



مکان استقرار بهینه دیوارهای برشی در طراحی سازه‌ها در مقابله با زلزله

عطاء... حاجتی مدارائی
استادیار دانشکده فنی دانشگاه گیلان

چکیده

در طراحی سازه‌ها، خصوصاً سازه‌های بتن آرمه، استفاده از سیستم «قاب - دیوار برشی» اغلب بین طراحان و مهندسين متداول است. در آئین نامه ملی ۲۸۰۰ برای چنین سیستم‌هایی ضریب رفتار $R = 7$ برای «سیستم‌های قاب فضائی ساده به همراه دیوار برشی» و $R = 8$ برای «سیستم‌های قاب فضائی خمشی به همراه دیوار برشی» پیشنهاد شده است. غیر از محدودیت‌های معماری که مکان استقرار دیوار برشی وابسته به آن است، استقرار بهینه این دیوارها در سازه به طریقی که بیشترین کارائی را درباربری بار زلزله ارائه دهد، به این معنی که با جذب بیشترین نیروی جانبی، کمترین تغییر مکان جانبی طبقه را دارا باشد، نیز می‌تواند بعنوان سؤالی مهم و کاربردی برای طراحی مطرح باشد. در این بررسی با مطالعه رفتار تعدادی سازه منظم و نامنظم در موقعیت‌های مختلف استقرار دیوار برشی به این سؤال مهم پاسخ داده می‌شود.

کلید واژه‌ها: دیوار برشی SW ، سیستم مختلط ، استقرار بهینه ، مکان استقرار بهینه ، پلان منظم ، پلان نامنظم

سیستم مختلط قاب فضائی خمشی - دیوار برشی بعنوان سیستمی مقبول همواره مورد استفاده و پیشنهاد طراحان قرار می‌گیرد به طریقی که در آئین نامه ۲۸۰۰ « طرح ساختمانها در برابر زلزله » نیز ارایه و یادآوری شده است.

یکی از اساسی ترین نکات استفاده از دیوارهای برشی، که طراحان در آغاز تصمیم گیری به آن می‌پردازند، علاوه بر عدم امکان ساده بازشوهای بزرگ همانند درب و پنجره که وابسته به طرح معماری می‌باشد، مکان استقرار آنهاست، تا کارائی مناسب‌تر و بهینه از محل استقرار برای سازه حاصل شود. به این معنی که همواره برای طراح این سؤال مطرح است که: «دیوارهای برشی متعلق به یک سازه در کدامین موقعیت استقرار در پلان، قادر به جذب انرژی بیشتر و در نهایت محدودتر نگهداشتن تغییر شکل‌های جانبی نهائی سازه می‌باشند».

جهت دستیابی به مکان استقرار بهینه دیوارهای مذکور، تعدادی از سازه‌های منظم و نامنظم در پلان با موقعیت‌های مختلف استقرار دیوارهای برشی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند و بر اساس نتایج حاصل از تحلیل، جداول و نمودارهایی بر حسب درصد نیروی جذب شده از نیروی جانبی بوسیله دیوارهای برشی تهیه و تنظیم شدند. به کمک آن جداول و نمودارها مکان استقرار بهینه نشان داده شده‌اند.

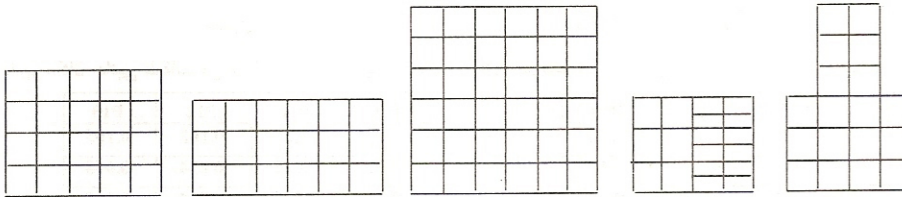
در نهایت ملاحظه می‌گردد که برای دستیابی به استقرار بهینه دیوارهای برشی، لازم است که این دیوارها بعنوان عناصر مقاوم در مقابل نیروهای جانبی به طرز مناسبی در سطح پلان توزیع شوند.

فرضهای مقدماتی درباره سیستم‌های مورد نظر و تحلیل سازه سیستم‌های مذکور:

برای مطالعه لازم در زمینه « مکان استقرار بهینه دیوارهای برشی در طراحی سازه‌ها در مقابله با زلزله » تعدادی از سازه‌های منظم و همچنین نامنظم در پلان با موقعیت‌های مختلف استقرار دیوارهای برشی، تحت اعمال بارهای جانبی قرار داده شدند و به صورت سه بعدی مورد تحلیل قرار گرفتند. با توجه به اینکه میزان صلبیت سقف، یعنی وجود یا عدم وجود یک دیافراگم یا پوسته صلب، در توزیع نیروهای جانبی بین اعضای مقاوم تاثیر بسزائی دارد، سیستم سقف تمامی مدلها یکسان و بصورت یک دیافراگم صلب فرض شده‌اند.

مراحل تحلیل سازه‌ها:

در مراحل بررسی، پنج نوع سازه با پلانهای متفاوت تیپ P1 الی P5 که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند، مورد تحلیل قرار گرفتند:



تیپ P1

تیپ P2

تیپ P3

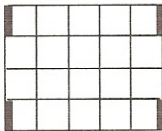
تیپ P4

تیپ P5

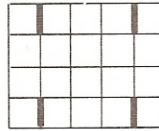
شکل ۱

بررسی مرحله اول (تحلیل پلان تیپ P1):

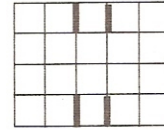
در این مرحله چندین سازه چهار طبقه منظم مورد تحلیل قرار گرفتند. به طریقی که استقرار دیوارهای برشی به حالت متقارن در مراحل مختلف تحلیل به تدریج از محیط سازه به مرکز جرم نزدیک تر مستقر شده‌اند. سازه‌های مورد بررسی به ترتیب سازه‌های منظم چهار طبقه تیپ P11، P12 و P13 به صورت نشان داده شده در شکل ۲ می‌باشند.



تیپ P11



تیپ P12



تیپ P13

شکل ۲

نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهند که درصد جذب انرژی نیروی جانبی توسط دیوارها، به هنگام نزدیک شدن به مرکز جرم در مراحل مختلف بصورت منظم، ازدیاد حاصل ننموده، بلکه در مواردی، حالت استقرار نزدیکتر به مرکز جرم، جذب نیروی جانبی کمتری را نسبت به استقرار دیوار برشی دورتر از مرکز جرم، به همراه دارد. از مشاهده نتایج، چنین برداشت می‌شود که توزیع منطقی دیوارها در کل پلان سازه حالت ایده‌آلی را برای دیوارها در مقابله با نیروی جانبی می‌تواند بوجود آورد. نتایج حاصل از تحلیل سه نمونه از سازه با پلان P11، P12 و P13 در جداول ۱-۱ و ۱-۲ و همچنین نمودارهای ۱-۱ و ۱-۲ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که استقرار تیپ P12 مناسب تر از سایر حالات P11 و P13 می‌باشد.

جدول ۱-۱

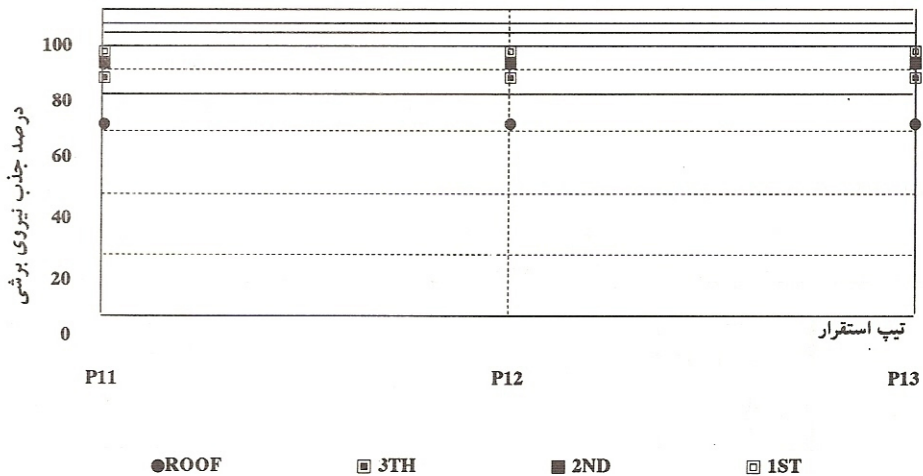
درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای (P11 الی P13)

تیپ / طبقه	P11	P12	P13
ROOF	72.27	73.73	72.27
3TH	88	88.47	88
2ND	92.36	92.58	92.4
1ST	95.27	95.3	95.27

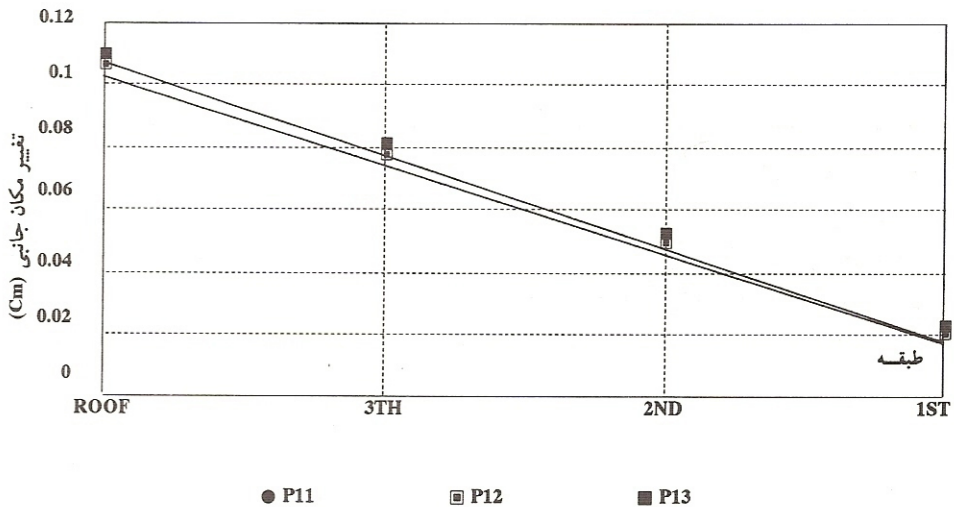
جدول ۱-۲

تغییر مکان جانبی طبقات در حالات استقرار تیپ (P11 الی P13)

تیپ / طبقه	P11	P12	P13
ROOF	0.105	0.102	0.105
3TH	0.075	0.074	0.075
2ND	0.045	0.044	0.045
1ST	0.018	0.018	0.018



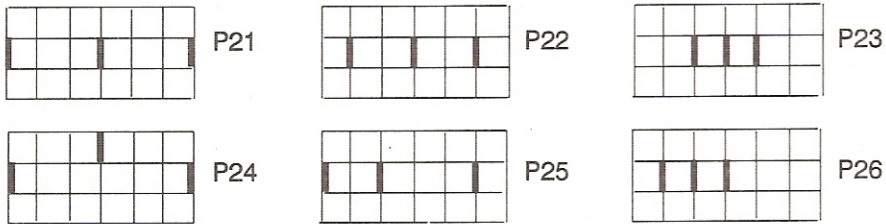
نمودار ۱-۱ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای تیپ (P11 الی P13)



نمودار ۱-۲ تغییر مکان جانبی طبقات در حالت‌های استقرار تیپ (P11 الی P13)

بررسی مرحله دوم (تحلیل پلان تیپ P2):

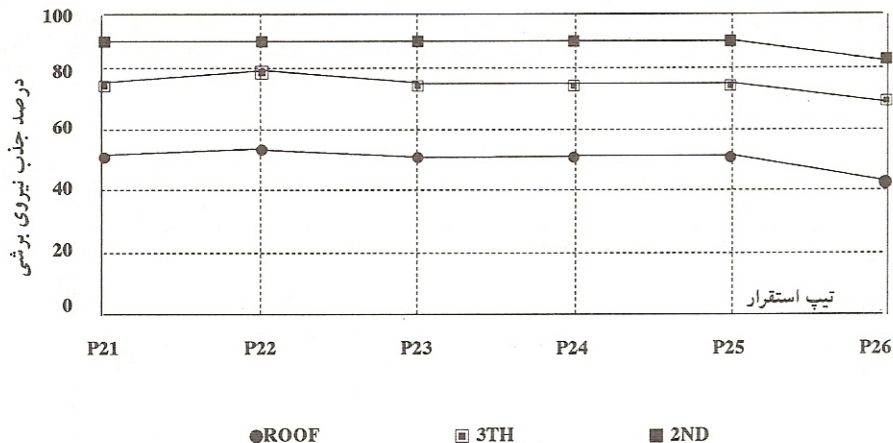
بر اساس نتایج مقطعی حاصل از تحلیل مرحله اول، بعنوان توزیع منطقی دیوارهای برشی در کل سطح پلان سازه، به طریقی عمل گردید که برای پلان دارای سه دهانه ۵ متری و شش دهانه ۴ متری آرایش استقرار دیوارهای برشی طبق پیشنهاد شکل ۳ دنبال شود.



شکل ۳

جدول ۲ درصد نیروی جذب شده توسط دیواره‌های برشی (تیپ P21 الی P26)

تیپ / طبقه	P21	P22	P23	P24	P25	P26
ROOF	51.1	52.6	50	50.5	49.6	42.53
3TH	77.6	76.05	77.45	77.08	76.43	70
2ND	85	85.21	84.8	84.7	84.08	78.3
1ST	91.13	91.19	91.09	91.08	90.6	35.15

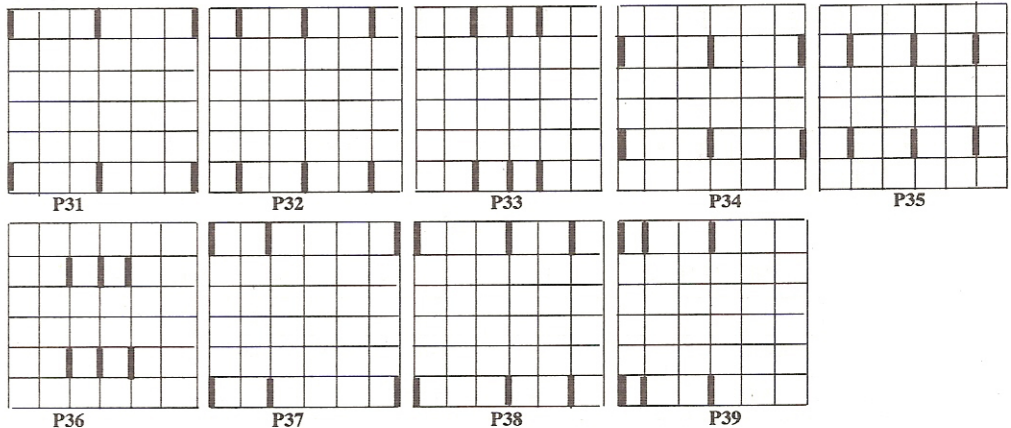


نمودار ۲ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای تیپ (P21 الی P26)

نتایج حاصل از بررسی‌های این مرحله مؤید این مطلب است که «توزیع بهینه دیوارهای برشی از استقرار دیوارها در مرکز سطوح جزء حاصل می‌شود. این سطوح جزء تیراژ تقسیم پلان با توجه به موقعیت ستونها حاصل می‌شود. لذا حالت استقرار و بهینه دیوار برشی در پلان تیپ P2، حالت استقرار P22 می‌باشد.

بررسی مرحله سوم (تحلیل پلان تیپ P3):

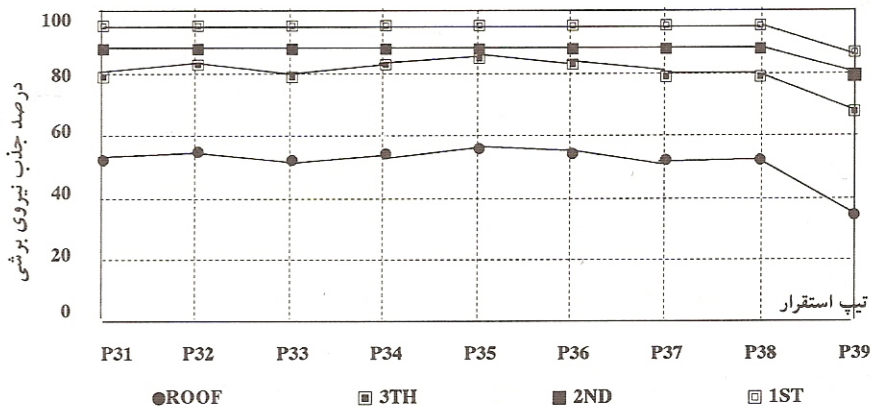
جهت بدست آوردن نتایج قابل پشتیبانی و بررسی عمیق تر نتیجه حاصل شده از بررسی مرحله دوم، به تحلیل سازه‌ای با ابعاد پلان شش دهانه ۴ متری و شش دهانه ۵ متری، با نامگذاری P3 در حالت‌های مختلف استقرار P31 الی P39 طبق شکل ۳ اقدام گردید. نتایج حاصل از تحلیل در جدول ۳ و نمودار شماره ۳ ارائه گردید که این نتایج نتیجه حاصل از مرحله دوم را تأیید نمودند. به این طریق که حالت استقرار بهینه دیوار برشی در پلان تیپ P3، حالت استقرار P35 می‌باشد.



شکل ۴

جدول ۳ درصد نیروی جذب شده توسط دیوارهای برشی (تیپ P31 الی P39)

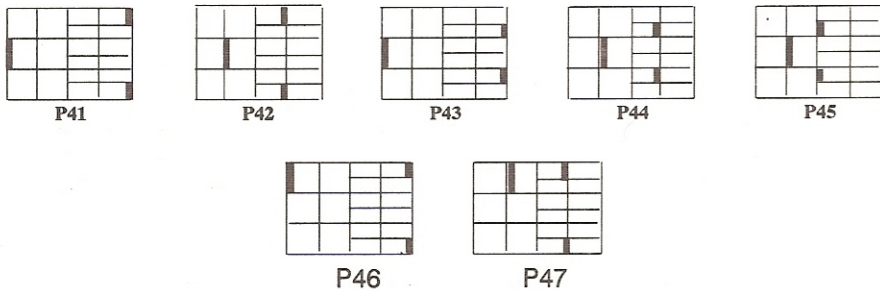
تیپ / طبقه	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39
ROOF	51.5	53.4	50	54	55.4	52.9	51.06	52	37.6
3TH	78.1	78.7	77.7	79.4	80	79.1	77.9	78.2	67.6
2ND	86.2	86.5	86	86.8	87	86.6	86.04	86.15	77.4
1ST	92.5	92.6	92.4	92.65	92.7	92.63	92.38	92.38	85.32



نمودار ۳ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای تیپ (P21 الی P26)

بررسی مرحله چهارم (تحلیل پلان تیپ P4):

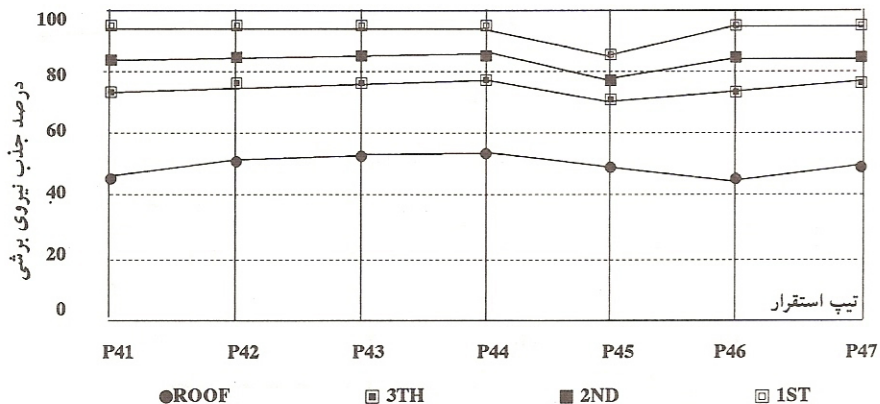
با توجه به این اصل که توزیع نیروی برشی بین اعضای مقاوم در مقابل این نیرو به نسبت سختی آنها صورت می‌گیرد و بدیهی است که سختی دیوارهای برشی نیز بستگی به ابعاد آنها (طول و ضخامت) در پلان دارد، لذا جهت منظور نمودن تقسیم پلان به سطوح جزء، این موضوع نیز برای تقسیم دیوارهای برشی در پلان در این مرحله مورد توجه قرار گرفت. بنابراین در این حالت پلان تیپ P4 در حالت‌های مختلف استقرار P41 الی P47 طبق شکل ۵ در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تحلیل در جدول شماره ۴ و نمودار شماره ۴ ارائه گردید. ملاحظه می‌شود که در این حالت نیز، استقرار بهینه دیوار برشی در پلان تیپ P4 حالت استقرار P44 است که از تقسیم پلان به تعدادی سطوح جزء که متناسب با سطح مقطع جزء برای دیوارهای برشی می‌باشند، حاصل گردید.



شکل ۵

جدول ۴ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای (تیپ P41 الی P47)

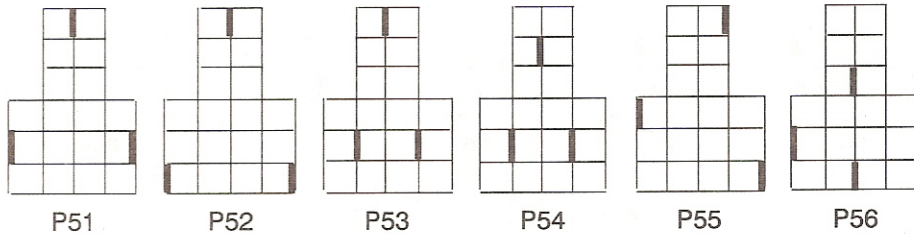
تیپ / طبقه	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47
ROOF	45.33	49.27	50.53	53.23	49.6	45.61	49.27
3TH	74.65	75.97	76.75	77.65	71.47	74.45	75.78
2ND	83.8	84.31	84.71	85.07	78.21	83.68	84.22
1ST	91.18	91.28	91.37	91.74	85.93	91.13	91.24



نمودار ۴ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای تیپ (P41 الی P47)

بررسی مرحله پنجم (تحلیل پلان تیپ P5):

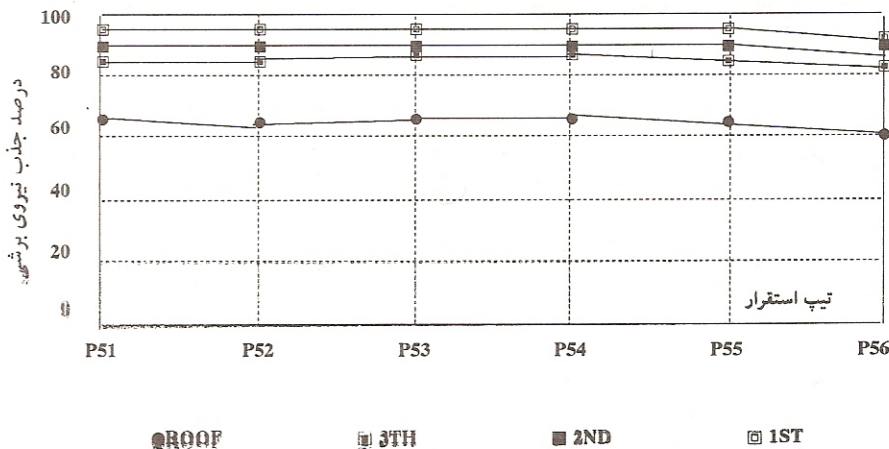
در نظر گرفتن پلان تیپ P5 به این دلیل حائز اهمیت است که بسط موضوع نتایج حاصل از استقرار بهینه دیوارهای برشی را برای پلان های نامنظم مقدور می سازد. لذا پلان تیپ P5 در حالت های مختلف استقرار P51 الی P56 طبق شکل ۶ در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تحلیل در جدول شماره ۵ و نمودار شماره ۵ ارائه گردید. نتیجه بیان کننده این واقعیت است مکان استقرار بهینه دیوارهای برشی برای سازه های منظم و نامنظم در پلان یکسان بوده و به همان صورت تقسیم پلان به تعدادی سطوح جزء، که متناسب با سطح مقطع جزء برای دیوارهای برشی استقرار یافته باشد، قابل اجرا خواهد بود. بنابراین ملاحظه می شود که استقرار بهینه تیپ P5 حالت استقرار P54 می باشد.



شکل ۶

جدول ۵ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای (تیپ P51 الی P56)

تیپ / طبقه	P51	P52	P53	P54	P55	P56
ROOF	64.2	63.83	65.1	65.33	62.63	59.57
3TH	84.87	84.45	85.07	85.27	83.92	81.83
2ND	90.49	90.29	90.6	90.7	89.98	88.27
1ST	94.11	94.04	94.14	94.17	93.86	92.29



نمودار ۵ درصد جذب نیروی برشی توسط دیوارهای تیپ (P21 الی P26)

نتایج:

از بررسی‌های انجام یافته نتایج زیر حاصل می‌گردد:

الف) مکان استقرار بهینه دیوار برشی از طریق «توزیع بهینه» دیوار برشی در پلان سازه زمانی به دست می‌آید که استقرار دیوار برشی در مرکز سطوح جزء واقع باشند و سطوح جزء از تقسیم پلان به قسمتهایی متناسب با تعداد و سطح مقطع نسبی دیوار برشی حاصل می‌شود.

ب) چنانچه به دلایل معماری و غیره نتوان از حالت ایده‌آل مکان استقرار بهینه دیوارهای برشی استفاده نمود، توزیع منطقی دیوارها در کل سطح پلان موجود سازه و حتی الامکان بصورت متقارن نتایج مناسب تر و بهتری را حاصل مینماید.

ج) نتایج عددی ارایه شده در جدولهای بررسی انجام شده مؤید این واقعیت است که نقش دیوارهای برشی در جذب نیروهای جانبی همانند نیروی زلزله از پایین به بالا کاهش می‌یابد که این پدیده حاکی از عمل کرد خمشی دیوار برشی همانند یک تیر طره‌ای است.

منابع:

1- Khan F. R. and Sbarounis J.

"Interaction of Shear Walls and Frames" J. Struct. Div. ASCE, 90, St. 3, 285

2-Macleod J. A.

"Shear Wall Frame Interaction" P.C. A., 5420

۳- ناطقی الهی، فریبرز- کاکاوند اسدی، رضا "رفتار و طراحی سازه‌ای ساختمانهای بلند"، تهران، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۵

۴- عادل، حجت ا... - "سازه‌های ساختمان بلند"، تهران، دهخدا، ۱۳۵۸

۵- طاحونی، شاپور - "طرح سازه‌های بتن ملی" - جلد اول، تهران، شاپور طاحونی، ۱۳۷۱

۶- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن - استاندارد شماره ۲۸۰۰ (آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله)، ۱۳۵۴

۷- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران - استاندارد شماره ۵۱۹ (حدّ اقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی)

۸- حاجتی مدارائی، عطاء... - شهری، عطاء... - "استقرار و کمیت بهینه دیوار برشی در سازه‌ها"، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه، دانشکده فنی دانشگاه گیلان،