تکیه‌گاه‌های غیرخطی در FEA، المان‌های Gap در نرم افزار Femap

اخیراً درخواست جالبی درباره‌ی معرفی تکیه‌گاه‌های غیرخطی در FEA از جانب یک دوست دریافت کردم. من فکر می‌کنم او کار معرفی مسئله را بهتر انجام داده است:

اول اینکه یک قسمت را چگونه می‌توان از طریق تلورانس محدود کرد؟ به عبارتی چگونه می‌توان محدوده خاصی از حرکت برای یک قسمت تعریف کرد که هیچ حرکتی فراتر از آن ممکن نباشد؟

دوم اینکه چگونه می‌توان یک قسمت را تنها در یک جهت از محور ثابت کرد نه در جهت مخالف آن؟ به‌عنوان مثال یک گره در جهت Y+ ثابت باشد و در جهت Y– اجازه‌ی حرکت داشته باشد؟

هردو این سؤالات را می‌توان با یک نوع المان از کتابخانه‌ی NX Nastran پاسخ داد: المان Gap

چرا استفاده از این المان می‌تواند مفید باشد؟

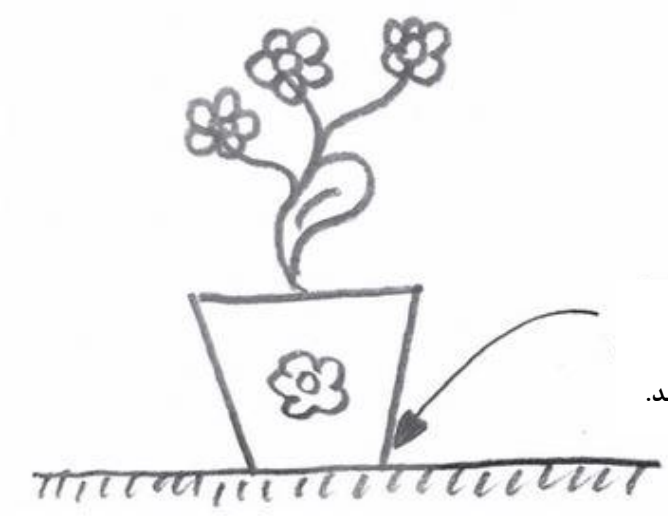
مثال‌های زیادی وجود دارد که المان‌های Gap برتری خود را نشان داده‌اند. مثال مورد علاقه‌ی من تکیه‌گاهی است که در یک جهت بی‌اثر است. چندی پیش توضیح دادم که چگونه می‌توان در تحلیل از تماس جلوگیری کرد. تکیه‌گاه‌هایی که در یک جهت عمل نمی‌کنند جزء این دسته‌بندی قرار می‌گیرند. می‌توانم حدس بزنم که تصور بعضی بر این است که این راه‌حل نسبت به راه‌حل تماس تفاوتی ندارد. در این رویکرد از روش غیرخطی استفاده می‌شود که نیاز به فرآیند تکراری دارد. این موضوع را به‌صورت زیر مطرح خواهم کرد:

المان‌های Gap کاربردهای وسیعی دارند، بخصوص زمانی که می‌خواهید سریع و نسبتاً ساده تکیه‌گاه‌هایی را موردمحاسبه قرار دهید که در یک جهت عمل نمی‌کنند.

همچنین زمانی که باید یک اتصال کشویی بین دو المان داشته باشید مفید هستند. همان‌طور که از نام آن برمی‌آید، می‌توانید «شکافی» (گپ) معرفی نمایید که لازم است قبل از انتقال نیروها بسته شود!

چرا تکیه‌گاه در یک جهت می‌تواند بی‌اثر باشد؟

در اینجا من لحظه‌ای توقف می‌کنم تا توضیح دهم چرا تکیه‌گاه‌ها می‌توانند بی‌اثر باشند و واقعاً این به چه معناست. معمولاً این موضوع به‌صورت مسائل کشش/ فشار توضیح داده می‌شود. نگاهی به این گل بیندازید:



گل بر روی کف قرار گرفته است،

کف در حکم یک تکیه‌گاه است و فشار را تحمل می‌کند.

این گل روی کف قرار گرفته است و این واقعیت که گل پایین‌تر نمی‌رود به این معنی است که پایه‌ی آن یک تکیه‌گاه است. در واقع تکیه‌گاه بسیار قوی است. در صورتی که یک نیروی فشاری به گل وارد کنید، باز هم پایه آن مقاومت خواهد کرد. در واقع اینکه چه مقدار بار می‌توان به این تکیه‌گاه وارد کرد، شگفت انگیز است!

اما اگر نیروی کششی به گل وارد کنید (به‌تدریج و از طریق گلدان!)، نتیجه بلند کردن گل خواهد بود! در این حالت، هیچ تکیه‌گاهی وجود نخواهد داشت!

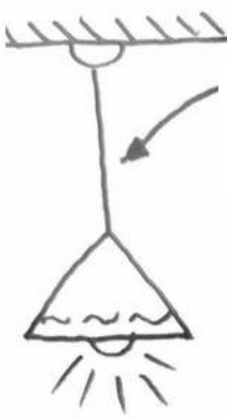
اگر نیروی قائم روبه بالا را که بیشتر از وزن گل است اعمال کنید آن را بلند خواهید کرد-دراین حالت از آنجایی که گلدان کشش را تحمل نمی‌کند هیچ تکیه‌گاهی در کف وجود نخواهد داشت.

این موضوع اساساً تکیه‌گاه بی‌اثر در یک جهت می‌باشد. من می‌گویم که تکیه‌گاه بی‌اثر در کشش مشابه این حالت، مشهورترین نوع است، اما انواع دیگر بسیاری وجود دارند.

انواع مختلف تکیه‌گاه‌های غیرخطی بی‌اثر در یک جهت

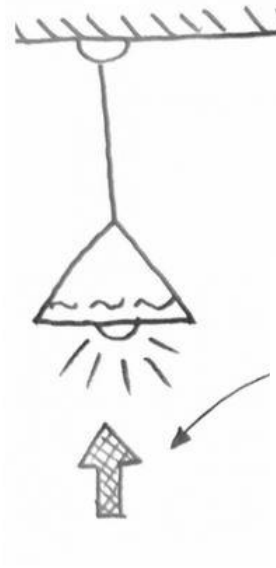
من قبلاً تکیه‌گاه بی‌اثر در کشش را نشان داده‌ام (مثال تکیه‌گاه گل)؛ اما مثال‌های بیشتری وجود دارد.

به‌سادگی می‌توانید تکیه‌گاه بی‌اثر در فشار را تصور کنید. لامپی را در نظر بگیرید که به‌وسیله‌ی یک سیم از یک سقف آویزان شده است.



سیم تکیه‌گاهی قائم است که کشش را تحمل می‌کند.

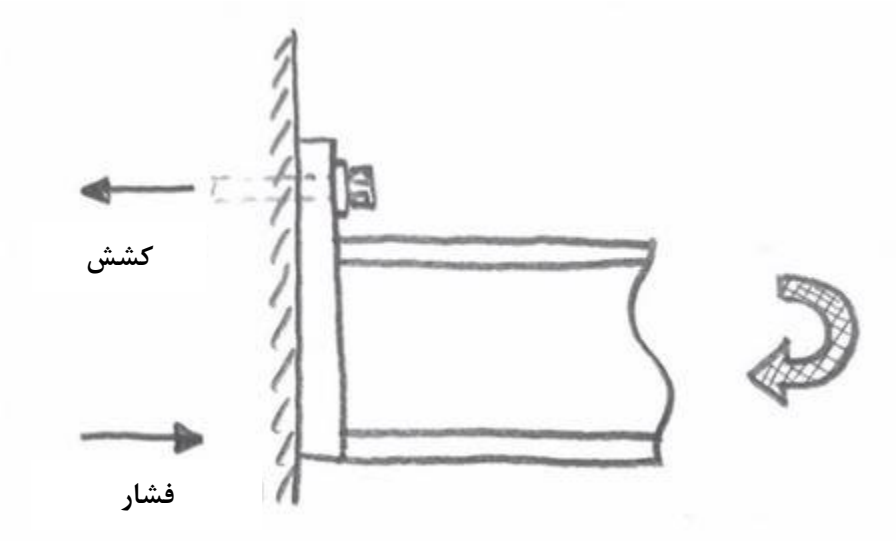
در صورتی که نیروی عمودی کافی به سمت بالا وارد سازید، لامپ بلند خواهد شد. این موضوع بدین معنی است که سیم تکیه‌گاهی است که فقط در کشش کار می‌کند.



درصورتی که نیرویی که به‌اندازه‌ی کافی زیاد است را اعمال کنید لامپ را بلند خواهید کرد. سیم به‌صورت یک تکیه‌گاه فشار را تحمل نمی‌کند.

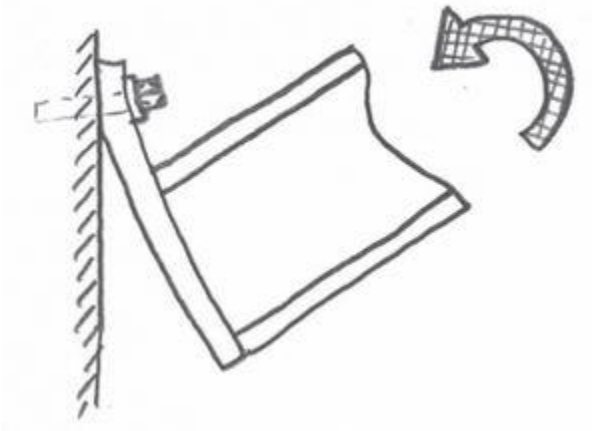
اما البته که این تمام موضوع نیست! مثال‌های مشابهی را می‌توان برای خمش ایجاد کرد و این می‌تواند گاهی اوقات شما را از گارد خود خارج سازد.

اتصالی را که مشابه شکل زیر است، فرض کنید:



ما قبلاً توضیح دادیم که این‌گونه اتصالات چگونه کار می‌کنند. به‌طور خلاصه، لنگر به یک جفت نیرو تقسیم می‌شود. کشش به لطف پیچ‌ها به داخل دیوار منتقل می‌شود. فشار از طریق تماس بین صفحه‌ی انتهایی و دیوار در قسمت پایین تحمل می‌شود.

قسمت جالب زمانی آغاز می‌شود که ما جهت خمش را تغییر می‌دهیم. در این حالت، امیدی به اتصال وجود ندارد چراکه هیچ پیچی برای تحمل کشش در پایین وجود ندارد. این‌گونه تکیه‌گاه در جهت خمش رو به بالا بی‌اثر می‌باشد.

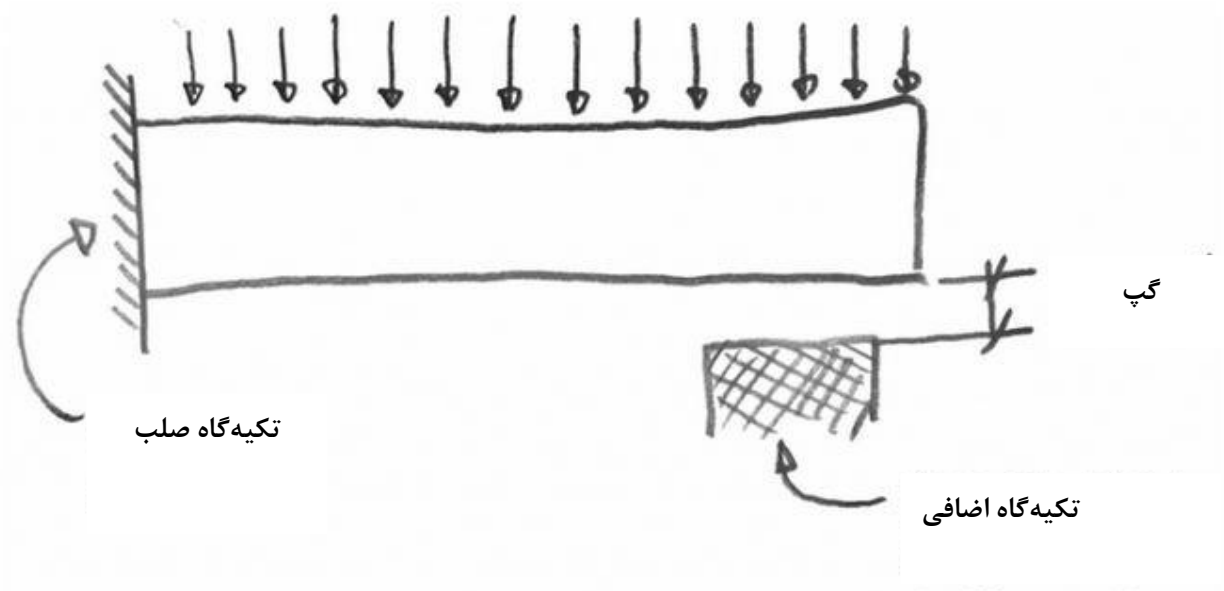


شرایط زیاد دیگری وجود دارد، اما موارد مذکور موارد اصلی می‌باشند.

تکیه‌گاه‌های دارای گپ

قسمت دوم پرسش درباره‌ی تکیه‌گاه‌ها بود. همان‌طور که قبلاً شرح داده شد، گاهی اوقات تکیه‌گاه می‌تواند تنها پس از رخداد یک تغییر شکل مشخص شروع به فعالیت کند.

ساده‌ترین مثال از این‌گونه تکیه‌گاه تیر طره‌ای دارای تکیه‌گاه اضافی می‌باشد. درواقع من از این مثال در FEMAP استفاده خواهم کرد تا به شما نشان دهم عملکرد چگونه خواهد بود!



در این مثال، شما می‌توانید ببینید که در ابتدا تیر طره‌ای دچار تغییر شکل خواهد شد (حداکثر تغییر شکل در آن انتها)؛ اما در ادامه، زمانی که گپ بسته می‌شود، تیر به‌صورت یک تیر دو سر مفصل شروع به فعالیت خواهد کرد. در این حالت تغییر شکل در مرکز تیر افزایش خواهد یافت نه در راست‌ترین لبه‌ی آن (که این لبه قبلاً تبدیل به تکیه‌گاه شده است!)

همچنین توجه کنید که من تکیه‌گاه اضافی را تنها در پایین تیر طره‌ای رسم کرده‌ام- در صورتی که نیرو رو به بالا باشد در آن انتها دیگر هیچ تکیه‌گاهی وجود نخواهد داشت!

مثال فوق حالت کاملی برای المان‌های گپ در نرم‌افزار NX Nastran است. توضیح نحوه‌ی معرفی آن نیاز به زمان زیادی دارد. لذا در این فیلم می‌توانید ببینید که تمامی دستورالعمل‌های مورد نیاز این کار شرح داده شده است.

مترجم: علی برزگر

منبع:

https://enterfea.com/nonlinear-supports-fea/