



# مشاوران سازه اندرکنش

طراح تخصصی سازه‌های بتنی دهانه بلند

نگارش و تولید محتوا: مهندس مه تا ایوبی

ناظر علمی: دکتر مجید هاشمی

طول مهار نشده ستون در

**ETABS**

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه..... ۱
- ۲- تحلیل علت بروز خطا..... ۱
- ۳- اصلاح دستی طول مهار نشده..... ۲

## ۱- مقدمه

در فرآیند تحلیل و طراحی سازه‌ها، تعیین صحیح و دقیق طول مهارنشده اعضای فشاری، به ویژه ستون‌ها، یکی از پارامترهای کلیدی در ارزیابی پایداری و مقاومت کمانشی آن‌ها به شمار می‌رود. این پارامتر که با نماد  $L_u$  نمایش داده می‌شود، تأثیری مستقیم و تعیین‌کننده بر ظرفیت باربری محوری عضو دارد.

نرم‌افزار ETABS به‌عنوان یکی از پرکاربردترین ابزارهای مدل‌سازی و طراحی سازه، طول مهارنشده ستون‌ها را به‌صورت پیش‌فرض بر مبنای اتصال گره‌های آن‌ها به دیافراگم صلب طبقات تعریف می‌کند. بر اساس این فرض، تراز طبقات به‌عنوان محل مهار جانبی ستون‌ها در نظر گرفته می‌شود.

با این حال، در شرایطی که ستون‌ها بنا به ملاحظات معماری یا الزامات عملکردی فاقد اتصال مستقیم به دیافراگم اصلی باشند، این رویکرد موجب برآوردی غیرواقعی از ظرفیت کمانشی شده و در نهایت، نتایج طراحی را به سمت ابعادی محافظه‌کارانه و غیر اقتصادی سوق می‌دهد. این خطا در محاسبه، چالشی رایج در پروژه‌ها است؛ به‌طوری‌که طراحان با ستون‌هایی مواجه می‌شوند که نرم‌افزار آن‌ها را با خطای تنش بیش از حد یا O/S نشان می‌دهد. در بسیاری از این موارد، حتی با افزایش قابل توجه ابعاد ستون، این خطا برطرف نمی‌شود، زیرا مشکل اصلی نه در ظرفیت مقطع، بلکه در برآورد اشتباه طول مهارنشده می‌باشد. با اصلاح دستی این پارامتر، اغلب مشاهده می‌شود که خطای O/S رفع شده و ستون با ابعاد اولیه نیز جوابگوی طراحی است.

در این مقاله، به تحلیل این چالش فنی پرداخته شده و راهکار دقیق جهت تعریف و اصلاح دستی طول مهارنشده ستون‌ها در نرم‌افزار ETABS، با هدف دستیابی به نتایج طراحی صحیح و بهینه، ارائه می‌گردد.

## ۲- تحلیل علت بروز خطا

اساس تحلیل پایداری اعضای فشاری در نرم‌افزارهای سازه‌ای، بر پایه مشخصات مقطع، مصالح و شرایط تکیه‌گاهی عضو است. در این میان، محل مهارهای جانبی ستون نقش کلیدی در تعیین طول مهارنشده دارد. در ETABS الگوریتم پیش‌فرض بر این اساس است که ستون‌ها در تراز طبقات توسط دیافراگم صلب یا نیمه‌صلب مهارشده‌اند. بنابراین هر گره ستون که به دیافراگم متصل باشد، به عنوان یک نقطه مهار جانبی شناسایی می‌شود. این فرض در ساختمان‌های متداول با دال‌های یکپارچه معمولاً صحیح است.

اما در شرایط خاص مانند نیم‌طبقه‌ها، یا جایی که ستون فقط به تیر فرعی متصل باشد و دیافراگم تعریف نشده باشد، نرم‌افزار آن گره را مهار تلقی نمی‌کند. در نتیجه طول مهارنشده ستون بیشتر از مقدار واقعی در نظر گرفته می‌شود.

این موضوع نقص نرم‌افزار نیست، بلکه ناشی از پیش‌فرض الگوریتم است. بنابراین کاربر باید با درک این منطق،

در صورت لزوم طول مهارنشده را به صورت دستی در بخش Design Overwrites اصلاح کند.

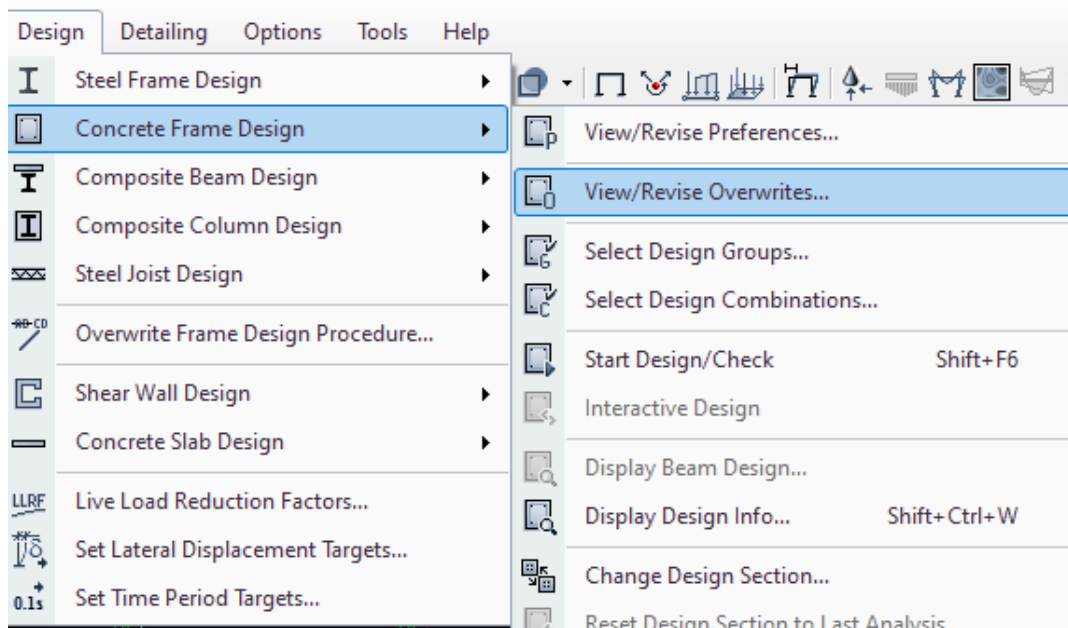
### ۳- اصلاح دستی طول مهار نشده

پس از درک منطق نرم افزار، اکنون می توانیم با استفاده از قابلیت Design Overwrites، پارامترهای صحیح طراحی را مستقیماً به ETABS معرفی کنیم. این روش به ما امکان می دهد تا فرضیات پیش فرض نرم افزار را برای اعضای خاصی لغو کرده و مقادیر مبتنی بر قضاوت مهندسی را جایگزین نماییم. فرآیند کار به شرح زیر است:

**گام اول:** ابتدا ستون یا ستون هایی که فاقد مهار جانبی در تراز دیافراگم هستند را انتخاب کنید.

**گام دوم:** از نوار ابزار بالا، مسیر زیر را دنبال کنید تا پنجره بازبینی پارامترهای طراحی مطابق شکل (۱) باز شود.

Design > [Concrete/Steel] Frame Design > View/Revise Overwrites



شکل (۱) مسیر انتخاب گزینه View/Revise Overwrites جهت اصلاح پارامترهای طراحی ستون در نرم افزار ETABS

**گام سوم:** در پنجره باز شده مطابق شکل (۲)، پارامتر "Unbraced Length Ratio (Major- Minor)" نیاز به اصلاح دارد.

## E Concrete Frame Design Overwrites for ACI 318-19

	Item	Value
01	Current Design Section	C50X40-16T20-6-4-2.51
02	Framing Type	Sway Special
03	Live Load Reduction Factor	0.976664
04	Unbraced Length Ratio (Major)	0.816667
05	Unbraced Length Ratio (Minor)	0.816667
06	Effective Length Factor (K Major)	1
07	Effective Length Factor (K Minor)	1
08	Moment Coefficient (Cm Major)	1
09	Moment Coefficient (Cm Minor)	1
10	NonSway Moment Factor (Dns Major)	1
11	NonSway Moment Factor (Dns Minor)	1
12	Sway Moment Factor (Ds Major)	1
13	Sway Moment Factor (Ds Minor)	1
14	Consider Minimum Eccentricity?	Program Determined

Set To Default Values

Reset To Previous Values

شکل (۲) تنظیمات مربوط به Design Overwrites ستون در نرم افزار ETABS

## • محور Major و محور Minor چیست؟

**محور Major:** محور قوی مقطع ستون، معمولاً محور با ممان اینرسی بالاتر است و مقاومت بیشتری در برابر کمانش دارد.

**محور Minor:** محور ضعیف مقطع ستون، معمولاً محور با ممان اینرسی کمتر است و حساس تر به کمانش جانبی است.

این نسبت باید برای Major و Minor به صورت جداگانه محاسبه و وارد شود.

**گام چهارم:** نحوه محاسبه طول مهارنشده ستون در ETABS

برای محاسبه طول مهارنشده ستون، ابتدا باید محل های واقعی مهار جانبی ستون در هر راستا شناسایی شوند. مهار جانبی می تواند توسط دال، تیر یا هر عضو صلب دیگری که مانع جابجایی جانبی ستون شود، تأمین گردد.

فاصله‌ی محور تا محور بین این نقاط، به عنوان طول واقعی مهارنشده ستون ( $L_u$ ) در نظر گرفته می‌شود. در نرم‌افزار ETABS، هر ستون به صورت یک عضو خطی بین دو گره اصلی مدل می‌شود. طول این عضو که معمولاً برابر با ارتفاع طبقه است، به عنوان طول عضو مدل شده ( $L_{member}$ ) شناخته می‌شود. نسبت طول مهارنشده واقعی به طول عضو مدل شده، مقدار موردنیاز برای ورود در فیلد ضریب طول مهار نشده است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\text{Unbraced Length Ratio} = \frac{L_u}{L_{member}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

این نسبت می‌تواند کمتر، مساوی یا حتی بزرگ‌تر از یک باشد. مقدار کمتر از یک زمانی رخ می‌دهد که در میانه ارتفاع ستون، یک تیر یا عضو جانبی آن را مهار کند. در صورتی که طول واقعی مهارنشده بیشتر از طول عضو مدل شده باشد، این نسبت بزرگ‌تر از یک خواهد شد.

**گام پنجم:** پس از وارد کردن این مقادیر و تأیید پنجره (OK)، نرم‌افزار ETABS در فرآیند طراحی، به جای مقادیر پیش‌فرض خود، از این پارامترهای اصلاح شده توسط کاربر برای محاسبات کمانش و تعیین ظرفیت ستون استفاده خواهد کرد.