زمستان  
۹۴

احتمالا یکی از مهمترین موضوعات مورد بحث در مهندسی زلزله-سازه، فلسفه ی انتخاب طراحی بر اساس نیرو و یا تغییر مکان است.

در ۲۰ سال گذشته طراحی بر اساس نیرو تحت حمله ی سنگین، به ویژه در طول کنفرانس Mallet-Milne توسط مرحوم پروفیسور Nigel Priestley قرار گرفته شده است، که افسانه ها و باورهای غلط در مهندسی زلزله نامیده شدند، بازبینی توسط (Priestley, 2003). بعد از مرور دوباره ی سخنرانی، تصمیم به طراحی یک پایه پل ساده با استفاده از هر دو روش گرفتیم و از اینکه نتایج بسیار مشابه بود، شگفت زده شده بودیم. برای طراحی بر اساس نیرو، برش پایه ۹۵۲ کیلونیوتن و برای طراحی بر اساس تغییر مکان، برش پایه ۱۰۵۶ کیلونیوتن بود. لازم به ذکر است که سختی اولیه و شکل پذیری عمدا در هر دو روش مقادیر مشابهی انتخاب شده بودند. شاید روند تعیین سختی اولیه و شکل پذیری بزرگترین تفاوت بین دو روش هستند. در واقع هر دو روش بسیار مشابه هستند، و هر دو بر یک برآورد تغییر مکان از طراحی طیفی یک سیستم یک درجه آزادی برای تعیین نیروی طراحی تکیه می کنند.

طراحی بر اساس نیرو:

$$F = ma = m \times \frac{S_d(T_i)}{\mu} \left( \frac{4\pi^2}{T_i^2} \right)$$

$$F = K_{eff} \times \Delta_d = \left( \left( \frac{4\pi^2 m}{T_i^2} \right) \times \frac{1}{\mu} \right) \times S_d(T_i)$$

طراحی بر اساس تغییر مکان:

$$F = K_{eff} \Delta_d = \left( \frac{4\pi^2 m}{T_{eff}^2} \right) \times (\eta \times S_d(T_{eff}))$$

فرضیات برای سختی موثر ( $K_{eff}$ ) برابر هستند اگر ضریب سختی پس از تسلیم صفر باشد، بنابراین تفاوت اساسی بین دو روش برآورد مقدار جابه جایی است:

$$\Delta_d = S_d(T_i)$$

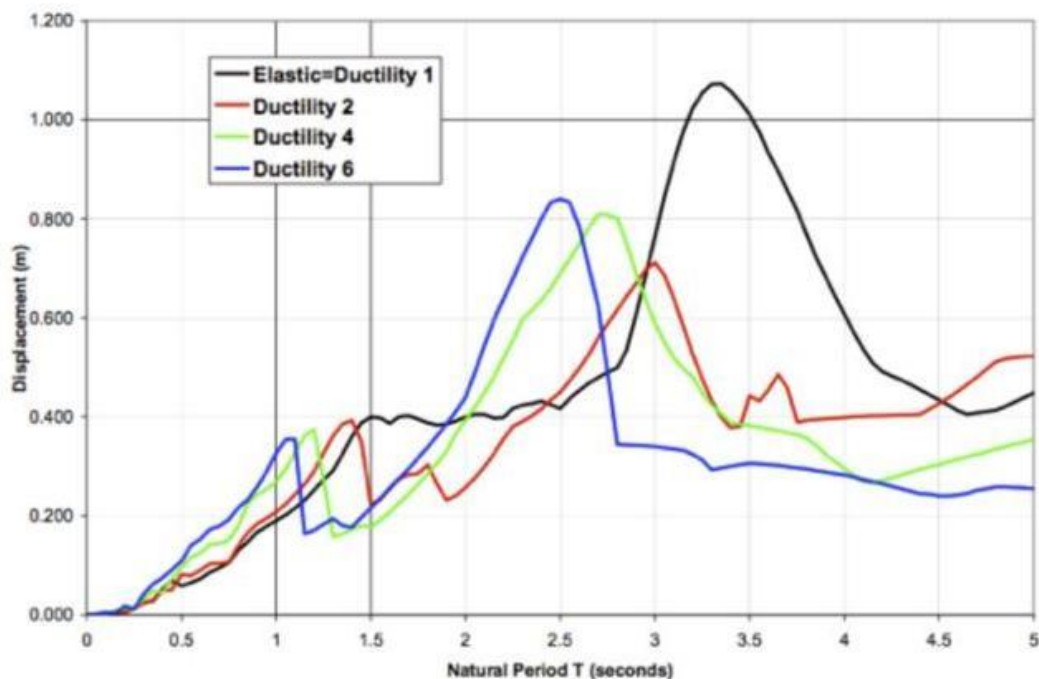
$$\Delta_d = \eta \times S_d(T_{eff})$$

دو تفاوت اساسی بین مفروضات تغییر مکان وجود دارد، یکی، انتخاب قطع در حد تسلیم، و دومی، انتخاب ضریب اصلاح غیر خطی است. اساس روش نیرو با فرض قطع در حد تسلیم می باشد که بهترین تقریب به رفتار و بدون استفاده از اصلاح تغییر غیر خطی و یا یک ضریب برابر با یک است. روش بر اساس تغییر مکان فرض شکست نمودار بالاترین نقطه می باشد که بهترین تقریب از رفتار و با استفاده از اصلاح غیرخطی که بر اساس شکل پذیری و رفتار هیستریزیس است را به ما می دهد.

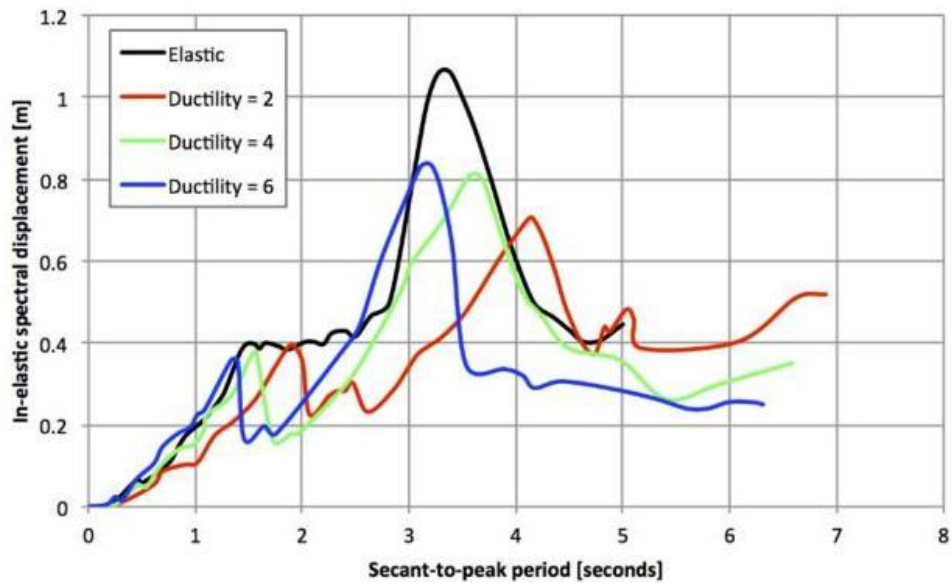
در حالی که ضریب اصلاح جابجایی در آیین نامه های طراحی متفاوت هستند، سوال واقعی این است که کدام روش برای تعیین جابجایی در حد تسلیم بهتر است؟

اولاً، هر دو روش به توصیفی برای ضریب اصلاح جابجایی بسته به دوره تناوب و شکل طیف طراحی را فراهم می کنند. روش نیرو از یک "فرض انرژی برابر" برای سازه های با پیوند کوتاه استفاده می کند، در حالی که (Dwairi 2007) و همکاران پیوند بسته به ضریب تصحیح بر مبنای جابجایی را پیشنهاد داده اند. در این اصلاحات عدم انتخاب پیوند حاضر در سیستم مناسب پیشنهاد می شود. البته یکی از مفروضات اساسی طراحی بر اساس تغییر مکان، جابجایی های موثر اتلاف انرژی پسماند مشابه با دمپرهای ویسکوز است، در حالی که در روش طراحی بر اساس نیرو سطح زیر نمودار هیستریزیس در کل تاثیری بر جابجایی ندارد!

دوما، چگونه فرضیات جابجایی برای حرکت واقعی زمین انباشته می شود؟ برای مقایسه با حرکات واقعی زمین بهتر است از طیف غیر الاستیک جابجایی استفاده شود و بررسی شود که قله ها و فرورفتگی ها در طیف الاستیک پرپود مشابه با قله ها و فرورفتگی ها در طیف غیر الاستیک را دارد. به عنوان مثال طیف غیر الاستیک (Christchurch earthquake, February 2011) در شکل ۱ برای پرپود اولیه نشان داده شده است (Carr, 2011) و دوباره با استفاده از قطع نقطه ی حداکثر پرپود در شکل ۲ رسم شده است.



شکل ۱) طیف پاسخ تغییرمکان سختی اولیه (Christchurch Hospital 22 February 2011) بعد از Carr 2011



شکل (۱) طیف پاسخ تغییر مکان با قطع سختی (Christchurch Hospital 22 February 2011)

در هر دو مورد قله های طیف غیر ارتجایی با قله های طیف الاستیک منطبق نیستند و این نشان می دهد که پریود فرضی جایی بین پریود الاستیک و قطع قله ی پریود تخمین قوی تری ارائه خواهد کرد.

در نهایت و شاید قانع کننده ترین استدلال این است که استفاده از قطع قله پریود تکراری برای تعیین جابجایی ندارد، حداقل برای سازه هایی که جابجایی نقطه ی تسلیم مستقل از سختی است (معمولا برای سازه های بتنی). در حالی که در پروسه ی طراحی بر اساس نیرو، سختی تعیین شده و سپس شکل پذیری تکرار می شود تا یک جابجایی مناسب بدست آورده شده باشد. با این حال، برای سازه هایی که سختی مستقل از مقاومت است (معمولا سازه های چوبی و فولادی)، پروسه ی روش طراحی بر اساس نیرو روش ساده تری را فراهم می کند.

به طور خلاصه، دو روش در یک سطح بنیادی بسیار مشابه هستند، و هیچ استدلال قوی برای استفاده از پریود اولیه یا قطع آن در تعیین جابجایی وجود ندارد. تفاوت های عمده بین دو روش با یک راه حل برای سختی اولیه تعیین می شود، اگرچه یک روش بهتر از دیگری سطح طراح و نوع ساختمان های طراحی شده را بالا برده است.

منابع:

1-Carr, A. (2011) "Inelastic Reponse Spectra for the Christchurch Earthquake Records", *Report to the Canterbury Earthquakes Royal Commision*.ENG.CAR.0001.2

2-Dwairi, H. M., M. J. Kowalsky, and J. M. Nau (2007, July). Equivalent Damping in Support of Direct Displacement-Based Design. *Journal of Earthquake Engineering* 11(4), 512–530.

3-Priestley, M. J. N. (2003). Myths and fallacies in earthquake engineering, revisited. In *The Ninth Mallet Milne Lecture*. IUSS press.

نویسنده: [Maxim Millen](#)

مترجم: محمد شاه محمدی