

چه زمانی می توان از رفتار غیرخطی مصالح صرف نظر کرد؟

محاسبات خطی FEA رایج ترین نوع تحلیل استاتیکی با المان های محدود می باشد. این روش مزایای زیادی دارد، البته با ریسک هایی نیز همراه است. امروز شما خواهید آموخت که چه زمانی چشم پوشی از رفتار غیرخطی مصالح ایمن خواهد بود. همچنین به شما خواهیم گفت که به چه نکاتی باید توجه داشته باشید.

روش FEA خطی برای طراحی استاتیکی

زمانی که وظیفه شما تعیین ظرفیت یک المان یا یک سازه ی مشخص باشد، به صورت خودکار ذهن شما درگیر تحلیل استاتیکی خطی می شود.

در ابتدا باید بگویم "استاتیک" به این معنا است که شما اثرات دینامیکی را در تحلیل در نظر نمی گیرید؛ اما این موضوع بحث خودش را دارد و من در اینجا توضیح نخواهم داد.

چیزی که در اینجا روی آن متمرکز خواهیم شد، روش "خطی" می باشد:

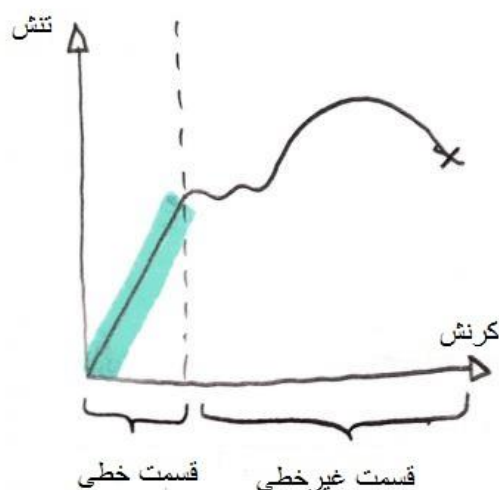
جنبه های زیادی وجود دارد که می توان در آنالیز خطی مد نظر قرار داد:

- **مصالح** - من فکر می کنم وقتی که از مهندسان پرسیده می شود رفتار غیرخطی چیست، به طور خودکار اکثر آن ها درباره ی رفتار غیرخطی مصالح فکر می کنند. این موضوع بسیار مهمی است چراکه مدل های بسیار مختلفی از مصالح وجود دارد و مسلماً تنظیمات زیادی برای آن ها مورد نیاز است. خوب است بدانید که چه زمانی می توانید این اثر را نادیده گرفته و به سادگی از مصالح خطی استفاده نمایید.
- **هندسه** - رفتار غیرخطی هندسی می تواند از طریق طراحی کمانشی یا اثرات مرتبه ی دوم در تحلیل کمک کننده باشد. متأسفانه تعریف یک مورد در این حالت زمان زیادی می طلبد. همچنین محاسبه نیز بسیار طولانی تر است. این موضوعات باعث این سؤال شده است که آیا چشم پوشی از این اثر می تواند از نظر ایمنی مشکلاتی را به وجود آورد یا خیر.
- **تماس** - بسته به منبع، ممکن است در تعیین اینکه تماس همیشه غیرخطی بوده یا می تواند خطی نیز باشد، مشکلاتی داشته باشید. تماس می تواند غیرخطی باشد. لذا این موضوع زمانی که چشم پوشی از آن تأثیری ایجاد می کند، بررسی می شود.
- **نیروهای پیرو** - موضوع نسبتاً کم اهمیتی است. اگر کاملاً مشخص کنیم که رفتار از نوع غیرخطی هندسی است، مطمئن خواهیم بود که تغییر مکان ها در مدل کوچک هستند. در این شرایط واقعاً تفاوتی نمی کند که بارها از شکل هندسی پیروی می کنند یا خیر. این موضوع در تحلیل غیرخطی هندسی نقشی بازی خواهد کرد اما بحث امروز ما در محدوده ی خطی باقی خواهد ماند.

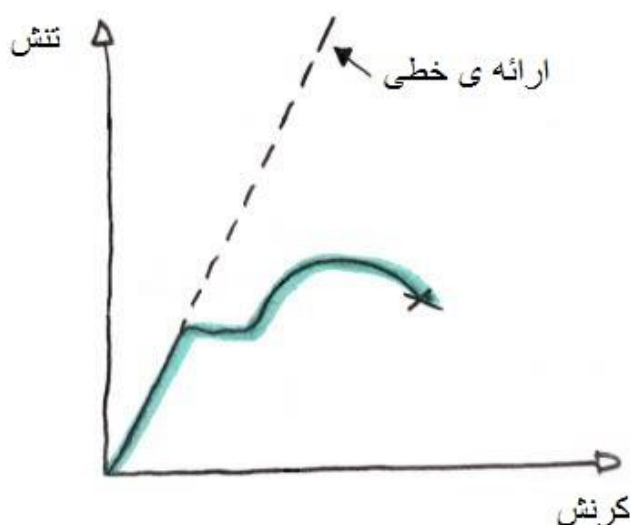
از آنجایی که قبلاً آموخته اید چه مشکلاتی را باید در نظر بگیرید، بگذارید توضیح دهیم که چگونه با آن ها رفتار کنید. امروز من رفتار غیرخطی مصالح و اینکه چه زمانی چشم پوشی از آن مناسب است را توضیح خواهم داد.

چه زمانی می‌توانید از غیرخطی مصالح چشم‌پوشی نمایید؟

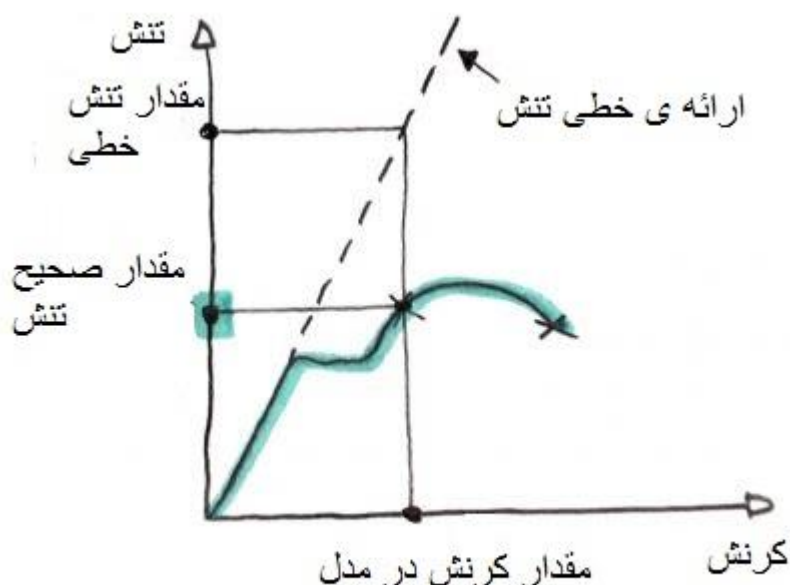
در ابتدا بهتر است بدانید که رفتار غیرخطی مصالح چگونه است. FEA در ابتدا تغییر شکل‌های مدل را محاسبه می‌کند. سپس کرنش را محاسبه و بر اساس آن تنش را محاسبه می‌کند. اگر از قانون هوک پیروی کنید، رابطه‌ی بین تنش و کرنش خطی است؛ اما اکثر مصالح بعد از قسمت اولیه‌ی خطی این رابطه، یک رابطه‌ی غیرخطی را بین تنش و کرنش از خود نشان می‌دهند. این بدین معنی است که رفتار مصالح در ابتدا "خطی" است اما وقتی که کرنش بزرگ‌تر می‌شود، مصالح رفتار "غیرخطی" از خود نشان می‌دهند.



این بدین معنی است که زمانی که شما حالت خطی را تعریف می‌کنید، اساساً فرض می‌کنید که همیشه "کرنش کوچکی" خواهید داشت. کرنش کوچک در اینجا به معنی این است که کرنش هیچ‌گاه در مدل شما آن‌قدر زیاد نمی‌شود که به قسمت غیرخطی برسد. در واقع، بجای یک مصالح "واقعی" (که در زیر با رنگ آبی مشخص شده است)، شما یک مصالح "غیرواقعی" را مدل‌سازی می‌کنید. در ناحیه‌ی کرنش کوچک این دو مصالح خواص مشابهی دارند- لذا همه چیز خوب است!



متأسفانه هیچ ایمنی در این ناحیه وجود ندارد. اگر مدل شما کرنش‌های بیشتری را به دست آورد، هیچ "پیغام هشدار" دریافت نمی‌کنید و به این صورت تنش‌های غیرواقعی بالایی حاصل می‌شود. مکانیزمی که نرم افزار محاسبات را انجام می‌دهد، ساده است. به شکل شماتیک زیر نگاه کنید. فرض کنید که نقطه آنالیز شده در سازه‌ی شما یک کرنش مشخصی دارد که بیشتر از "حد خطی" می‌باشد. در واقعیت، مصالح غیرخطی تنشی را که در شکل با رنگ آبی نشان داده شده است، نشان خواهند داد. از آنجایی که ما رفتار خطی مصالح را مدنظر قرار داده‌ایم، به صورت غیرمنطقی باور داریم که رابطه‌ی بین کرنش و تنش خطی بوده و بنابراین مقدار بسیار بیشتری تولید خواهد شد!



به همین خاطر است که غالباً در آنالیز اجزای محدود خطی، تنش‌ها را بجای MPa به صورت GPa به دست می‌آوریم. این تنش‌ها با این فرض محاسبه می‌شوند که همواره تنش به صورت خطی به کرنش وابسته است.

غیرخطی مصالح-خلاصه

آنچه مطالعه کردید به یک نتیجه گیری کلی ختم می‌شود:

شما زمانی می‌توانید از رفتار غیرخطی مصالح چشم پوشی نمایید که کرنش‌ها (و تنش‌های به دست آمده) در مدل از "ناحیه‌ی خطی" فراتر نروند. هرچه از این حد فراتر بروید، نتایج بدتری را مشاهده خواهید کرد.

فقط آگاه باشید که این شرایط در بسیاری از مدل‌ها ارضا نمی‌شوند. باید آگاه باشید که تمرکز تنش‌ها در برخی از نقاط وجود دارد. در این نواحی، تنش مقادیر بالاتری دارد. البته در این حالات، بهترین کار استفاده از تحلیل غیرخطی است. با این حال قوانین آیین نامه‌ای و بهترین تمرین‌ها وجود دارند که به شما این امکان را می‌دهد تا محاسبه نمایید تنشی را که به دست آورده‌اید "خطرناک" است یا خیر (باوجود اینکه این تنش ممکن است بالاتر از تنش تسلیم (یا حتی بالاتر از تنش نهایی) باشد).

این تحلیل نیاز به زمان پس پردازش (زمانی که شما نتایج را به صورت دستی تحلیل می‌نمایید) زیادی دارد اما روشی عملی و نسبتاً رایج است.

درواقع زمانی که شما از مصالح خطی استفاده می‌نمایید و کرنش‌ها بالا می‌باشند، مجبور خواهید بود زمان زیادی را در پس پردازش به منظور کنترل (مطابق با آیین نامه‌های مختلف) اینکه آیا تنش "قابل پذیرش" است یا خیر، صرف نمایید. قوانین آیین نامه‌ای در این رابطه بر اساس تجربه می‌باشند چراکه روش مناسبی برای ساخت مدل ریاضی در این گونه کنترل‌ها وجود ندارند. به نظر من، در صورتی که پس-پردازش زمان زیادی می‌طلبد، روش مؤثرتر این است که از یک روش غیرخطی استفاده کنید که در آن تنها کاری که باید انجام دهید کنترل ظرفیت و حداکثر کرنش پلاستیک می‌باشد.

مترجم: علیبرزگر

منبع:

<https://enterfea.com/when-ignore-material-nonlinearity/>