مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure

# گام به گام کنترل خیز و کنترل فرکانس در SAFE V12 به بالا

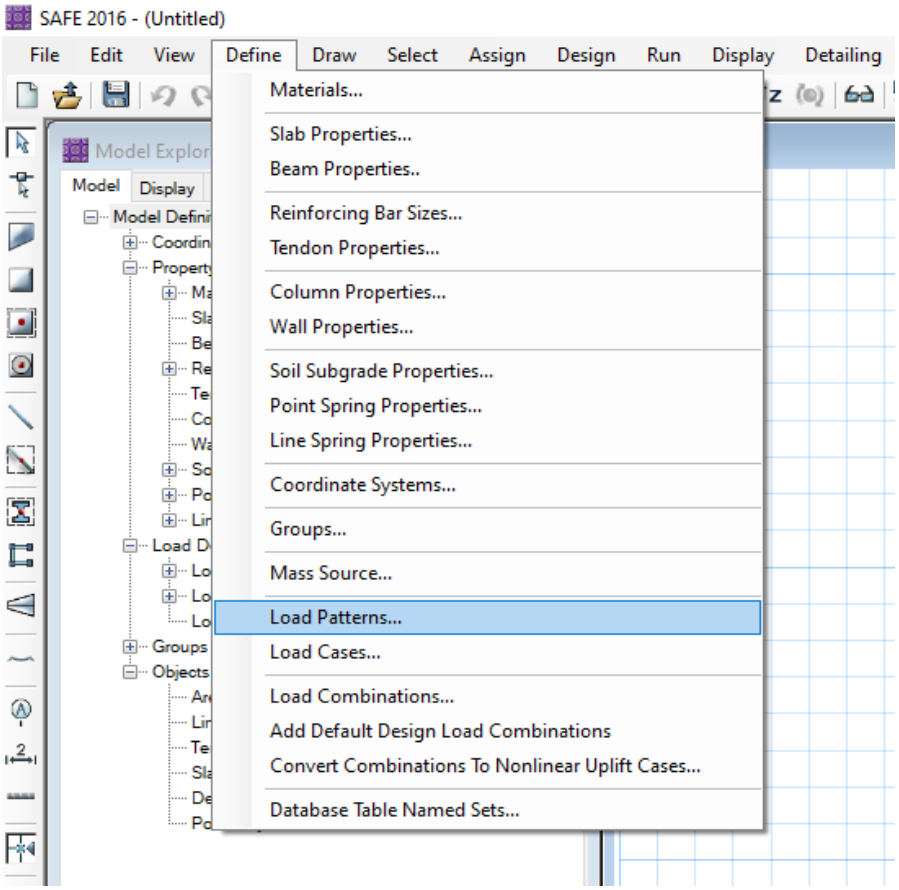
## ۱. تعریف بارهای ثقلی در SAFE

ابتدا بارهای مورد نیاز را بصورت زیر در برنامه SAFE ، زیرمنوی define، در قسمت load patterns تعریف می کنیم.

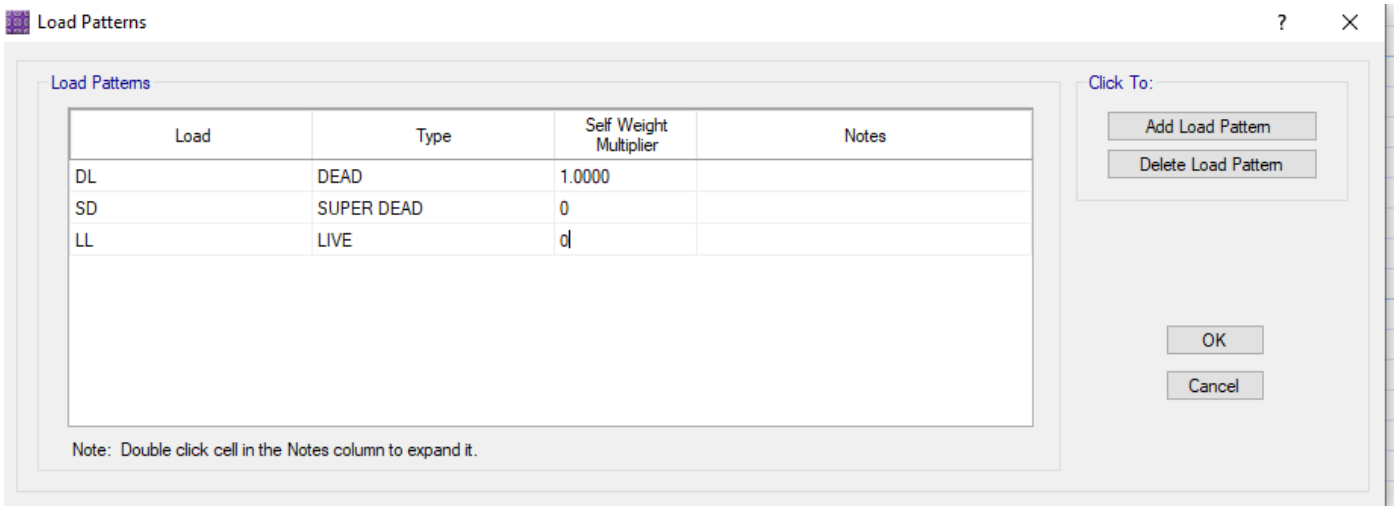
DL =بار مرده

SD =سربار اضافی مرده

LL =بار زنده



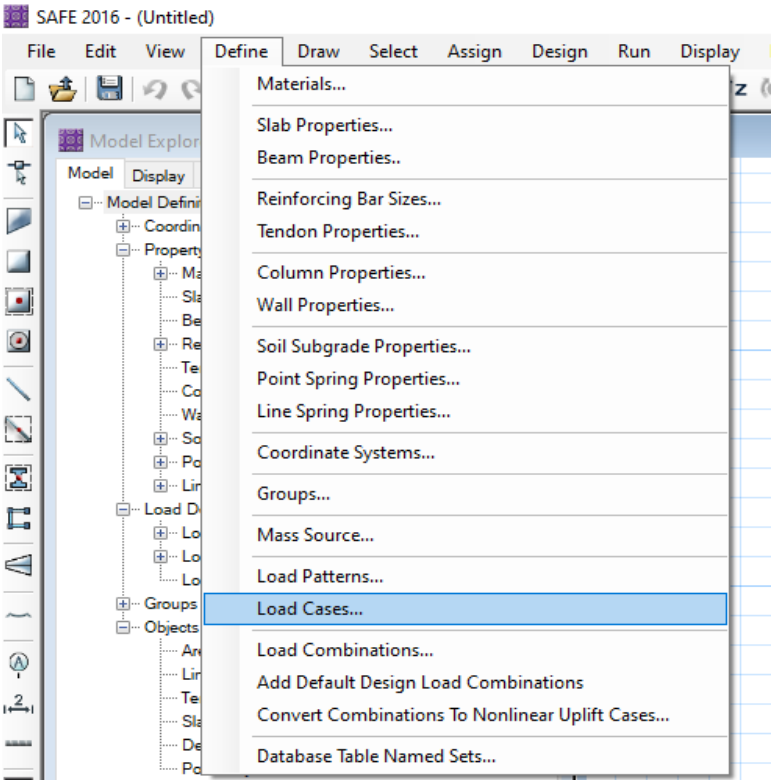
مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure



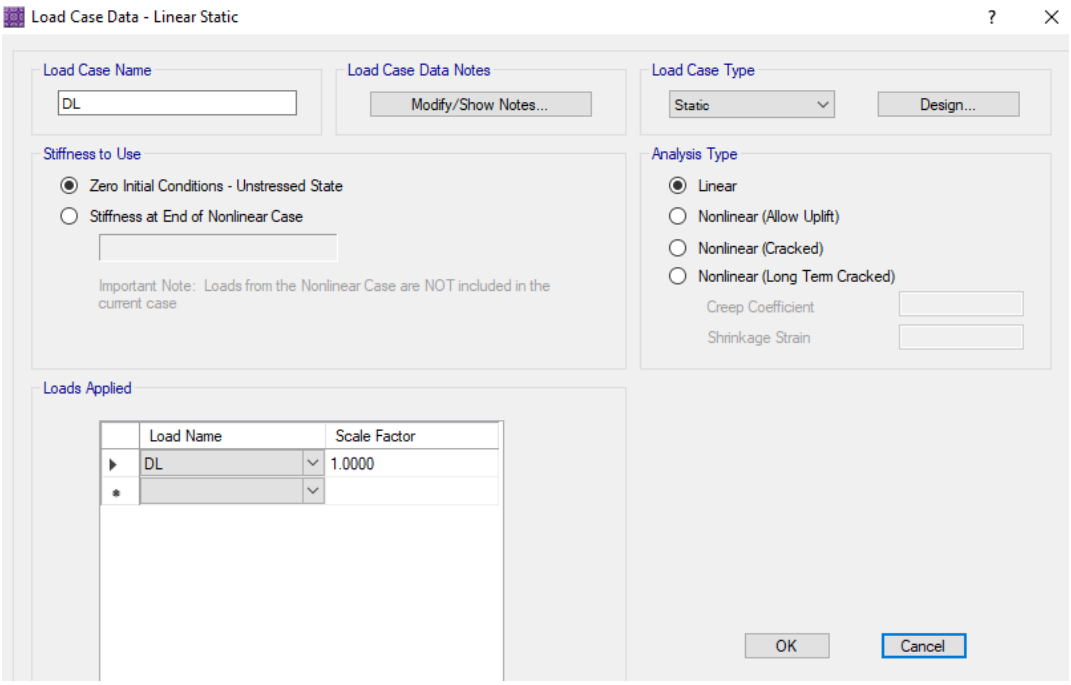

| Load | Type | Self Weight Multiplier | Notes |
|---|---|---|---|
| DL | DEAD | 1.0000 | |
| SD | SUPER DEAD | 0 | |
| LL | LIVE | 0 | |

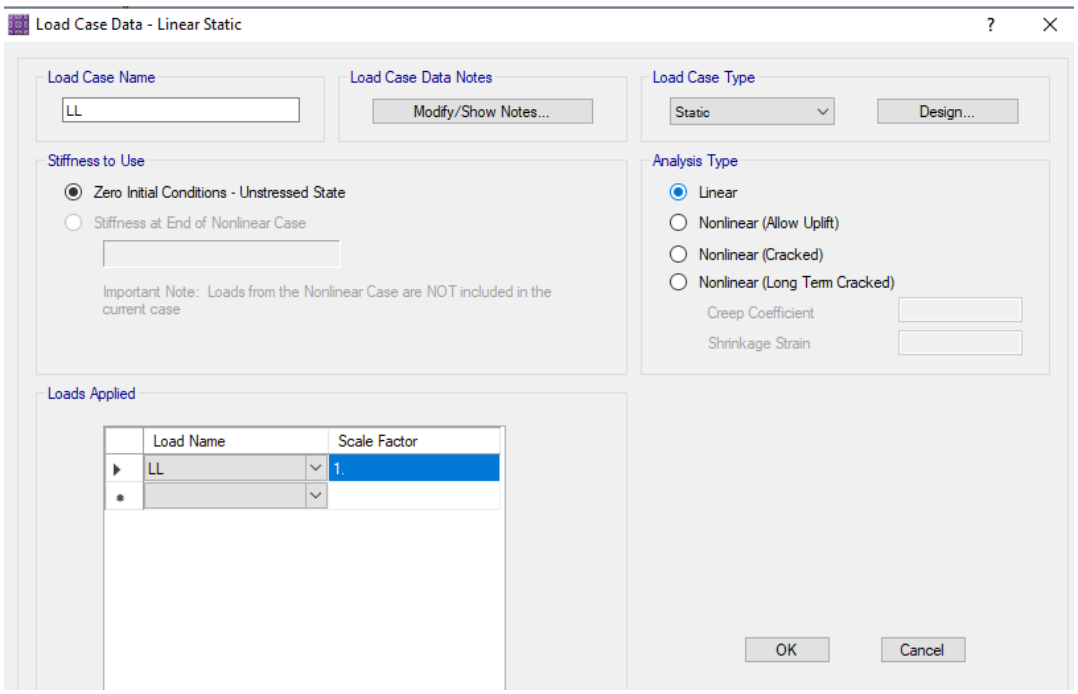
## ۲. تعریف الگوی بارها در SAFE

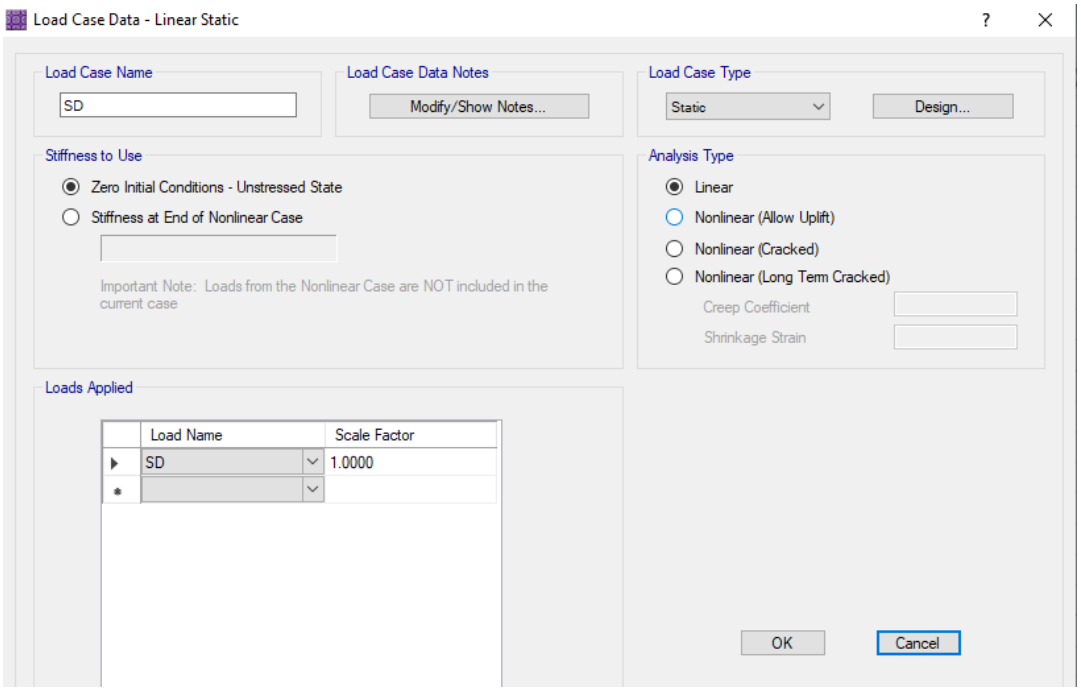
۲-۱- بارهای تعریف شده در گام ۱ را بار دیگر در زیرمنوی define→load cases و بصورت linear تعریف می کنیم (بارهای از پیش تعریف شده نرم افزار را پاک می کنیم)



مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure



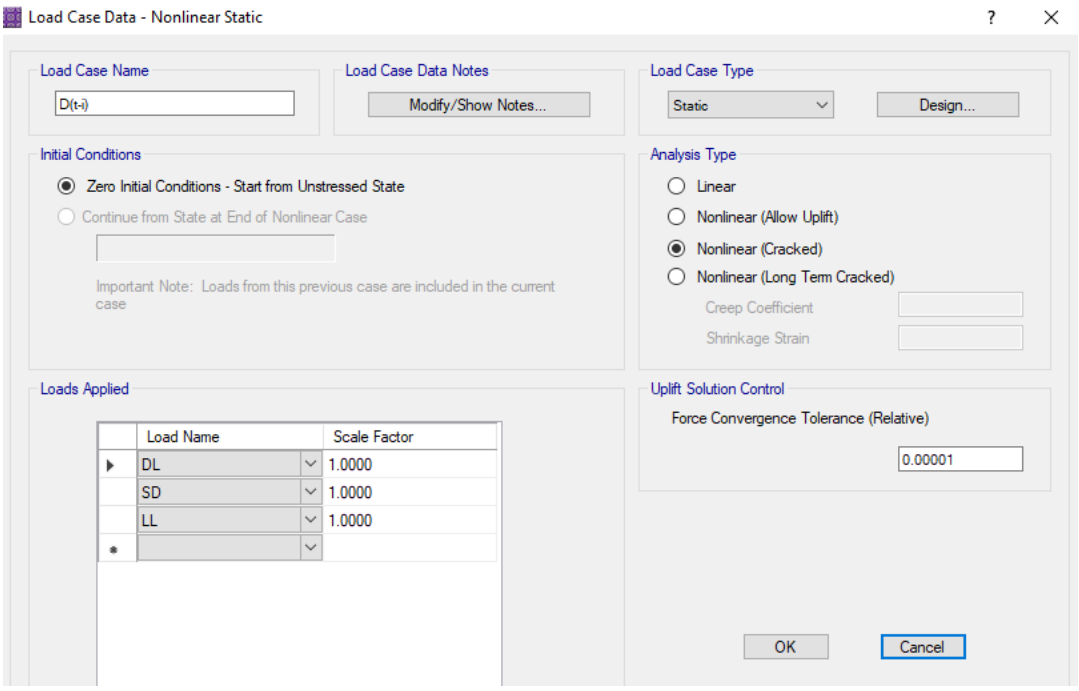






۲-۲- سپس در زیرمنوی define→load cases الگوی بارهای برای کنترل تغییرشکل را درحالت ترک خورده (nonlinear) تعریف می کنیم.

$D_{t-i}$=تغییر شکل آنی ترک خورده کل بارهای وارده

$$D_{t-i} = D_{DL+SD+LL}$$

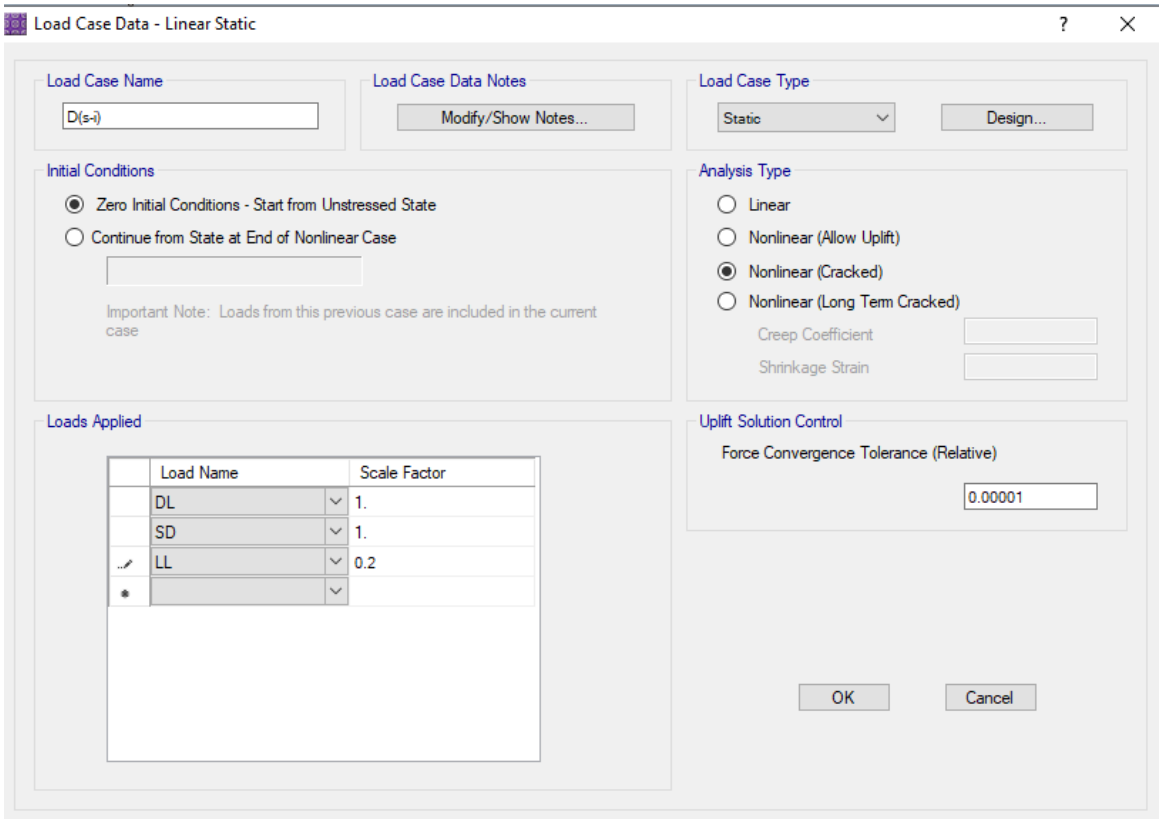



$D_{s-i}$= تغییر شکل آنی ترک خورده بارهای دائمی

$$D_{s-i} = D_{DL+SD+\propto\%LL}$$

α=درصد بار زنده دائمی ۲۰ تا ۴۰ درصد، که مقدار آن 0.2 پیشنهاد می شود.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure



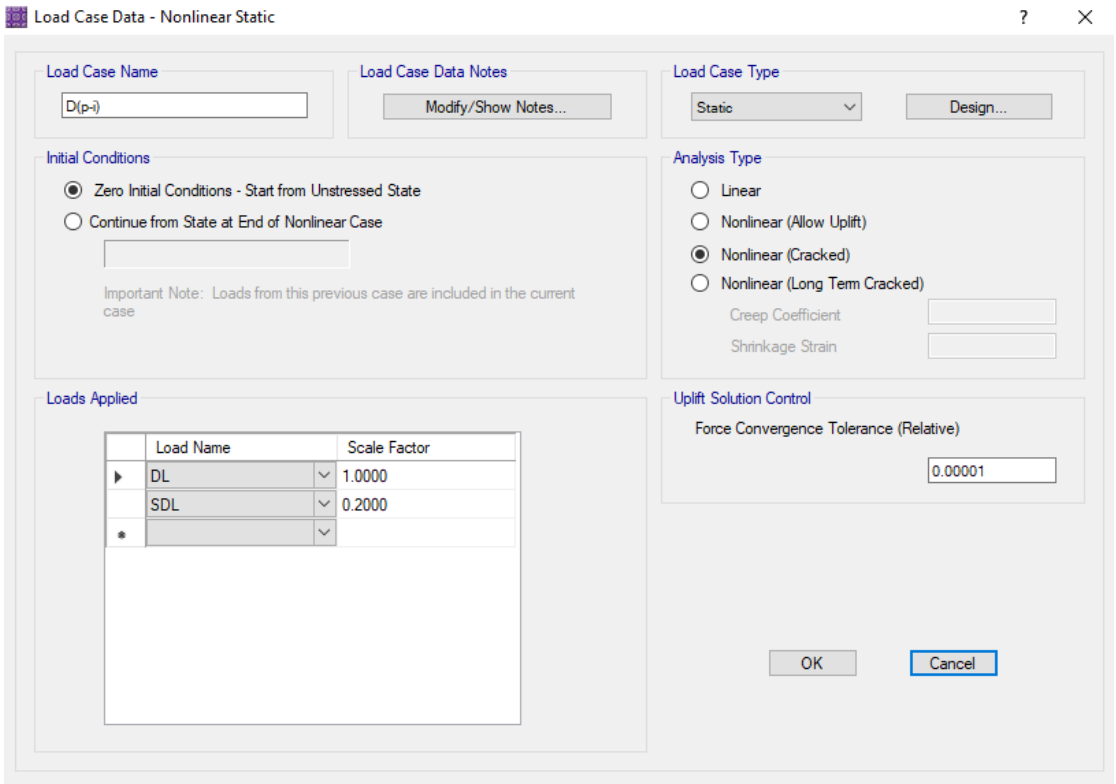

$D_{p-i}$ = تغییر شکل آنی ترک خورده ناشی از بارهای مرده و درصد سربار مرده اضافی(β) (تا هنگام اتصالات غیر سازه ای)

$$D_{p-i} = D_{DL+\beta\%SD}$$

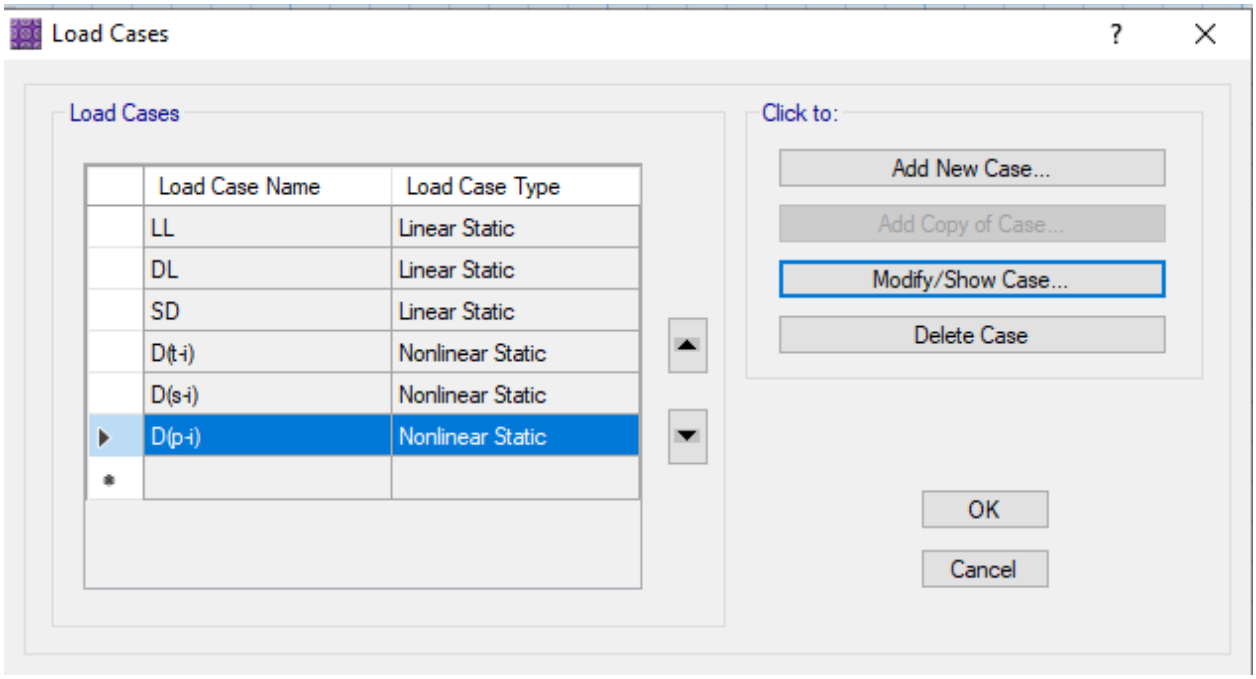
β =درصدی از بار زنده اضافی مرده که قبلاً از اتصال اجزای غیر سازه ای به سازه وارد می شود صفر تا پنجاه درصد، که مقدار آن 0.2 پیشنهاد می شود.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق www.ziaalhagh.com

(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه) Telegram.me/civilstructure




شکل نهایی تمام الگوی بارهای مورد نیاز بصورت زیر می باشد.



مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure

### ۳. اعمال بارگذاری روی سقف

بارگذاری مرده و زنده و سربار اضافی مرده، روی دال و تیرهای آن از منوی Assign اعمال شود. هنگام بارگذای به واحد برنامه دقت شود.

### ۴. محاسبه تغییر شکل دراز مدت (پارامتر λ)

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

مثال : دال بتنی به ضخامت 200mm با بتن c25 و آرماتور حداقل در سفره بالا و پایین دال از نوع AIII

$$\rho_{S_{MIN}} = 0.0018$$

$$\lambda = \frac{2}{1 + 50(0.0018)} = 1.84 \cong 2$$

$\xi$ ضریب وابسته به زمان برای بارهای دائمی می باشد که در جدول ۹-۱۷ مبحث نهم مقررات ملی به صورت زیر معرفی شده است:

**جدول ۹-۱۷-۰ مقدار ضریب $\xi$ وابسته به زمان**

| | |
|---|---|
| زمان ۵ سال یا بیشتر | ۲/۰ |
| زمان ۱۲ ماه | ۱/۴ |
| زمان ۶ ماه | ۱/۲ |
| زمان ۳ ماه | ۱/۰ |

این ضریب برای محاسبه تغییرشکل های درازمدت به علت خزش و جمع شدگی در بتن استفاده می شود. با ضرب $\lambda$ در تغییر شکل آنی ترک خورده بارهای دائمی ($D_{s-i}$) ، تغییرشکل درازمدت بدست می آید.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure

## ۵. تعریف ترکیب بار برای الگوهای بارها

قابل ذکر است که تفاوت Load case با Load combination در این است که برنامه safe الگوی بارهای معرفی شده در Load case را در تحلیل سازه درنظر میگیرد و سپس بعد از تحلیل، نتایج هر الگوی بار (نتایج شامل تغییرشکل، تنش ها ، نیروها و ..) را در ترکیب بارهای مورد نظر اعمال می کند.

۱-۴ : تعریف ترکیب بار محاسبه تغییر شکل کل بعد از نصب اتصالات غیرسازه ای:

طبق جدول کنترل تغییرشکل در ACI :

**Table 24.2.2—Maximum permissible calculated deflections**

| Member | Condition | | Deflection to be considered | Deflection limitation |
|---|---|---|---|---|
| Flat roofs | Not supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections | | Immediate deflection due to maximum of $L_r$, $S$, and $R$ | $\ell/180$[1] |
| Floors | | | Immediate deflection due to $L$ | $\ell/360$ |
| Roof or floors | Supporting or attached to non-structural elements | Likely to be damaged by large deflections | That part of the total deflection occurring after attachment of nonstructural elements, which is the sum of the time-dependent deflection due to all sustained loads and the immediate deflection due to any additional live load[2] | $\ell/480$[3] |
| | | Not likely to be damaged by large deflections | | $\ell/240$[4] |

[1]Limit not intended to safeguard against ponding. Ponding shall be checked by calculations of deflection, including added deflections due to ponded water, and considering time-dependent effects of sustained loads, camber, construction tolerances, and reliability of provisions for drainage.

[2]Time-dependent deflection shall be calculated in accordance with 24.2.4, but shall be permitted to be reduced by amount of deflection calculated to occur before attachment of nonstructural elements. This amount shall be calculated on basis of accepted engineering data relating to time-deflection characteristics of members similar to those being considered.

[3]Limit shall be permitted to be exceeded if measures are taken to prevent damage to supported or attached elements.

[4]Limit shall not exceed tolerance provided for nonstructural elements.

طبق توضیحات داده شده در جدول فوق برای این که بخواهیم تغییرشکل دال را با نسبت های $\frac{L}{240}$ یا $\frac{L}{480}$ کنترل کنیم باید تغییرشکل کل (مجمع اضافه افتادگی دراز مدت و آنی) بعد از نصب اتصالات غیر سازه ای درنظر گرفته شود که می توان به صورت رابطه زیر محاسه کرد.

$$\mathrm{D_f} = \mathrm{D_{t-i}} + \lambda.\mathrm{D_{s-i}} - \mathrm{D_{p-i}} - D_{p-t}$$

$D_{p-t}$= تغییر شکل دراز مدت بر اثر افت و خزش ناشی از بارهای مرده و درصد سرباره مرده اضافی(β)

$$D_{p-t} = \lambda \times \mathrm{D_{p-i}}$$

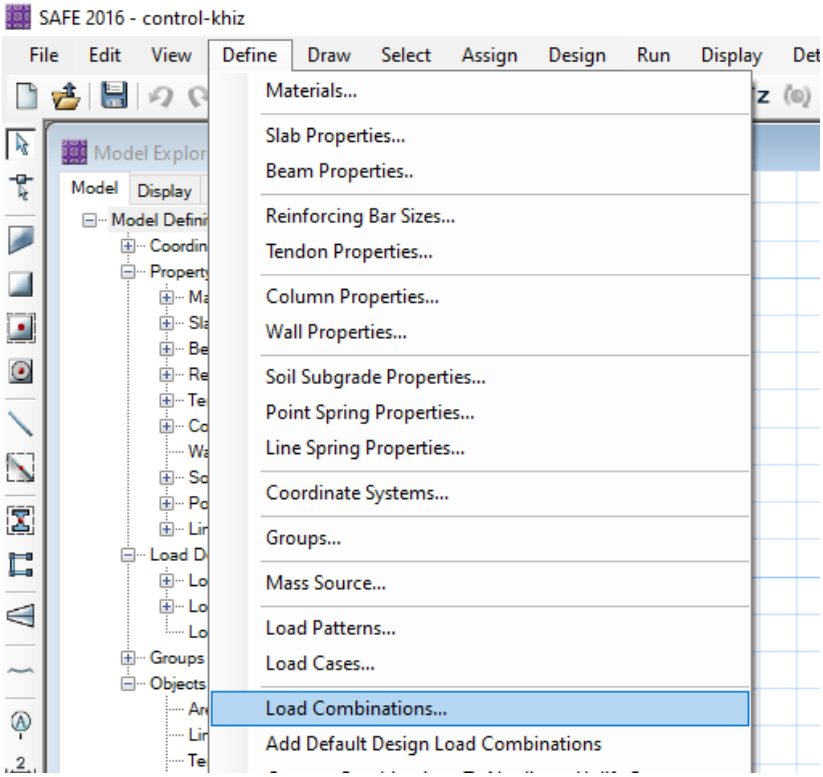
بنابراین رابطه $D_f$ به صورت زیر خلاصه می شود.

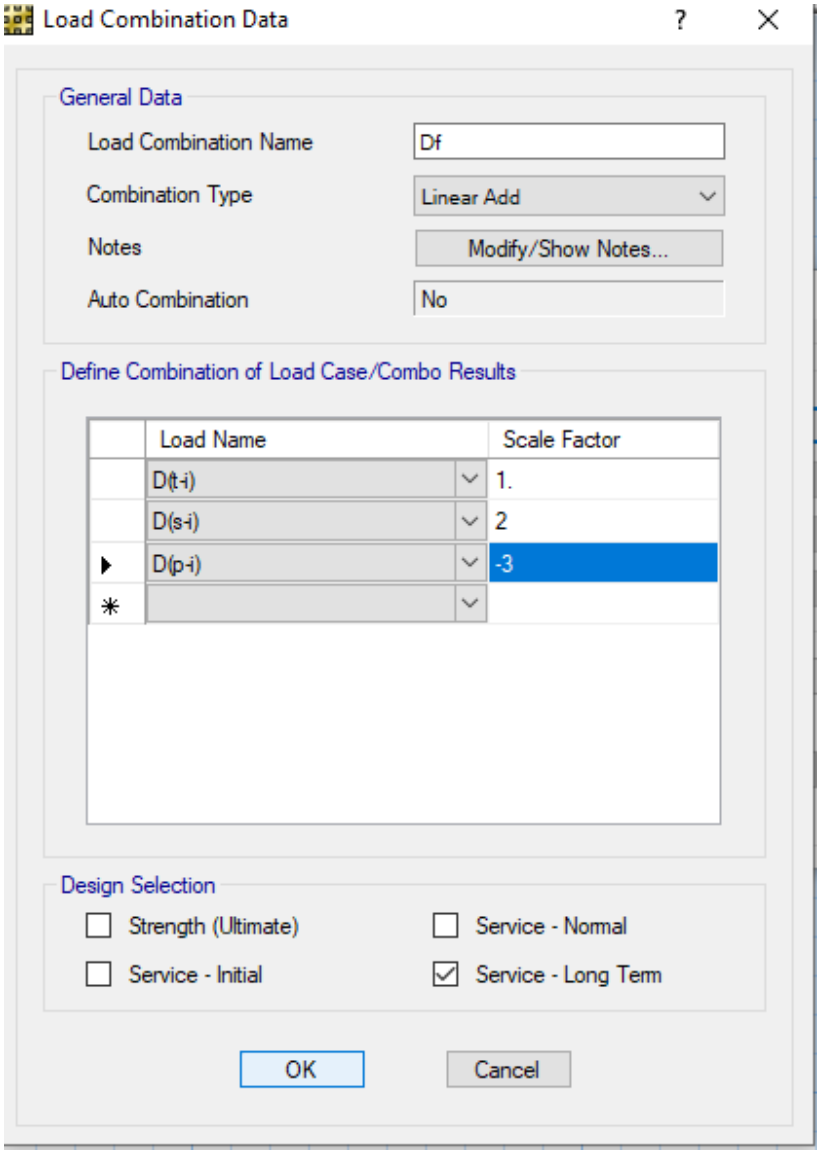
$$\mathrm{D_f} = \mathrm{D_{t-i}} + \lambda.\mathrm{D_{s-i}} - \mathrm{D_{p-i}} \times (1+\lambda)$$

$D_f$=مجموع تغییر شکل آنی و دراز مدت نهایی برای مقایسه با محدودیت های آیین نامه ای

با فرض مثال حل شده: $\lambda = 2$

ترکیب بار $D_f$ در زیر منوی **define→load combinations** تعریف می کنیم.

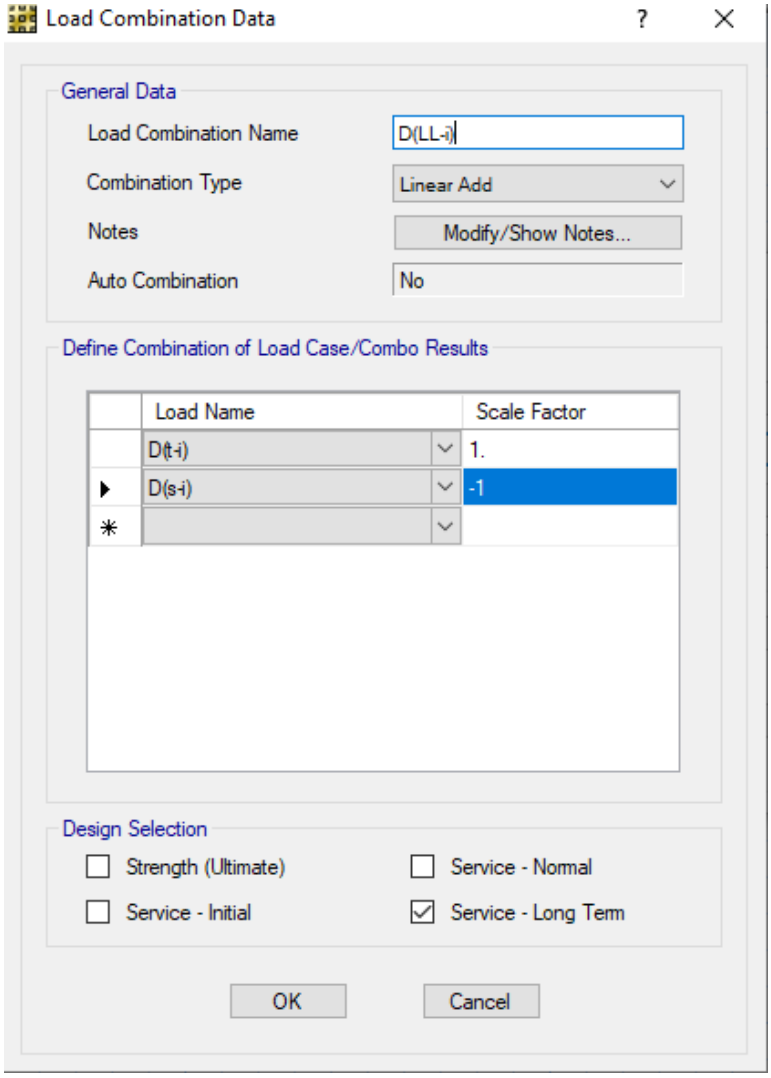





*تیک* service – long term *زده شود.*

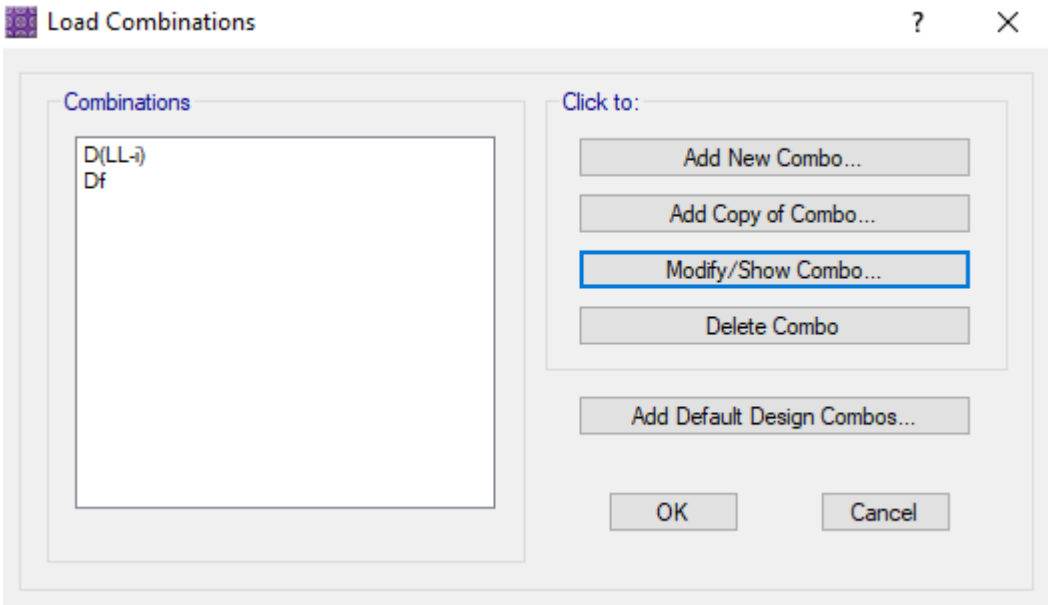
۲-۴ : تعریف ترکیب بار محاسبه تغییر شکل ناشی از بار زنده غیردائمی:

$$D_{LL-i} = D_{t-i} - D_{s-i}$$




تیک service – long term زده شود.

در نهایت دو ترکیب بار برای کنترل تغییرمکان به صورت زیر تعریف شده اند:

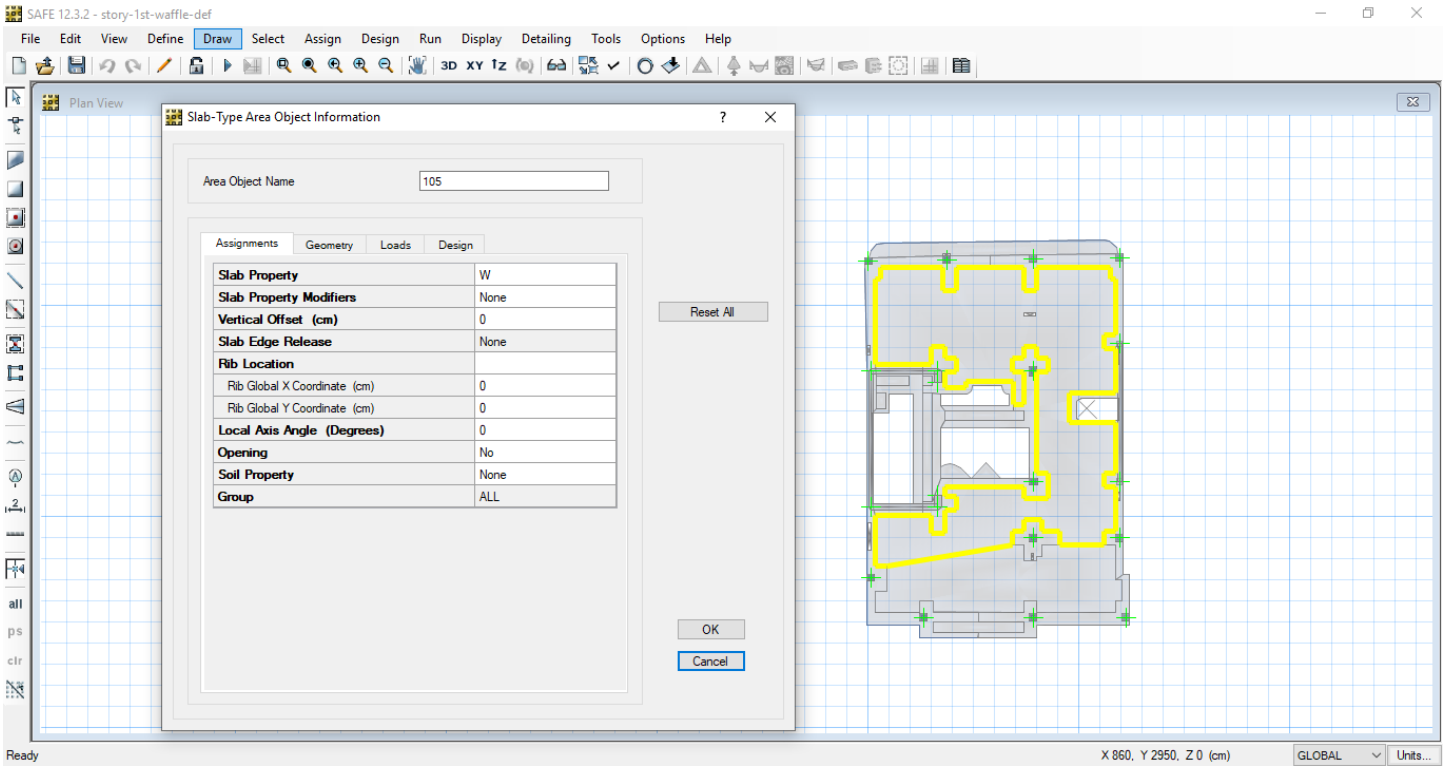



### ۶. تنظیمات آنالیز

جهت تحلیل سازه دال برای کنترل تغییرشکل ، لازم نیست ضریب ترک خوردگی دال ۰/۲۵ وارد شود. بنابراین دقت شود که ضریب سختی های خمشی دال بعد از کلیک راست روی آن، همگی یک لحاظ شده باشد (گزینه slab property modifiers در حالت none) باشد.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق www.ziaalhagh.com

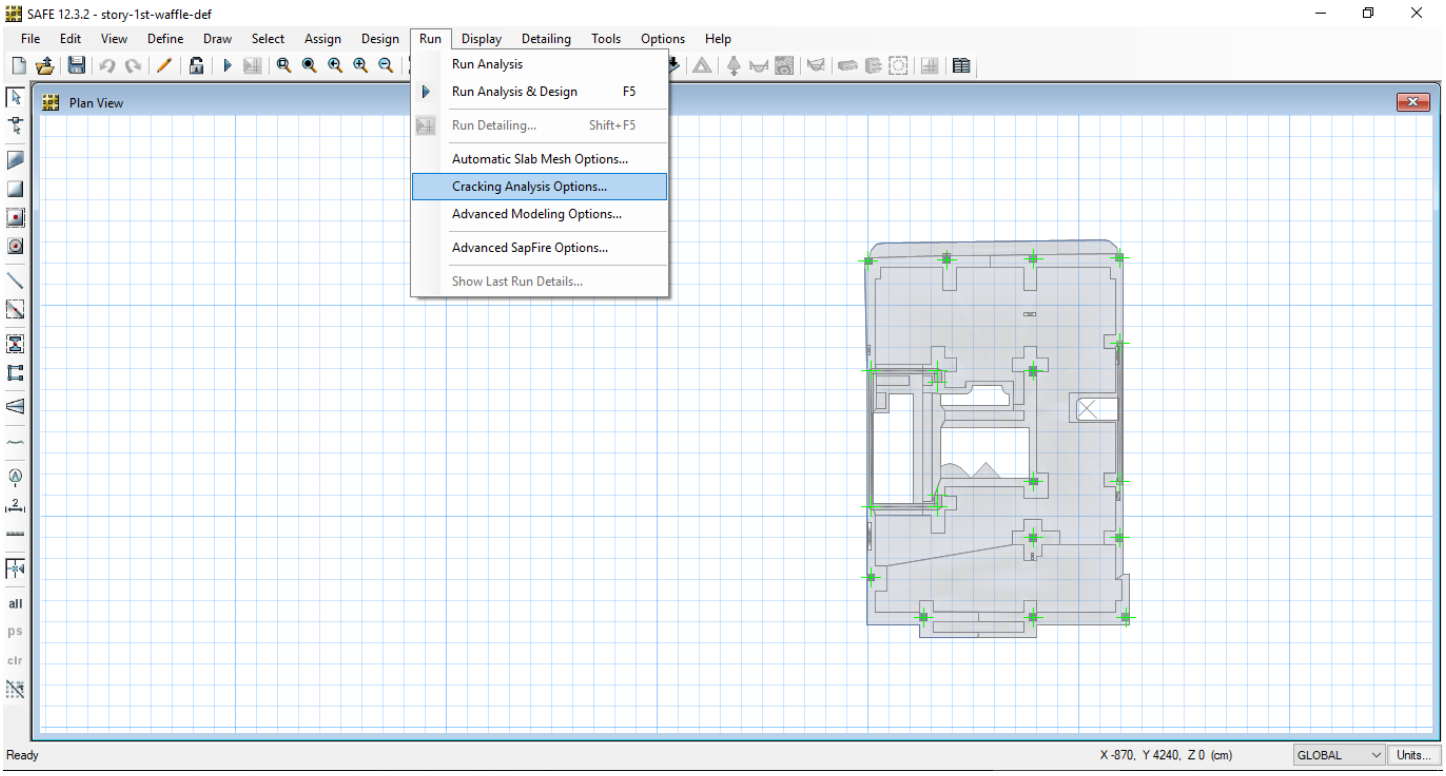
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه) Telegram.me/civilstructure



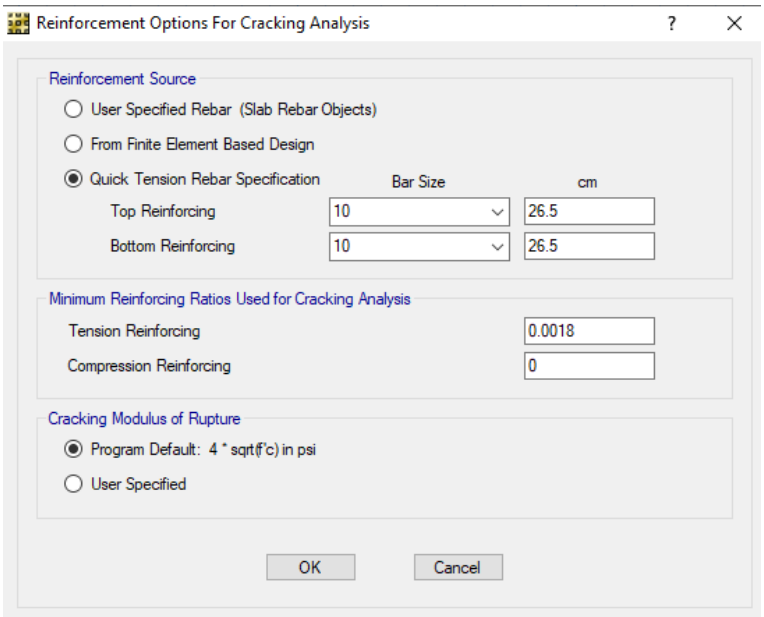

قابل ذکر است که در فایل طراحی دال (تعیین آرماتورهای خمشی و برشی) ضرایب ترک خوردگی باید 0.25 برای سختی های خمشی وارد شود.

قبل از تحلیل سازه باید آرماتورهای سفره بالا و پایین دال را مشخص کنیم تا برنامه قادر باشد ممان اینرسی ترک خورده دال را با لحاظ آرماتور های طولی محاسبه کند. برای این کار به صورت زیر عمل می کنیم.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure




در بخش Reinforcment Source حالت Quick Tension... انتخاب شود . و آرماتور های سفره بالا و پایین دال که معمولا حداقل آرماتور کششی دال می باشد وارد می شود.



مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure

## ۷. کنترل تغییر شکل طبق ACI با توجه به نتایج آنالیز

بعد از تحلیل سازه، نتایج تغییرمکان ها ناشی از ترکیب بارهای زیر مشاهده می شود.

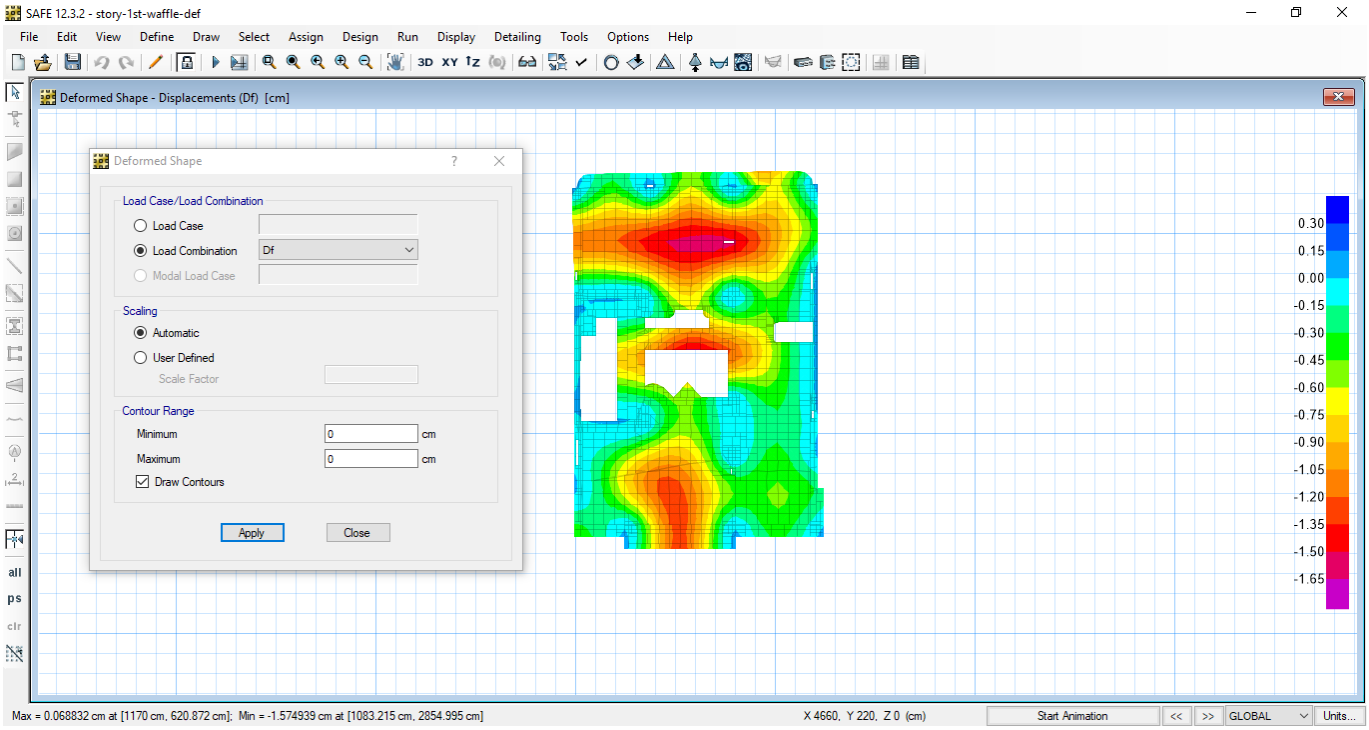
- **بعد از تحلیل تغییر شکل ناشی از** $D_{LL-i}$

$$D_{LL-i} \leq \frac{L}{360} \text{ یا } \frac{L}{180} \checkmark$$

- **بعد از تحلیل تغییر شکل ناشی از** $D_f$

$$D_f \leq \frac{L}{240} \text{ یا } \frac{L}{480} \checkmark$$

در محدودیت های بالا، مقدار L طول دهانه دال می باشد. به عنوان مثال درصورتی که طول دهانه کوتاه تر دال ۸۰۰ سانتیمتر باشد، برای ساختمان مسکونی بیشترین تغییر شکل ناشی ترکیب بار $D_{LL-i}$ نباید از $\frac{800}{360} = 2.22\ cm$ بیشتر باشد و همچنین مسکونی بیشترین تغییر شکل ناشی ترکیب بار $D_f$ نباید از $\frac{800}{240} = 3.33\ cm$ بیشتر باشد.

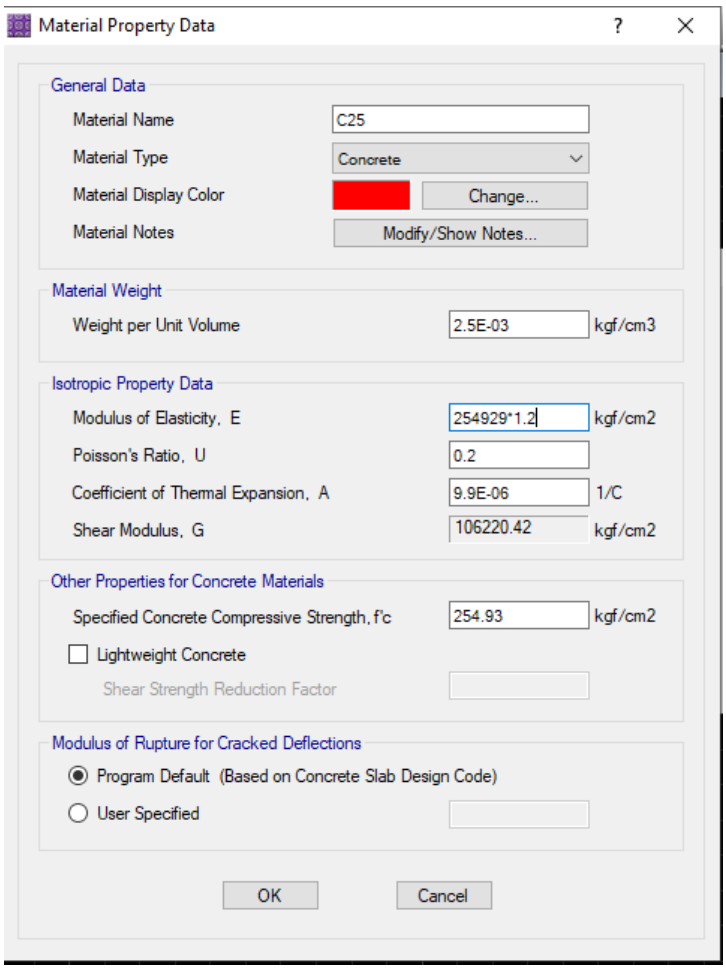



در تصویر فوق نوع سقف وافل دوطرفه می باشد، بیشترین تغییرشکل ناشی از $D_f$ مقدار 1.65 cm می باشد که برای دهانه دال ۸ متر در حد مجاز می باشد.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure

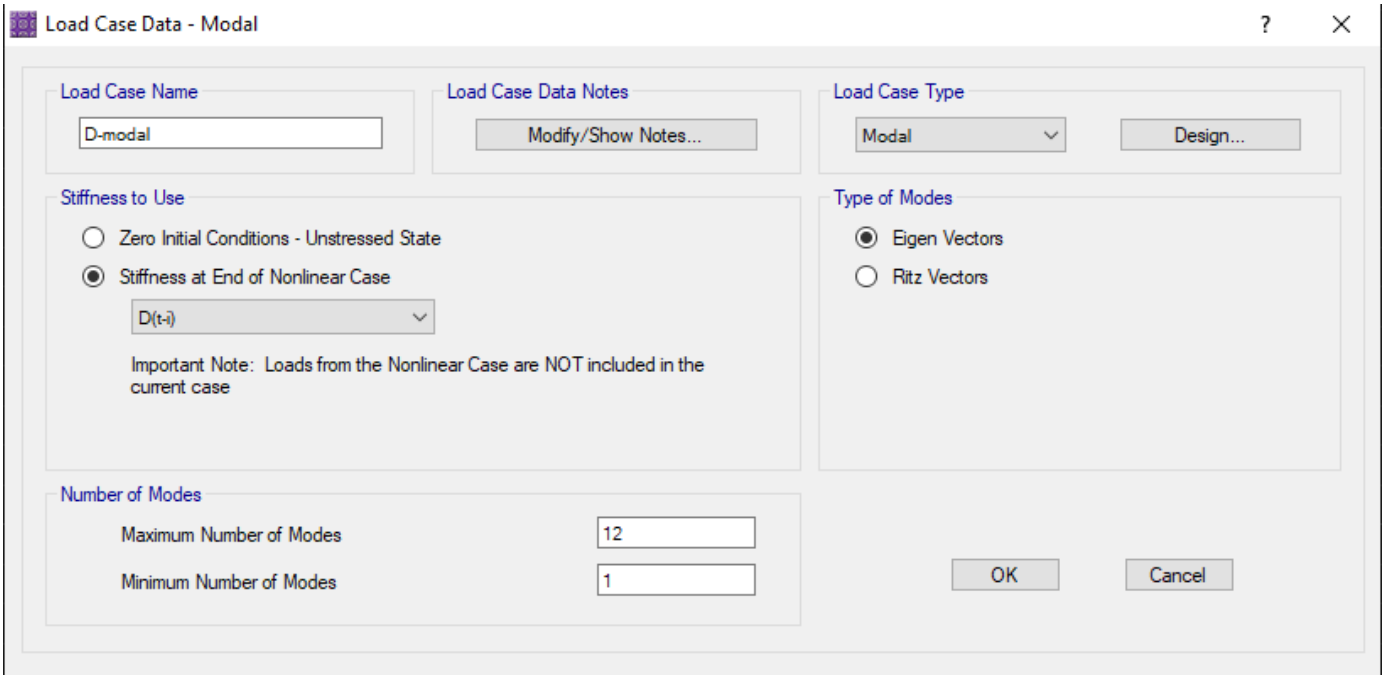
## کنترل فرکانس سقف

گاهی اوقات ممکن است تغییرمکان سقف جوابگو باشد ولی فرکانس سقف کم باشد و این موضوع برای دهانه های بلند بدون تیغه بندی می تواند موجب عدم آرامش ساکنین ساختمان باشد. بنابراین بهتر است براتی دهانه های بدون تیغه بندی فرکانس لرزش سقف از 5 هرتز بیشتر باشد تا توسط ساکنین قابل احساس نباشد. برای کنترل فرکانس باید یک فایل مجزا از فایل کنترل خیز save as گرفت و در آن ممان اینرسی سقف را ۲۰ درصد افزاش داد ( زیرا سختی دینامیکی دال بیشتر از سختی استاتیکی می باشد). برای افزایش این سختی کافیست مدول الاستیسیته بتن را ۲۰ درصد افزایش داد.

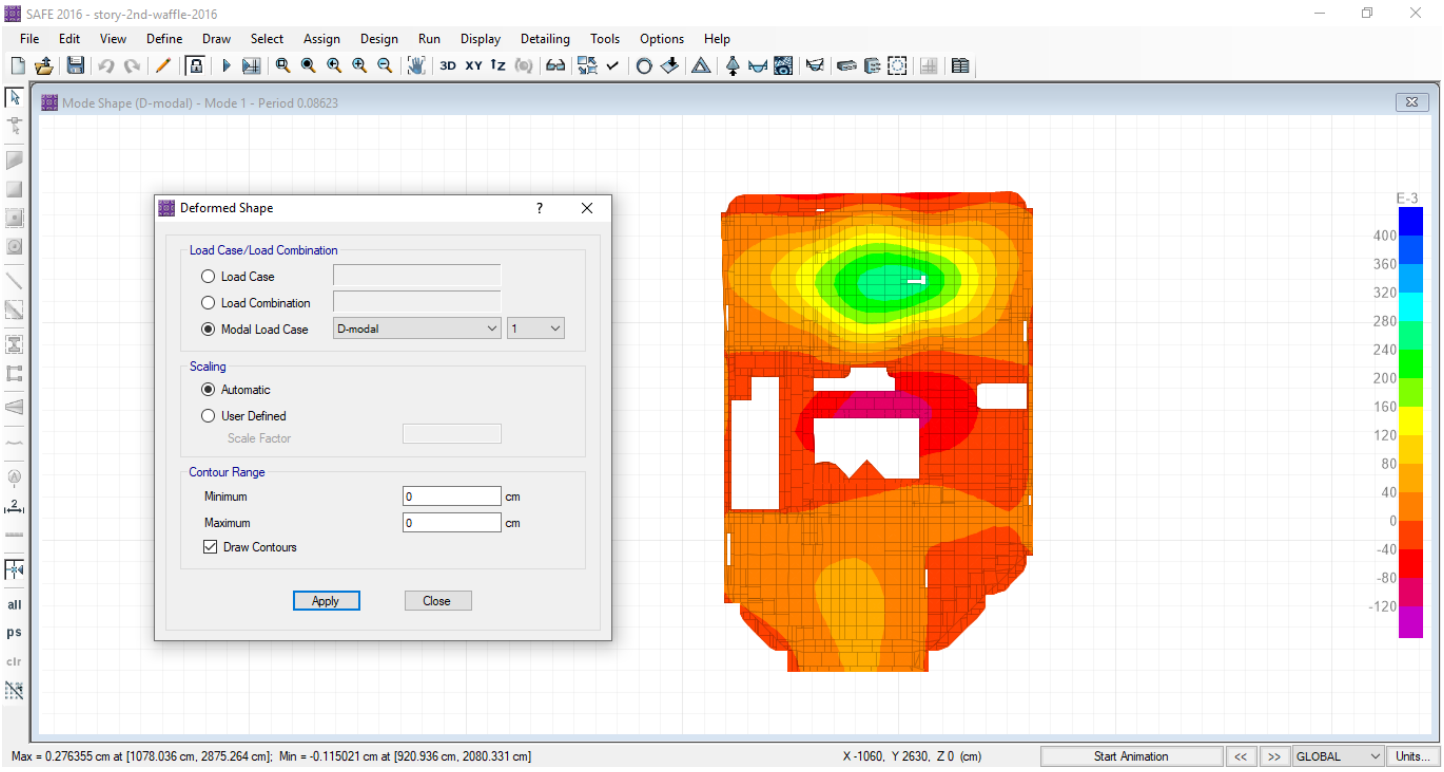



حال بایست load case کنترل فرکانس را با type: modal ساخت و باید به برنامه فهماند که محاسبه سختی سقف را بعد از اعمال ترک خوردگی های ناشی از بار مرده و زنده محاسبه کند برای این کار باید گزینه stiffness at end of nonlinear case را در حالت بار D(t-i) قرار داد. توضیحات فوق به صورت عکس زیر می باشد.

مولف: سید محمد سعید ضیاالحق
www.ziaalhagh.com
(مدرس دوره های آمادگی آزمون محاسبات نظام مهندسی و کلاس های طراحی سازه)
Telegram.me/civilstructure




در پایان با انجام تحلیل سازه تغییرمکان های سقف را ناشی از case ساخته شده فوق، برای mode های مختلف به صورت زیر بررسی می کنیم. به عنوان مثال برای مدل اول به صورت زیر می باشد.



زمان تناوب هر مد تغییرشکلی در بالای پنجره نمایش نوشته می شود . درصورتی که مقدار زمان تناوب را معکوس کنیم در حقیقت مقدار فرکانس هر مد بدست می آید. برای مد اول نشان داده شده در تصویر فوق ، مقدار فرکانس به صورت زیر محاسبه می شود.

Period 0.08623

$$\text{فرکانس} = \frac{1}{0.08623} = 11.5\ Hz$$

بنابرای فرکانس از 5 بیشتر است و سقف از نظر لرزش قابل قبول است.

فرکانس های مدهای دیگر را نیز باید کنترل کرد ولی معمولا به علت این که مدهای بعدی دارای زمان تناوب کمتری هستند بنابراین فرکانس آنها بیشتر بوده و قابل قبول است.

## رفع مشکل جواب ندادن تغییرمکان یا فرکانس سقف

در صورتی بیشتریت تغییرشکل دال از محدودیت های فوق تجاوز کند یا فرکانس سقف از 5 هرتز کمتر باشد، آنگاه لازم است با انجام یک یا چند مورد از تدابیر زیر، تغییرشکل و فرکانس دال را به حد مجاز رسانید.

- افزایش سختی دال با افزایش مقاومت بتن
- افزایش سختی دال با افزایش ضخامت آن
- افزایش میلگردهای سرتاسری طولی که منجر به افزایش سختی خمشی می شود و البه ضریب λ نیز کاهش می یابد.
- کاهش فاصله ستون ها که منجر به کاهش زول آزاد دال می شود.
- افزایش سختی تیرهای اطراف دال یا اضافه کردن تیر میانی

موفق باشید

سید محمد سعید ضیاالحق

مطالب بیشتر را می توانید در سایت و یا کانال تلگرام دانلود کنید.