اصول طول کمانش

طول کمانش – آیا به آن نیاز داریم؟

برای طراحی پایداری المان‌های فولادی به طول کمانش نیاز دارید. این قضیه سال‌ها درست بود، اما اکنون می‌توان این جمله را این‌گونه تعریف کرد:

شما می‌توانید از طول کمانش المان‌ها برای طراحی پایداری آن‌ها استفاده کنید.

یورو کد درواقع چندین روش متفاوت برای طراحی ارائه کرده است. در بعضی از این روش‌ها اشاره‌ای به طول کمانش نشده است. ضریب افزایش بار الاستیک بحرانی و ظرفیت شکل‌پذیری را محاسبه کنید. با کمک این دو مورد می‌توانید لاغری را بدون طول کمانش، محاسبه کنید. البته، می‌توانید از روش‌های غیرخطی برای طراحی استفاده کنید، اما این کار زمان‌بر است.

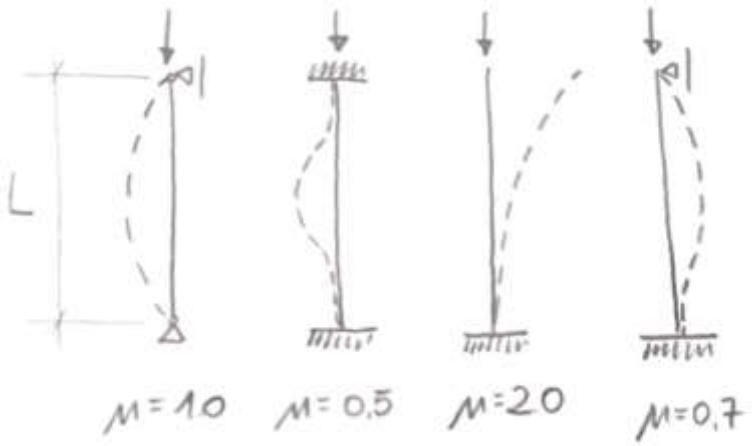
در این مقاله، فرض را بر این قرار می‌دهیم که محاسبات را به روش کلاسیک انجام می‌دهید. در چنین روشی تعریف طول کمانش راحت است. دقت کنید که بیشتر راه‌حل‌های نرم‌افزاری هنوز از روش کلاسیک برای طراحی استفاده می‌کنند- این به این معنی نیست که شما نیاز به انجام محاسبات دستی دارید.

ضریب طول کمانش

فکر می‌کنم از طراحی استاتیک به یاد دارید که برخی طول‌های کمانش «معمول» وجود دارند. چیزی که همه به حافظه سپردند و اکنون با خوشحالی استفاده می‌کنند.

صادقانه بگویم من خیلی به آن‌ها علاقه‌مند نیستم، بیشتر به دلیل اینکه استفاده از آن‌ها ممکن است منجر به مشکلاتی شود که در این پست به شما نشان خواهم داد.

همه این‌ها به یک «ضریب کمانش» ختم می‌شوند که شما باید در طول ستون ضرب کنید. این ضریب به شرایط مرزی/ تکیه‌گاه‌ها در انتهای ستون بستگی دارد و به‌طور کلی به این شکل است:



طول کمانش = $\mu \cdot L$

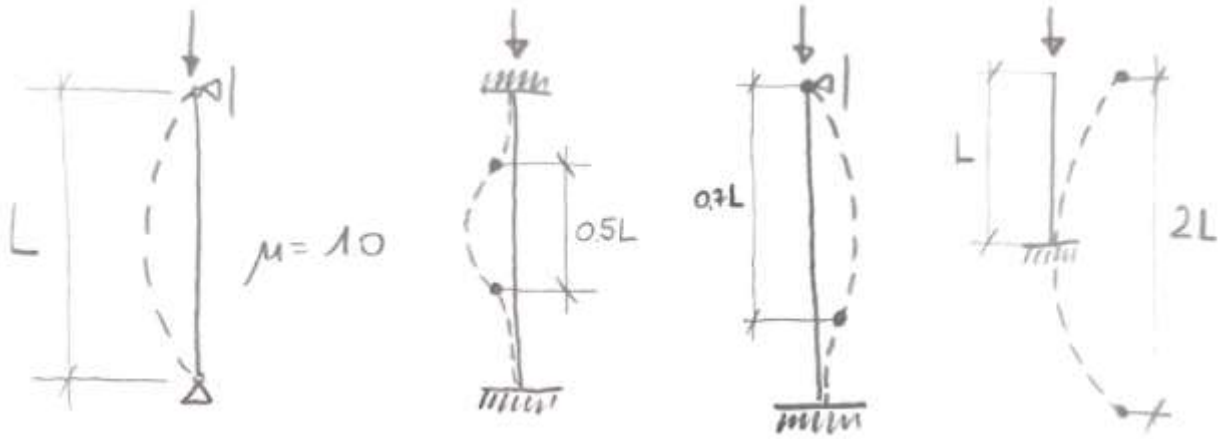
متأسفانه، چیزی که به‌راحتی فراموش می‌شود این است که این عمل فقط در سیستم‌های بدون حرکت جانبی درست است. این بدین معنی است که اگر انتهای بالایی بتواند در جهت افقی حرکت کند نتایج دیگر درست نخواهند بود.

طول کمانش چیست؟

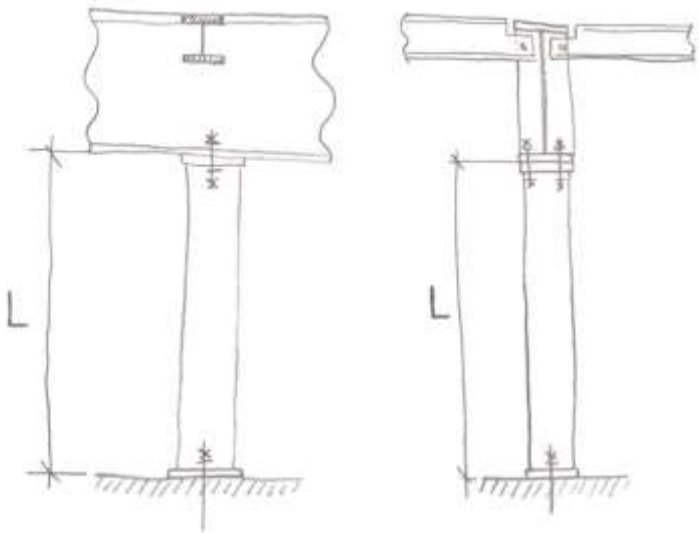
سؤال بسیار خوبی است. در تمام کتاب‌های درسی طول کمانش به‌صورت طول المانی که در ضریب طول کمانش ضرب می‌شود، ارائه می‌گردد. این البته درست است، اما اگر درباره آن فکر کنید، هر فاصله‌ای یک طول مشخص و یک ضریب دارد. این‌طور نیست؟

این مسئله ما را به حقیقت نزدیک‌تر می‌کند:

طول کمانش طولی از المان هنگام خم شدن و تبدیل‌شدن آن به یک نیم موج سینوسی است. با داشتن این موضوع در ذهن، بیایید بار دیگر به مقادیر کلاسیک نگاه بیندازیم:

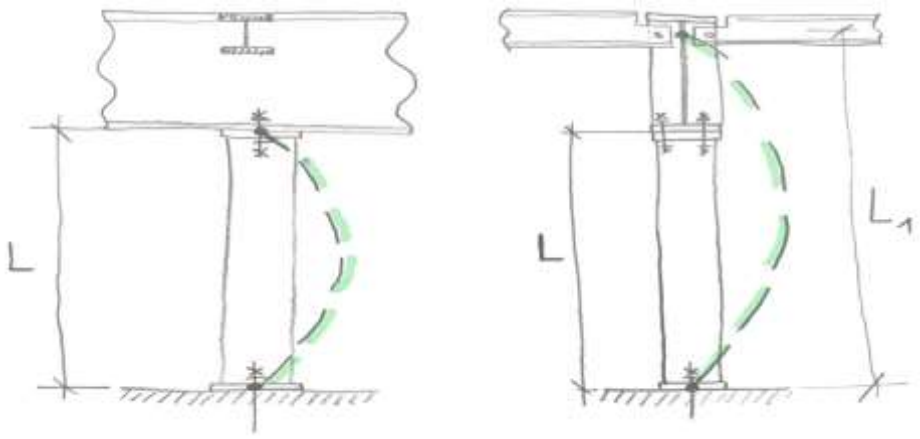


مسئله کم اهمیتی به نظر می‌رسد، نه؟ منظورم این است که در واقع نتیجه یکسان است؛ اما یک تفاوت وجود دارد. یک سیستم را تصور کنید که یک تیر خیلی بلند و باریک روی ستون قرار گیرد و در جهت عمود فقط تیرهای کوچک حضور دارند. بدین‌صورت خواهد بود:



اگر در مورد ضرایب برای طول کمانش فکر کنیم، به‌احتمال زیاد فرض می‌کنیم که طول ستون L باید به‌اندازه محور بزرگ تیر باشد و اینکه ضریب ۱ است. (زیرا یک اتصال مفصلی است)؛ اما در موقعیت‌های شبیه آن، واقعاً این اتفاق نمی‌افتد. اگر در نظر بگیرید که چگونه ستون تغییر شکل خواهد داد، به‌راحتی متوجه می‌شوید که بسته به صفحه کمانش ۲ طول کمانش متفاوت وجود دارد.

در صفحه «تیر بزرگ»، ستون از زیر بال تیرآهن شروع می‌کند به درست کردن یک کمان، در حالی که در جهت عمود، کمان با رسیدن به تیرهای «کوچک‌تر» بلندتر خواهد بود. در نهایت مانند شکل زیر خواهد بود:

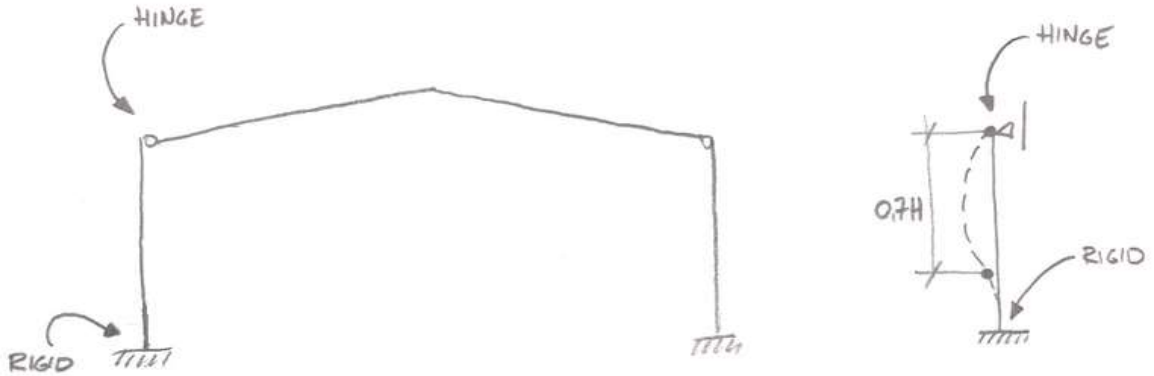


متأسفانه چنین موقعیت‌هایی را سخت می‌توان به روش «ضریب» توضیح داد. مطمئناً، اگر طول کمانش را بدانید به‌راحتی می‌توانید ضریب را از آن به دست بیاورید... اما چگونه بدون انجام این کار، متوجه شویم ضریب چقدر است؟

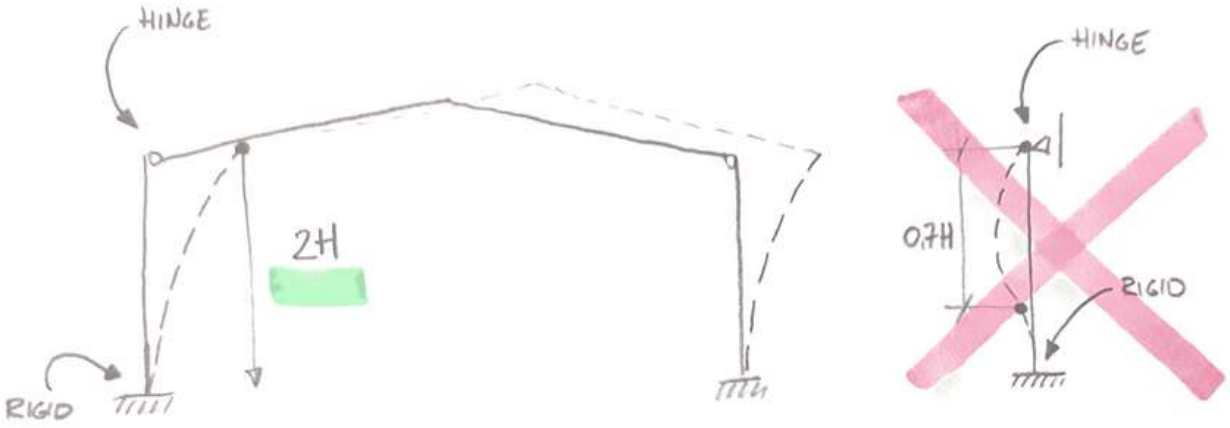
چرا این موضوع حائز اهمیت است؟

من کاملاً مطمئنم که هر جا را نگاه کنید، طول کمانش همیشه با ضرایب توضیح داده شده است. فکر می‌کنم مهندسی را بدین‌صورت یاد می‌دهند. مطمئناً باید استثناهایی وجود داشته باشد، اما به‌طور کلی به این شکل به نظر می‌رسد.

وقتی آن را فقط به این طریق می‌بینید، به‌راحتی خطاهای مخرب ایجاد می‌شود. بهترین مثال چنین خطایی یک قاب فولادی ساده است:



اولین چیزی که دانشجوها فکر می‌کنند این است که تکیه‌گاه گیردار- تکیه‌گاه مفصلی=۰,۷. البته مسئله مورد نظر این نیست. در واقع، مسئله خیلی بدتر از این است. واقعیت این است که چنین قابی به این صورت تغییر شکل می‌دهد:



اگر تغییر شکل ستون شبیه به طره باشد، تصادفی نخواهد بود.

مثال بالا بسیار ساده است و اگر بخواهیم طوری در نظر بگیریم که اتصالات مفصلی و گیردار هم داخل این قاب باشند، خیلی پیچیده خواهد شد.

اما نمی‌دانیم سازه چگونه تغییر شکل خواهد داد!

موافقم که دانستن چگونگی تغییر شکل در اثر کمانش، بسیار کمک کننده است؛ اما این خیلی راحت نیست، مخصوصاً در سیستم‌های پیچیده‌تر که بیشتر از سه تیر در آن وجود دارد. به همین دلیل است که آنالیز انشعاب خطی (LBA) در طراحی سازه‌های فولادی در حال رواج یافتن است. این یک الگوریتم FEAاست که نشان می‌دهد سازه پس از شکست در اثر کمانش، چگونه به نظر خواهد رسید.

مترجم: انسیه صالحی

منبع:

https://enterfea.com/buckling-length-basics/