

## \*بررسی ترک خوردگی دیوارهای برشی در تحلیل دینامیکی\*

برای دیوارهای ترک خورده جهت آنالیز و طراحی سازه از ضریب 0.35 و برای دیوارهای ترک نخورده از ضریب 0.7 استفاده می شود. برای بررسی ترک خوردگی دیوارها باید در ترکیب بارهای بحرانی (ترکیب بارهایی که در آنها بیشترین تنش کششی در دیوار به وجود می آید) مقدار تنشهای کششی ماکزیمم را مشاهده کرده و با تنش کششی ترک خوردگی بتن (که از رابطه 9-14 مبحث نهم بر حسب واحد نیوتن بر میلی متر مربع به دست می آید) مقایسه نمود.

$$f_r = 0.6 \times \sqrt{f_c} \quad (\text{رابطه 9 - 14 - 3})$$

در صورتی که مقدار تنش موجود از تنش ترک خوردگی مذکور کمتر باشد دیوار ترک نخورده و در غیر این صورت دیوار ترک خورده است. ترکیب بارهایی که طبق آنها این کنترل انجام می شود همان ترکیب بارهای طراحی سازه است. انتخاب ترکیب بار باید به گونه ای انجام شود که کمترین بار فشاری در دیوارها ایجاد شود. به همین جهت بهتر است که از ترکیب بارهایی استفاده کنیم که شامل بار زنده نباشند و همچنین ضریب بار مرده آنها حداقل باشد. از بین این ترکیب بارها باید ترکیب باری انتخاب شود که شامل حالت بار زلزله به موازات راستای دیوار مورد نظر باشد. یعنی اگر دیوار در راستای محور X باشد باید ترکیب باری که شامل زلزله جهت X است و یا زلزله جهت X در آن ضریب بزرگتری دارد استفاده شود (مثلا در آیین نامه ACI2005 می توان از ترکیب بار **0.9DL+1.4EQ** بهره گرفت).

در ترکیبات بار چنانچه ترکیبات بصورت **ABS** با هم جمع شوند برای محاسبه تنش کششی ماکزیمم بتن اعداد بدست آمده همیشه مثبت هستند و نمی توانند با حداقل مجاز آیین نامه مقایسه شوند. به همین دلیل در روش دینامیکی چون بارها به روش آماری **SRSS** با هم جمع برداری می شوند لذا نتایج همیشه اعداد مثبتی خواهند بود و امکان بررسی ترک خوردگی را نخواهد داد و به ناچار بایستی از روش استاتیکی این مسئله بررسی شود.

**با استفاده از روش زیر می توان از تحلیل دینامیکی برای تشخیص ترک خوردگی دیوار برشی استفاده نمود:**

### تحلیل استاتیکی معادل با تحلیل طیفی:

**گام اول:** سازه مورد نظر را تحلیل می کنیم: Analyze > Run Analysis

**گام دوم:** دستور Display > Show Tables را اجرا کرده و گزینه Building Output را باز نموده و گزینه Shear Story را انتخاب می کنیم. سپس روی دکمه Select Cases/Combos کلیک کرده و حالت های تحلیل دینامیکی (SPY , SPX) را انتخاب کرده و ok می نمایم.

**گام سوم:** در جعبه ظاهر شده با کم کردن برش طبقات مجاور، نیروی تراز هر طبقه را بدست می آوریم.

**گام چهارم:** قفل مدل را باز کرده و دستور Define > Static Load Cases را اجرا می کنیم. چهار حالت بار استاتیکی معادل (SXP, SXN, SYP, SYN)، معادل بار تحلیل طیفی SPX و SPY هستند را ایجاد می کنیم (از کشوی Load Auto Lateral گزینه User Loads را انتخاب نموده و نیروی معادل تراز طبقه ها را وارد می کنیم).

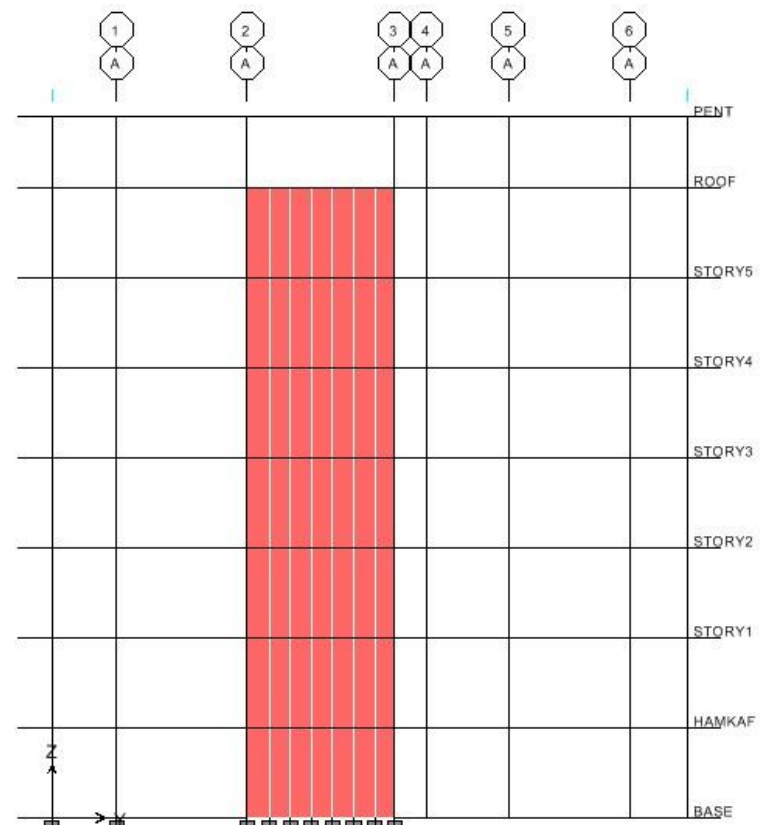
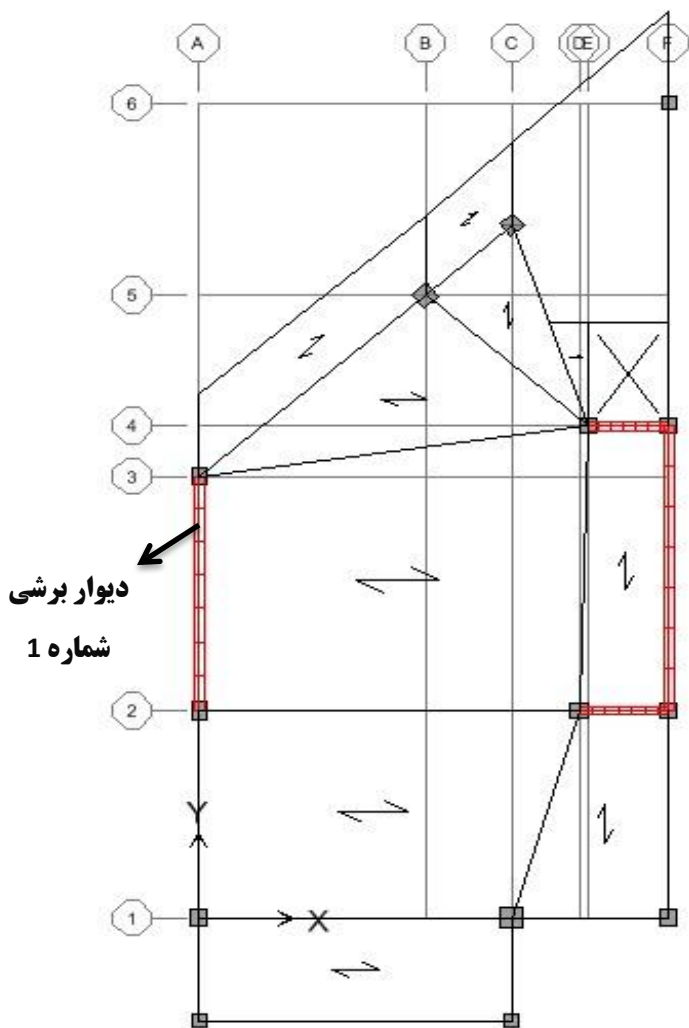
**گام پنجم:** ترکیب بارهای مورد نظر برای بارهای استاتیکی معادل را ایجاد می نمائیم: Define > Load Combinations

**گام ششم:** دوباره سازه مورد نظر را تحلیل می کنیم: Analyze > Run Analysis

**گام هفتم:** مشاهده تنش ها در دیوارها: Display > Show Member Forces/Stress Diagram > Shell Stresses/ Forces

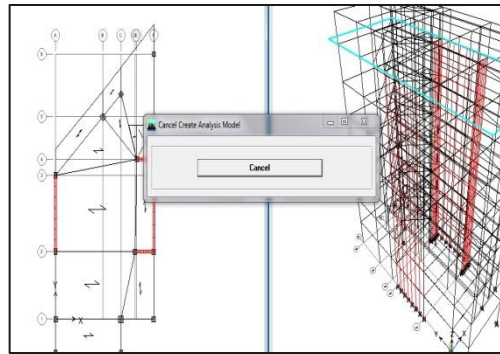
**گام هشتم:** مقایسه تنش های موجود با مقدار تنش مجاز طبق رابطه (9-14-3) برای تشخیص ترک خوردگی دیوار.

**مثال:** تشخیص ترک خوردگی دیوار برشی شماره 1 در شکل زیر در صورتی که مقدار  $f_c = 25 \text{ Mpa or N/mm}^2$  باشد؟

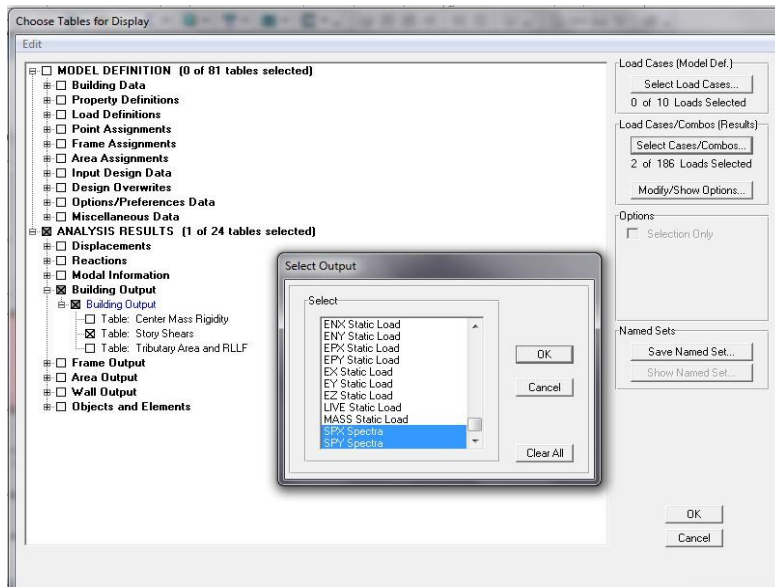


(حل)

Analyze > Run Analysis



کام اول: سازه مورد نظر را تحلیل می کنیم:



کام دوم: دستور Display > Show Tables را اجرا کرده و گزینه Building Output را باز نموده و گزینه های Shear Story را انتخاب می کنیم. سپس روی دکمه Select Cases/Combos کلیک کرده و حالت های تحلیل دینامیکی (SPX , SPY) را انتخاب کرده و ok می نمایم:

کام سوم: در جعبه ظاهر شده با کم کردن برش طبقات مجاور، نیروی تراز هر طبقه را بدست می آوریم:

Story Shears									
Edit View									
Story Shears									
	Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
▶	PENT	SPX	Top	0.00	9755.10	2044.60	152880.627	0.000	0.000
	PENT	SPX	Bottom	0.00	9755.10	2044.60	152880.627	5134.498	24658.931
	PENT	SPY	Top	0.00	5837.87	10350.92	160229.503	0.000	0.000
	PENT	SPY	Bottom	0.00	5837.87	10350.92	160229.503	25988.919	14711.886
	ROOF	SPX	Top	0.00	42387.50	4995.62	400594.966	5134.498	24658.931
	ROOF	SPX	Bottom	0.00	42387.50	4995.62	400559.227	19628.802	158985.151
	ROOF	SPY	Top	0.00	4924.07	45824.67	471000.472	25988.919	14711.886
	ROOF	SPY	Bottom	0.00	4924.07	45824.67	471046.218	168745.677	28950.867
	STORY5	SPX	Top	0.00	62836.95	8066.20	573271.782	19628.802	158985.151
	STORY5	SPX	Bottom	0.00	62836.95	8066.20	573288.612	44670.546	360669.573
	STORY5	SPY	Top	0.00	3318.45	76084.78	722057.780	168745.677	28950.867
	STORY5	SPY	Bottom	0.00	3318.45	76084.78	722149.856	411649.640	35683.485
	STORY4	SPX	Top	0.00	76770.95	10379.11	714674.642	44670.546	360669.573
	STORY4	SPX	Bottom	0.00	76770.95	10379.11	714710.368	77225.542	601133.170
	STORY4	SPY	Top	0.00	3499.48	98360.12	898459.774	411649.640	35683.485
	STORY4	SPY	Bottom	0.00	3499.48	98360.12	898561.449	724429.249	33057.957
	STORY3	SPX	Top	0.00	89591.79	12124.04	857337.407	77225.542	601133.170
	STORY3	SPX	Bottom	0.00	89591.79	12124.04	857382.362	115088.975	873030.773
	STORY3	SPY	Top	0.00	5714.55	115144.19	1027300.932	724429.249	33057.957
	STORY3	SPY	Bottom	0.00	5714.55	115144.19	1027394.796	1087339.462	24485.620
	STORY2	SPX	Top	0.00	102726.30	13545.51	1002159.953	115088.975	873030.773
	STORY2	SPX	Bottom	0.00	102726.30	13545.51	1002178.903	157027.265	1177924.564
	STORY2	SPY	Top	0.00	8027.63	128056.37	1127484.666	1087339.462	24485.620
	STORY2	SPY	Bottom	0.00	8027.63	128056.37	1127563.064	1487386.890	24332.115
	STORY1	SPX	Top	0.00	113600.79	14508.07	1119406.975	157027.265	1177924.564
	STORY1	SPX	Bottom	0.00	113600.79	14508.07	1119436.686	201827.673	1513403.710
	STORY1	SPY	Top	0.00	10637.26	136802.44	1197489.492	1487386.890	24332.115
	STORY1	SPY	Bottom	0.00	10637.26	136802.44	1197541.160	1912407.907	48488.375
	HAMKAF	SPX	Top	0.00	118230.05	14856.66	1165468.129	201827.673	1513403.710
	HAMKAF	SPX	Bottom	0.00	118230.05	14856.66	1165483.625	247911.017	1864299.808
	HAMKAF	SPY	Top	0.00	11986.75	140227.04	1224315.127	1912407.907	48488.375
	HAMKAF	SPY	Bottom	0.00	11986.75	140227.04	1224330.855	2348913.798	83844.559

دیوار مورد نظر در راستای Y بوده؛ بنابراین نیروی معادل تراز طبقه در راستای Y را بدست می آوریم:

Story	Load	Fy (kg)
PENT	SPY	10350.92
ROOF	SPY	35473.75
STORY5	SPY	30260.11
STORY4	SPY	22275.34
STORY3	SPY	16784.07
STORY2	SPY	12912.18
STORY1	SPY	8746.07
HAMKAF	SPY	3424.6

نیروی برشی طبقه خرپشته

$45824.67 - 10350.92$

$76084.78 - 45824.67$

$98360.12 - 76084.78$

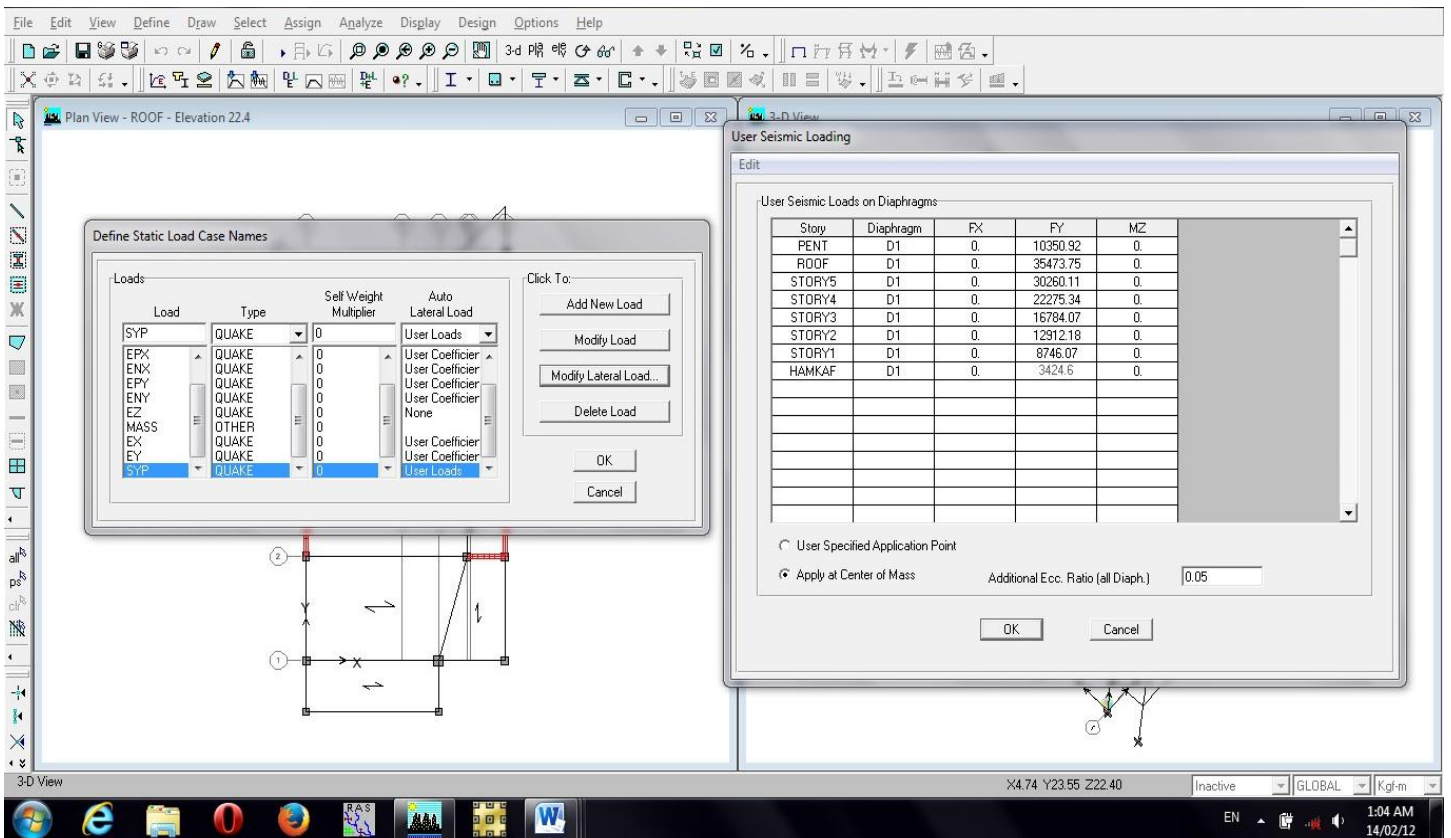
$115144.19 - 98360.12$

$128056.37 - 115144.19$

$136802.44 - 128056.37$

$140227.04 - 136802.44$

**گام چهارم:** قفل مدل را باز کرده و دستور Define > Static Load Cases را اجرا می کنیم. دو حالت بار استاتیکی معادل (SYP,SYN) که معادل بار تحلیل طیفی SPY هستند را ایجاد می کنیم (از کشوی Auto Lateral Load گزینه User Loads را انتخاب نموده و نیروی معادل تراز طبقه ها را وارد می کنیم):



**گام پنجم:** ترکیب بارهای مورد نظر برای بارهای استاتیکی معادل را ایجاد می‌نمائیم: Define > Load Combinations

چون طراحی سازه و دیوار برشی بر اساس آیین نامه ACI 318-99 می‌شود، بنابراین ترکیب بار  $0.9DL+1.43EQ$  حالت بحرانی داشته و برای کنترل ترک خوردگی بکار می‌رود:

**STATIC :**  $0.9DEAD + 1.43EPY$

**DYNAMIC :**  $0.9DEAD + 1.43SYP$

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	0.9
DEAD Static Load	0.9
EPY Static Load	1.43

Case Name	Scale Factor
DEAD Static Load	0.9
DEAD Static Load	0.9
SYP Static Load	1.43

**گام ششم:** دوباره سازه مورد نظر را تحلیل می‌کنیم: Analyze > Run Analysis

**گام هفتم:** مشاهده تنش‌ها در دیوارها: Display > Show Member Forces/Stress Diagram > Shell Stresses/ Forces

**گام هشتم:** مقایسه تنش‌های موجود با مقدار تنش مجاز طبق رابطه (3-14-9) برای تشخیص ترک خوردگی دیوار.

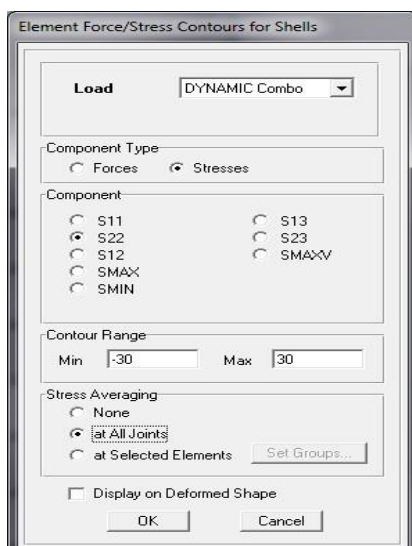
ابتدا مقدار تنش مجاز طبق رابطه (3-14-9) را محاسبه می‌نمائیم:

$$f_c = 25 \text{ Mpa or N/mm}^2 \implies f_r = 0.6 \cdot \sqrt{25} = 3 \text{ N/mm}^2 = 30 \text{ kg/cm}^2$$

ابتدا نمایی که دیوار برشی وجود دارد را انتخاب می‌نمائیم و سپس واحد برنامه رو از نوع  $\text{kgf-cm}$  انتخاب کرده و دستور گام هفتم را اجرا نموده و در قسمت Load نوع ترکیب بار DYNAMIC را انتخاب نموده و در قسمت Component Type نوع



Stresses و در قسمت Component نوع S22 را انتخاب می‌نمائیم. در قسمت Contour Range در جعبه Min عدد -30 و Max عدد 30 را وارد نموده و همچنین در قسمت Stress Averaging گزینه at all joints را انتخاب می‌نمائیم:

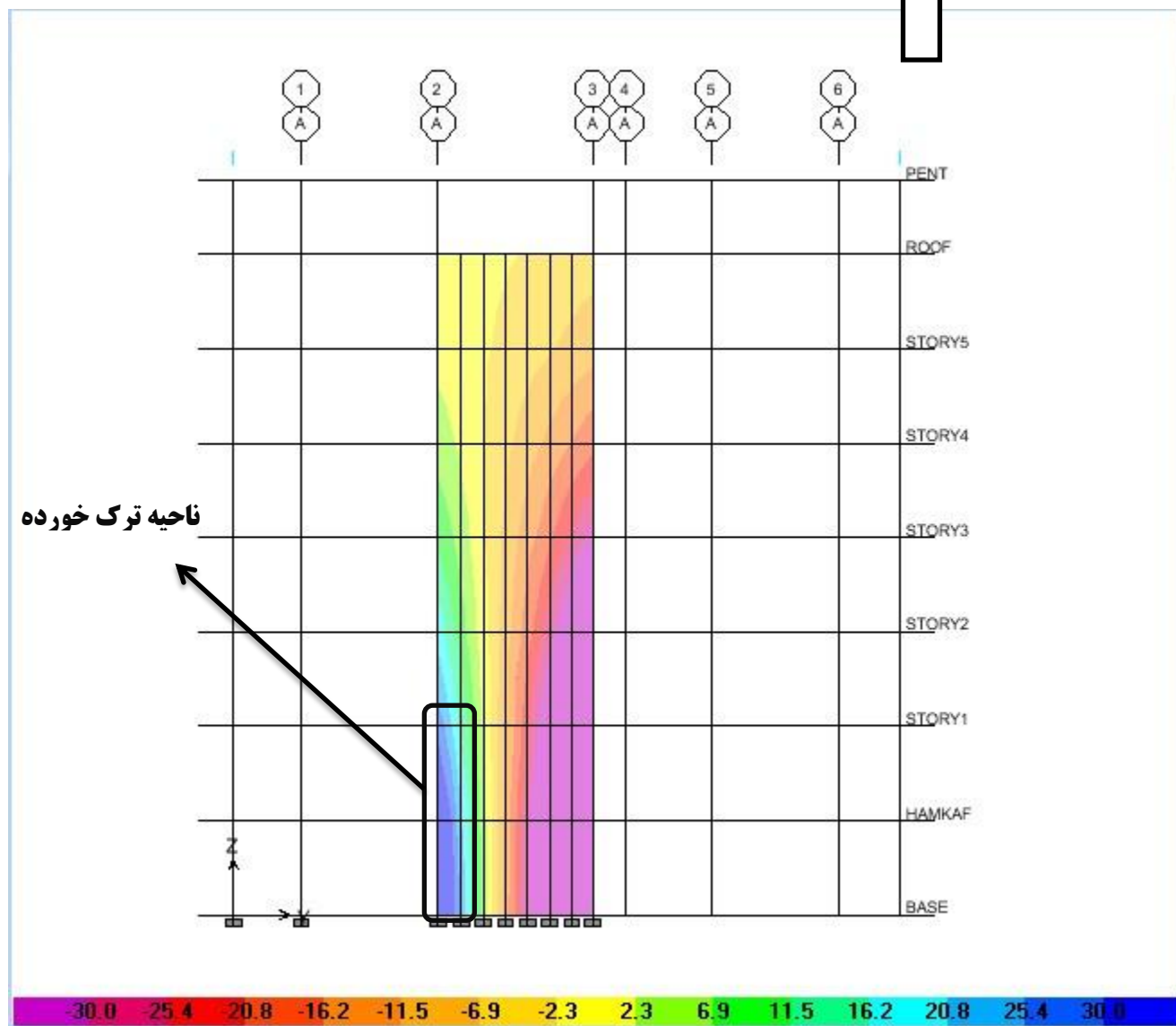
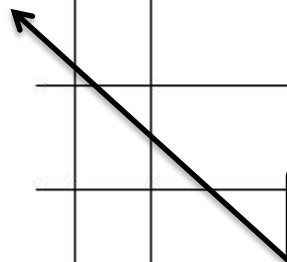


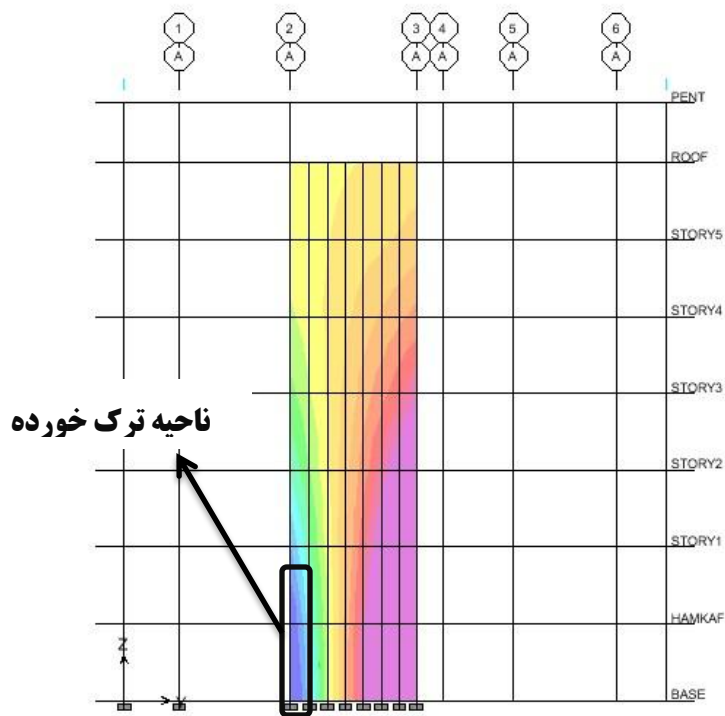
تنش کششی در دیوار برشی تحت اثر  
ترکیب بار حاصل از بار استاتیکی معادل

شکل (1)

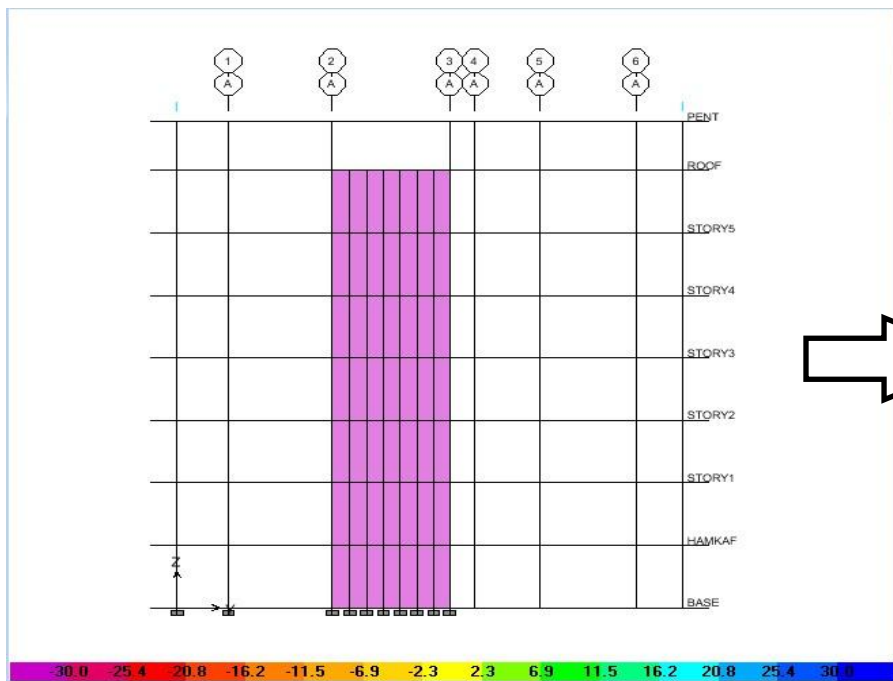


ناحیه ترک خورده





تشریح کششی در دیوار برشی تحت  
اثر ترکیب بار حاصل از بار استاتیکی  
شکل (2)



تشریح کششی در دیوار برشی تحت اثر  
ترکیب بار حاصل از بار دینامیکی  
شکل (3)



**نتیجه:** در روش دینامیکی چون بارها به روش آماری SRSS با هم جمع برداری می‌شوند لذا نتایج همیشه اعداد مثبتی خواهند بود و امکان بررسی ترک خوردگی را نخواهد داد مانند شکل (3). برای بررسی ترک در دیوار بایستی از روش بار استاتیکی معادل مانند شکل (1) استفاده نمود هرچند هم می‌توان نتایج بررسی ترک ناشی از بار استاتیکی را معقول دانست مانند شکل (2).

تهیه کننده: کاظم بهادر نژاد