

معرفی برنامه تعیین نقطه عملکرد سازه به روش طیف ظرفیت

مرتضی نقی پور

دانشیار گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مازندران

جواد فهندژ سعدی

کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه مازندران

پست الکترونیکی: javadfs2002@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق سعی شده است برای سهولت تعیین نقطه عملکرد سازه از برنامه ای نوشته شده تحت برنامه اکسل به مهندسان معرفی شود، زیرا که به کار بردن فرمولها، حدود و شروط ذکر شده در تفسیر دستورالعمل بهسازی جهت تعیین نقطه عملکرد به روش طیف ظرفیت و انجام سعی خطاهای فراوان برای یافتن نقطه عملکرد کاری دشوار، زمان بر و احتمالا با خطا همراه خواهد بود، لذا کاربران استفاده از روشهای ساده تر همچون روش ضرایب که در دستورالعمل بهسازی پیشنهاد شده اما دارای دقت پایین تری نسبت به روش طیف ظرفیت می باشد را ترجیح می دهند. بنابراین می توان از این برنامه که هم از سرعت بالا و هم دقت بیشتر برخوردار است به جای روشهای ساده اما کم دقت در تعیین نقطه عملکرد استفاده نمود.

کلید واژه‌ها: نقطه عملکرد، طیف ظرفیت، تغییر مکان هدف، بار افزون

۱- مقدمه

جدیدترین و معتبرترین منابع جهت انجام ارزیابی کمی و بهسازی، شماره های مختلف شبهه آیین نامه- های ATC^۱ و FEMA^۲ می باشند.

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور طی قراردادی در سال ۱۳۷۹ پروژه تدوین دستورالعمل ملی جهت بهسازی ساختمانهای موجود را به پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی واگذار کرد. در تهیه دستورالعمل اصول فلسفه طراحی براساس عملکرد به عنوان چهار چوب کلی کار برگزیده شده است.

چهار چوب پیش نویس اولیه دستورالعمل، بر اساس گزارشات FEMA بخصوص FEMA273 و FEMA274 و FEMA356 و FEMA357 قرار داشت.

کشور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا قرار دارد و در طی سالیان گذشته همواره در معرض زلزله های ویران کننده قرار داشته است [۱].

سهم ایران از زلزله های دنیا ۱۷٫۶ درصد می باشد [۲]، که به علت عدم رعایت ساخت و سازی ایمن و با کیفیت، تلفات و خسارات جانی و مالی فراوانی داشته ایم که می توان به زلزله های اخیر در استان کرمان از جمله منطقه بم در دی ماه ۸۲ و منطقه زرنند در اسفند ماه ۸۳ اشاره کرد.

شرایط طبیعی ایران و نحوه احداث بناهای کشور ایجاب می کند مسئله مصون سازی جامعه از هر لحاظ در مقابل آثار زلزله به طور جدی در دستور کار قرار گیرد. نابودی سرمایه های ملی و انسانی بر اثر زلزله های مخرب لزوم توجه به مقاوم سازی (یا به عبارتی صحیح تر بهسازی) سازه های موجود در برابر زلزله اجتناب- ناپذیر است.

۲- روش استاتیکی غیر خطی (NSP)^۳

در شیوه های آنالیز استاتیکی غیر خطی، عملکرد سازه فقط در وضعیت حداکثر پاسخ سازه زلزله طرح و ارزیابی می گردد. برای رسیدن به این وضعیت، ابتدا برش پایه سازه در برابر جابجایی یک نقطه از سازه در ساختمانها معمولاً بام تعیین می گردد. این رابطه بصورت یک منحنی ظاهر می گردد. که به آن اصطلاحاً منحنی ظرفیت یا منحنی بار افزون (پوش آور) گفته می شود. و آنالیز استاتیکی مربوطه را آنالیز بار افزایش یافته یا آنالیز پوش آور می گویند. بعد از بدست آمدن منحنی ظرفیت (منحنی پوش آور) نقطه ای بر روی منحنی ظرفیت تعیین می گردد که سازگار با جابجایی نیاز زلزله طرح می باشد. نقطه مذکور را نقطه عملکرد و جابجایی متناظر با آن را جابجایی نیاز یا جابجایی هدف می نامند.

نقطه عملکرد (p.p) بیانگر شرایطی است که در آن ظرفیت لرزه ای سازه برابر با نیاز لرزه ای تحمیل شده به سازه تحت یک زمین لرزه مشخص می باشد. به عبارت بهتر نقطه عملکرد سازه نقطه توقف سازه در طول منحنی ظرفیت سازه می باشد یعنی اینکه این سازه تحت زلزله طرح یا هر زلزله بکار رفته دارای پاسخی است که نشان دهنده نقطه عملکرد سازه می باشد. در شبه آئین نامه ATC40 سه روش (روشهای A, B, C که از A تا C از دقت روش کاسته می شود) برای تعیین نقطه عملکرد و جابجایی نیاز ارائه شده است. در دستورالعمل بهسازی برای تعیین نقطه عملکرد روش ضرایب ارائه شده است اما در تفسیر دستورالعمل بهسازی روش طیف ظرفیت (روش A در آئین نامه ATC) نیز ارائه شده که دقیق تر از روش ضرایب می باشد.

۲-۱- تحلیل استاتیکی فزاینده غیر خطی (Pushover: Analysis)

روش کنونی طراحی سازه ها، بر مبنای طراحی به روش مقاومت است که شامل تخمین برش پایه در سازه و توزیع آن در ارتفاع و تعیین مقاومت مورد نیاز اجزای سازه ای در برابر این بار می باشد. صرفنظر از کاستیهایی که در این روش وجود دارد، بیان رفتار اجزای سازه ای از طریق تک پارامتر مقاومت (مقاومت تسلیم یا مقاومت طراحی بسته به روش طراحی) در بسیاری موارد منطقی به نظر نمی رسد. تعیین ظرفیتها بر این اساس، رفتار واقعی سازه را مشخص نمی کند، زیرا رفتار سازه، ترکیب به هم

آمیخته و در هم تنیده اجزای آن است و اجزای سازه هر کدام بسته به کارایی مورد نظر و جنس خود دارای ویژگیهای رفتاری متفاوتی هستند (رفتار هیسترتیک، مقاومت، شکل پذیری، خستگی کم چرخه و...) بدین ترتیب، یافتن روشی هماهنگ با این ویژگیها ضروری می باشد، همانگونه که مد نظر قرار دادن پارامترهای بیان کننده عملکرد و قابلیت سازه اهمیت بسزایی دارد [۳].

آئین نامه های FEMA و ATC روش تحلیل غیر خطی استاتیکی ((push over)) را جهت مطالعه رفتار سازه در حوزه رفتار غیر خطی پیشنهاد می کنند، این روش در عین سادگی از دقت بالایی برخوردار است و فرضیات اولیه در محاسبات به راحتی قابل اعمال می باشند [۴].

۲-۲- روش گام به گام تعیین نقطه عملکرد به روش طیف ظرفیت (روش A)

- ابتدا طیف ظرفیت و طیف نیاز سازه را بدست می آوریم.
- (گام ۱) نقطه ای بر روی طیف ظرفیت سازه به عنوان نقطه عملکرد سازه حدس می زنیم.
 - (گام ۲) بر اساس روابط تفسیر دستورالعمل بهسازی ضریب میرایی موثر و ضرایب کاهش طیف نیاز با میرایی ۵٪ را بدست می آوریم.
 - (گام ۳) پس از بدست آوردن ضرایب SR_A و SR_v طیف نیاز زلزله مربوطه را کاهش می دهیم.
 - (گام ۵) محل تلاقی طیف نیاز کاهش یافته با طیف ظرفیت سازه را بدست می آوریم.
 - (گام ۶) پس از بدست آوردن نقطه برخورد منحنی نیاز کاهش یافته و منحنی ظرفیت آنرا با نقطه ای که در گام ۱ به عنوان نقطه عملکرد سازه در نظر گرفته ایم مقایسه می کنیم اگر درصد خطای بدست آمده قابل قبول باشد این نقطه، نقطه عملکرد سازه است. والا سعی و خطا ادامه می یابد تا نقطه عملکرد سازه بدست آید [۵].

۲-۳- درصد خطای قابل قبول در آئین نامه

آئین نامه ATC40 درصد خطای مجاز جهت قابل قبول بودن نقطه عملکرد سازه را ۵٪ می داند، یعنی اینکه اگر اختلاف نقطه اولیه حدس زده شده در گام ۱ با نقطه بدست آمده پس از تلاقی منحنی نیاز کاهش یافته با طیف ظرفیت گام ۴ کمتر از

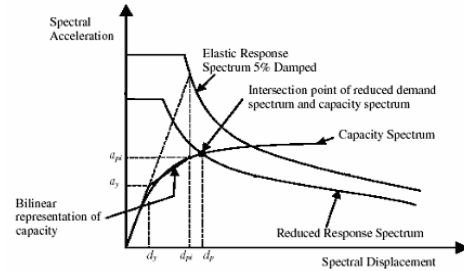
3- Non-Linear Static Procedure.

4 -Performance Point.

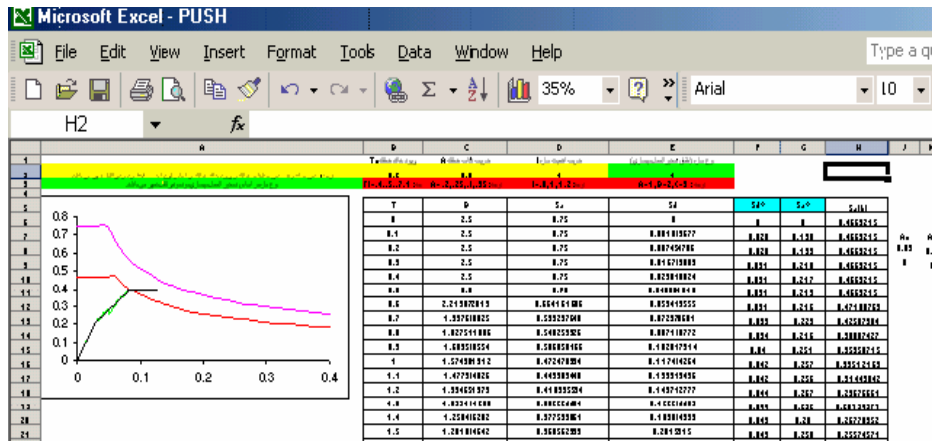
۵٪ باشد. نقطه بدست آمده نقطه عملکرد خواهد بود والا این روند ادامه می یابد [۵].

۳- معرفی برنامه

انجام مراحل و گام های فوق الذکر و استفاده از فرمول ها و حدود ذکر شده در تفسیر دستورالعمل بهسازی برای تعیین نقطه عملکرد مشکل و زمان بر می باشد و امکان خطا و اشتباه در انجام محاسبات نیز وجود دارد. جهت سهولت برای بدست آوردن نقطه عملکرد، استفاده از برنامه اکسل امری اجتناب ناپذیر است. با نوشتن برنامه و وارد کردن فرمولها و شروط (شروط ذکر شده در تفسیر دستورالعمل بهسازی) در برنامه اکسل تنها با جابجایی دو نقطه می توان نقطه عملکرد سازه را بدست آورد.



شکل ۱: طیف نیاز و



شکل ۲: نمای کلی از برنامه و پارامترهای نوشته شده در اکسل

این برنامه از چند قسمت تشکیل شده است: **قسمت ۱:** قسمتی از برنامه که قابل تغییر به مقادیر آیین نامه ۲۸۰۰ و تفسیر دستورالعمل بهسازی می باشند که شامل

پریود خاک، ضریب شتاب منطقه، ضریب اهمیت سازه و نوع سازه می باشند.

نوع سازه (طبق دستورالعمل بهسازی)	ضریب اهمیت سازه	ضریب شتاب منطقه A	پریود خاک منطقه T ₀
1	1	0.3	0.5
نوعه: A=1, B=2, C=3	نوعه: I=8, 1, 1, 2	نوعه: A=2, 25, 3, 35	نوعه: T ₀ =4, 5, 7, 1

شکل ۳: ضرایب قابل تغییر مطابق آیین نامه مربوطه

طیف ظرفیت دو خطی حاصل می شود (جابجایی طیف ظرفیت دو خطی توسط کاربر انجام می گیرد).
مقادیر عددی این قسمت متناسب با ورود ضرایب ذکر شده در قسمت ۱ تغییر می کنند و نیاز به وارد کردن مقدار و یا دستکاری نمی باشد.

قسمت ۲: این قسمت شامل طیف پریود و ضریب بازتاب ساختمان B ، T مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ، طیف شتاب و جابجایی (نیاز سازه) (Sd ، Sa) بدست آمده از ضریب بازتاب و طیف شتاب کاهش یافته که مطابق فرمولها و شروط دستورالعمل و جابجایی

T	B	Sa	Sd
0	2.5	0.75	0
0.1	2.5	0.75	0.001863677
0.2	2.5	0.75	0.007454706
0.3	2.5	0.75	0.016773089
0.4	2.5	0.75	0.029818824
0.5	2.5	0.75	0.046591913
0.6	2.213872019	0.664161606	0.059413555
0.7	1.997658825	0.599297648	0.072970601
0.8	1.827511086	0.548253326	0.087190772
0.9	1.689500554	0.506850166	0.102017314
1	1.574901312	0.472470394	0.117404264
1.1	1.477944826	0.443383448	0.133313486

شکل ۴: ضرایب پریود خاک، ضریب بازتاب، طیف شتاب و طیف جابجایی

Sa(k)
0.466921505
0.466921505
0.466921505
0.466921505
0.466921505
0.466921505
0.471087634

شکل ۵: طیف شتاب کاهش یافته

قسمت ۳: قسمت فرمول نویسی ها و شروط دستورالعمل می باشد که نیاز به تعویض و تغییر در آنها نیست.

Ax	Ay	Bx	By	x	B0	K	Bef	Sra	Srv
0.0294	0.207	0.084	0.395	0.1745	11.114	1	16.1135	0.622562	0.7093
0	0					0		0	0
						0		0	0

شکل ۶: فرمولها و شروط مطابق تفسیر دستورالعمل بهسازی

خطی است (همانند برنامه های Sap2000 و Eetabs) قابل استخراج و وارد کردن به برنامه می باشد. بایستی توجه داشت که واحد طیف جابجایی بر حسب متر باشد.

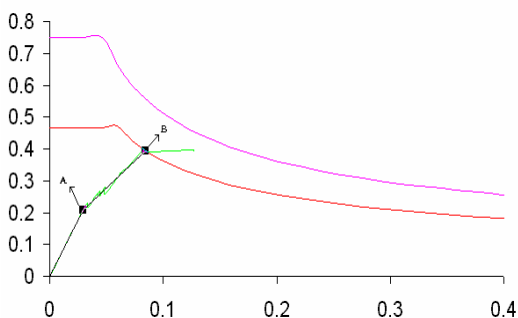
قسمت ۴: در این قسمت لازم است طیف شتاب و جابجایی (ظرفیت سازه) (Sa© و Sd©) به برنامه منتقل شود. این مقادیر از طریق برنامه ای که قادر به تحلیل استاتیکی غیر

نمودار دو خطی طیف ظرفیت که به صورت پیش فرض در صفحه نمودار می باشد بایستی مطابق دستورالعمل بهسازی تنظیم شود، بدین صورت که نقطه A را چنان جابجا می کنیم که شیب نمودار دو خطی با شیب طیف ظرفیت منطبق بر هم شود و برای برابری سطح زیر دو منحنی طیف ظرفیت و نمودار دو خطی ظرفیت، نقطه A را بر روی شیب بدست آمده بالا و پایین آورده و نقطه B را چنان بر روی طیف ظرفیت جابجا می کنیم که طیف نیاز کاهش یافته در نقطه B با طیف ظرفیت سازه با یکدیگر برخورد کنند. نقطه B، نقطه عملکرد سازه براحتی بدست خواهد آمد.

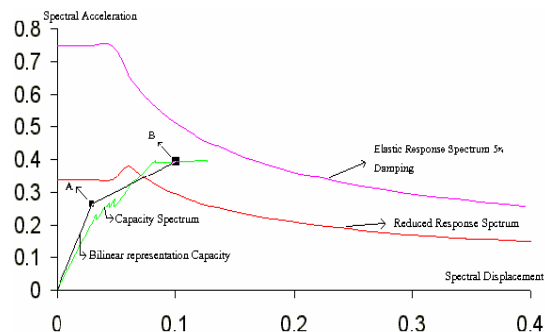
Sd@	Sa@
0	0
0.028	0.198
0.028	0.199
0.031	0.218
0.031	0.217
0.031	0.219
0.031	0.216

شکل ۷: مقادیر طیف ظرفیت سازه، استخراج شده از برنامه Etabs

قسمت ۵: این قسمت شامل نمودارهای طیف نیاز و ظرفیت سازه می باشند، طیف نیاز زمین منطقه و طیف نیاز کاهش یافته آن و نیز نمودار دو خطی ظرفیت، مطابق پیش فرضهای برنامه در صفحه نمودار ترسیم شده اند و طیف ظرفیت سازه پس از وارد کردن (Sd@ و Sa@) در صفحه نمودار ظاهر خواهد شد.



شکل ۹: نقطه B نقطه عملکرد سازه



شکل ۸: طیف نیاز، نیاز کاهش یافته، ظرفیت دو خطی و ظرفیت سازه

جدول ۱: مقایسه نقطه عملکرد و تغییر مکانهای چند سازه

شماره سازه	تعداد طبقات سازه	نقطه عملکرد سازه Etabs		نقطه عملکرد سازه Excel		تغییر مکان هدف سازه Etabs		تغییر مکان هدف سازه Excel	
		sd	sa	sd	sa	cm	cm	cm	cm
1	5	.067	.387	.073	.359	10.86	10.86	10.86	10.86
2	5	.068	.408	.072	.403	9.53	10	10	10
3	5	.062	.353	.073	.353	8.73	9.6	9.6	9.6
4	6	.077	.31	.093	.31	11.86	13.5	13.5	13.5
5	7	.073	.359	.085	.397	10.7	12.25	12.25	12.25

می باشد. نتایج تعیین نقطه عملکرد چند نمونه سازه فلزی با هر دو روش فوق الذکر در جدول ۱ آمده است [۷۶].
با توجه به نتایج حاصله از جدول ۱ و با علم به این که تعیین نقطه عملکرد به روش A آیین نامه ATC دارای دقت بیشتری نسبت به روش B این آیین نامه می باشد لذا صحت نتایج با کمک برنامه ویرایش شده در Excel تصدیق می شود

۴- نتیجه گیری

در برنامه های Sap2000 و Etabs برای تعیین نقطه عملکرد از روش B آیین نامه ATC استفاده شده است که با دادن دو ضریب منطقه ای Ca و Cv به برنامه های مذکور نقطه عملکرد سازه بدست خواهد آمد، این ضرایب از طریق آیین نامه UBC قابل استخراج بوده که برای شهر شیراز با زمین نوع دو مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران $C_v=0.45$ و $C_a=0.33$

۵- مراجع

- ۱- ناطقی الهی، فریرز، راهنمای مقاوم سازی ساختمانهای فولادی موجود، کمیته فرعی- تخصصی مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه های زمین، ۱۳۷۸.
 - ۲- فرجودی، جمشید و میر قادری، رسول و جوهرزاده، عبدالمجید، ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای فلزی موجود و نحوه مقاوم سازی آنها در برابر زلزله، طرح بسیج توان فنی کشور در باز سازی مناطق زلزله زده کشور، بهار ۱۳۷۵.
 - ۳- ملکی، هاله، نگاهی اجمالی بر فلسفه های طراحی مقاوم، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، بهار ۱۳۷۹.
 - ۴- مولایی، علیرضا و پور زینلی، سعید و حاجتی مدارائی، عطا...، تعیین ضریب رفتار موثر در طراحی سازه های مهاربندی شده، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳.
 - ۵- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مهرماه ۱۳۸۱.
- 6- FEMA 273, march 1997. (Federal Emergency Management Agency), Techniques for Seismically Rehabilitation Existing Building.
- 7- Robert E. Bachman, M. EERI and David R. Bonneville, M.EERI, The Seismic Provisions of the 1997 Uniform Building Code.

Introducing a Program to Determine Performance Point Using Capacity Spectrum Method

M. Naghipour

School of Engineering Mazandaran University, Babol

J.F. Saadi

Civil Engineering Department
javads2002@yahoo.com

In this paper in order to determine performance point (PP) in a simply way, a program has been introduced using Excel software. Actually, to determine the pp point, using capacity spectrum, a lot of try and error and efforts to be done. Unfortunately this method does not give an accurate value. Most of engineers use simple methods such as, method of ratio as given in codes of practice, but the results are not a reliable value. The method developed in this paper which is a rapid, reliable and accurate method can be used to determine PP.

Keywords: Performance point, capacity Spectrum