

بررسی صلبیت دیافراگم و اثرات بازشو در تحلیل دیافراگم

کاوه کریمی^۱، امیر هلاکو^۲، عطا الله محمودپور^۳، کاوه زندسلیمی^۴

1- کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران

2- کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه، دانشگاه علم و صنعت ایران

3- کارشناسی ارشد مکانیک جامدات، دانشگاه علم و صنعت ایران

4- کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه، دانشگاه علم و فرهنگ

ka_karami@civileng.iust.ac.ir

خلاصه

وجود بازشوها در تراز طبقات سازه از قبیل نورگیر، دستگاہ راه پله و غیره، امروزه امری بدیهی است. اثرات بازشو در رفتار دیافراگم موضوعی است که توجه اغلب مهندسین سازه را به خود جلب کرده است. هدف اصلی از این تحقیق بررسی اثرات بازشو در رفتار دیافراگم ها و همچنین تعیین بهینه مکان و بهینه ابعاد بازشو در یک سازه خاص می باشد. نتایج به دست آمده با آئین نامه های مختلف مقایسه شده و صحت آن ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: دیافراگم، بازشو، تمرکز تنش، بهینه یابی

1. مقدمه

با توجه به این مسئله که کشور ایران در منطقه ای زلزله خیز واقع شده است و هر ساله شاهد خرابی ساختمان ها در زلزله های به وقوع پیوسته در کشور هستیم، یکی از موضوعاتی که بررسی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است بحث دیافراگم ها می باشد. لذا این امر باعث شده است که توجه اغلب مهندسین سازه به این موضوع جلب شود و آن را مورد بررسی قرار دهند. تا قبل از دهه ی 90 میلادی، مطالعه آن چنانی بر روی بحث دیافراگم ها صورت نگرفته است. به عنوان آغاز کننده مطالعات اثرات بازشو در دیافراگم ها می توان از Artuo Tena Colunga در سال 1994 نام برد. در بررسی رفتار دیافراگم ها تحت اثر بارهای وارده (زلزله)، صلبیت دیافراگم از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از عوامل مهمی که بر رفتار دیافراگم تاثیر می گذارد وجود بازشو در آن می باشد، که در این مورد ابعاد بازشو و محل قرارگیری بازشو در رفتار دیافراگم تاثیر بسزایی دارد. از دیگر عوامل موثر بر رفتار دیافراگم، شکل بازشو می باشد که با توجه به پلان معماری اشکال گوناگونی را به خود می گیرد. اهدافی که در این تحقیق سعی بر آن است مورد بررسی قرار گیرند 1. بررسی صلبیت دیافراگم ها بر اساس آئین نامه 2800 و کنترل ضوابط آن در شرایط وجود بازشو 2. تعیین بیشینه ابعاد مجاز برای بازشوها بر اساس تعریف صلبیتی که در آئین نامه ذکر شده است و 3. بررسی محل قرارگیری بازشو در دیافراگم می باشند. لازم به ذکر است که بررسی موارد ذکر شده توسط نرم افزار SAP200 انجام گرفته است.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه دانشگاه علم و صنعت ایران.

² دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه دانشگاه علم و صنعت ایران.

³ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش جامدات دانشگاه علم و صنعت ایران.

⁴ کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه علم و فرهنگ.

2. دیافراگم

مجموعه سیستم مقاوم ساختمان ها در برابر نیروهای جانبی معمولاً از دو قسمت اجزای قائم و اجزای افقی (یا تقریباً افقی) تشکیل می شود. اجزای افقی، نیروهای ناشی از زلزله و باد را به اجزای قائم منتقل نموده و اجزای قائم نیز این نیروها را به شالوده ها و نهایتاً به زمین منتقل می نمایند. به اجزای افقی یا تقریباً افقی منتقل کننده نیروهای جانبی « دیافراگم افقی» گفته می شود. در ساختمان های متعارف دیافراگم ها شامل کف ها و سقف ها (افقی و با شیب کم) می باشند. در چنین ساختمان هایی دیافراگم ها وظیفه باربری قائم (ثقلی) را به طور همزمان به عهده دارند. نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم، مانند تکیه گاه های دیافراگم (تیر ورق) عمل می نمایند. جامع ترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم ها (تلاش ها) و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (Finite Elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی است.

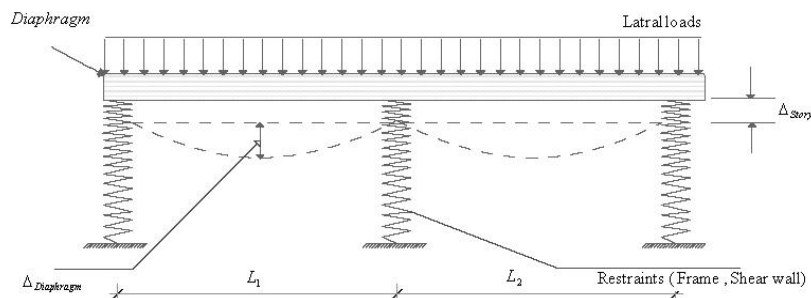
نسبت R از تقسیم حداکثر تغییر شکل دیافراگم بر تغییر مکان نسبی طبقه به دست می آید (شکل 1):

$$R = \frac{\Delta_{Diaphragm}}{\Delta_{Story}} \quad (1)$$

اگر نسب ذکر شده در رابطه 1 کتر از 0.5 باشد دیافراگم صلب و در غیر این صورت دیافراگم انعطاف پذیر نامیده می شود

$$\begin{cases} R < 0.5 \Rightarrow Rigid \\ R \geq 0.5 \Rightarrow Flexible \end{cases} \quad (2)$$

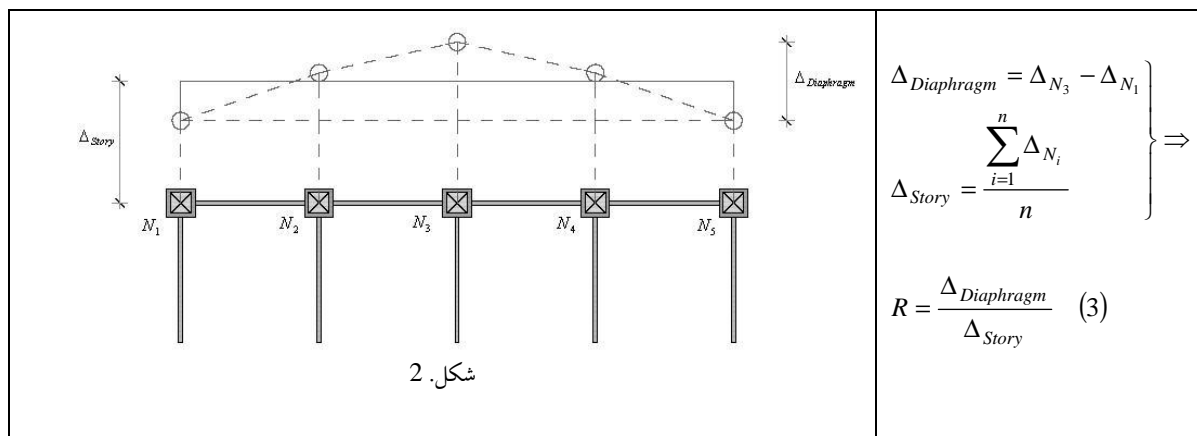
در صورت صلب بودن دیافراگم توزیع نیرو بین قابها و دیوارهای برشی به نسبت سختی این اجزا انجام می گردد. در حالتی که دیافراگم انعطاف پذیر باشد تلاش های دیافراگم (نیروهای برشی و لنگر خمشی) و عکس العمل های تکیه گاهی آن با استفاده از روش های متداول در تئوری الاستیسته برای تیرهای ممتد به دست می آید.



شکل 1.

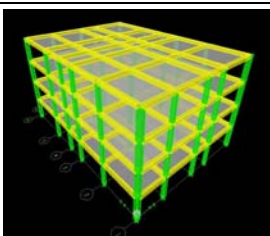
3. محاسبه R

با توجه به شکل 2، که مربوط به برش از یک قاب ساختمانی است، حداکثر تغییر شکل دیافراگم از تفاضل ماکزیمم جابه جایی ستون های قاب (Δ_{N3}) و مینیمم جابه جایی ستون های قاب (Δ_{N1}) در تراز طبقه به دست می آید. همچنین برای به دست آوردن تغییر مکان نسبی طبقه از میانگین جابه جایی کل ستون های تراز طبقه استفاده می شود.



4. مشخصات سازه بکار گرفته شده در تحقیق

در این تحقیق سازه ای با مشخصات درج شده در جدول 1. به کار گرفته شده است. آنالیزهای مختلف در حالت های متفاوتی بر روی این سازه انجام می شود و نتایج آن مورد بررسی قرار می گیرد.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ سازه 4 طبقه. ▪ سازه بتنی در دو جهت قاب خمشی متوسط. ▪ سیستم سقف دال دو طرفه و ضخامت آن با توجه به آیین نامه آبا $\frac{P}{140}$ ، $15Cm$ در نظر گرفته شده است.
--	---

جدول 1

5. مراحل آنالیز

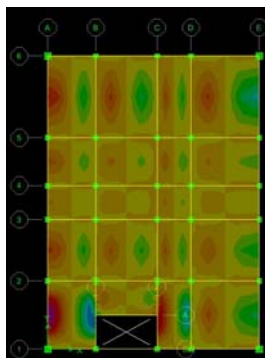
در این مطالعه آنالیز در 3 مرحله انجام می گیرد. در ابتدا با ثابت نگه داشتن ابعاد بازشو، مکان های متغیری را برای بازشو در نظر گرفته و دیافراگم مورد آنالیز قرار می گیرد. در این حالت پس از در نظر گرفتن 40 حالت متفاوت در این تحقیق بحرانی ترین حالت تعیین می شود. در مرحله دوم از آنالیز در بحرانی ترین موقعیت باز شو، مساحت باز شو ثابت و نسبت ابعاد آن متغیر در نظر گرفته می شود. در مرحله سوم از آنالیز در یک موقعیت مشخص باز شو در پلان، نسبت ابعاد باز شو ثابت و مساحت آن متغیر فرض می گردد.

I. ابعاد باز شو ثابت - مکان باز شو متغیر:

در این مرحله از آنالیز بازشویی، در حدود ابعاد راه پله مد نظر قرار گرفته و بدون اعمال تغییر در ابعاد باز شو، مکان باز شو متغیر فرض شده است. یعنی باز شو در قسمت های مختلفی از پلان قرار می گیرد. در این مرحله در هر تغییر مکان موقعیت باز شو با توجه به تعریف صلبیت در آیین نامه 2800، صلبیت در دو راستای X, Y که به ترتیب با R_x و R_y نشان داده می شود، محاسبه می گردد. همچنین در هر مرحله ماکزیم تنش سوراخ کننده، τ ، برای تعیین وضعیت تمرکز تنش نیز محاسبه می شود. بعد از انجام 40 آنالیز با محل های متفاوت باز شو بحرانی ترین حالت در پلان تعیین می گردد. با توجه به شکل 3 و محاسبات مربوط به تعیین صلبیت، همان طور که مشاهده می شود (جدول 2) صلبیت در راستای X از حد مجاز تجاوز کرده بنابراین موقعیت در نظر گرفته شده به عنوان موقعیت بحرانی نامیده می شود. در این حالت نیز ماکزیم تنش سوراخ کننده محاسبه شده که در نهایت برای بررسی تمرکز تنش به کار برده می شود.

II. در موقعیت بحرانی مساحت باز شو ثابت - نسبت ابعاد باز شو متغیر:

در این مرحله از آنالیز با توجه به مشخص شدن موقعیت بحرانی در پلان، مساحت باز شو در پلان ثابت و نسبت ابعاد باز شو طی چند مرحله آنالیز متغیر در نظر گرفته می شود. مساحت باز شو در محل بحرانی 11.25 متر مربع می باشد و تا پایان مرحله دوم از آنالیزها ثابت باقی می ماند.



شکل 3. محل بحرانی بازشو در دیافراگم

EX , EY								
دال در آنالیز صلب فرض نشده است. دال با وجود بازشو- راستای X - طبقه چهارم- دال دو طرفه								
Nodes	1	2	3	4	5	6	Max	Min
Displacement Story (n)-cm	2.258	2.3051	2.3455	2.3679	2.3997	2.453	2.453	2.258
Displacement Story (n-1)-cm	1.9024	1.9424	1.9761	1.9947	2.0209	2.0643		
$\Delta_{Story} = (\bar{D}_n - \bar{D}_{n-1}) = 0.3714 \quad \text{cm}$ $\Delta_{Diaphragm} = 0.195 \quad \text{cm}$ $R_x = 0.53 \leq 0.5 \Rightarrow \text{Not Ok}$								
دال در آنالیز صلب فرض نشده است. دال با وجود بازشو- راستای Y - طبقه چهارم- دال دو طرفه								
Nodes	1	7	13	19	25	Max	Min	
Displacement Story (n)-cm	2.3635	2.3862	2.4155	2.4318	2.464	2.464	2.3635	
Displacement Story (n-1)-cm	1.9934	2.013	2.0375	2.051	2.077			
$\Delta_{Story} = (\bar{D}_n - \bar{D}_{n-1}) = 0.37782 \quad \text{cm}$ $\Delta_{Diaphragm} = 0.1005 \quad \text{cm}$ $R_y = 0.27 \leq 0.5 \Rightarrow \text{Ok}$ Max Shear Stress = 874 kg/m^2								

جدول 2. محاسبات مربوط به صلبیت در حالت بحرانی از موقعیت بازشو

طول بازشو در راستاهای X و Y به ترتیب با A و B نشان داده می شود. صلبیت در راستاهای محورهای مختصات نیز محاسبه می شود. مقدار تنش یرشی مربوط به برش سوراخ کننده نیز محاسبه شده است. نتایج این قسمت از آنالیز در جدول 3 نشان داده می شود.

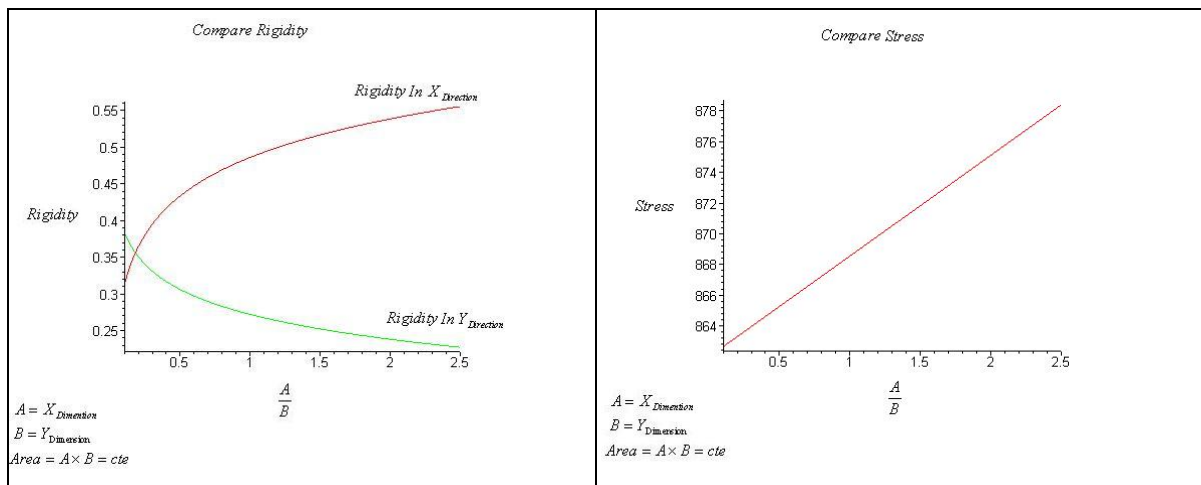
Shear Stress (kg/m^2)	R_y	R_x	$\frac{A}{B}$
866	0.29	0.45	0.555556
867	0.29	0.46	0.769231
868	0.28	0.47	1
870	0.29	0.54	1.3
874	0.23	0.53	1.8

جدول 3. تنش برشی و صلیبیت در راستاهای X و Y با مساحت ثابت و نسبت اضلاع متغیر در محل بحرانی

اگر از اعداد به دست آمده از جدول 3 منحنی هایی را برازش نمودارهای شکل 4 به دست می آید. همانطور که مشاهده می شود نسبت R در هر راستا با افزایش بعد بازشو در همان راستا نسبت مستقیم دارد بنابراین با صلیبیت رابطه معکوس خواهد داشت بدین معنا اگر در یک راستا بعد بازشو افزایش پیدا کند صلیبیت در آن راستا کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین همان طور که مشاهده می شود با افزایش نسبت ابعاد بازشو نیز تمرکز تنش بیشتر شده است. در شکل 4 محل تلاقی دو منحنی مربوط به صلیبیت در راستاهای X و Y به عنوان بهینه نسبت ابعاد بازشو در محل بحرانی بازشو در دیافراگم در نظر گرفته می شود.

III. در یک موقعیت خاص نسبت ابعاد بازشو ثابت - مساحت بازشو متغیر:

در این حالت یک موقعیت مشخص در پلان در نظر گرفته می شود. سپس مساحت بازشو با نسبت ابعاد یک (شکل بازشو مربعی) تغییر داده می شود. بهینه ابعاد برای این موقعیت معلوم، تعیین می گردد. لازم به ذکر است در این مرحله باید مش بندی پانل های اطراف بازشو بیشتر از سایر قسمت های پلان در نظر گرفته شود تا نتایج آنالیز برای به دست آوردن تمرکز تنش دقت لازم را برآورده سازد. نتایج حاصل از این قسمت از آنالیز در جدول 4 نشان داده شده است. با نسبت ابعاد 1 برای مساحت های مختلف بازشو صلیبیت در دو راستای X و Y به دست آمده است. همچنین تمرکز تنش در اطراف بازشو نیز محاسبه شده و در جدول 4 ذکر شده است.

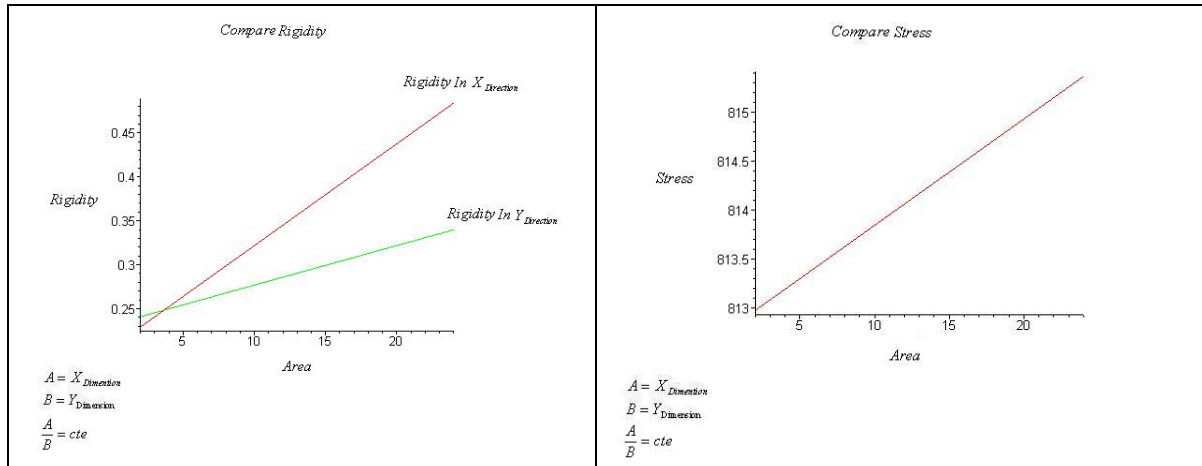


شکل 4.

Shear Stress (kg/m^2)	R_y	R_x	Area (m^2)
813	0.24	0.23	2.25
813.5	0.26	0.28	6.25
814	0.29	0.35	12.25
815	0.32	0.44	20.25
-	0.24	0.23	2.25

جدول 4. تنش برشی و صلیبیت در راستاهای X و Y با مساحت متغیر و نسبت اضلاع یک در محل بحرانی

اگر از اعداد به دست آمده از جدول 4 منحنی هایی را برآزش دهیم نمودارهای شکل 5 به دست می آید. همانطور که مشاهده می شود نسبت R در هر راستا با افزایش مساحت باز شو نسبت مستقیم دارد بنابراین با صلیبیت رابطه معکوس خواهد داشت بدین معنا اگر مساحت باز شو افزایش پیدا کند صلیبیت در آن راستا کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین همان طور که مشاهده می شود با افزایش نسبت ابعاد باز شو نیز تمرکز تنش بیشتر شده است. در شکل 5 محل تلاقی دو منحنی مربوط به صلیبیت در راستاهای X و Y به عنوان بهینه مساحت باز شو در مکان خاص در نظر گرفته می شود.



شکل 5.

5. نتیجه گیری

- با توجه به تعیین حداقل ضخامت دال در آئین نامه آبا (بند 8-15-3)، این ضخامت برای دال صلیبیت مورد نظر را فراهم می کند.
- صلیبیت های بدست آمده در هر راستا به نسبت طول به عرض باز شو بستگی دارد، با این ترتیب که اگر طول بزرگ باز شو در راستای بعد کوچک پلان باشد صلیبیت کمتر و بالعکس.
- اگر شکل باز شو با شکل پلان تقارن هندسی داشته باشد صلیبیت دیافراگم در وضعیت مطلوب قرار می گیرد.
- ابعاد باز شوهای استاندارد در حد دستگاه راه پله، نورگیر و آسانسور تاثیر چندانی در صلیبیت دیافراگم ندارند.
- با توجه به ایجاد تمرکز تنش در اطراف باز شو، توجه بیشتر به رعایت ضوابط طراحی آئین نامه ها توصیه می گردد.

12. مراجع

1. Hassan S.Saffarini and Musa M.Qudaimat, In-Plane floor deformation in RC Structures, Structural Engineering, Vol.118, November, 1992.
2. Farzad Naeim, The seismic design hand book van Nostrand Reinhold, 1989.
3. Arturo Tena-Colunga "seismic behaviour of structures with flexible diaphragm" ASCE, No. 4, Vol. 122 pp 439-445, April (1996).
4. دکتر رضا عباس نیا و محمد حسین اکبری " بررسی اثر نیروهای ناشی از امواج، زلزله و باد بر دیافراگم های کف در سکوهایی دریایی " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، 1375
5. آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد 84-2800
6. آئین نامه بتن ایران (آبا)
7. Manual of SAP2000, Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of three- Dimensional Structures.