มีความเหนียวก็จะประหยัดค่าใช้จ่ายเพราะแรงที่มากกระทำจะลดลงไปถึง 33% แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำให้อาคารมีความเหนียวเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษ ก็เรียกได้ว่ามีข้อดีข้อเสียกันคนละอย่าง
- (4) ในทางปฏิบัติ ขณะนั้นมยผ. 1301-54 ได้กำหนดรายละเอียดการเสริมเหล็กสำหรับโครงสร้างที่มีความเหนียวจำกัดเท่านั้น ส่วนรายละเอียดการเสริมเหล็กสำหรับโครงสร้างที่มีความเหนียวนั้นยังไม่มีหน่วยงานใดในประเทศไทยได้ออกมาตามมาตรฐานดังกล่าวขึ้น ซึ่งหากจะใช้จริงคงต้องไปอ้างอิงจากมาตรฐาน ACI318 (คู่มือที่ 21) แต่เนื่องจาก ACI เป็นมาตรฐานต่างประเทศ หากนำมาใช้งานก็จะต้องมีวิศวกรมาเซ็นรับรองด้วย ดูแล้วก็อาจจะเป็นการเพิ่มความยุ่งยากไปอีกชั้นหนึ่ง (รวมทั้งอาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการเซ็นรับรองของวิศวกรด้วย)



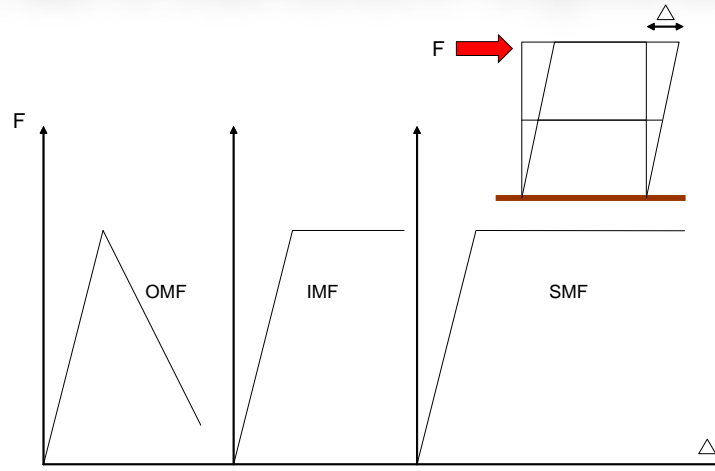
4/5



มุมมองออกแบบ (Design Tip)



การใช้ค่า K และการคำนวณคาบธรรมชาติ T ในกฎกระทรวงต้านแผ่นดินไหว



รูปที่ 2 โครงดัดประเภทต่างๆ

เอาล่ะครับ เนื้อที่หน้ากระดาษหมดพอดี แต่จะขอแถมให้อีกนิดครับ หากท่านคำนวณค่าการแกว่งตามธรรมชาติ (T) ของอาคารโดยใช้กฎกระทรวงฯ จะเห็นว่ากฎกระทรวงฯ ได้ให้สูตรไว้สองสูตรคือ

สำหรับอาคารทั่วไปทุกชนิด

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}}$$

สำหรับอาคารที่มีโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว

$$T = 0.1N$$

เมื่อ h_n คือ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

D คือ ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรงแผ่นดินไหวมีหน่วยเป็นเมตร

N คือ จำนวนชั้นของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

เห็นมั้ยครับว่าสูตรที่สองคือสูตรสำหรับโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว ซึ่งตั้งที่ผมได้อธิบายไปแล้วว่าในกฎกระทรวงฯ คำว่า “เหนียว” หมายถึง “เหนียวพิเศษ (SMF)” ดังนั้นหากท่านออกแบบเป็นโครงดัดที่มีความเหนียวจำกัด ท่านจะใช้สูตรที่สองไม่ได้เพราะจะให้ค่า T ที่มากเกินไป และจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ $C = 1/(15\sqrt{T})$ มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง และจะทำให้ท่านได้แรงแผ่นดินไหวที่น้อยเกินไปตามมาด้วย ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่ท่านใช้โครงดัดที่มีความเหนียวจำกัดท่านต้องใช้สูตรแรกในการคำนวณค่าคาบธรรมชาติของอาคารเท่านั้นครับ

ครับ การใช้ค่า K ยังมีประเด็นที่ต้องพูดกันต่อครับ ยังไม่จบลงในตอนนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับระบบโครงสร้างที่มีการใช้กำแพงเชื่อมร่วมกับโครงดัดจะใช้ค่า K เท่าไร ซึ่งผมจะมาอธิบายให้ฟังกันต่อในมุมมองออกแบบในฉบับหน้า แล้วพบกันใหม่ครับ สวัสดี

