

تعیین و بررسی طیف ظرفیت سازه های بتنی با استفاده از روش پوش اور

۱- هاشم شریعتمدار ۲- بیژن طاهری

چکیده: در این مقاله طیف ظرفیت قابهای بتنی مسلح با استفاده از روش پوش اور محاسبه گردیده است. برای رسیدن به این هدف سه نوع سازه با ارتفاع کوتاه (۴ طبقه) و متوسط (۸ طبقه) و بلند (۱۶ طبقه) انتخاب گردیدند. در ادامه سازه ها تحت بار استاتیکی غیر خطی قرار گرفتند و منحنی ظرفیت این سازه ها بر اساس برش پایه تغییر مکان بام محاسبه گردید و طیف نیاز نیز بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ محاسبه و ترسیم گردید و در نهایت طیف ظرفیت و طیف نیاز در یک نمودار بر اساس مختصات **ADRS** ترسیم گردیدند [۱] و نقطه عملکرد سازه ها که از تقاطع این دو طیف بدست آمد، محاسبه و تعیین شد. با مقایسه نتایج این سه تحلیل به این نتیجه رسیدیم که هرچه ارتفاع سازه ها بیشتر می شود انعطاف پذیری سازه ها بیشتر شده و نقطه عملکرد آنها در تغییر مکان بیشتری اتفاق می افتد.

واژه های کلیدی: تحلیل غیر خطی، تغییر مکان هدف، طیف ظرفیت، قابهای خمشی بتن مسلح

۱-مقدمه:

اصول هر روش طراحی مقاوم در برابر زلزله بر پایه مقایسه بین دو کمیت "ظرفیت" و "تقاضا" می باشد. حال این دو کمیت می توانند از جنس نیرو، تغییر مکان، سختی و یا هر کمیت دیگری باشند که باید کنترل شوند و به هر حال باید رابطه روبرو صادق باشد:

ظرفیت < تقاضا

در روش منحنی ظرفیت این دو واژه دو منحنی می باشند. یعنی منحنی ظرفیت سازه و منحنی تقاضای زلزله در یک دستگاه مختصات رسم خواهند شد و با یکدیگر مقایسه می شوند که آیا ظرفیت سازه جوابگوی تقاضای زلزله می باشد یا خیر. در ابتدا لازم است که عبارات "هدف طراحی" و "سطح عملکردی" تعریف گردند: **هدف طراحی** نشان دهنده سطح عملکردی مورد نیاز برای سازه تحت وقوع یک زلزله با سطح مشخص (دوره بازگشت مشخص) می باشد. اهداف طراحی باید بر اساس کاربری سازه، نوع سیستم و رفتار سازه، عوامل اقتصادی شامل هزینه ساخت و تعمیرات آتی و عوامل اجتماعی - سیاسی انتخاب شوند. **سطح عملکردی** نشان دهنده حداکثر خرابی مورد انتظار سازه می باشد به طوری که اگر خرابی از این حد افزایش پیدا کند، سطح عملکرد سازه نیز تغییر پیدا خواهد کرد. [۱]

۱- استادیار دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد shariatmadar_h@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه دانشگاه سمنان bijant1354@yahoo.com

۲. ویژگی های مصالح مورد استفاده در سازه ها

۲-۱. مشخصات بتن

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

مقاومت فشاری در حالت محصور نشده

$$E_c = 26458 \text{ MPa}$$

مدول ارتجاعی (بانگ)

$$f_t = 3/23 \text{ MPa}$$

تنش کششی ترک خوردگی

$$\epsilon_c = 0/002$$

کرنش در حداکثر مقدار تنش فشاری

$$\epsilon_{cu} = 0/0035$$

کرنش نهایی در فشار

۲-۲. مشخصات فولاد

فولاد مورد مطالعه در اعضای بتن مسلح دارای خصوصیات زیر است:

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

مقاومت تسلیم

$$f_u = 560 \text{ MPa}$$

مقاومت نهایی

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

مدل ارتجاعی

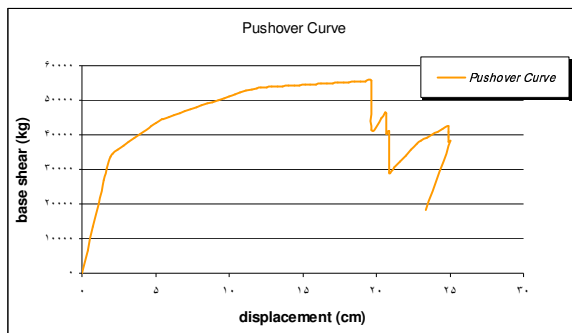
$$E_{sh} = 333 \text{ MPa}$$

مدل سختی کرنشی

$$E_{sh} = 0/03$$

کرنش در شروع سختی

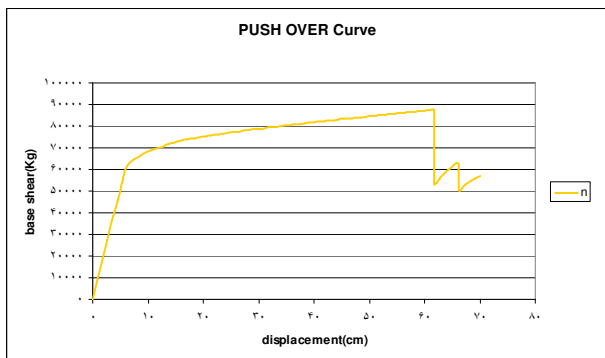
کرنشی



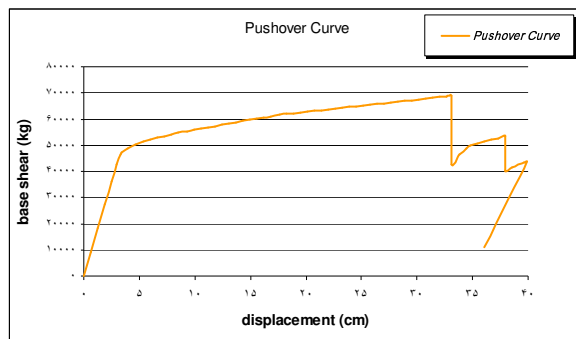
شکل (۱) منحنی ظرفیت ساختمان چهار طبقه

۳. تهیه منحنی ظرفیت با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده [۲]

در این مطالعه با توجه به مقدماتی که ذکر شد، کلیه سازه ها تحت بار قائم ثابت و بار جانبی فزاینده با الگوی بارگذاری توزیع توانی تعمیم یافته در ارتفاع سازه، مورد تحلیل استاتیکی غیرخطی قرار گرفته اند و منحنی های ظرفیت برای هر یک از قابها تحت بارگذاری فزاینده به دست آمده است (شکل های ۴-۳، ۵، ۴، ۳).

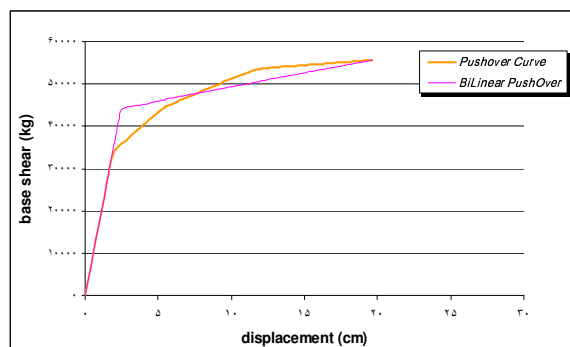


شکل (۳) منحنی ظرفیت ساختمان شانزده طبقه

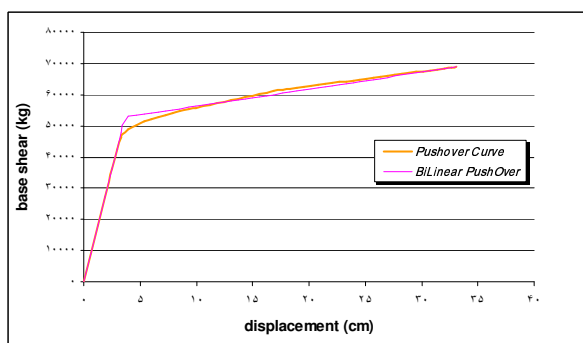


شکل (۲) منحنی ظرفیت ساختمان هشت طبقه

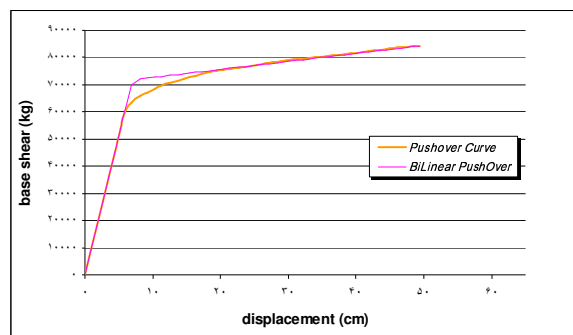
در ادامه با استفاده از روش دو خطی کردن Chopra منحنی های ظرفیت بالا را دو خطی می کنیم. [۳] به طور خلاصه روش کار بدین ترتیب است ابتدا یک خط از مبدا مختصات برش پایه سازه- تغییر مکان بام مماس بر بخش نسبتاً خطی اولیه عبور داده و یک خط با شیبی مجهول نیز از نقطه با ماکزیمم برش پایه می گذرانیم تا این دو خط همدیگر را قطع کنند. آن قدر شیب مجهول را تغییر می دهیم تا انتگرال اختلاف منحنی اصلی و دو خطی شده صفر شود. توجه شود که این روش با روش دو خطی کردن ارائه شده در دستورالعمل FEMA تطابق خوبی داشت [۴]



شکل (۴) منحنی دو خطی ظرفیت ساختمان چهار طبقه



شکل (۵) منحنی دو خطی ظرفیت ساختمان هشت طبقه



شکل (۶) منحنی دو خطی ظرفیت ساختمان شانزده طبقه

۴. تهیه طیف ظرفیت برای منحنی ظرفیت (ADRS)

برای تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت که به شکل منحنی شتاب طیفی - تغییر مکان طیفی می باشد روابط مورد نیاز به شرح زیر است:

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_i) / g \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N W_i / g \right] \left[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_i^2) / g \right]} \quad (10-2) \quad PF_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_i) / g \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (W_i \phi_i^2) / g \right]} \quad (9-2)$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \phi_{roof,i}} \quad (12-2) \quad S_a = \frac{V/W}{\alpha_1} \quad (11-2)$$

که در این روابط PF_1 ضریب مشارکت مودی برای مود طبیعی اول ، α_1 جرم مودی برای مود طبیعی اول ، W_i / g جرم مربوط به تراز i ام ، N بالاترین تراز ، V

برش پایه ، W وزن مرده ساختمان به علاوه بارهای زنده متحمل ، Δ_{roof} تغییر مکان بام ، S_d شتاب طیفی و S_a تغییر مکان طیفی است. [۴]

روش کلی تبدیل منحنی ظرفیت به طیف اینگونه است که ابتدا ضریب مشارکت مودی (PF_1) و ضریب جرم مودی α_1 محاسبه می شوند و سپس

تک تک نقاط منحنی ظرفیت با روابط (۹-۲) و (۱۲-۲) به نقاط متناظر در طیف ظرفیت تبدیل می شوند.

جدول (۱) تابع شکل مود اول ساختمان چهار طبقه و محاسبه ضرائب α_1 و PF_1

۴-story					
Story	Point	Load	UX	Φ_i	
STORY۴	۱	EX	۰,۰۲۴۹	۱,۰۰۰۰	
STORY۳	۱	EX	۰,۰۱۸۹	۰,۷۵۹۰	
STORY۲	۱	EX	۰,۰۱۰۶	۰,۴۲۵۷	
STORY۱	۱	EX	۰,۰۰۴۲	۰,۱۶۸۷	
BASE	۱	EX	۰	۰,۰۰۰۰	

$$\alpha_1 = ۰,۷۵$$

$$PF_1 = ۱,۳۱۸$$

جدول (۲) تابع شکل مود اول ساختمان هشت طبقه و محاسبه ضرائب α_1 و PF_1

story-۸

Story	Point	Load	UX	Φ_i
STORY۱	۱	EX	۰,۰۴۷۹	۱,۰۰۰۰
STORY۷	۱	EX	۰,۰۴۲۴	۰,۸۸۵۲
STORY۶	۱	EX	۰,۰۳۴۳	۰,۷۱۶۱
STORY۵	۱	EX	۰,۰۲۷۳	۰,۵۶۹۹
STORY۴	۱	EX	۰,۰۰۲	۰,۴۱۷۵
STORY۳	۱	EX	۰,۰۱۳۷	۰,۲۸۶۰
STORY۲	۱	EX	۰,۰۰۷۸	۰,۱۶۲۸
STORY۱	۱	EX	۰,۰۰۳۱	۰,۰۶۴۷
BASE	۱	EX	۰	۰,۰۰۰۰

$$\alpha_1 = ۰,۷۳۳$$

$$PF_1 = ۱,۴۱۱$$

جدول (۳) تابع شکل مود اول ساختمان شانزده طبقه و محاسبه ضرایب α_1 و PF_1

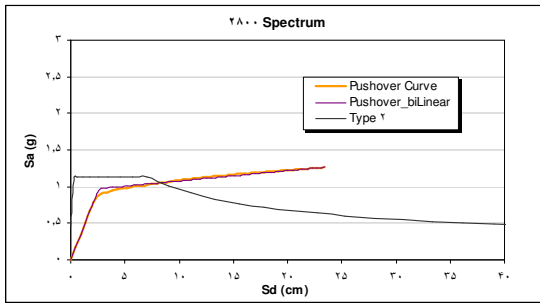
۱۶ Story

Story	Point	Load	UX	Φ_i
STORY۱۶	۱	EX	۰,۱۰۲	۱,۰۰۰۰
STORY۱۵	۱	EX	۰,۰۹۶۶	۰,۹۴۷۱
STORY۱۴	۱	EX	۰,۰۸۹۲	۰,۸۷۴۵
STORY۱۳	۱	EX	۰,۰۸۲۴	۰,۸۰۷۸
STORY۱۲	۱	EX	۰,۰۷۵۱	۰,۷۳۶۳
STORY۱۱	۱	EX	۰,۰۶۸۴	۰,۶۷۰۶
STORY۱۰	۱	EX	۰,۰۶۱۷	۰,۶۰۴۹
STORY۹	۱	EX	۰,۰۵۵۶	۰,۵۴۵۱
STORY۸	۱	EX	۰,۰۴۹۱	۰,۴۸۱۴
STORY۷	۱	EX	۰,۰۴۱۷	۰,۴۰۸۸
STORY۶	۱	EX	۰,۰۳۴۲	۰,۳۳۵۳
STORY۵	۱	EX	۰,۰۲۶۹	۰,۲۶۳۷
STORY۴	۱	EX	۰,۰۰۲	۰,۱۹۶۱
STORY۳	۱	EX	۰,۰۱۳۲	۰,۱۲۹۴
STORY۲	۱	EX	۰,۰۰۷۶	۰,۰۷۴۵
STORY۱	۱	EX	۰,۰۰۲۷	۰,۰۲۶۵
BASE	۱	EX	۰	۰,۰۰۰۰

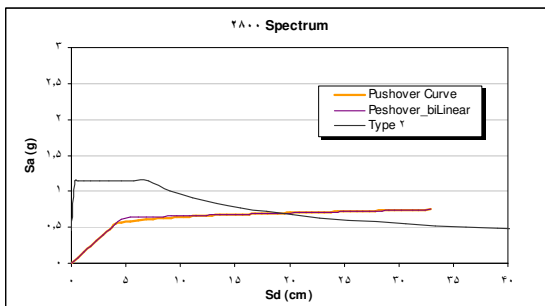
$$\alpha_1 = ۰,۷۳۱$$

$$PF_1 = ۱,۴۴۴$$

۵. تقاطع دو طیف و تعیین نقطه عملکرد

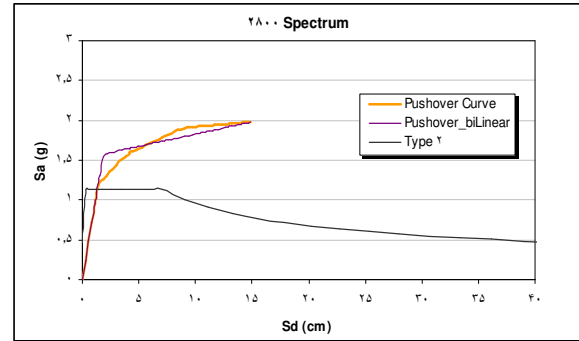


شکل (۸) نقطه عملکرد ساختمان ۸ طبقه



شکل (۹) نقطه عملکرد ساختمان ۱۶ طبقه

در این قسمت با رسم طیف ظرفیت و طیف نیاز به دست آمده در قسمت (۴-۵-۲) در یک دستگاه مختصات واحد، نقطه عملکرد از تقاطع دو طیف برای هریک از قابهای مورد مطالعه به دست می آید.



شکل (۷) نقطه عملکرد ساختمان ۴ طبقه

۶. تعیین و بررسی برش پایه و تغییر مکان بام در نقطه عملکرد [۴]

۶-۴-۱ تعیین برش پایه و تغییر مکان بام در نقطه عملکرد

عمدتاً پارامترهایی مانند برش پایه و تغییر مکان نسبت به پارامترهای شتاب طیفی و تغییر مکان طیفی متداولتر هستند و درک بیشتری از آنها وجود دارد در نتیجه به منظور انجام بررسی و مقایسه، برش پایه و تغییر مکان عوامل مناسب تری می باشند.

در این قسمت برای نقطه عملکرد هریک از قابها که تعیین گردید، برش پایه و تغییر مکان جانبی بام محاسبه می شود. بدین منظور با استفاده از روابط (۲-۱۰) تا (۲-۱۳)

فصل دوم، مختصات نقاط عملکرد از فرمت *ADRS* به فرمت برش پایه-تغییر مکان برگردانده می شود. در جدول (۴-۵) برش پایه و تغییر مکان متناظر با نقطه عملکرد هریک از قابهای مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول (۴) برش پایه و تغییر مکان بام در نقطه عملکرد

FRAME	$Sd_p (cm)$	$Sa_p (g)$	α_1	PF_1	$V_p (KN)$	$\delta_p (cm)$
طبقه ۴	۱,۳۸	۱,۱۴	۰,۷۷۵	۱,۳۱۸	۳۲۰,۸۶	۱,۸۱۸
طبقه ۸	۸,۳۸	۱,۰۵	۰,۷۲۳	۱,۴۱۱	۵۷۱,۱۳	۱۱,۸۲۲
طبقه ۱۶	۱۹,۵	۰,۶۹۵	۰,۷۰۴	۱,۵۰۶	۷۳۱,۶۲	۲۹,۳۶۷

جدول (۵) مقادیر برش پایه و تغییر مکان نظیر نقطه عملکرد و تسلیم

FRAME	در نقطه عملکرد		در نقطه تسلیم		نسبت عملکرد به تسلیم	
	$V_p (KN)$	$\delta_p (cm)$	$V_y (KN)$	$\delta_y (cm)$	V_p / V_y	δ_p / δ_y
طبقه ۴	۳۲۰,۸۶	۱,۸۱۸	۴۴۲,۷۳	۲,۴۷۷	۰,۷۲	۰,۷۳۴
طبقه ۸	۵۷۱,۱۳	۱۱,۸۲۲	۵۲۸,۲۰	۳,۶۳	۱,۰۸	۳,۲۶
طبقه ۱۶	۷۳۱,۶۲	۲۹,۳۶۷	۷۱۸,۱۰	۶,۹۹۳	۱,۰۲	۴,۲

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات:

- ۱- از مقایسه طیف ظرفیت سازه های کوتاه و متوسط و بلند به این نتیجه می رسیم که انعطاف پذیری سازه های بلند نسبت به سازه های کوتاه تر بیشتر بوده و علت آن نیز بالا بودن پریود سازه های بلند نسبت به سازه های کوتاه تر بوده و باعث می گردد که نیروی کمتری جذب کنند.
- ۲- هرچه ارتفاع سازه بیشتر میگردد نسبت نیروی برش پایه در نقطه عملکرد به نقطه تسلیم بیشتر می گردد.
- ۳- هرچه ارتفاع سازه بیشتر می گردد نسبت تغییر مکان بام در نقطه عملکرد به نقطه تسلیم بیشتر می گردد.

مراجع

- [۱] ATC , (۱۹۸۰) , "seismic evaluation and retrofit of concrete buildings", atc – ۴۰ Report , Applied Technology Council , Redwood City , California.
- [۲] Chopra , A.K .(۲۰۰۲) , Dynamic of Structure ; theory and Application to Earthquake Engineering , ۲ Ed., Prentice Hall of India New Dehli.
- [۳] .Chopra, A.K and Goel, R.K. (۱۹۹۹) , "Capacity – Demand Diagram Methods Based on Inelastic Design Spectrum." Earthquake Spectra, ۱۵(۴), ۶۳۷-۶۵۶
- [۴] FEMA, "NEHRP Guideline for the Seismic Rehabilitations of Buildings", FEMA ۲۷۳, Federal Emergency Management Agency, Washington, ۱۹۹۶.
- [۵] Newmark, N.M and hall, W.J. (۱۹۸۲) , Earthquake Spectra and Design Earthquake Engineering. Res Inst., El Cerrito , calif
- [۶].Otani , s . (۱۹۸۰) , "Nonlinear Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Building structures " Canadian Journal of civil Engineering , ۷(۲) , ۳۳۳-۳۴۴
- [۷].Park , R.and Paulay , T . (۱۹۷۵) , Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.
- [۸] Paulay , T. and Priestley , M.J.N.(۱۹۹۲) , Seismic Design of Reinforced concrete and Masonry Buildings , John Wiley & Sons , New York .

[9] Sigmund A. Freeman, "Developed and use of Capacity Spectrum method", U.S. National Conference on Earthquake Engineering, CD.

[10] Valles, R.E., Reinhorn, A.M., Kunnath, S.K., and Madan, A. (1996), "IDARC 2D Version 4.0; A Computer Program for Inelastic Damage Analysis of Building", Technical Report NCEER-96-0010, State University of New York at Buffalo.

[11] Weaver, W. and Johnston, P.R. (1987), "Structural Dynamic by finite Element", New Jersey; Prentice-Hall.