



شیوه بررسی تاثیر نیاز آرماتور گذاری لرزه ای دربال ها و جمع کننده ها در دیافراگم بر صلبیت آن در دال های بتنی

رضامکرّم آیدنلو^۱، دکتر جواد مکاری رحمدل^۲

1- کارشناسی ارشد عمران - سازه، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی ارومیه

2- دکتری عمران - زلزله، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی ارومیه

Reza.mokarram@civil.uut.ac.ir

javad.mokarirahmdel@civil.uut.ac.ir

خلاصه

دیافراگم های صلب به عنوان مهمترین عضو در انتقال بار جانبی به عناصر قائم لرزه بر در سازه ایفای نقش می نمایند. عموماً دیافراگم هایی که در زمان طراحی به صورت صلب در نظر گرفته می شود در زمان وقوع زلزله با توجه به نیروهای وارده و تغییر شکل های اعمالی تغییر ماهیت داده و در اجرای خویش همچون بال ها و جمع کننده ها تغییر شکل داده و نهایتاً به نیمه صلب و یا در برخی موارد به انعطاف پذیر تغییر عملکرد می دهند. لذا بررسی نیاز آرماتور گذاری لرزه ای در اجزای دیافراگم نقش به سزایی در تامین عملکرد مورد انتظار صلبیت دیافراگم ها در بار گذاری های لرزه ای مختلف تامین نماید. این مقاله، شیوه ی مدون کنترل صلبیت و آرماتور گذاری لرزه ای را در دال های بتنی مطابق با آیین نامه 2800 و آیین نامه های مرتبط ارائه می نماید.

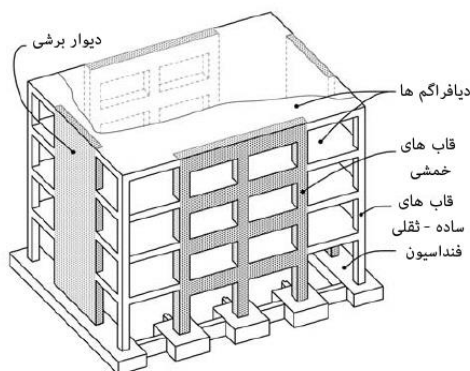
کلمات کلیدی: دیافراگم ها، زلزله، سازه، ساختمان، کنترل

مقدمه

توسعه سازه های ساختمانی به طور کلی متشکل از یک چارچوب سه بعدی از عناصر برای تحمل بارهای گرانش و بارهای جانبی می باشند (شکل 1). عناصر عمودی شامل قاب های ثقلی و خمشی و دیوارها وظیفه انتقال بارهای وارده به سازه را به فنداسیون را بر عهده دارند. عناصر افقی یا دیافراگم ها، شامل جمع کننده و بال ها می باشند که وظیفه انتقال نیروها را به عناصر عمودی سیستم نیروی مقاوم در برابر زلزله را دارا می باشند. انسجام عناصر عمودی جهت انتقال نیروهای جانبی بین این عناصر را دیافراگم ها ایفا می نمایند. بنابراین دیافراگم ها بخشی اساسی از سیستم نیروی مقاوم در برابر زلزله می باشند و با توجه به این عملکرد نیاز به طراحی مناسب در برابر زلزله را دارا می باشند. لذا دیافراگم سازه به لحاظ صلبیت دارای اهمیت بسزایی در انتقال و مستهلک نمودن بار های دینامیکی وارده بر سازه به تراز پایه می باشد. ارزیابی نیروهای وارده بر سازه در نواحی کششی و فشاری و برشی جهت محقق نمودن سطح عملکرد مورد انتظار سازه، دارای اهمیت زیادی است. بنابراین رفتار و طراحی دیافراگم مطابق آیین نامه -ASCE07 10 و 2800 زلزله ایران و سایر مقررات ملی ساختمان مرتبط با این موضوع به دقت مورد ارزیابی قرار گرفته و نیاز آرماتور گذاری مورد تحلیل لرزه ای قرار گیرد.

1مدیر عامل گروه طرح و ساخت مکرّم و همکاران

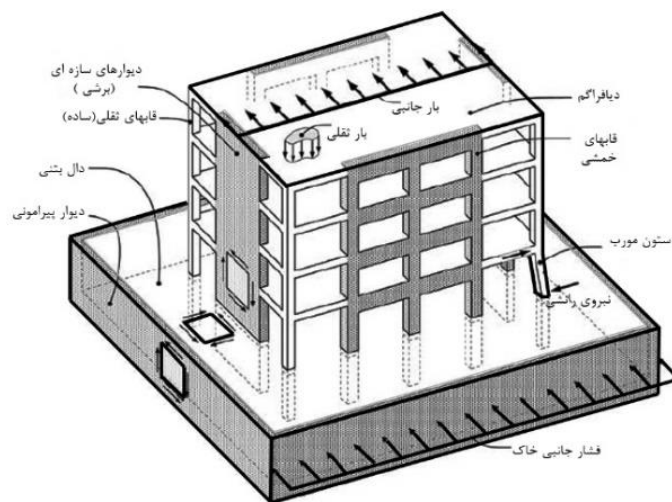
2استاد یار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی ارومیه



شکل 1: نمایش ساختار اساسی یک ساختمان متشکل از عناصر افقی (دیافراگم)، عناصر عمودی (دیوار و فریم)، و فنداسیون.

نقش دیافراگم

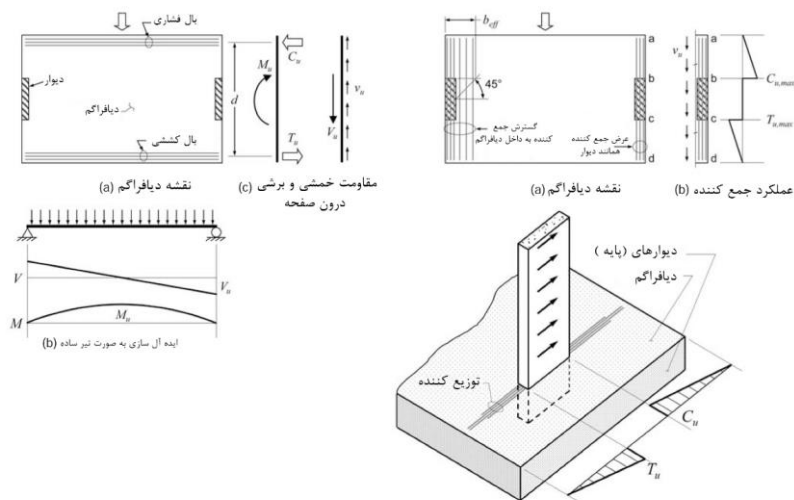
- دیافراگم‌های صلب، عملکردهای متعددی برای مقاومت در برابر نیروی ثقیلی و نیروهای جانبی در ساختمان برعهده دارند. به طور جامع نقش‌های اصلی عبارتند از:
- مقاومت در برابر بارهای گرانش.
- تامین انسجام مناسب در مسیر انتقال بارهای جانبی از عناصر سطحی به عناصر عمودی.
- مقاومت در برابر بارهای خارج از صفحه.
- مقاومت در برابر نیروی رانشی حاصل از ستون‌های مورب.
- انتقال بارهای جانبی از عناصر سطحی (دیافراگم) به عناصر عمودی (قاب‌های خمشی).
- تحمل بارهای جانبی لرزه‌ای در درون صفحه دیافراگم.
- تحمل نیروهای فشاری جانبی خاک.



شکل 2- نقش‌ها (عملکردهای) دیافراگم.

اجزای و قطعات دیافراگم

دیافراگم‌ها مطابق شکل 3 معمولاً از اجزای مختلف، از جمله دال دیافراگم، بال‌ها (که به عنوان عناصر کششی و فشاری شناخته می‌شوند)، جمع‌کننده‌ها و عناصر اتصال به عناصر عمودی تشکیل شده است.



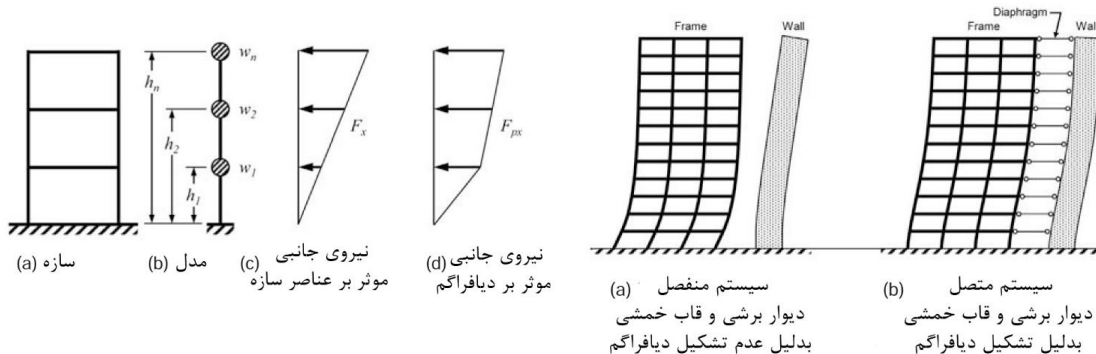
شکل 3- اجزا و عناصر دیافراگم .

رفتار و اصول طراحی دیافراگم

پاسخ دینامیکی ساختمان و دیافراگم

از مطالعات اساسی دینامیک سازه (به عنوان مثال، چوپرا 2005) ما می دانیم که شتاب پاسخ دینامیکی از یک ساختمان که در معرض زلزله خاصی قرار دارد با زمان و مقدار اوج حادث در طیف بازتاب رابطه مستقیم دارد . در این راستا با توجه به طیف های ارائه شده در آئین نامه 2800 زلزله ایران می توان ضرایب را با توجه به طیف های ارائه شده استخراج نمود . در این راستا با توجه به آئین نامه 2800 زلزله ایران با نگاهی محافظه کارانه در راستای استخراج نیروهای طراحی ، دو مجموعه مختلف از نیروهای طراحی لرزه ای معمولا برای طراحی مشخص شده، یکی برای طراحی سیستم مقاومت در برابر زمین لرزه، و دیگری برای دیافراگم (شکل 4):

- یک مجموعه ای از نیروهای طراحی، F_x ، است که، به طراحی عناصر عمودی سیستم نیروی مقاوم در برابر زلزله صورت گرفته است.
- مجموعه دوم از نیروهای طراحی، F_{px} ، است که برای طراحی لرزه ای دیافراگم استفاده می شود.



(شکل 4): نیروهای طراحی برای عناصر عمودی (قابهای سازه ای) و دیافراگم.

(شکل 5): سیستم دیافراگم در توسعه نیروهای انتقال با تحمیل سازگاری جابجایی بین عناصر مختلف عمودی نیروی مقاوم

در برابر زلزله.

تبصره: انفصال در سیستم لرزه بر جانبی منجر می گردد برای طراحی لرزه ای عناصر عمودی (قابهای سازه) به لحاظ ساختار فیزیکی نیروهای طراحی خاصی اختیار کنند (شکل 5).

نیروهای طراحی لرزه ای دیافراگم

دیافراگم های ساختمان که در زمان وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کفها را به عناصر قائم را برعهده دارند . بایستی برای تغییر شکل ها افقی که در میان صفحه ایجاد مشود سختی و مقاومت کافی دارا باشد. بنابراین مطابق آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله نیروی جانبی زلزله از رابطه زیر محاسبه گردد.

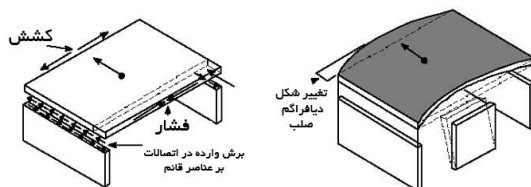
Level	$w_x (kg)$	$h_x (m)$	$w_x h_x^k$	$\frac{w_x h_x^k}{\sum w_x h_x^k} (\%)$	$F_x (ton)$	$F_{level} (ton)$
Story 04	713359	14.68	10472110.1	38.90	138.2555	138.2555
Story 03	759295	11.01	8359837.95	31.05	110.3687	248.6243
Story 02	722807	7.34	5305403.38	19.71	70.04331	318.6676
Story 01	759295	3.67	2786612.65	10.35	36.78958	355.4571

جدول 6- نیروی زلزله وارد بر عناصر عمودی (عناصر قاب های خمشی و ثقیلی) ساختمان

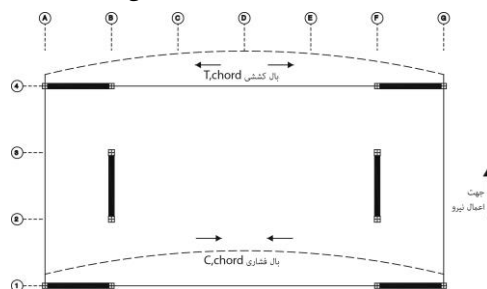
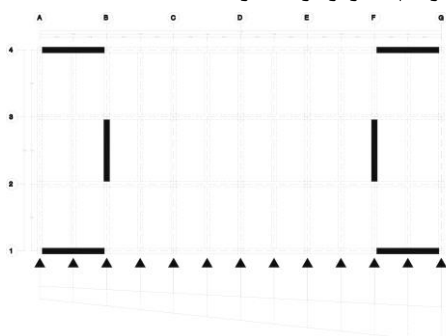
level	$w_x (ton)$	$\sum w_i$	F_x	$\sum F_i$	$\frac{\sum F_x}{\sum w_{px}}$	F_{px}	$\gamma = \frac{F_{px}}{F_x}$
Story 04	713.359	713.359	138.25551	138.26	0.193809	138.26	1
Story 03	759.295	1472.654	110.368746	248.62	0.168827	128.19	1.16
Story 02	722.807	2195.461	70.0433094	318.67	0.145148	104.92	1.49
Story 01	759.295	2954.756	36.7895819	355.46	0.1225	93.01	2.52

جدول 7- نیروی زلزله وارد بر دیافراگم

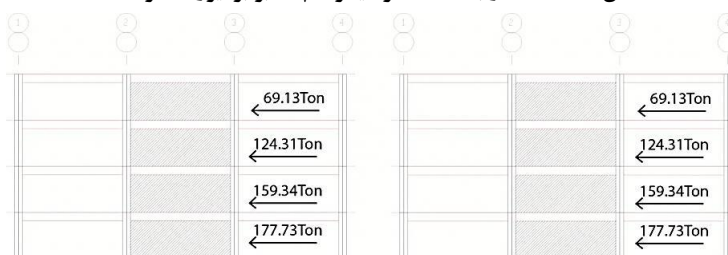
هریک از دیوارهای برشی به نسبت سختی سهمی از برش پایه را به خود اختصاص می دهند



شکل 7: شمای سه بعدی عناصر دیافراگم در برابر نیروی زلزله



شکل 8: شمای دو بعدی عناصر دیافراگم در برابر نیروی زلزله

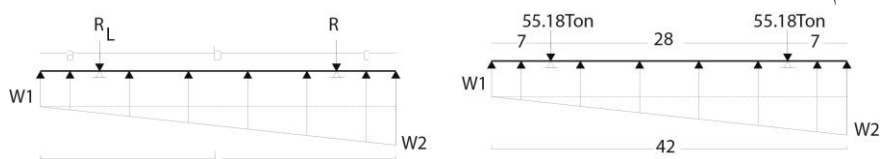


نیروی دیوار برشی در قاب F

نیروی دیوار برشی در قاب B

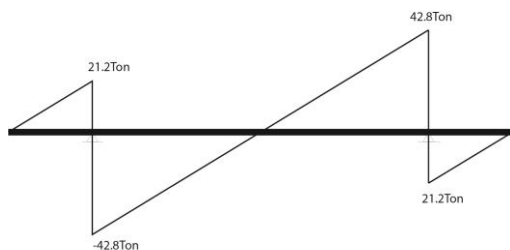
شکل 9: شمای دو بعدی قاب ها نیروی های لرزه ای وارده

نیروی دیافراگم طبقه سوم

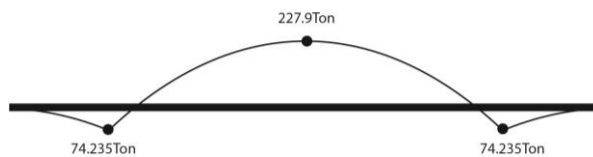


ترسیم دیاگرام برش و خمشی برای طبقه سوم

محاسبه نیروی برشی ماکزیمم در جمع کننده (collector):



شکل 10- دیاگرام برش سقف طبقه سوم



شکل 11- دیاگرام خمش سقف طبقه سوم

در این مرحله با استفاده از دیاگرام برش طبقه و ماکزیمم نیروی برشی محقق شده در قاب را استخراج و با در نظر گرفتن جمع کننده (collector) به

طول L_{df} ماکزیمم نیروی برشی طبقه محقق می گردد .

$$V_{udF,B} = \frac{V_{udF,B}}{L_{df}} = \frac{42.8_{Ton}}{21_m} = 2.03 \frac{Ton}{m}$$

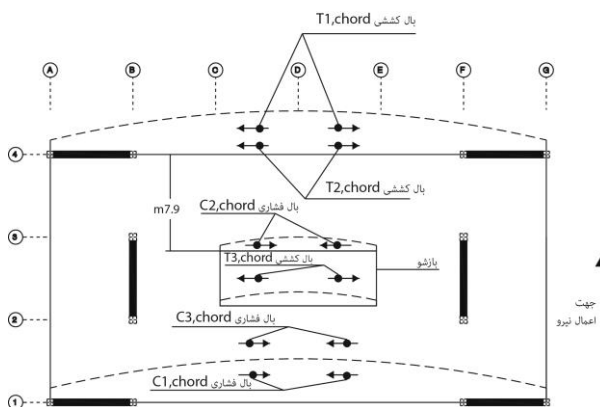
محاسبه نیروی خمشی ماکزیمم در بال ها (chords):

نیروی بیشینه بال ها دیافراگم (chords) با استفاده از دیاگرام خمش استخراجی طبقه تهیه و نهایتاً در محاسبات لحاظ می گردد. در این حالت 95

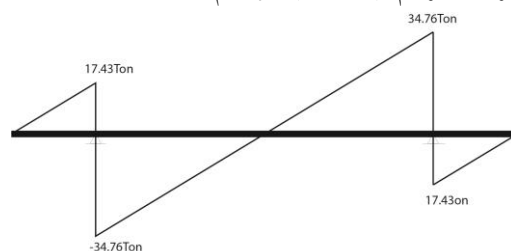
درصد دهانه به عنوان دهانه موثر در نظر گرفته می شود .

$$D = 0.95 \times 21 = 19.95_m \rightarrow T_u = \frac{M_u}{D} = \frac{227.9_{Ton \times m}}{19.95_m} = 11.42_{Ton}$$

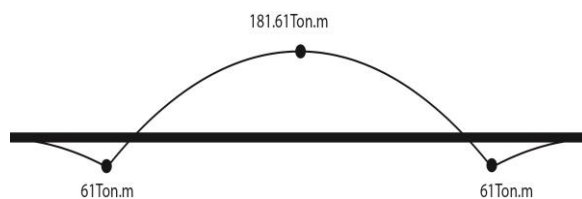
نیروی دیافراگم طبقه دارای بازشو (دوم)



شکل 12- شمای دوبعدی قسمت های کششی و فشاری در دیافراگم دارای بازشو



شکل 13- دیاگرام خمش سقف طبقه دوم



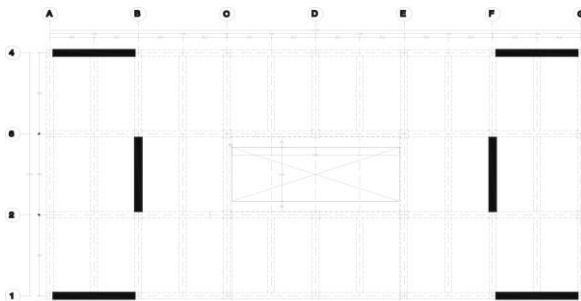
شکل 14- دیاگرام خمش سقف طبقه دوم

محاسبه نیروی برشی ماکزیمم در جمع کننده (collector):

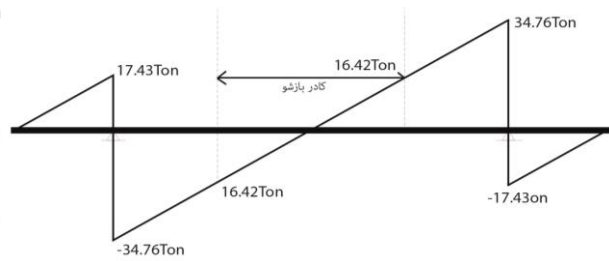
در این مرحله با استفاده از دیاگرام برش طبقه و ماکزیمم نیروی برشی محقق شده در قاب را استخراج و با در نظر گرفتن جمع کننده (collector) به

طول L_{df} ماکزیمم نیروی برشی طبقه محقق می گردد .

$$v_{udF,B} = \frac{V_{udF,B}}{L_{df}} = \frac{34.76_{Ton}}{21_m} = 1.65 \frac{Ton}{m}$$



کنترل نیروی برشی در اطراف باز شو میان طبقه



شکل 15- دیاگرام برش در اطراف باز شو سقف دوم

$$v_{udE,C} = \frac{V_{ud,opening}}{L_{df}} = \frac{16.42_{Ton}}{(21-4.65)_m} = 1.0042 \frac{Ton}{m}$$

محاسبه نیروی خمشی ماکزیمم در بال ها (chords):

نیروی بیشینه بال ها دیافراگم (chords) با استفاده از دیاگرام خمش استخراجی طبقه تهیه و نهایتاً در محاسبات لحاظ می گردد. در این حالت 95 درصد دهانه به عنوان دهانه موثر در نظر گرفته می شود .

$$D = 0.95 \times 21 = 19.95_m \rightarrow T_{u1} = \frac{M_u}{D} = \frac{181.61_{Ton.m}}{19.95_m} = 9.10_{Ton}$$

نیروی خمشی ماکزیمم در بال ها (chords) در اطراف باز شو

محاسبه خمشی ماکزیمم در بال ها (chords) در مرکز باز شو

$$D = 0.95 \times 7.9 = 7.5_m \rightarrow T_{u2} = \frac{M_u}{D} = \frac{18.21_{Ton.m}}{7.50_m} = 2.42_{Ton} \rightarrow T_{total} : 2.42_{Ton} + 9.10_{Ton} = 11.52_{Ton}$$

محاسبه خمشی ماکزیمم در بال ها (chords) در انتها و لبه های باز شو

$$D = 0.95 \times 7.9 = 7.5_m \rightarrow T_{u3} = \frac{M_u}{D} = \frac{36.42_{Ton.m}}{7.5_m} = 4.85_{Ton}$$

محاسبه و کنترل ظرفیت برشی دیافراگم طبقه دوم دارای باز شو، طبقه دوم (دال 17 سانتی متر می باشد)

$$\Phi V_c = \Phi 2 \sqrt{f'_c} b d \rightarrow \Phi V_c = 0.75 \times 2 \sqrt{2500} \times 0.17 \times 0.30 = 3.82$$

$$\Phi V_c > V_{udF,B} \rightarrow 3.82 > 1.004 \rightarrow OK$$

بتن دال دیافراگم بایستی به تنهائی پاسخگوی برش یکنواخت ایجاد شده باشد.

طراحی بال ها (chord) در دیافراگم، طبقه دوم (دال 17 سانتی متر می باشد)

آمارتور مورد نیاز در بال ها (CHORD) برای کنترل تنش کششی به صورت زیر محاسبه می گردد:

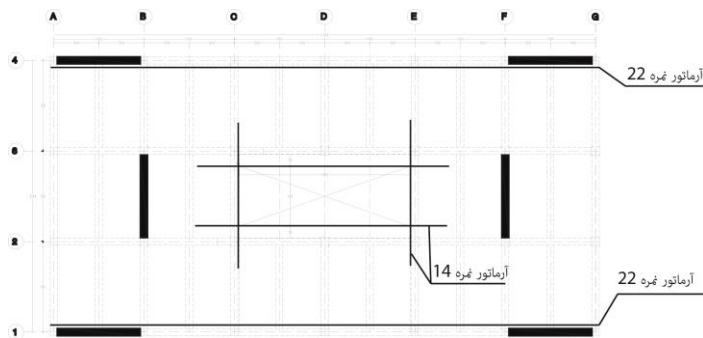
$$\Phi T_n = \Phi A_s f_y \geq T_U \rightarrow A_s = \frac{T_U}{\Phi f_y} = \frac{11.52_{Ton} \times 1000}{0.9 \times 4000} = 3.2_{cm^2}$$

* مجهز کردن یک آرماتور $\Phi 22$ در گوشه دال الزامی می باشد .

آمارتور مورد نیاز در بال ها (CHORD) برای کنترل لنگر منفی در جوار باز شو، برای کنترل تنش کششی به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\Phi T_n = \Phi A_s f_y \geq T_U \rightarrow A_s = \frac{T_{U3}}{\Phi f_y} = \frac{4.85_{Ton} \times 1000}{0.9 \times 4000} = 1.34_{cm^2}$$

* مجهز کردن یک آرماتور $\Phi 14$ در گوشه دال الزامی می باشد .



شکل 17- نیاز آرماتور گذاری مازاد در قسمت فشاری و کششی دیافراگم (در سقف دارای باز شو)

کنترل جمع کننده (COLLECTOR) در طبقه سوم

جمع کننده (collector) بایستی طراحی شود برای

$$\gamma F_x = F_{px} \rightarrow 55.18 \times 1.16 = 64_{ton}$$

طراحی جمع کننده (collector) طبقه سوم

جمع کننده (COLLECTOR) در طبقه دوم با یستی قادر به تحمل نیروی کششی ایجاد شده در زیر در دیافراگم باشند.

level	$w_x (ton)$	F_{px}	$Q_E \text{ frame}$
Story 04	713.359	138.26	69.13
Story 03	759.295	128.19	64.095
Story 02	722.807	104.92	52.46
Story 01	759.295	93.01	46.505

$$V_{DIAPH} = \frac{\rho Q_E}{L_{DIAPH}} = \frac{1 \times 64_{TON}}{21} = 3.0476 \frac{Ton}{m}$$

$$V_{WALL} = \frac{\rho Q_E}{L_{WALL}} = \frac{1 \times 64_{TON}}{6.38} = 10.1 \frac{Ton}{m}$$

$$F_{C2} = (V_{DIAPH})(L_{1-2}) = (3.05 \times 7) = 21.35_{TON}$$

$$T_U = C_U = 21.35_{TON}$$

جدول 8 نیروی زلزله وارد بر دیافراگم طبقه سوم

نتیجه گیری

با توجه به اینکه عموماً در طراحی لرزه ای و ارزیابی سیستم های سازه ای در تهیه دفترچه محاسبات ، عملکرد دال ها تنها به لحاظ صلبیت مورد بررسی قرار می گیرد و نیاز آرماتور گذاری لرزه ای در بال ها و جمع کننده مورد تحلیل قرار نمیگیرد . لذا مطالعات موردی صورت گرفته در رابطه با تحلیل و طراحی دیافراگم سازه به لحاظ لرزه ای نشان داده که در طراحی بررسی بال ها و جمع کننده ها دارای اهمیت بسزائی می باشد . نقش دیافراگم در لرزه بری سازه به عنوان نقطه قوت در انسجام عناصر عمودی قابها می باشد در این راستا می توان نتیجه گیری نمود مطابق آئین نامه های 2800 زلزله ایران ، نیروهای وارده بر دیافراگم بایستی بصورت جداگانه تحلیل و عملکرد اجزای دیافراگم در بال ها و جمع کننده ها به لحاظ نیاز آرماتور گذاری مورد ارزیابی قرار گیرد. عموماً در بیشتر دیافراگم ها ، من الجمله دیافراگم ها دارای باز شو و یا دیافراگم هایی که در مجاورت دیوار برشی می باشد نیاز آرماتور گذاری لرزه ای جهت تامین صلبیت دیافراگم الزامی می باشد .

مراجع

- 1- ACI318-99 , Building Code Requirements for Structural Concrete
- 2- ACI (2008). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- 3- ASCE (2010). Minimum design loads for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-10), American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- 4- Chopra, A.K. (2005). Earthquake dynamics of structures: A primer, 2nd Edition, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, 129 pp.
- 5- آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله ، 1384 ، آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800-84 - ویرایش سوم).
- 6- وزارت مسکن و شهرسازی ، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ایران ، 1379 ، مبحث ششم مقررات ملی ساختمانی ایران
- 7- وزارت مسکن و شهرسازی ، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ایران ، 1379 ، مبحث نهم مقررات ملی ساختمانی ایران