کنترل تغییر شکل دال بتنی با استفاده از نرم افزار SAFE

صمد آقازاده

اردیبهشت ۱۳۹۸

https://t.me/hamrahenazer

SAFE 8





https://t.me/hamrahenazer

پارامترهای مورد استفاده

Dead= بار مرده (وزن اسکلت Self Weight)

Sp= سربار اضافی مرده (SuperDead)

Live= بار زنده

α= درصد بار زنده دائمی ۲۰ تا ۴۰ درصد

β= درصدی از سربار اضافی مرده که قبل از اتصال اجزای غیر سازه ای به سازه وارد می شود صفر تا پنجاه درصد

t_0= سن بتن قبل از بارگذاری (شروع تغییر شکل)

t_c= زمان عمل آوری بتن

https://t.me/hamrahenazer

پارامترهای مورد استفاده

$\Delta_{tot,i}$= تغییر شکل آنی ترک خورده کل بارهای وارده

$$\Delta_{tot,i} = \Delta_{Dead+sp+Live}$$

$\Delta_{sus,i}$= تغییر شکل آنی ترک خورده بارهای دائمی

$$\Delta_{Sus,i} = \Delta_{Dead+sp+\alpha\%Live}$$

$\Delta_{Pre,i}$= تغییر شکل آنی ترک خورده ناشی از بارهای مرده و درصد سربار مرده اضافی (β)

$$\Delta_{pre,i} = \Delta_{Dead+\beta\%sp}$$

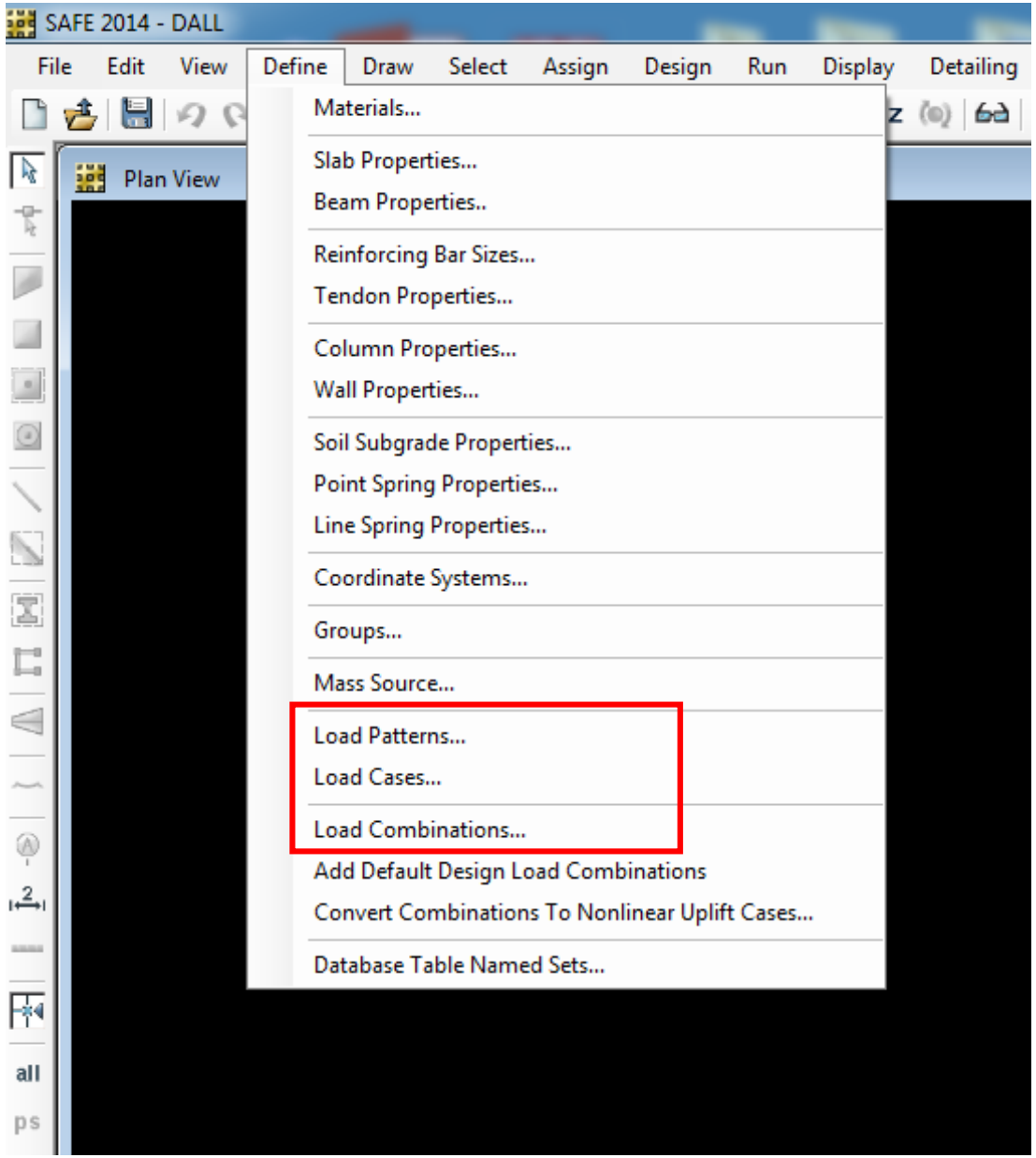
$\Delta_{Cr+sh,u}$: تغییر شکل دراز مدت نهایی بارهای دائمی

$\Delta_{pre,t}$= تغییر شکل دراز مدت بر اثر افت و خزش ناشی از بارهای مرده و درصد سربار مرده اضافی (β) {در مدت زمان $t-t_c$ برای افت و $t-t_0$ برای خزش}

Δ_{final}=مجموع تغییر شکل آنی و درازمدت نهایی برای مقایسه با محدودیت های آیین نامه ای

Δ_{Actual}=مجموع تغییر شکل آنی و درازمدت نهایی واقعی از لحظه قالب برداری

https://t.me/hamrahenazer



LOAD CASE
LOAD PATTERN
LOAD COMBINATION

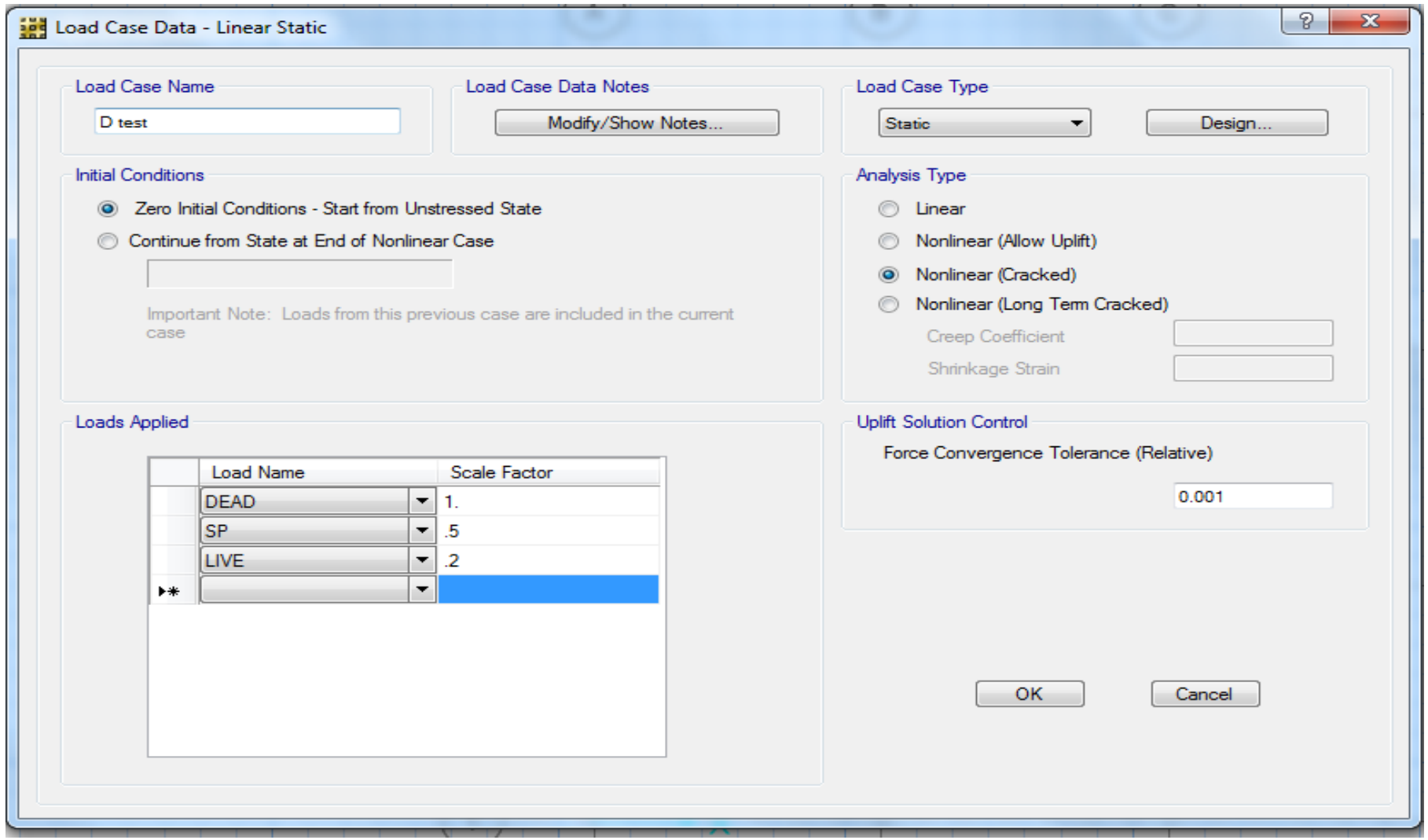
https://t.me/hamrahenazer

LOAD CASE –LOAD PATTERN- LOAD COMBINATION

LOAD PATTERN	LOAD CASE	LOAD COMBINATION
الگوی بار	حالت بار	ترکیب بار
نرم افزار برای شناسایی نوع بار وارد بر سازه از الگوی بار استفاده می کند و وقتی الگوی باری تعریف می شود نرم افزار به طور خودکار حالت بار متناظر با آن را می سازد.	نرم افزار در تحلیل سازه از حالت بار استفاده می کند. در حالت بار نوع رفتار هر الگوی بار در آنالیز را به نرم افزار معرفی می کنیم. (خطی یا غیر خطی)	مشاهده همزمان مجموع تفاضل و . . . حالت های بار مختلف

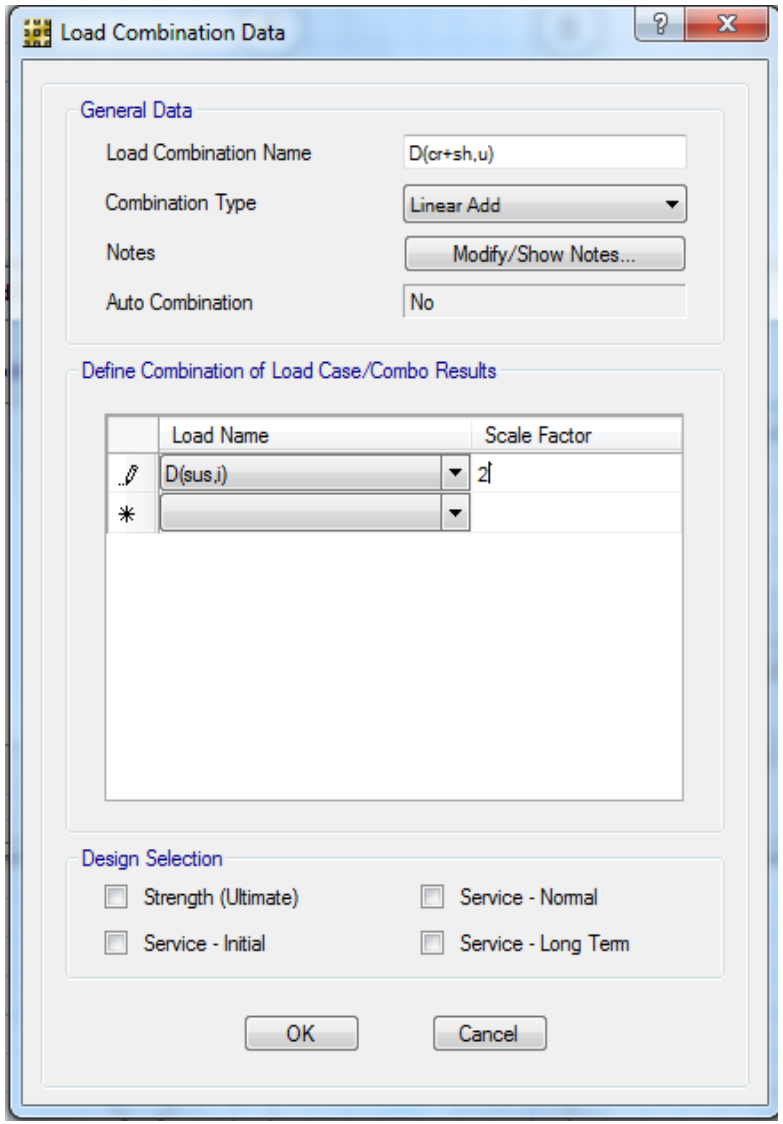
https://t.me/hamrahenazer

LOAD CASE –LOAD PATTERN- LOAD COMBINATION



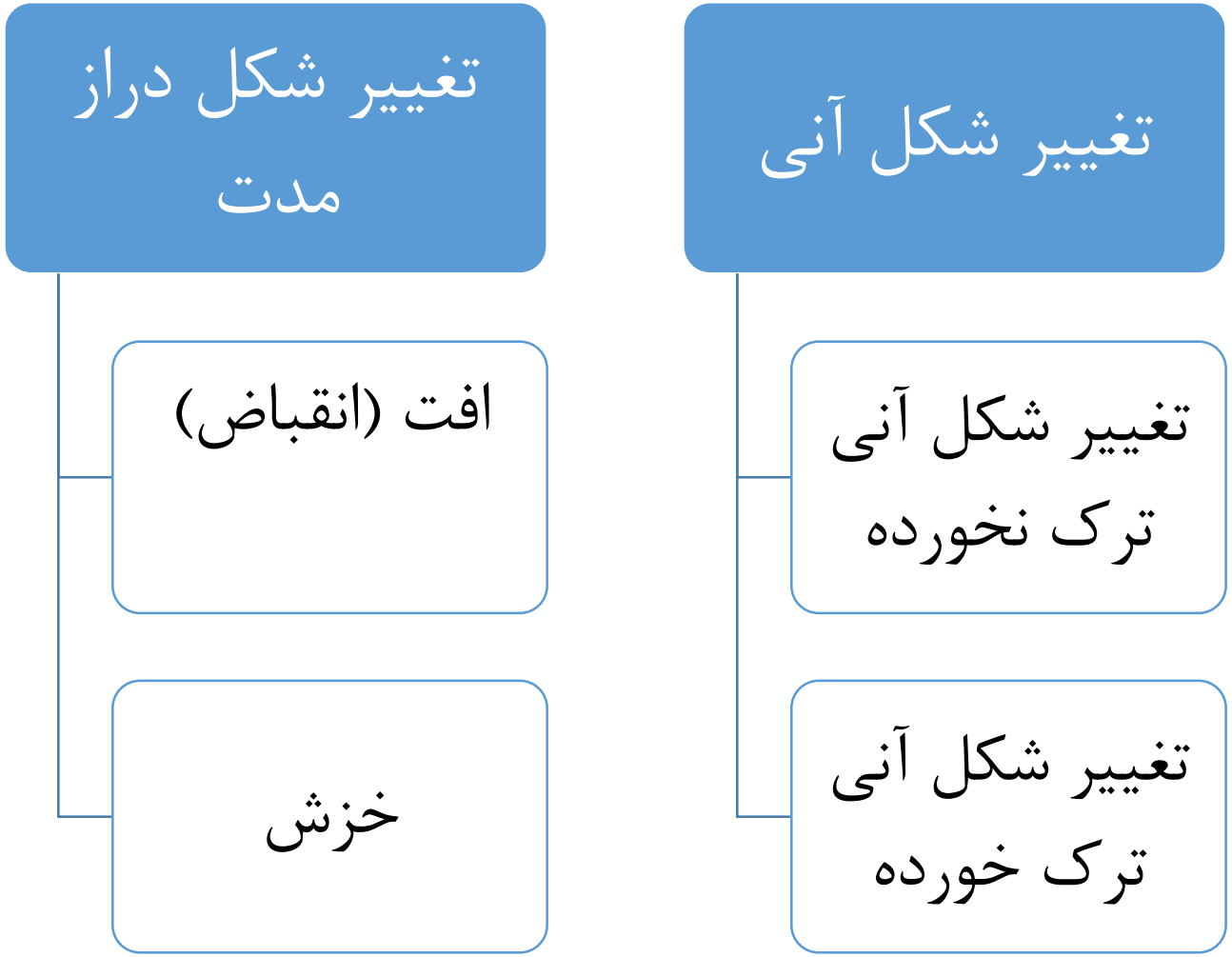
https://t.me/hamrahenazer

LOAD CASE –LOAD PATTERN- LOAD COMBINATION



https://t.me/hamrahenazer

انواع تغییر شکل در سازه های بتنی



https://t.me/hamrahenazer

روش محاسبه تغییر شکل آنی ترک خورده طبق آیین نامه ACI

تغییر شکل آنی باید با استفاده از مدول الاستیسیته بتن Ec و به کمک ممان اینرسی موثر به شکل زیر تعیین شود:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

$$M_{Cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$f_r = 2\sqrt{f_c'}$$

I_e: لنگر لختی موثر برای محاسبه تغییر مکان

M_a: حداکثر لنگر در عضو ناشی از بارهای بهره برداری در مرحله ای که تغییر مکان محاسبه می شود

M_{cr}: لنگر ترک خوردگی

I_g: لنگر لختی مقطع ناخالص بتنی حول محور مرکز هندسی مقطع بدون در نظر گرفتن آرماتورها

I_{cr}: لنگر لختی مقطع ترک نخورده تبدیل یافته بتن

f_r: مدول گسیختگی بتن

y_t: فاصله از محور مرکز هندسی مقطع ناخالص (صرف نظر از آرماتورها) تا وجه کششی

f_c': مقاومت فشاری مشخصه بتن

https://t.me/hamrahenazer

جدول ۹-۱۹-۱- ممان اینرسی مؤثر، I_e

ممان اینرسی مؤثر، (I_e)	لنگر سرویس
I_g	$M_a \leq \frac{2}{3} M_{cr}$
$\frac{I_{cr}}{1-\left(\frac{\frac{2}{3}M_{cr}}{M_a}\right)^2 (1-\frac{I_{cr}}{I_g})}$	$M_a > \frac{2}{3} M_{cr}$

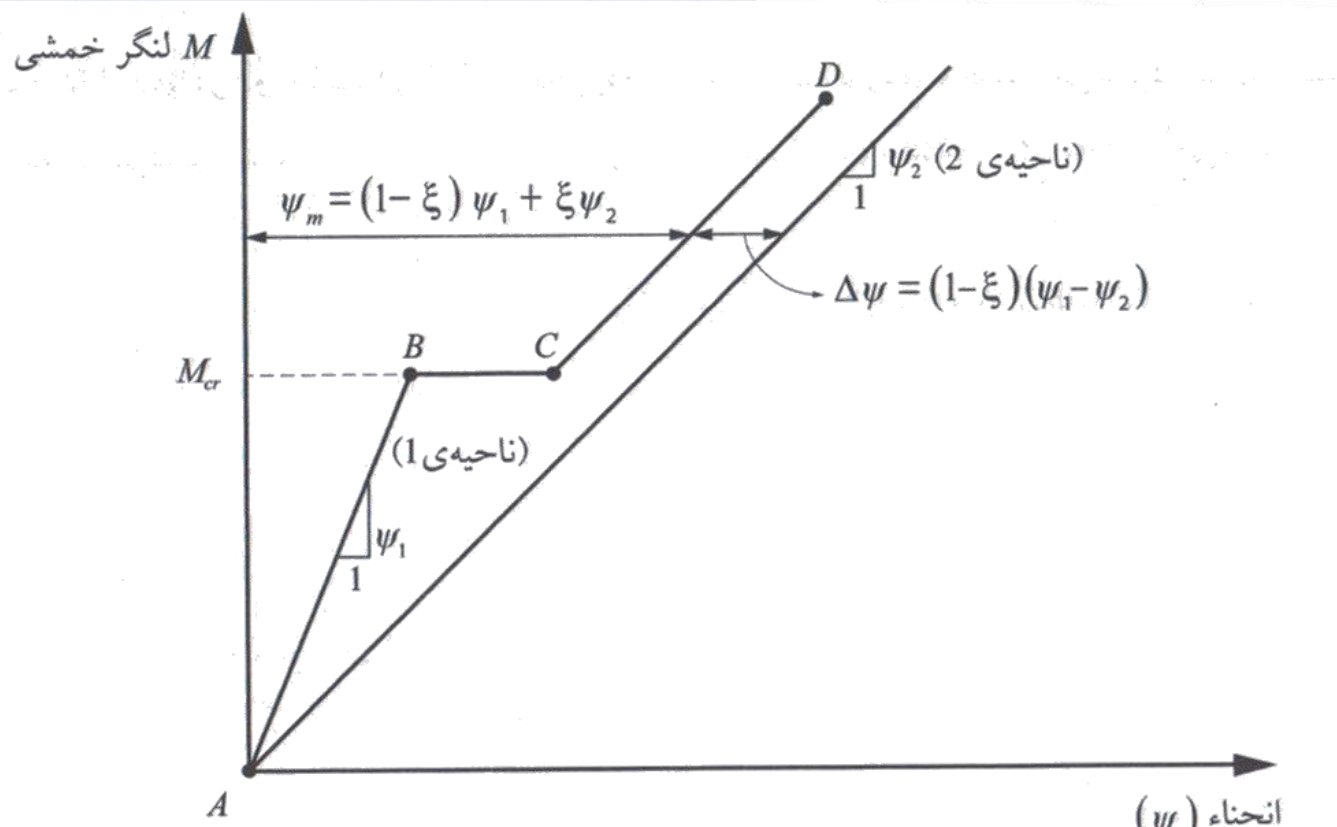
https://t.me/hamrahenazer

کنترل خیز طبق الگوریتم موجود در برنامه‌ی SAFE

در ویرایش جدید برنامه‌ی SAFE از الگوریتم خاصی که مشابه کنترل خیز بر مبنای آیین‌نامه‌ی اروپا است استفاده می‌شود. شرح کامل این الگوریتم در کتاب مرجع زیر موجود است.

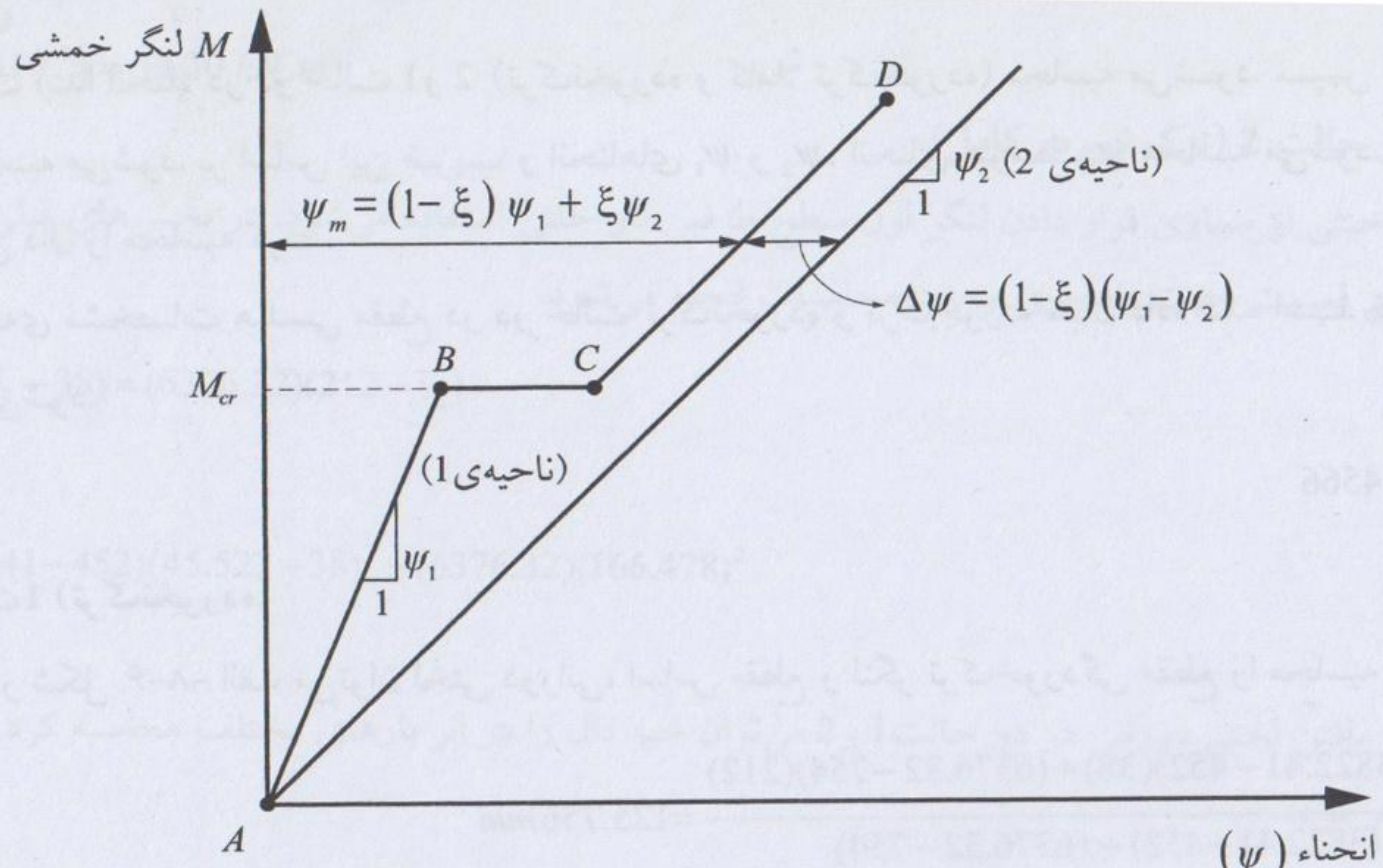
"Concrete Structures, Stresses and Deformations" , Third Edition , A. Ghali, F. Faver and M. Elbardy

الگوریتم مذکور تا حدودی مشابه الگوریتم بکار رفته در آیین‌نامه‌ی ACI است؛ با این تفاوت که به جای اصلاح لختی دورانی، انحنای بکار رفته در محاسبه‌ی خیز اصلاح می‌شود. در شکل منحنی لنگر – انحناء برای یک مقطع بتنی نشان داده شده است. در این شکل ψ_1 و ψ_2 نشان دهنده‌ی انحنای مقطع در دو حالت ترک‌نخورده و ترک‌خورده هستند. قطعه‌ی A-B-C-D نشان دهنده‌ی منحنی لنگر – انحنای تئوری مقطع یک تیر یا دال بتنی است.

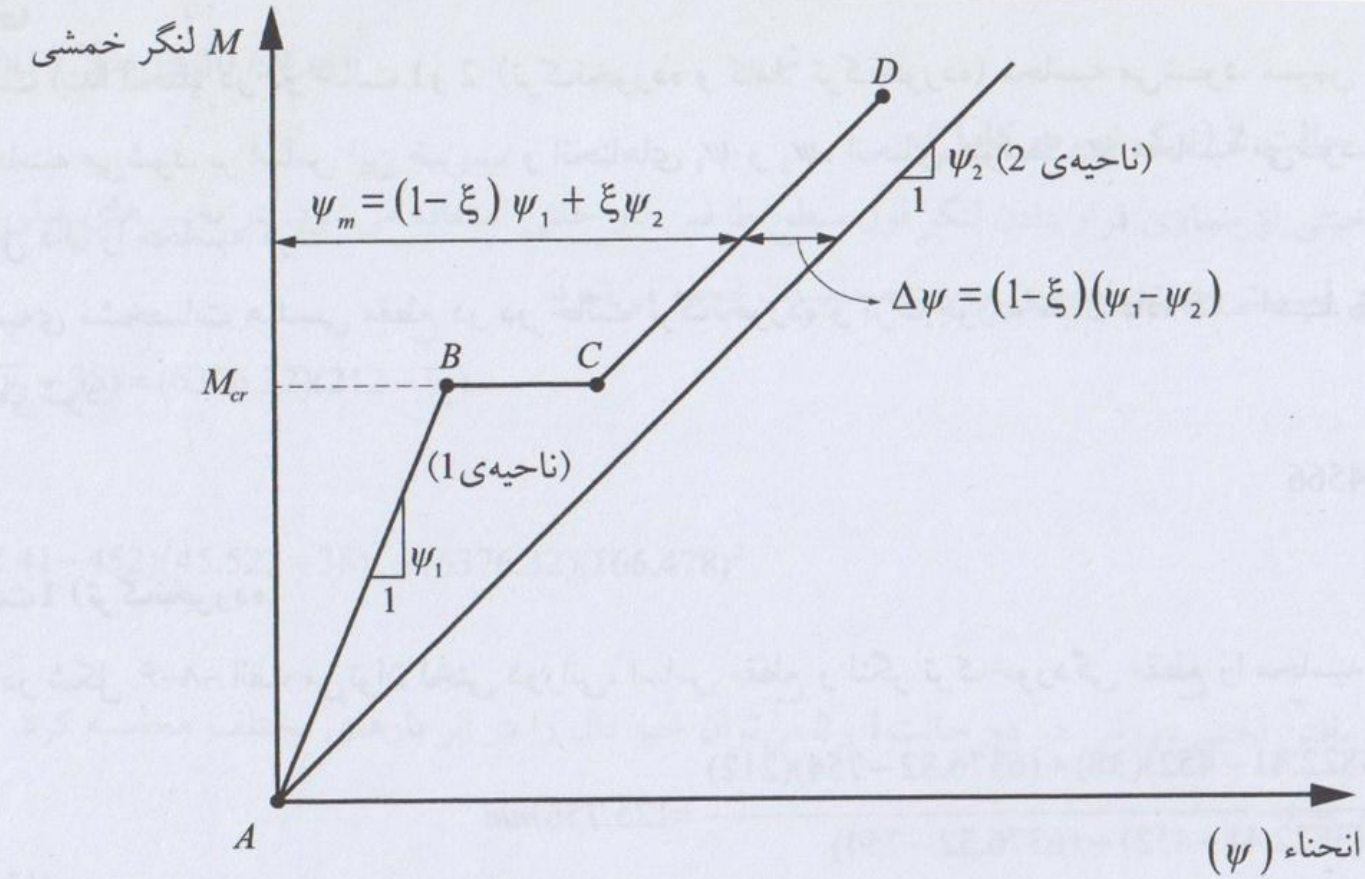


https://t.me/hamrahenazer

شیب منحنی لنگر – انحناء در محدوده‌ی A-B تا رسیدن به لنگر ترک‌خوردگی به صورت خطی است. افزایش انحناء در قطعه‌ی B-C که در اثر لنگر ترک‌خوردگی است نشان دهنده‌ی شروع ناحیه‌ی ترک‌خوردگی است. شیب منحنی لنگر- انحناء در قطعه‌ی C-D با افزایش لنگر به شیب ناحیه‌ی کاملاً ترک خورده (ناحیه‌ی 2، ψ_2) نزدیک می‌شود.

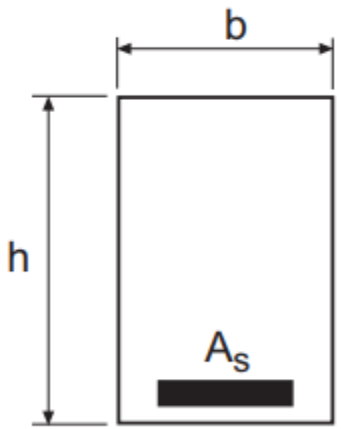
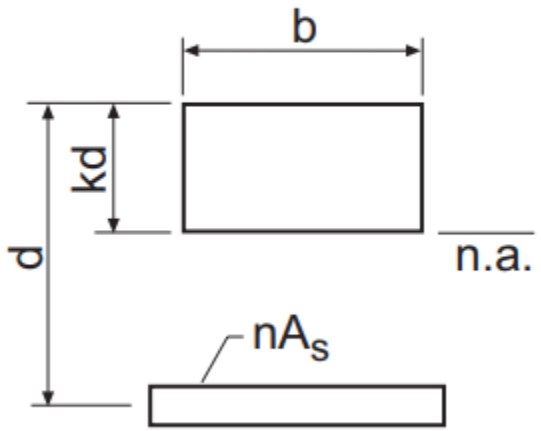
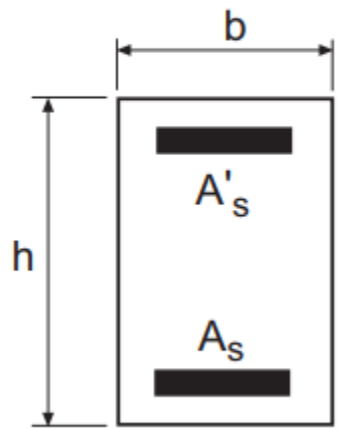
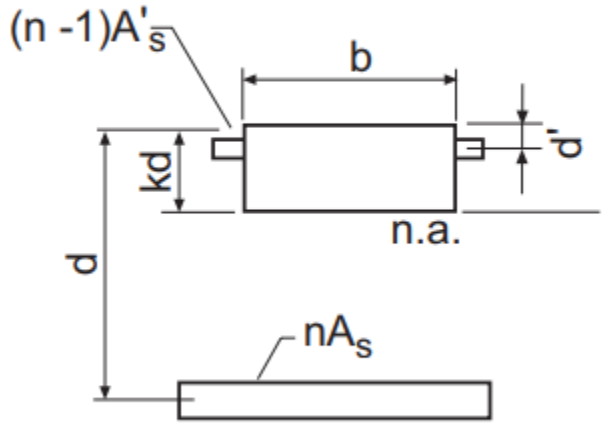


https://t.me/hamrahenazer

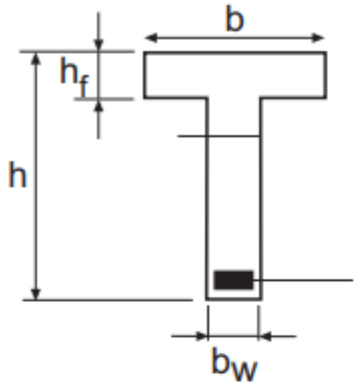
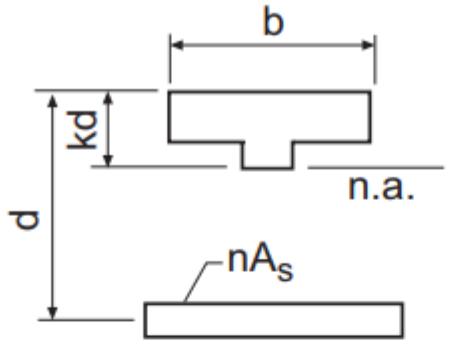
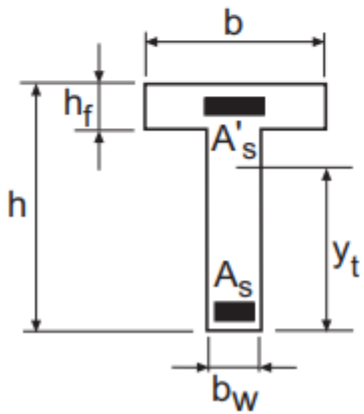
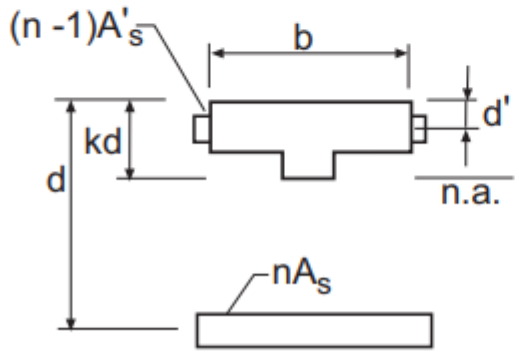


با توجه به اینکه لنگر در طول دهانه‌ی دال یا تیر متغیر است، معمولاً اختصاص یک لختی دورانی موثر برای کل دهانه دقیق نیست. راه‌حل مناسب‌تر که در ویرایش جدید برنامه‌ی SAFE اعمال شده است، محاسبه‌ی انحناء در المان‌های اجزای محدود تیر و پوسته‌ای است. این انحناء با مقادیر لنگرهـای وارده هماهنگی دارند. پس از تعیین انحناء در طول المان‌های اجزای محدود می‌توان تغییرشکل را بر مبنای انحنای بدست آمده محاسبه کرد.

https://t.me/hamrahenazer

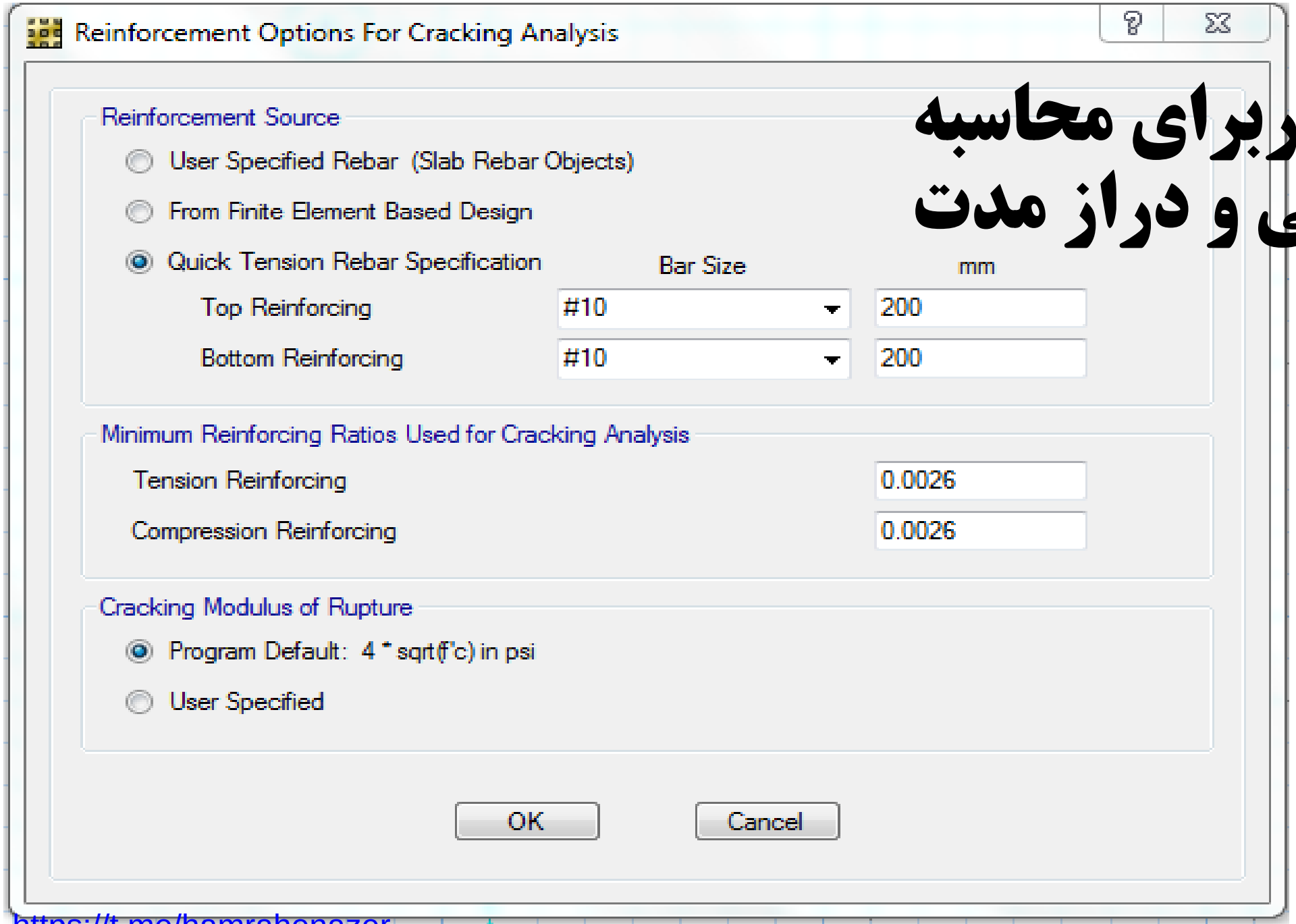
Gross Section	Cracked Transformed Section	Gross and Cracked Moment of Inertia
	 Without compression steel	$n = \frac{E_s}{E_c}$ $B = \frac{b}{(nA_s)}$ $I_g = \frac{bh^3}{12}$ Without compression steel $kd = \left(\sqrt{2dB+1}-1\right)/B$ $I_{cr} = bk^3d^3/3 + nA_s(d-kd)^2$
	 With compression steel	With compression steel $r = (n-1)A'_s/(nA_s)$ $kd = \left[\sqrt{2dB(1+rd'/d)+(1+r)^2}-(1+r)\right]/B$ $I_{cr} = bk^3d^3/3 + nA_s(d-kd)^2 + (n-1)A'_s(kd-d')^2$

https://t.me/hamrahenazer

Gross Section	Cracked Transformed Section	Gross and Cracked Moment of Inertia
	 Without compression steel	$n = \frac{E_s}{E_c}$ $C = b_w/(nA_s), \quad f = h_f(b-b_w)/(nA_s),$ $y_t = h - 1/2\left[(b-b_w)h_f^2 + b_w h^2\right] \Big/ \left[(b-b_w)h_f + b_w h\right]$ $I_g = (b-b_w)h_f^3/12 + b_w h^3/12 + (b-b_w)h_f(h-h_f/2-y_t)^2 + b_w h(y_t - h/2)^2$ Without compression steel $kd = \left[\sqrt{C(2d+h_f f)+(1+f)^2} - (1+f)\right] \Big/ C$ $I_{cr} = (b-b_w)h_f^3/12 + b_w k^3 d^3/3 + (b-b_w)h_f(kd-h_f/2)^2 + nA_s(d-kd)^2$
	 With compression steel	With compression steel $kd = \left[\sqrt{C(2d+h_f f+2rd')+(f+r+1)^2} - (f+r+1)\right] \Big/ C$ $I_{cr} = (b-b_w)h_f^3/12 + b_w k^3 d^3/3 + (b-b_w)h_f(kd-h_f/2)^2 + nA_s(d-kd)^2 + (n-1)A'_s(kd-d')2$

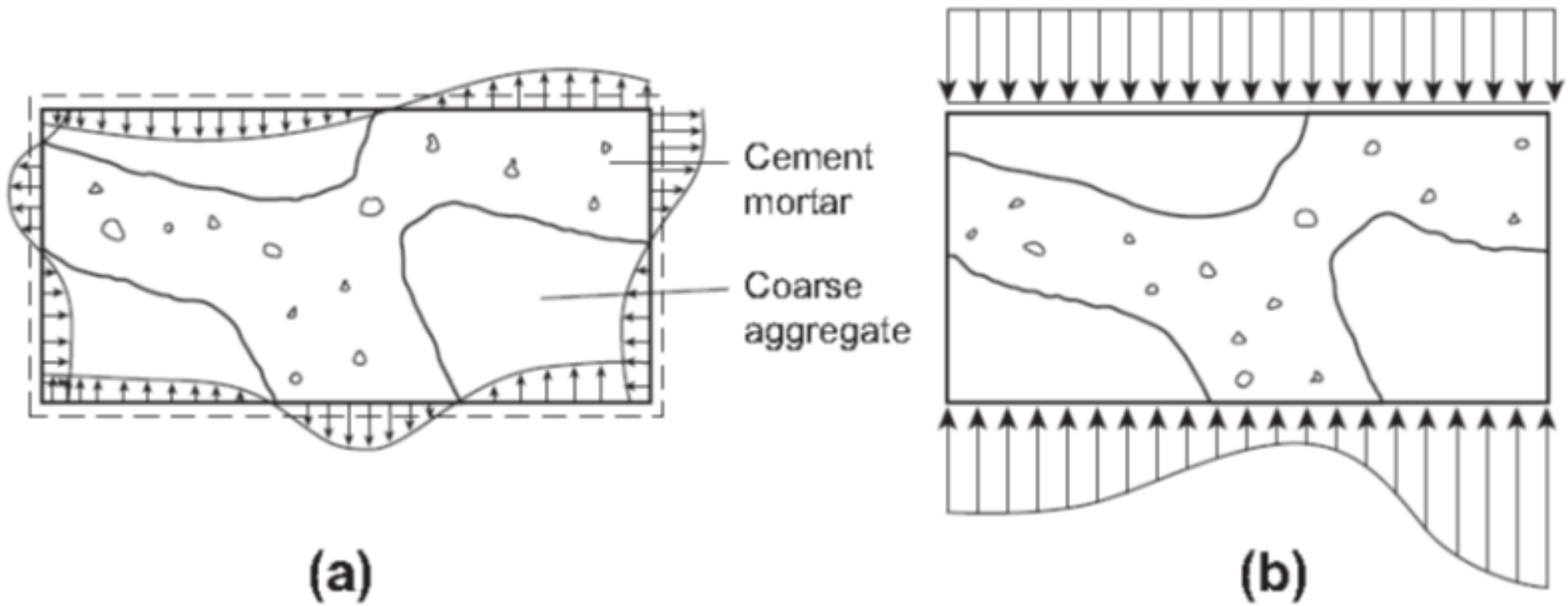
https://t.me/hamrahenazer

تعریف آرماتوربرای محاسبه تغییر شکل آنی و دراز مدت



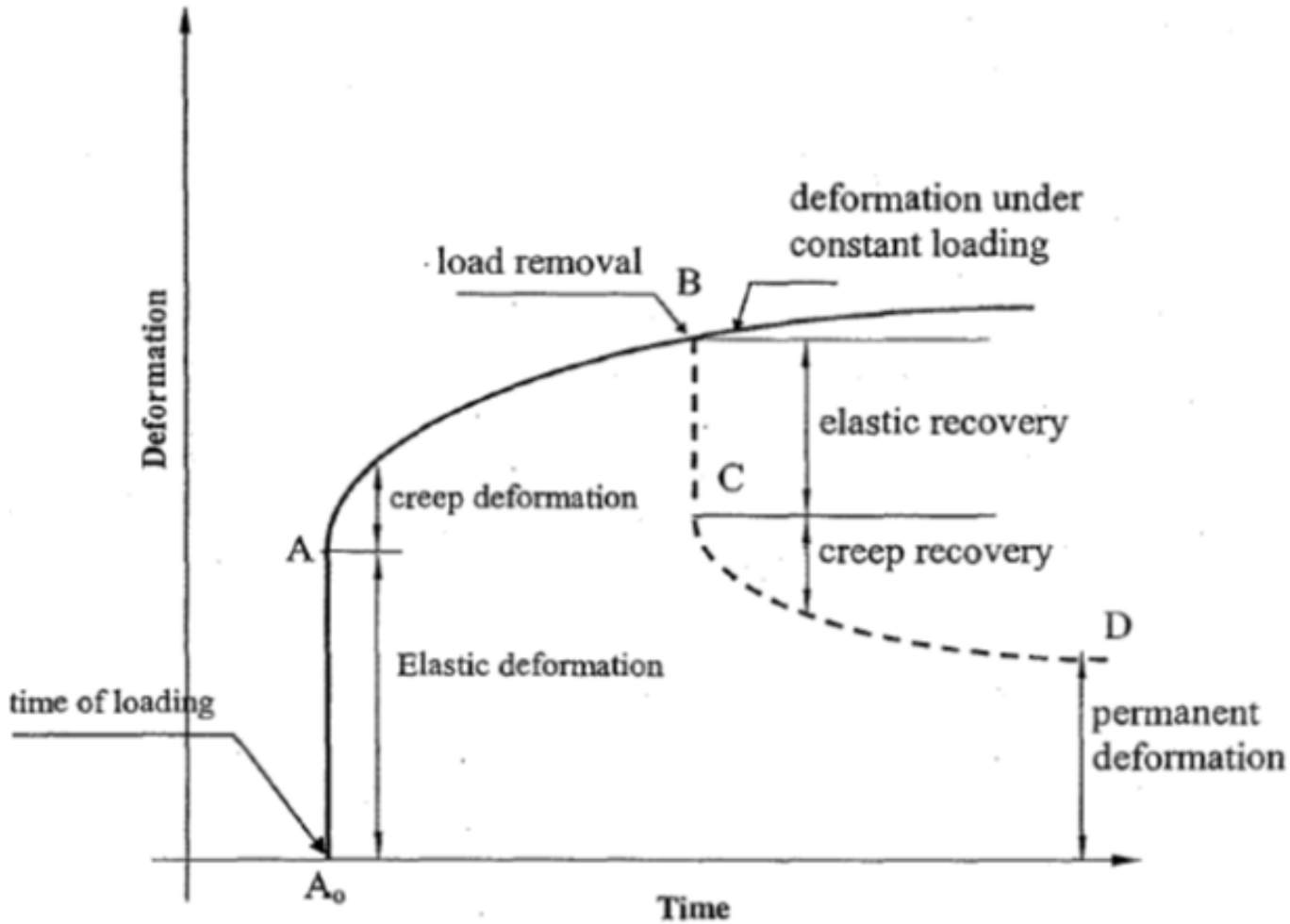
https://t.me/hamrahenazer

افت یا انقباض (آب رفتگی): جمع شدگی یا کاهش حجم بتن است که با از دست رفتن و یا خارج شدن آب جذب شده در ساختار خمیر سیمان از بتن اتفاق می افتد که **هیچ ارتباطی به تنش وارده ندارد** بلکه به دلیل تفاوت رطوبت نسبی محیط با رطوبت بتن اتفاق می افتد.



https://t.me/hamrahenazer

خزش: تغییر شکل ماده تحت تنش ثابت در طول زمان را خزش یا وارفتگی گویند.دلیل اصلی پدیده خزش در بتن خروج آب جذب شده سطحی از ساختار خمیر سیمان در اثر اعمال تنش ثابت می باشد که در طول زمان صورت می گیرد. تفاوت آن با انقباض **در وجود تنش ثابت** می باشد تقریباً تمام عواملی که در انقباض تاثیر دارد در خزش نیز موثر است که در سطور فوق به آن اشاره شد.



https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

تغییر شکل آنی ترک خورده بار دایمی x λ_t = تغییر شکل دراز مدت بار دائمی در زمان t

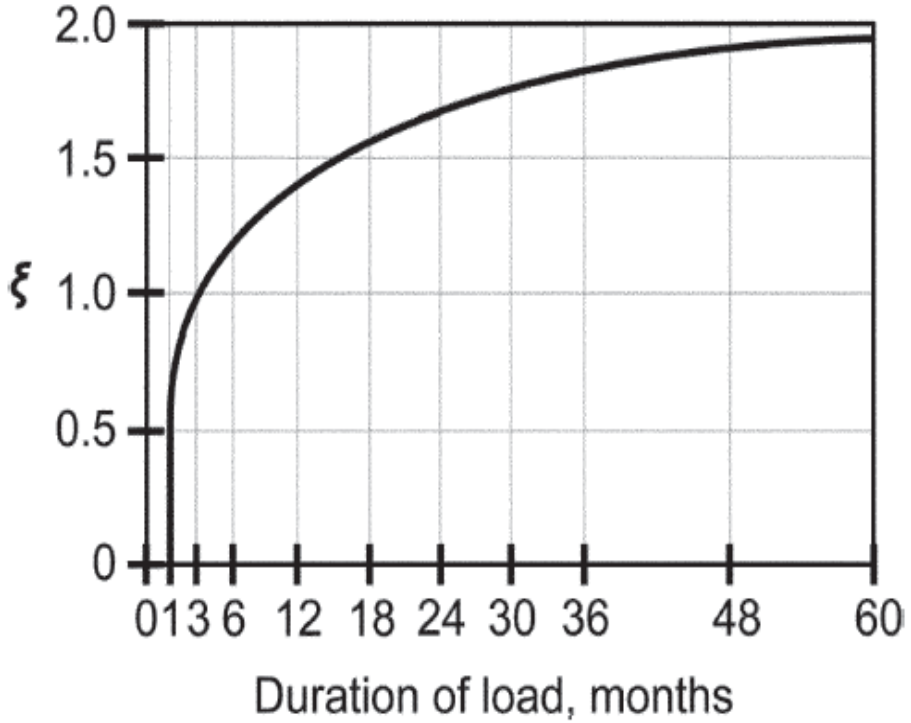
$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

$$\Delta_{Sus,i}$$

https://t.me/hamrahenazer

ξ

ξ ضریب وابسته به زمان برای بارهای دائمی می باشد که در جدول و نمودار زیر معرفی شده است:



Sustained load duration, months	Time-dependent factor ξ
3	1.0
6	1.2
12	1.4
60 or more	2.0

کسی (بزرگ: Ξ، کوچک: ξ) چهاردهمین حرف الفبای یونانی است که در یونانی جدید کسی تلفظ می‌شود و در انگلیسی سای یا زای.

https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

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

برای تغییر شکل نهایی ξ برابر دو پیشنهاد شده است.

و با فرض $\rho' = 0$ ضریب λ برابر ۲ بدست می آید

و با فرض $\rho' = 0{,}002$ ضریب λ برابر ۱/۸۲ بدست می آید

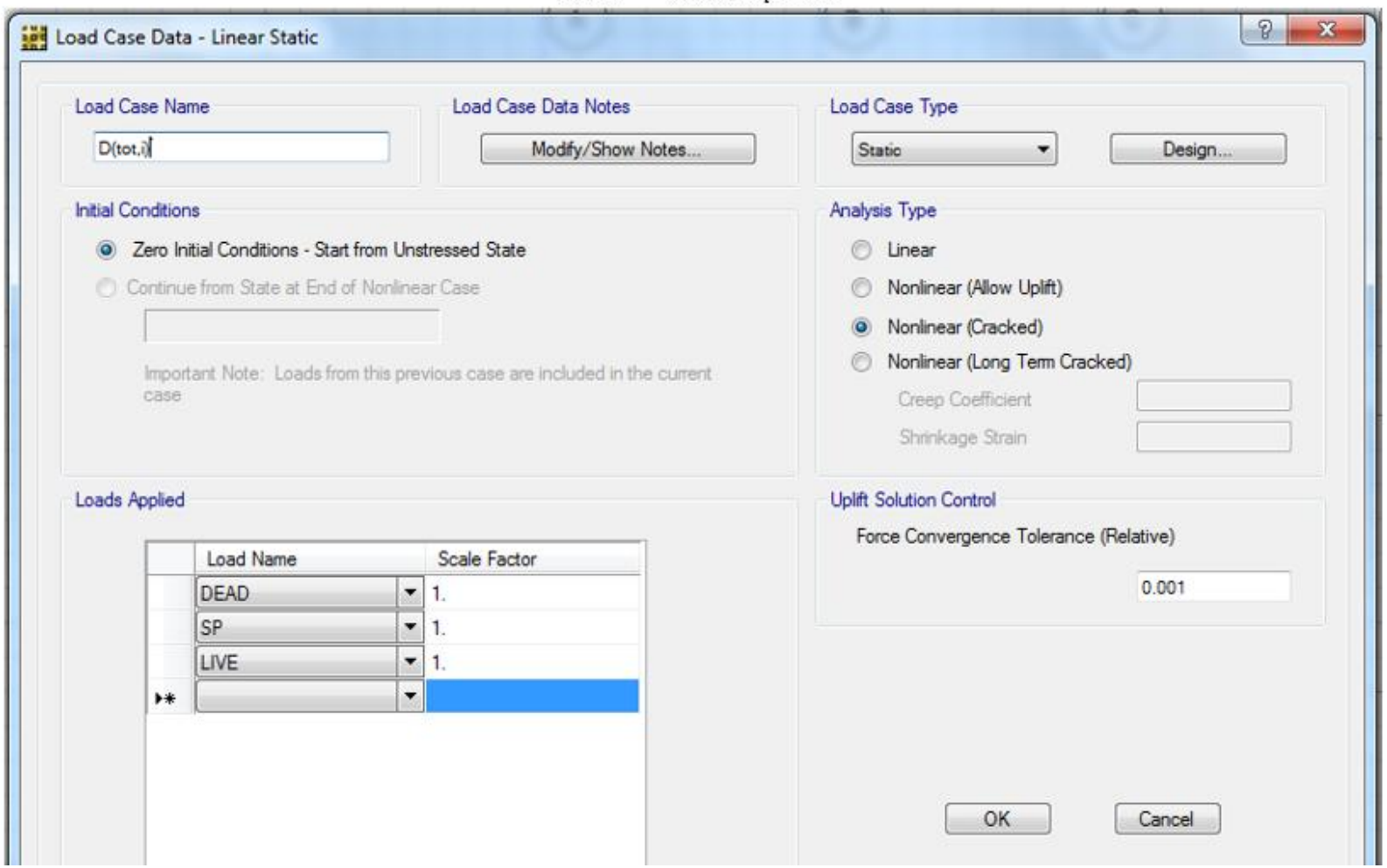
$$\lambda = \frac{2}{1 + 50(0{,}002)} = 1{,}82$$

https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

1- محاسبه تغییر شکل آنی برای کل بار

$$\Delta_{tot,i} = \Delta_{Dead+Sp+Live}$$



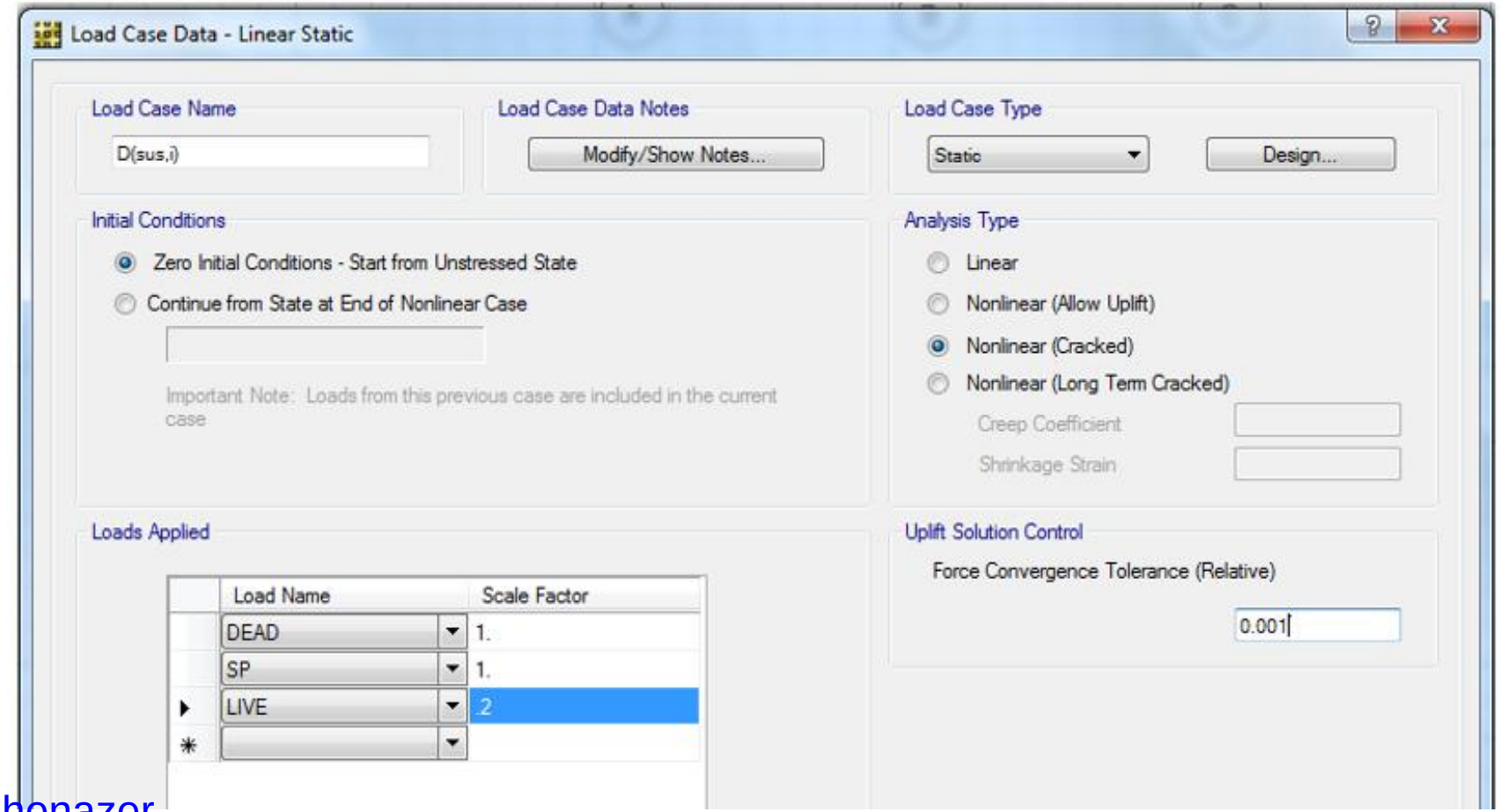
https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

۲- محاسبه تغییر شکل آنی برای بارهای دائمی

$$\Delta_{Sus\,i} = \Delta_{Dead+Sp+\alpha\%Live}$$

α: درصد بار زنده دائمی (۲۰ درصد عدد مناسبی است)



https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

۳- محاسبه تغییر شکل بار زنده غیر دائمی

$$\Delta_L = \Delta_{tot,i} - \Delta_{Sus,i}$$

۴- محاسبه ضریب λ

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

برای تغییر شکل نهایی ξ برابر دو پیشنهاد شده است.

و با فرض $\rho' = 0$ ضریب λ برابر ۲ بدست می آید

و با فرض $\rho' = 0{,}002$ ضریب λ برابر ۱/۸۲ بدست می آید

$$\lambda_\infty = \frac{2}{1 + 50(0{,}002)} = 1{,}82$$

https://t.me/hamrahenazer

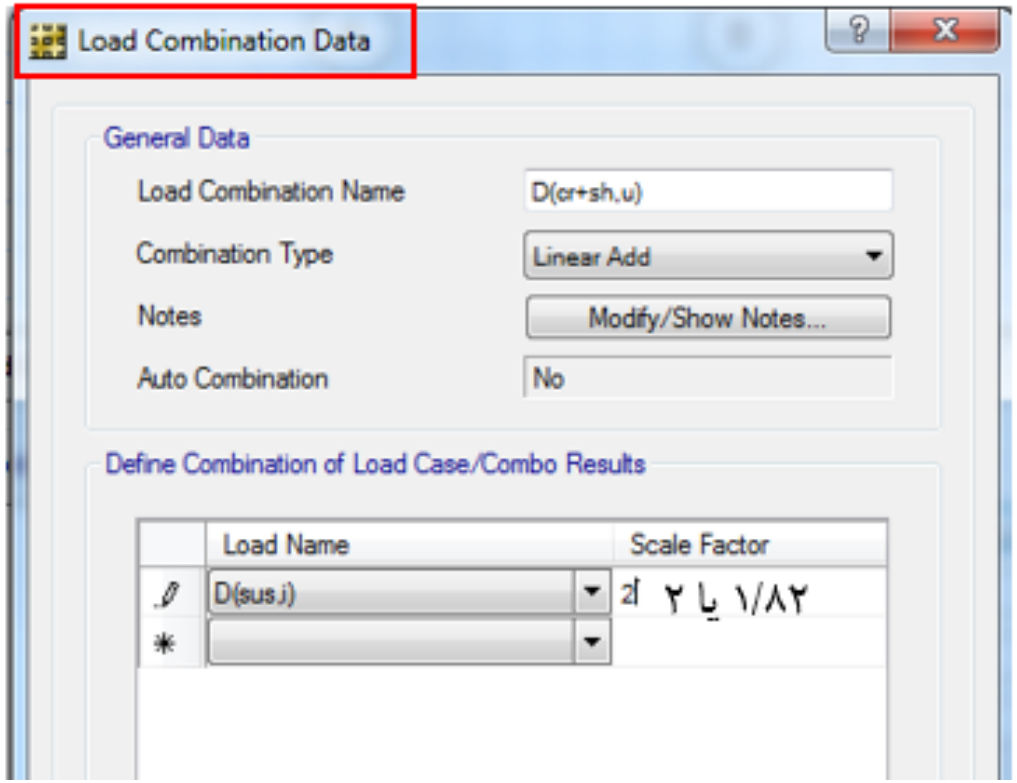
روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

۵-محاسبه تغییر شکل نهایی دراز مدت بار دائمی

$$\Delta_{Cr+sh,u} = 2\Delta_{Sus}$$

یا:

$$\Delta_{Cr+sh,u} = 1{,}82\Delta_{Sus}$$



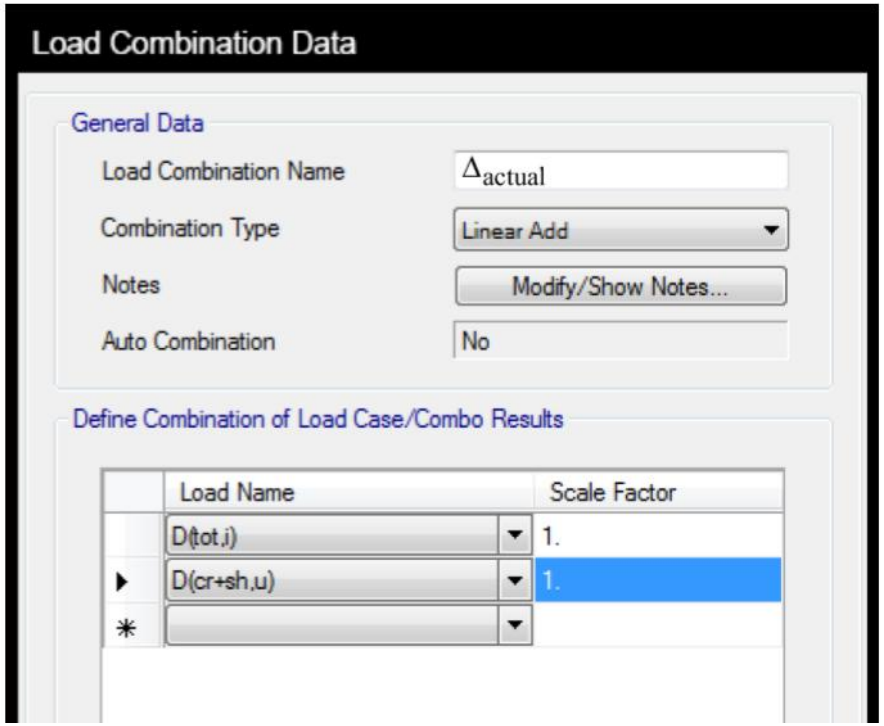
https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

۶- تغییر شکل نهایی برابر مجموع تغییر شکل آنی کل به علاوه تغییر شکل دراز مدت بار دائمی

$$\Delta_{Actual} = \Delta_{tot,i} + \Delta_{Cr+sh,u}$$

این تغییر شکل همان تغییر شکلی خواهد بود که بعد از آنکه پایه های اطمینان برداشته می شود (قالب برداری یا شروع بارگذاری) بعد از پنج سال در دال اتفاق خواهد افتاد. که با تعریف ترکیب بار زیر بدست خواهد آمد.



https://t.me/hamrahenazer

CODE COMMENTARY

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 nonstructural 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.

https://t.me/hamrahenazer

عضو	شرایط		تغییرمکان مورد نظر	محدودیت تغییر مکان
سقف‌های تخت	اتصال و یا تکیه‌گاهی برای اعضای غیرسازه‌ای که باعث آسیب بر اثر تغییر مکان‌های بزرگ می‌شود، وجود ندارد.		تغییر مکان آنی بر اثر حداکثر s، L_r و R	$\ell/180^{(1)}$
کف‌ها			تغییر مکان آنی بر اثر L	$\ell/360$
سقف‌ها یا کف‌ها	متصل به اعضای غیرسازه‌ای و یا تکیه‌گاه آنها هستند	احتمال آسیب بر اثر تغییر مکان‌های بزرگ وجود دارد	بخشی از تغییر مکان کل که بعد از اتصال اعضای غیرسازه‌ای رخ می‌دهد، که برابر جمع تغییر مکان تابع زمان بر اثر بارهای دائمی و تغییر مکان آنی بر اثر هرگونه بار زنده اضافی می‌باشد. [۲]	$\ell/480^{(3)}$
		احتمال آسیب بر اثر تغییرمکان‌های بزرگ وجود ندارد		$\ell/240^{(4)}$

(۱) این محدودیت‌ها برای حفاظت (سازه) در برابر آب انباشتگی نمی‌باشند. آب انباشتگی باید توسط محاسبات تغییر مکان، شامل تغییر مکان‌های اضافی بر اثر جمع شدن آب، و با در نظر گرفتن آثار تابع زمان بارهای دائمی، خیز، رواداری‌های ساخت، و قابلیت اعتماد ضوابط مربوط به زهکشی، بررسی شود.

(۲) تغییر مکان تابع زمان باید مطابق بخش ۲۴-۲-۴ محاسبه شود، اما می‌تواند به اندازه تغییر مکان محاسبه شده که قبل از اتصال اعضای غیرسازه‌ای رخ می‌دهد، کاهش یابد. این مقدار باید بر اساس اطلاعات قابل قبولی مهندسی مربوط به مشخصات تابع زمان اعضای مشابه آنچه مدنظر می‌باشد، محاسبه گردد.

(۳) اگر اندازه‌گیری‌ها برای جلوگیری از آسیب به اعضای متصل شده یا مهار شده انجام گرفته باشند، این حدود می‌توانند افزایش یابند.

(۴) این حدود نباید از رواداری‌های مربوط به اعضای غیرسازه‌ای بیشتر شوند.

https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش اول استفاده از پارامتر λ

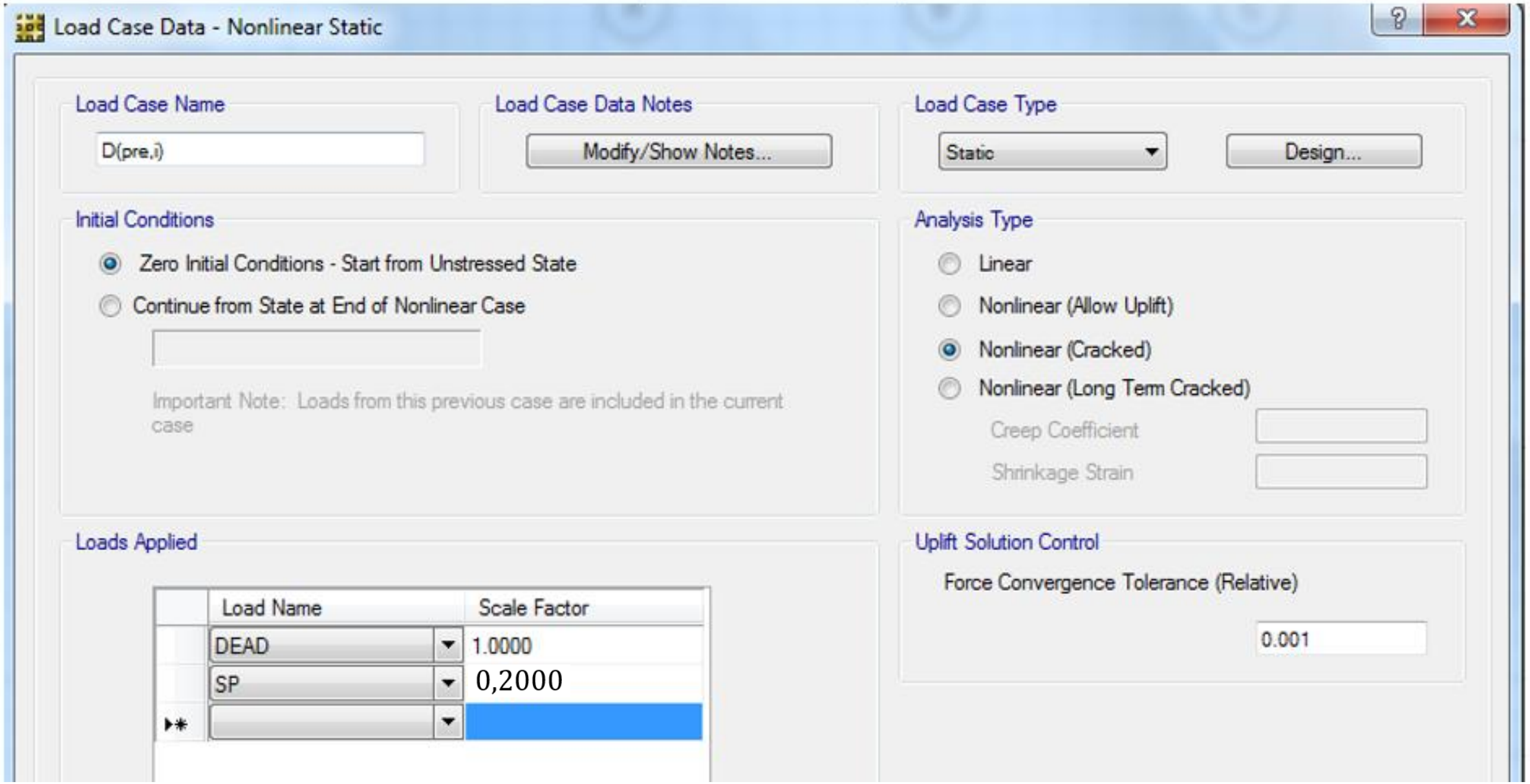
نکته مهم: در جدول مشاهده می شود که از این تغییر شکل نهایی می توان **تغییر شکل آنی و دراز مدت تا زمان شروع اتصال** اجزای غیر سازه ای را کسر نمود

اما برای محاسبه تغییر شکل آنی که باید از تغییر شکل کل کسر شود می توان فرض نمود که علاوه بر بار مرده ناشی از وزن سقف حدود $\beta\%$ از سربار اضافی (وزن تیغه ها چارچوب درب و پنجره، گچ و خاک، سقف کاذب و ... که به اصطلاح کارگاهی وزن ناشی از سفت کاری نامیده می شود) به سازه اعمال می گردد. (فرض $\beta = 0,2$)

$$\Delta_{pre,i} = \Delta_{Dead+0,2Sp}$$

https://t.me/hamrahenazer

$$\Delta_{pre,i} = \Delta_{Dead+0,5Sp}$$



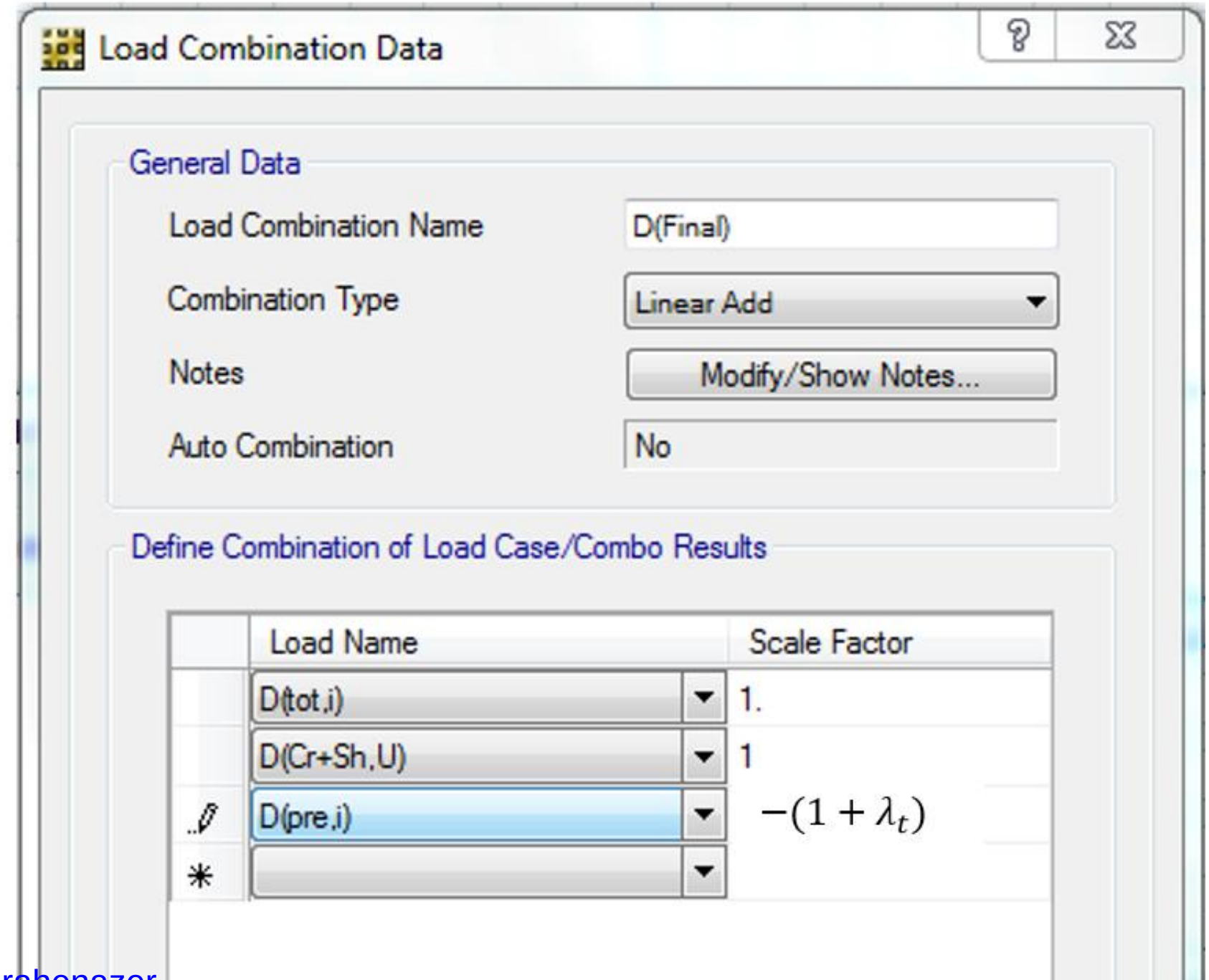
https://t.me/hamrahenazer

بنابراین تغییر شکلی که باید با $\frac{L}{240}$ و یا $\frac{L}{480}$ مقایسه گردد برابر است با:

$$\Delta_{Final} = \overbrace{\Delta_{tot,i} + \Delta_{Cr+sh,u}}^{\Delta_{Actual}} - \Delta_{Pre,i} - \Delta_{Pre,t}$$

$$\Delta_{Pre,t} = \lambda_t \times \Delta_{Pre,i}$$

https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer

اشکالات روش اول استفاده از پارامتر λ

تاثیر عوامل زیر در این روش در نظر گرفته نمی شود:

- چگونگی عمل آوری و نگهداری بتن
- درصد رطوبت محیط
- ابعاد المان ها
- زمان قالب برداری
- سرعت بارگذاری
- .....

https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش دوم ACI-209.2R

ACI 209.2R-08

Guide for Modeling and Calculating
Shrinkage and Creep
in Hardened Concrete

Reported by ACI Committee 209



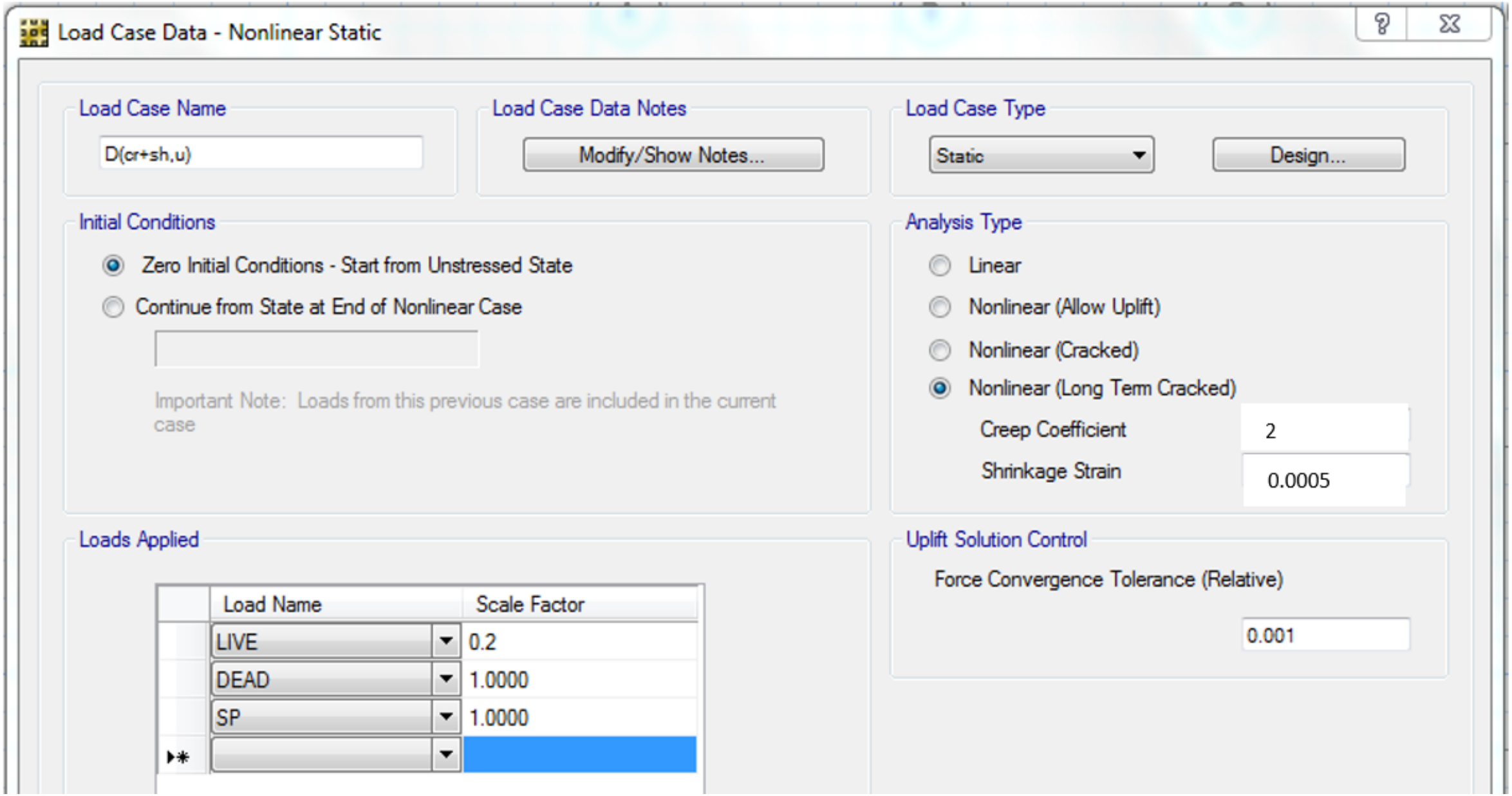
American Concrete Institute®

https://t.me/hamrahenazer

پارامتر های موثر:

- زمانی که بتن شروع به خشک شدن می کند که معمولا برابر زمانی است که از انتهای عمل اوری گذشته است (بر حسب روز)
- زمان شروع بارگذاری بتن (روز)
- روش عمل آوری
- رطوبت محیطی برحسب اعشار (از صفر تا یک)
- نسبت حجم به سطح یا ضخامت متوسط (میلی متر)
- اسلامپ بتن برحسب میلی متر
- در صد ریزدانه
- مقدار سیمان برحسب کیلوگرم بر متر مکعب
- مقدار هوای بتن بر حسب درصد
- نوع سیمان

https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer

جمع شدگی: کرنش جمع شدگی در سن بتن شروع شده از انتهای عمل آوری بوسیله معادله زیر محاسبه می شود

$$\varepsilon_{sh}(t,t_c) = \frac{(t-t_c)^{\alpha}}{f+(t-t_c)^{\alpha}} \times \varepsilon_{shu}$$

$$f = \begin{cases} 35 & \text{عمل آوری هفت روزه مرطوب} \\ 55 & \text{عمل آوری با بخار یک تا سه روز} \end{cases}$$

پیشنهاد می شود $a = 1$ و

$$\varepsilon_{shu} = 780\gamma_{sh} \times 10^{-6}\ \frac{mm}{mm}$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \times \gamma_{sh,RH} \times \gamma_{sh,Vs} \times \gamma_{sh,S} \times \gamma_{sh,\Psi} \times \gamma_{sh,c} \times \gamma_{sh,a}$$

t: سن بتن بر حسب روز

t_c: زمان پایان عمل آوری بتن

$t-t_c$: سن بتن از زمان پایان عمل اوری

ε_{shu}: کرنش نهایی جمع شدگی

https://t.me/hamrahenazer

شرایط استاندارد

شرایط استاندارد	پارامتر در نظر گرفته شده	عوامل تاثیرگذار		
نوع یک و سه	نوع سیمان	سیمان	مخلوط بتن	بتن (خزش و جمع شدگی)
۷۰ میلی متر	اسلامپ	نسبت آب به سیمان		
کمتر از شش درصد	درصد هوا	خصوصیات اختلاط		
۵۰درصد	درصد ریزدانه	خصوصیات سنگ دانه ها		
۲۷۹ تا ۴۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب	مقدار سیمان	مقدار تراکم		
هفت روز	عمل آوری مرطوب	مدت عمل آوری مرطوب	عمل آوری اولیه	
یک تا سه روز	عمل آوری با بخار			
$23,2 \pm 2^0C$	عمل آوری مرطوب	دمای عمل آوری		
$\leq 100^0C$	عمل آوری با بخار			
$\geq 95^0C$	رطوبت نسبی	رطوبت عمل آوری		

https://t.me/hamrahenazer

خصوصیات هندسی عضو و شرایط محیطی (خزش و بتن)	شرایط محیطی	دمای بتن	دمای بتن	$23,2 \pm 2^0C$
		مقدار آب بتن	رطوبت نسبی محیط	۴۰ درصد
	هندسه	شکل و اندازه	نسبت حجم به سطح	V/S=38mm
			یا	
			حداقل ضخامت	150mm
بارگذاری (فقط خزش)	تاریخچه بارگذاری	سن بتن در زمان اعمال بار	عمل آوری مرطوب	هفت روزه
			عمل آوری با بخار	یک تا سه روزه
		زمان بارگذاری	بارهای دائمی	بارهای دائمی
		زمان باربرداری	–	–
		تعداد چرخه های بارگذاری	–	–
	تنش	مقدار تنش و توزیع آن در مقطع	تنش فشاری	فشار بر اثر نیروی محوری
		نسبت تنش به کرنش	نسبت تنش به کرنش	کمتر از ۰/۵

https://t.me/hamrahenazer

برای شرایطی غیر از شرایط استاندارد مقدار متوسط کرنش نهایی جمع شدگی بتن بایستی اصلاح گردد که بایستی در هفت فاکتور ضرب شود که هر فاکتور برای شرایط خاصی تعریف شده است.

$$\varepsilon_{shu} = 780\gamma_{sh} \times 10^{-6}\ \frac{mm}{mm}$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \times \gamma_{sh,RH} \times \gamma_{sh,Vs} \times \gamma_{sh,S} \times \gamma_{sh,\Psi} \times \gamma_{sh,c} \times \gamma_{sh,a}$$

برای شرایط استاندارد

$$\gamma_{sh} = 1 \rightarrow \varepsilon_{shu} = 780 \times 10^{-6}\ \frac{mm}{mm}$$

https://t.me/hamrahenazer

1	$\gamma_{sh,tc} = 1.202 - 0.2337 \log(t_c)$	زمان عمل آوری
2	$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1.404 - 1.02h & for 0.4 \le h \le 0.8 \\ 3.00 - 3.0h & for\ 0.8 \le h \le 1 \end{cases}$	رطوبت هوا
3	$\gamma_{sh,Vs} = 1.2e^{\{-0.00472\left(\frac{V}{S}\right)\}}$	نسبت سطح به حجم
4	$\gamma_{sh,s} = 0.89 + 0.00161s$	اسلامپ
5	$\gamma_{sh,\Psi} = 0.90 + 0.002\Psi$ for $\Psi > 50\%$ $\gamma_{sh,\Psi} = 0.30 + 0.014\Psi$ for $\Psi \le 50\%$	اندازه دانه ها
6	$\gamma_{sh,C} = 0.75 + 0.00061C$	عیار سیمان
7	$\gamma_{sh,a} = 0.95 + 0.008a \ge 1$	درصد هوا

https://t.me/hamrahenazer

ضریب خزش: مدل و رابطه ارائه شده دارای دو بخش است یک بخش مقدار نهایی خزش و یک بخش مربوط یا وابسته به زمان. مقدار بدست آمده از رابطه زیر مقدار کرنش خزش نمی باشد بلکه برابر نسبت کرنش خزش به کرنش الاستیک است.

$$\Phi(t,t_0)=\frac{(t-t_0)^{\Psi}}{d+(t-t_0)^{\Psi}}\Phi_u$$

آیین نامه برای d مقدار ۱۰ و برای Ψ مقدار ۰/۶ را پیشنهاد می کند

$\Phi(t,t_0)$ ضریب خزش در سن بارگذاری t به روز براساس بار وارده در زمان t_0 می باشد و Ψ برای یک عضو مشخص ثابت است که در بخش وابسته به زمان معادله است مقدار t-t_0 زمان گذشته شده بر حسب روز از شروع بارگذاری است و Φ_u مقدار خزش نهایی است. برای شرایط استاندارد در صورت عدم وجود اطلاعات خزش برای سنگ دانه ها و شرایط حاضر مقدار ضریب نهایی خزش برابر است با:

$$\Phi_u = 2.35\gamma_C$$

$$\gamma_C = \gamma_{C,t0} \times \gamma_{C,RH} \times \gamma_{C,Vs} \times \gamma_{C,S} \times \gamma_{C,\Psi} \times \gamma_{C,a}$$

https://t.me/hamrahenazer

$$\Phi_u = 2.35\gamma_C$$

$$\gamma_C = \gamma_{C,t0} \times \gamma_{C,RH} \times \gamma_{C,VS} \times \gamma_{C,S} \times \gamma_{C,\Psi} \times \gamma_{C,a}$$

$$\Phi(t, t_0) = \frac{(t - t_0)^{\Psi}}{d + (t - t_0)^{\Psi}} \Phi_u$$

https://t.me/hamrahenazer

1	$\gamma_{C,t0} = 1.25 t_0^{-0.118}$	زمان قالب برداری
2	$\gamma_{C,RH} = 1.27 - 0.67h \quad for\ h \geq 0.40$	رطوبت هوا
3	$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}(1 + 1.13e^{\left\{-0.0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}})$	نسبت سطح به حجم
4	$\gamma_{C,S} = 0.82 + 0.00264S$	اسلامپ
5	$\gamma_{C,\Psi} = 0.88 + 0.0024\Psi$	اندازه دانه ها
6	$\gamma_{C,a} = 0.46 + 0.09a \geq 1$	درصد هوا

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۱- ضریب اصلاحی تعداد روز عمل آوری با رطوبت

$$\gamma_{sh,tc} = 1{,}202 - 0{,}2337 \log(t_c)$$

هر چه زمان عمل آوری بیشتر باشد ضریب اصلاحی آن کوچکتر و در نتیجه تغییر شکل دراز مدت کمتر می گردد.

$$t_c = 3day \Rightarrow \gamma_{sh,tc} = 1{,}09$$
$$t_c = 7day \Rightarrow \gamma_{sh,tc} = 1{,}00$$
$$t_c = 14day \Rightarrow \gamma_{sh,tc} = 0{,}93$$

به زبان ساده هر چه مقدار آب دادن به بتن بعد از بتن ریزی بیشتر باشد (بیشتر از ۷ روز) تغییر شکل دراز مدت کمتر می شود.

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۲-ضریب اصلاحی سن بتن قبل از شروع بارگذاری (مدت زمانی که زیر اسکلت بتنی شمع و قالب وجود دارد)

$$\gamma_{C,t0} = 1{,}25t_0^{-0{,}118}$$

هرچه شمع زیر اسکلت را دیرتر باز کنیم یعنی با افزایش t_0 ضریب اصلاحی کوچکتر می شود و در نتیجه تغییر شکل دراز مدت کاهش می یابد.

$$t_0 = 15day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0{,}91$$
$$t_0 = 30day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0{,}84$$
$$t_0 = 90day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0{,}73$$
$$t_0 = 180day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0{,}68$$

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۳- ضریب اصلاحی درصد رطوبت محیط

$$\gamma_{C,RH} = 1{,}27 - 0{,}67h \quad for\ h \geq 0{,}40$$

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1{,}404 - 1{,}02h & for 0{,}4 \leq h \leq 0{,}8 \\ 3{,}00 - 3{,}0h & for\ 0{,}8 \leq h \leq 1 \end{cases}$$

هر چه رطوبت محیط بیشتر باشد ضریب اصلاحی کوچکتر شده بنابراین تغییر شکل دراز مدت محاسبه شده کاهش می یابد

$$RH = 40\% => \gamma_{C,RH} = 1, \gamma_{sh,RH} = 1$$

$$RH = 60\% => \gamma_{C,RH} = 0{,}87, \gamma_{sh,RH} = 0{,}79$$

$$RH = 80\% => \gamma_{C,RH} = 0{,}73, \gamma_{sh,RH} = 0{,}6$$

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۴- ضریب اصلاحی اندازه (V/S)

هر چه نسبت حجم به سطح بیشتر باشد ضریب اصلاحی کوچکتر و در نتیجه تغییر شکل دراز مدت کاهش می یابد

$$\gamma_{sh,Vs} = 1{,}2e^{\{-0{,}00472\left(\frac{V}{S}\right)\}}$$

$$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}\left(1 + 1{,}13e^{\left\{-0{,}0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}}\right)$$

$$V/S = 75 => \gamma_{C,vs} = 0{,}82, \gamma_{sh\square Vs} = 0{,}84$$

$$V/S = 150 => \gamma_{C,vs} = 0{,}70, \gamma_{sh\square Vs} = 0{,}59$$

$$V/S = 300 => \gamma_{C,vs} = 0{,}67, \gamma_{sh\square Vs} = 0{,}29$$

یعنی تغییر شکل دراز مدت دال به ضخامت ۳۰ سانتی متر کمتر از تغییر شکل دراز مدت دال ۱۵ سانتی متری می باشد.

(برای بار مرده و زنده برابر)

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۵- ضریب اصلاحی اسلامپ

هر چه قدر عدد اسلامپ کوچکتر باشد (بتن سفت تر باشد یا نسبت آب به سیمان کمتر باشد) ضریب اصلاحی اسلامپ کوچکتر شده بنابراین تغییر شکل دراز مدت کمتر می گردد.

$$\gamma_{c,s} = 0{,}82 + 0{,}00264S$$

$$\gamma_{sh,s} = 0{,}89 + 0{,}00161S$$

$$S = 75 \Rightarrow \gamma_{c,s} = 1, \gamma_{sh,s} = 1$$

$$S = 100 \Rightarrow \gamma_{c,s} = 1{,}08, \gamma_{sh,s} = 1{,}05$$

$$S = 150 \Rightarrow \gamma_{c,s} = 1{,}13, \gamma_{sh,s} = 1{,}22$$

یعنی تغییر شکل دراز مدت بتن شل بیشتر از تغییر شکل دراز مدت بتن سفت می باشد.

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۶- ضریب اصلاحی ریز دانه

هر چه مقدار مصالح ریز دانه بیشتر باشد ضریب اصلاحی بزرگتر بنابراین تغییر شکل دراز مدت افزایش می یابد

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0{,}30 + 0{,}014\Psi' \qquad for\ \Psi' \leq 50\%$$

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0{,}90 + 0{,}002\Psi' \qquad for\ \Psi' > 50\%$$

$$\gamma_{C\Psi} = 0{,}88 + 0{,}0024\Psi'$$

$$\Psi' = 40\% \Rightarrow \gamma_{sh,\Psi} = 0{,}86, \gamma_{C,\Psi} = 0{,}98$$

$$\Psi' = 50\% \Rightarrow \gamma_{sh,\Psi} = 1, \gamma_{C,\Psi} = 1$$

$$\Psi' = 60\% \Rightarrow \gamma_{sh,\Psi} = 1{,}02, \gamma_{C,\Psi} = 1{,}02$$

هر چه قدر مصالح درشت دانه در بتن بیشتر باشد تغییر شکل دراز مدت آن کاهش می یابد.

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۷- ضریب اصلاحی سیمان

هر چه عیار سیمان بیشتر شود ضریب اصلاحی بزرگتر می شود بنابراین تغییر شکل دراز مدت افزایش می یابد

$$\gamma_{sh\square C} = 0{,}75 + 0{,}00061C$$

$$C = 300\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0{,}93$$

$$C = 350\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0{,}96$$

$$C = 400\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0{,}99$$

https://t.me/hamrahenazer

نتیجه گیری

۸- ضریب اصلاح درصد هوای داخل بتن

هر چه هوای داخل بتن بیشتر باشد ضریب اصلاح افزایش یافته بنابراین تغییر شکل دراز مدت افزایش می یابد

$$\gamma_{sh,a} = 0{,}95 + 0{,}008a \geq 1$$

$$\gamma_{C,a} = 0{,}46 + 0{,}09a \geq 1$$

$$a = 4\% => \gamma_{sh,a} = 0{,}82, \gamma_{C,a} = 0{,}98$$

$$a = 6\% => \gamma_{sh,a} = 1, \gamma_{C,a} = 1$$

$$a = 8\% => \gamma_{sh,a} = 1{,}02, \gamma_{C,a} = 1{,}18$$

https://t.me/hamrahenazer

زمان قالب برداری $\gamma_{C,t0} = 0.91$	$\gamma_{C,t0} = 1.25 t_0^{-0.118}$
رطوبت هوا $\gamma_{C,RH} = 1$	$\gamma_{C,RH} = 1.27 - 0.67h \quad for\ h \geq 0.40$
نسبت حجم به سطح $\gamma_{C,vs} = 0.82$	$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}(1 + 1.13e^{\left\{-0.0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}})$
اسلامپ $\gamma_{C,S} = 1.08$	$\gamma_{C,S} = 0.82 + 0.00264S$
اندازه دانه ها $\gamma_{C,\Psi} = 1$	$\gamma_{C,\Psi} = 0.88 + 0.0024\Psi$
مقدار هوا $\gamma_{C,a} = 1$	$\gamma_{C,a} = 0.46 + 0.09a \geq 1$

$\gamma_C = \gamma_{C,t0} \times \gamma_{C,RH} \times \gamma_{C,Vs} \times \gamma_{C,S} \times \gamma_{C,\Psi} \times \gamma_{C,a} = 0.805896$

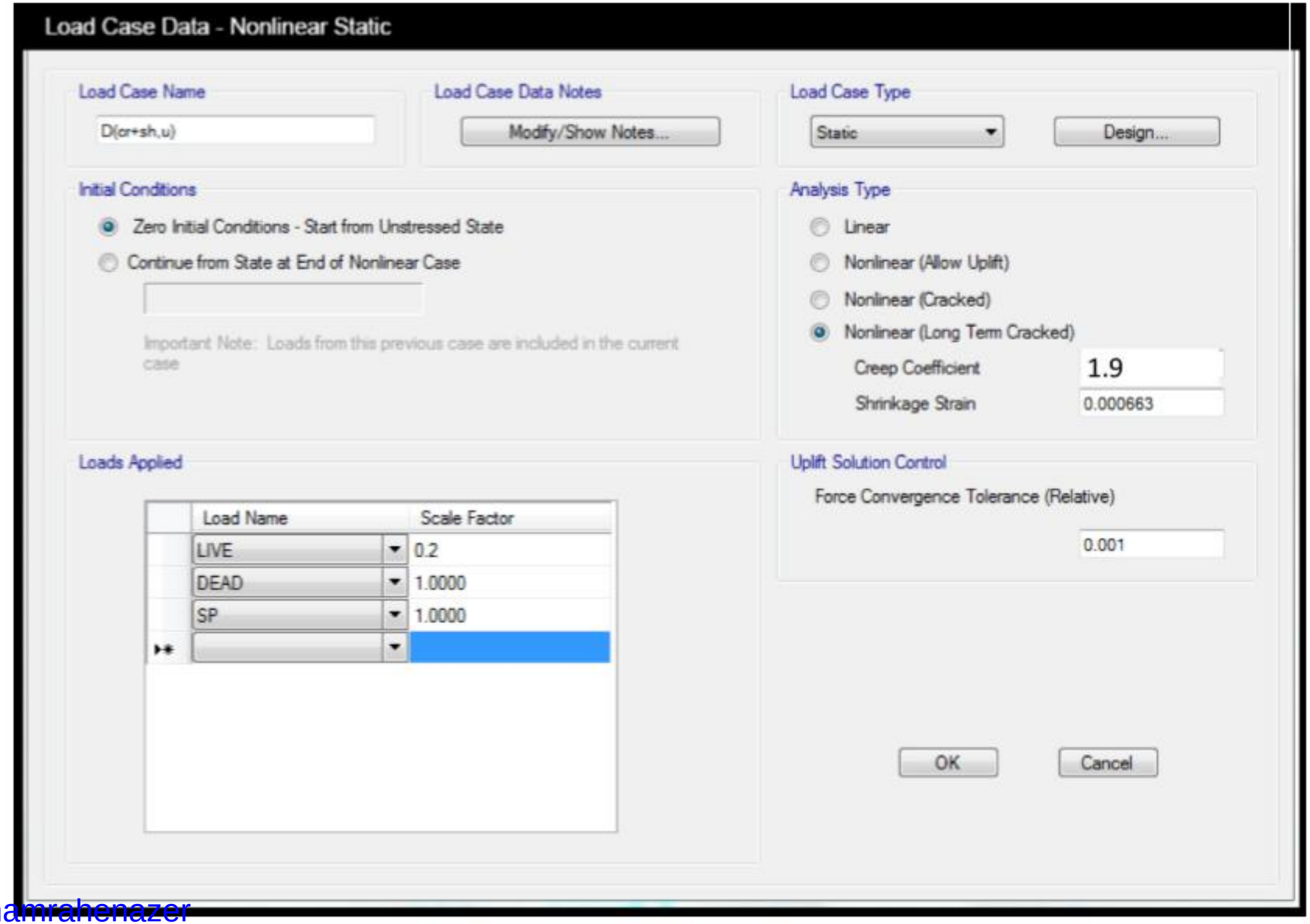
ضریب اصلاح:

$$\gamma_C = \gamma_{C,t0} \times \gamma_{C,RH} \times \gamma_{C,Vs} \times \gamma_{C,S} \times \gamma_{C,\Psi} \times \gamma_{C,a} = 0.91 \times 1 \times 0.82 \times 1.08 \times 1 \times 1 = 0.81$$

ضریبی که برای محاسبه تغییر شکل دراز مدت نهایی (زمان بی‌نهایت) به نرم‌افزار باید معرفی نمود:

$$\Phi_u = 2.35\gamma_C = 2.35 \times 0.81 = 1.9$$

https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer

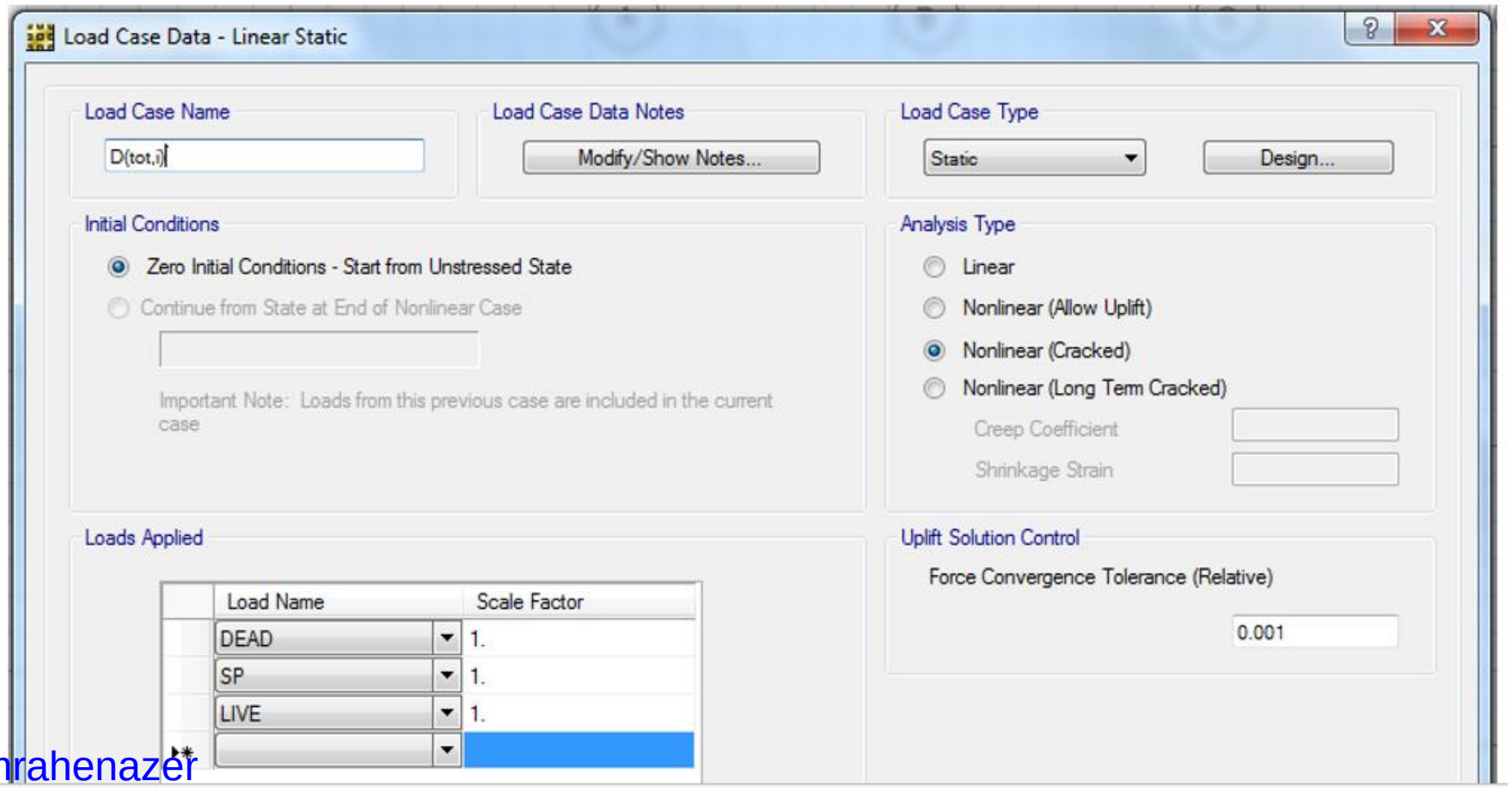
$$\Delta_{cr+sh,u} = SAFE\ (ACI209)\text{sus}\text{تغییر شکل دراز مدت} - \Delta_{sus,i}$$

https://t.me/hamrahenazer

روش های محاسبه تغییر شکل دراز مدت
روش دوم ACI-209.2R

۱-محاسبه تغییر شکل آنی برای کل بار

$$\Delta_{tot,i} = \Delta_{Dead+sp+Live}$$

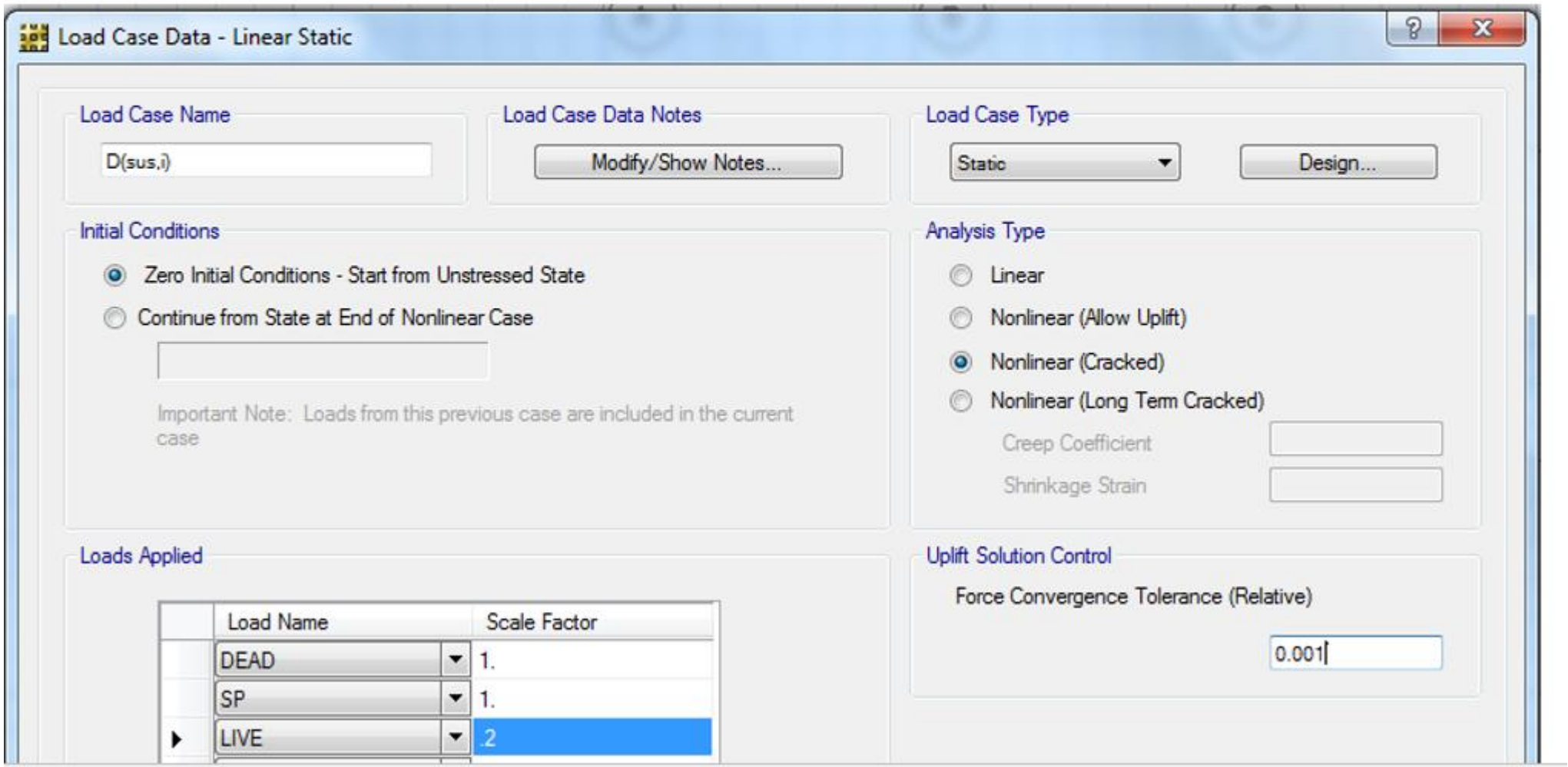


https://t.me/hamrahenazer

۲-محاسبه تغییر شکل آنی برای بارهای دائمی

$$\Delta_{Sus,i} = \Delta_{Dead+Sp+\alpha\%Live}$$

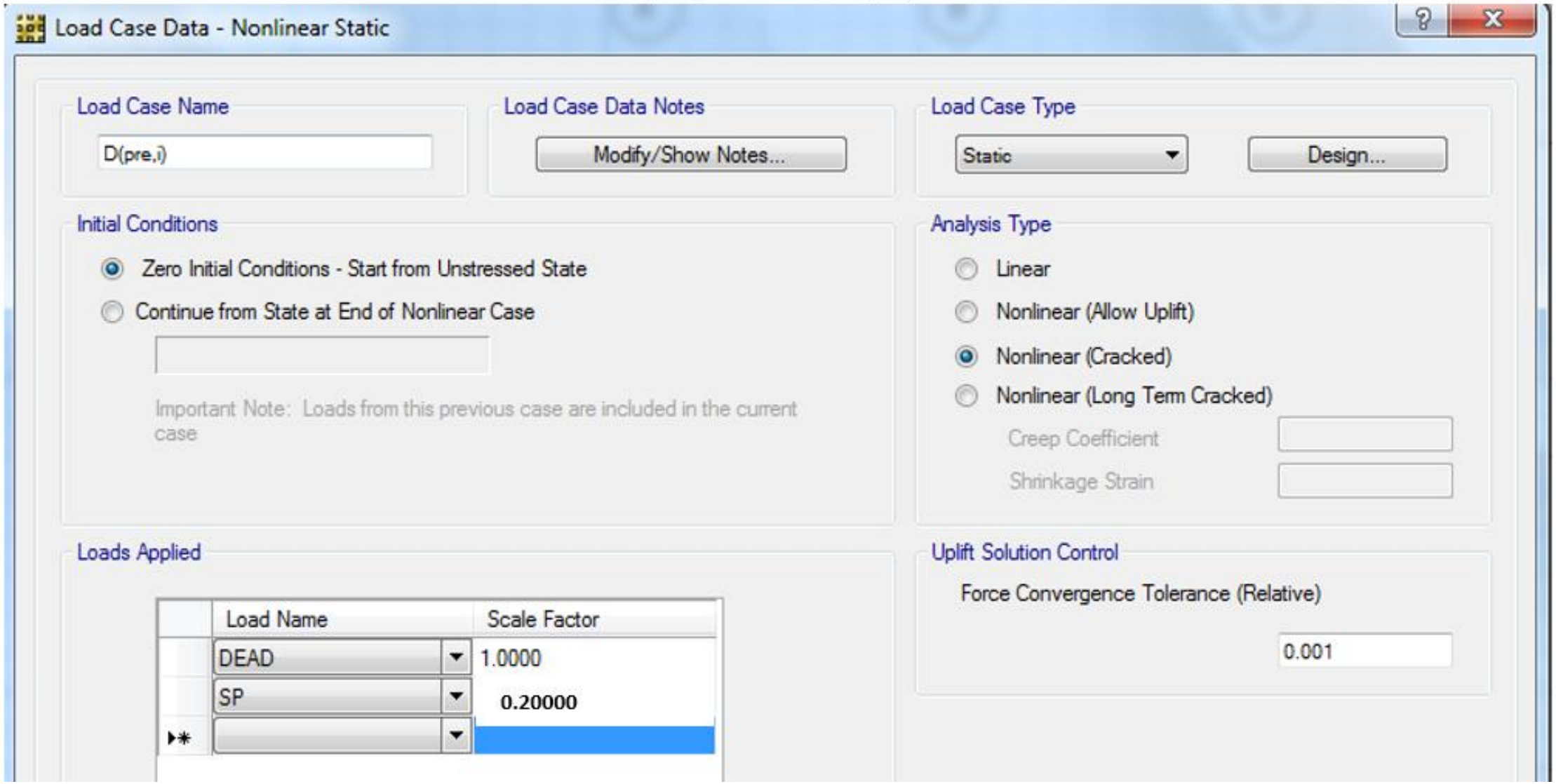
α: درصد بار زنده دائمی (۲۰ درصد عدد مناسبی است)



https://t.me/hamrahenazer

۳- محاسبه تغییر شکل آنی قبل از اتصال اجزای غیر سازه ای

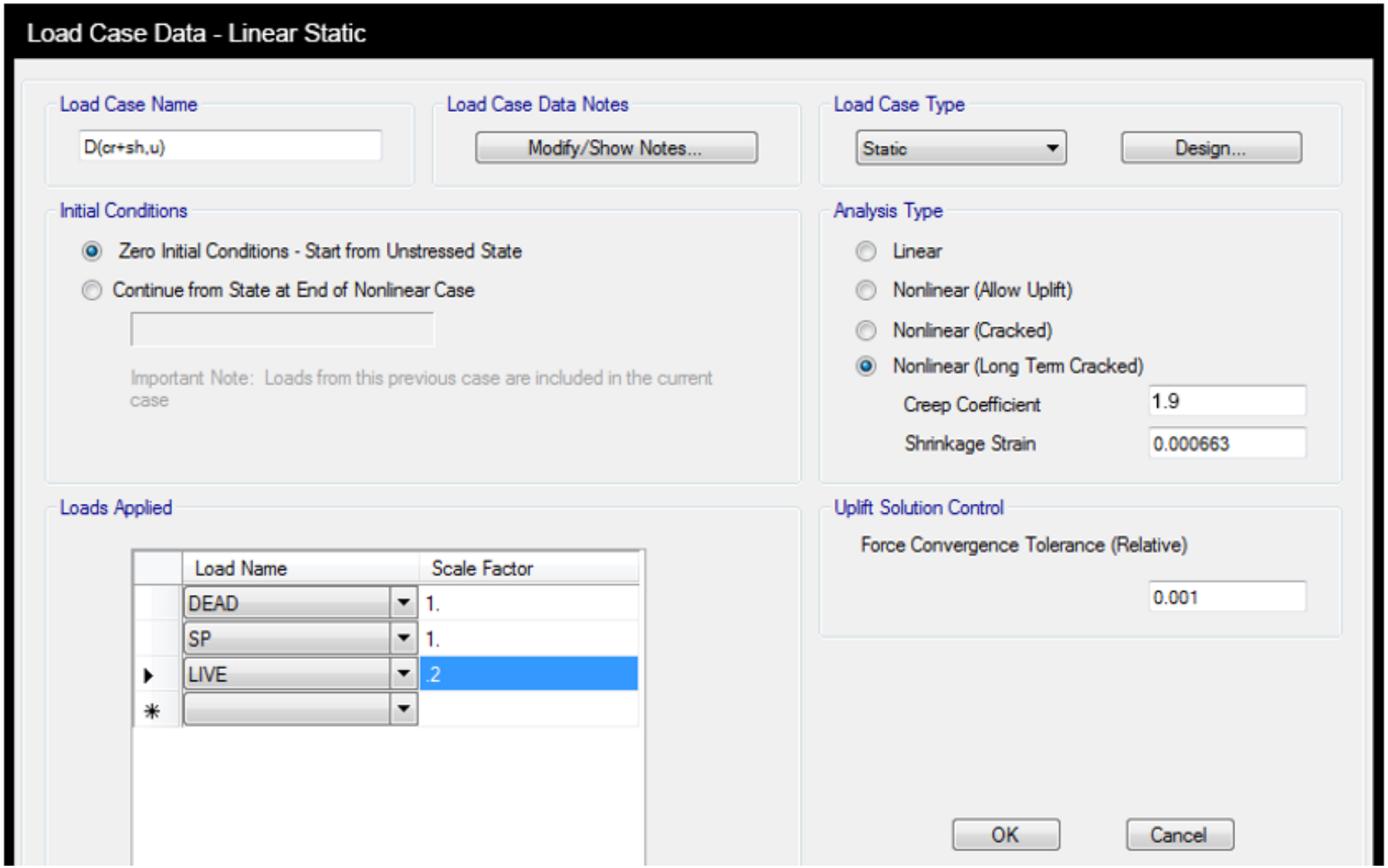
$$\Delta_{pre,i} = \Delta_{Dead+0,2Sp}$$



https://t.me/hamrahenazer

۴- محاسبه تغییر شکل دراز مدت بار دائمی

$\Delta_{Cr+sh,u}$



https://t.me/hamrahenazer

۵- محاسبه تغییر شکل دراز مدت قبل از اتصال اجزای غیر سازه ای: می توان فرض نمود که عملیات اتصال اجزای غیر سازه ای ۱۰۵ روز بعد از بتن ریزی انجام می گیرد

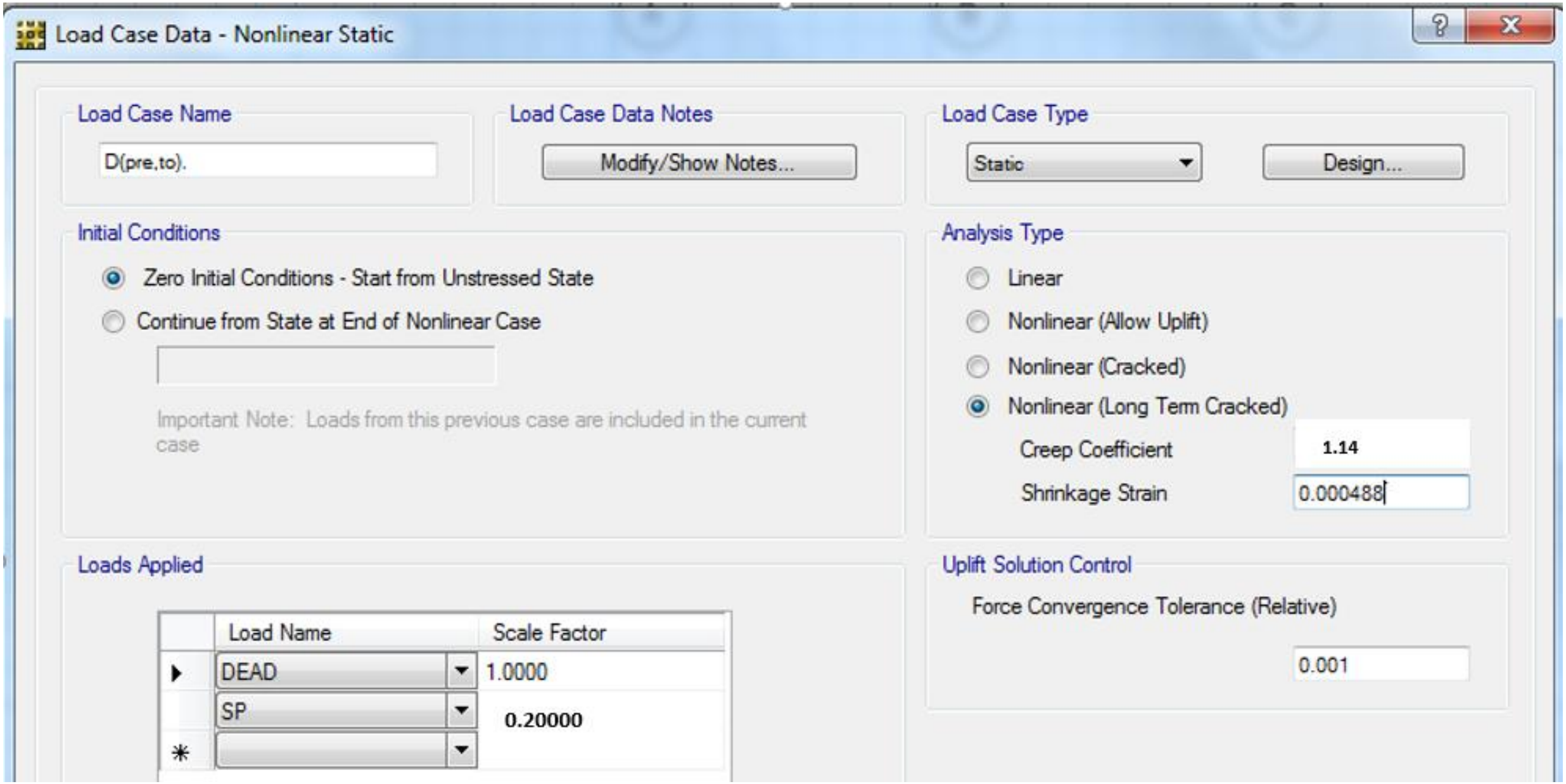
$$t_c = 7\ day$$

$$\varepsilon_{sh}(105,7) = \frac{105-7}{35+98} \times 0{,}000663 = 0{,}000488$$

$$t_0 = 15\ day$$

$$\Phi(105,15) = \frac{(105-15)^{0,6}}{10+(105-15)^{0,6}} \times 1{,}9 = 1{,}14$$

https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer

محاسبه تغییر شکل دراز مدت در روش جدید جمع تغییر شکل دراز مدت و تغییر شکل آنی می‌باشد بنابراین باید از تغییر شکل محاسبه شده توسط برنامه تغییر شکل آنی همان ترکیب بار کسر شود یعنی:

۱- تغییر شکل دراز مدت نهایی واقعی ناشی از بار دائمی برابر است با

تغییر شکل محاسبه شده توسط نرم‌افزار $= \Delta_{(cr+sh,u)} + \Delta_{sus,i}$ (تغییر شکل دراز مدت واقعی ناشی از بار دائمی)

۲- تغییر شکل درازمدت در زمان ۱۰۵ روز ناشی از بار دائمی قبل از اتصال اجزای غیر سازه‌ای

تغییر شکل محاسبه شده توسط نرم‌افزار $= \Delta_{(pre,t)} + \Delta_{pre,i}$ (تغییر شکل دراز مدت واقعی)

https://t.me/hamrahenazer

تغییر شکلی که در نرم افزار باید با $\frac{L}{240}$ و یا $\frac{L}{480}$ مقایسه گردد Δ_{Final} می باشد که برابر تغییر شکل آنی کل بارها و تغییر شکل دراز مدت کل بارهای دائمی است که طبق مطالب گفته شده می توان از آن تغییر شکل آنی و دراز مدت بارمرده و درصد بار مرده اضافی تا زمان t_0 را کسر نمود

تغییر شکل دراز مدت بارمرده و درصد بار مرده اضافی تا زمان t_0 - تغییر شکل آنی بارمرده و درصد بار مرده اضافی - تغییر شکل دراز مدت کل بارهای دائمی + تغییر شکل آنی کل بارها

$$\Delta_{Final} = \Delta_{tot,i} + \Delta_{cr+sh,u} - \Delta_{pre,i} - \Delta_{pre,t}$$

https://t.me/hamrahenazer

برای تعریف عبارت بالا در نرم‌افزار باید بدانیم که در تغییر شکل‌های دراز مدت نرم‌افزار تغییر شکل آنی نهفته است بنابراین به جای $\Delta_{(pre,t)}$ عبارت زیر قرار داده می‌شود:

$$\Delta_{(pre,t)} = \Delta'_{(pre,t)} - \Delta_{pre,i}$$

$\Delta'_{(pre,t)} = t$ تغییر شکل دراز مدت قبل از اتصال اجزای غیر سازه‌ای محاسبه شده توسط نرم‌افزار در زمان

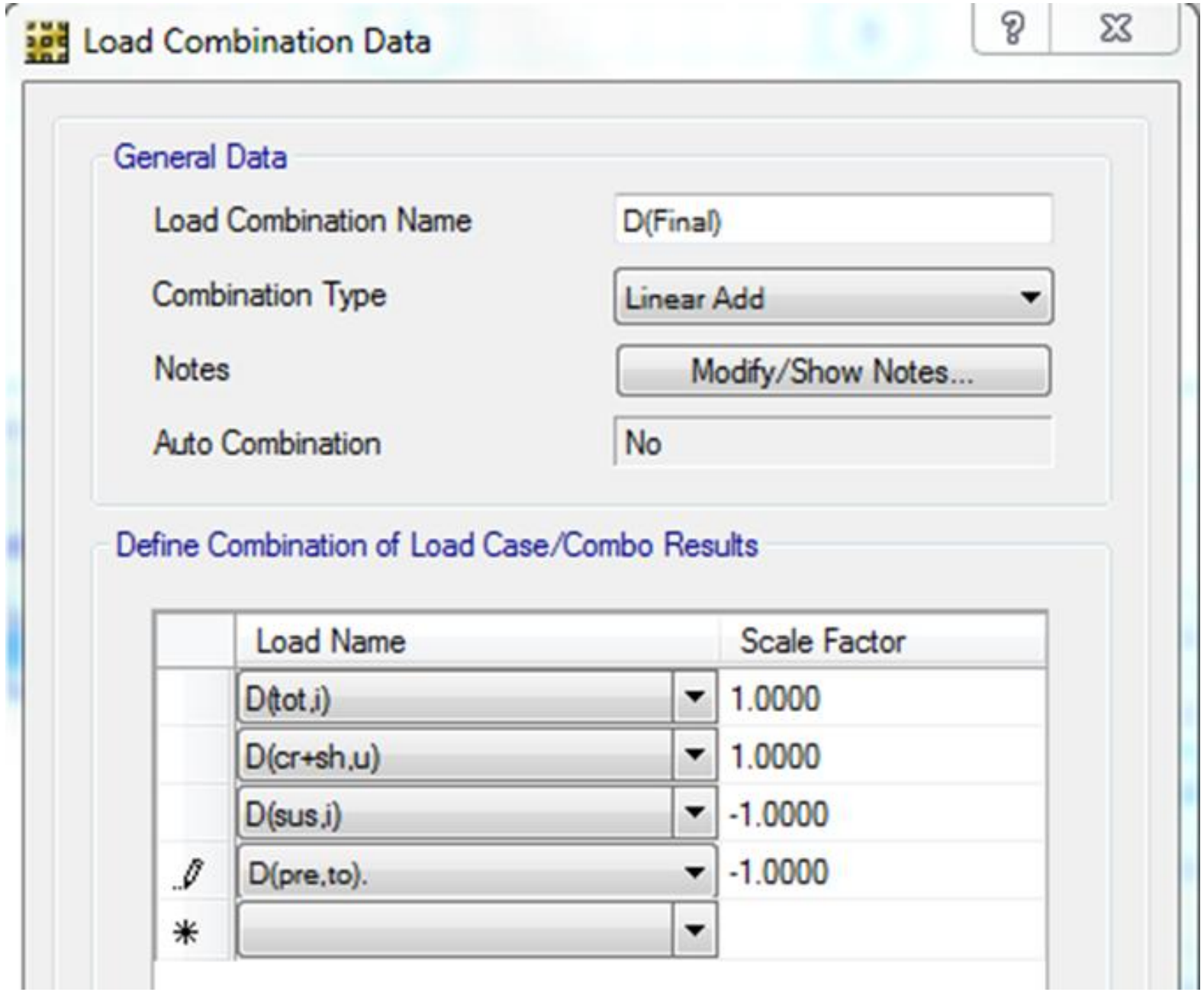
و به جای $\Delta_{(cr+sh,u)}$:

$$\Delta_{(cr+sh,u)} = \Delta'_{(cr+sh,u)} - \Delta_{sus,i}$$

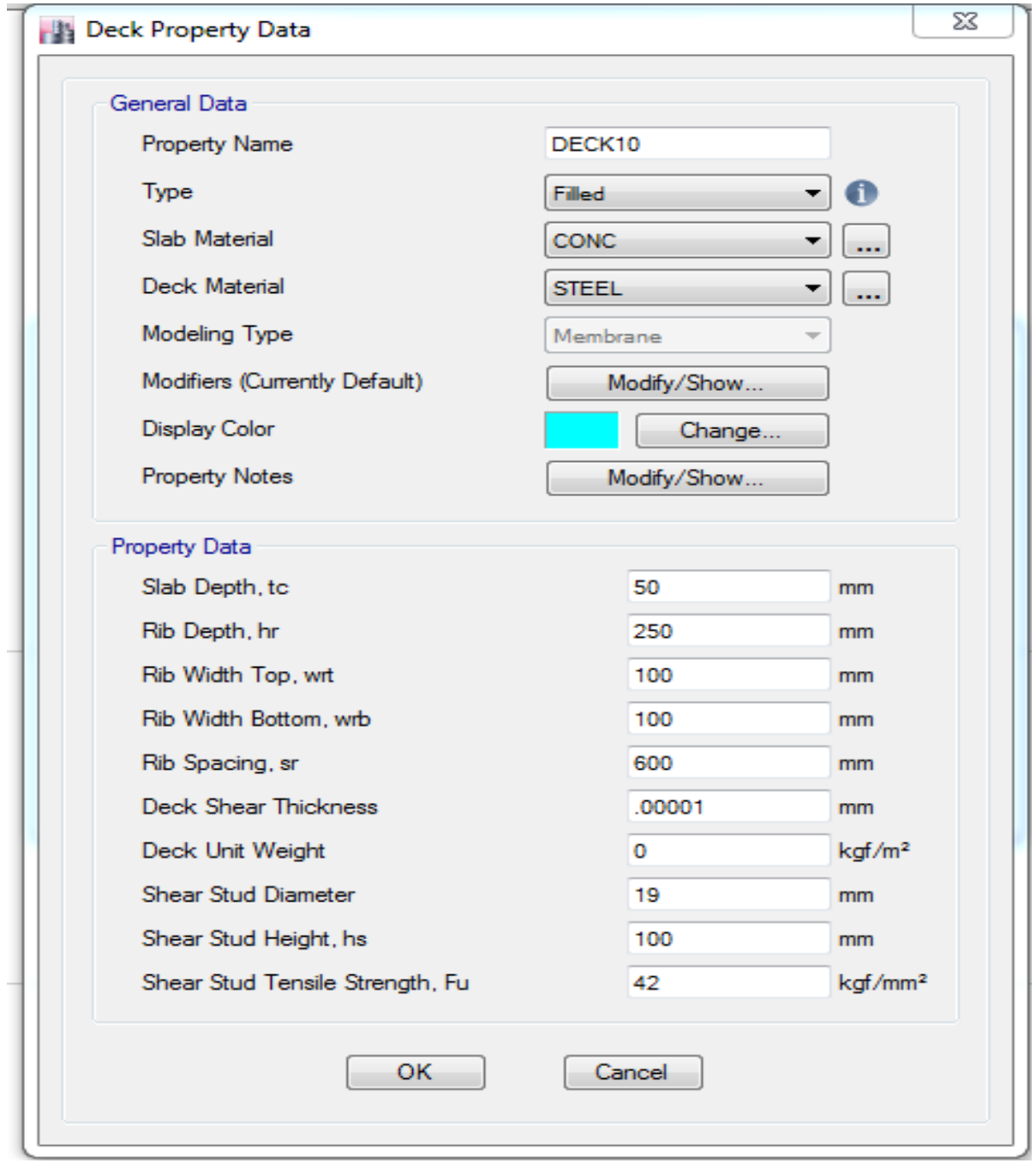
$\Delta'_{(cr+sh,u)} =$ تغییر شکل دراز مدت بارهای دائمی محاسبه شده توسط نرم‌افزار

$$\begin{aligned}\Delta_{Final} &= \Delta_{tot,i} + \Delta_{cr+sh,u} - \Delta_{pre,i} - \Delta_{pre,t} \\ &= \Delta_{tot,i} + \Delta'_{(cr+sh,u)} - \Delta_{sus,i} - \Delta_{pre,i} - \Delta'_{(pre,t)} + \Delta_{pre,i} \\ &= \Delta_{tot,i} + \Delta'_{(cr+sh,u)} - \Delta_{sus,i} - \Delta'_{(pre,t)}\end{aligned}$$

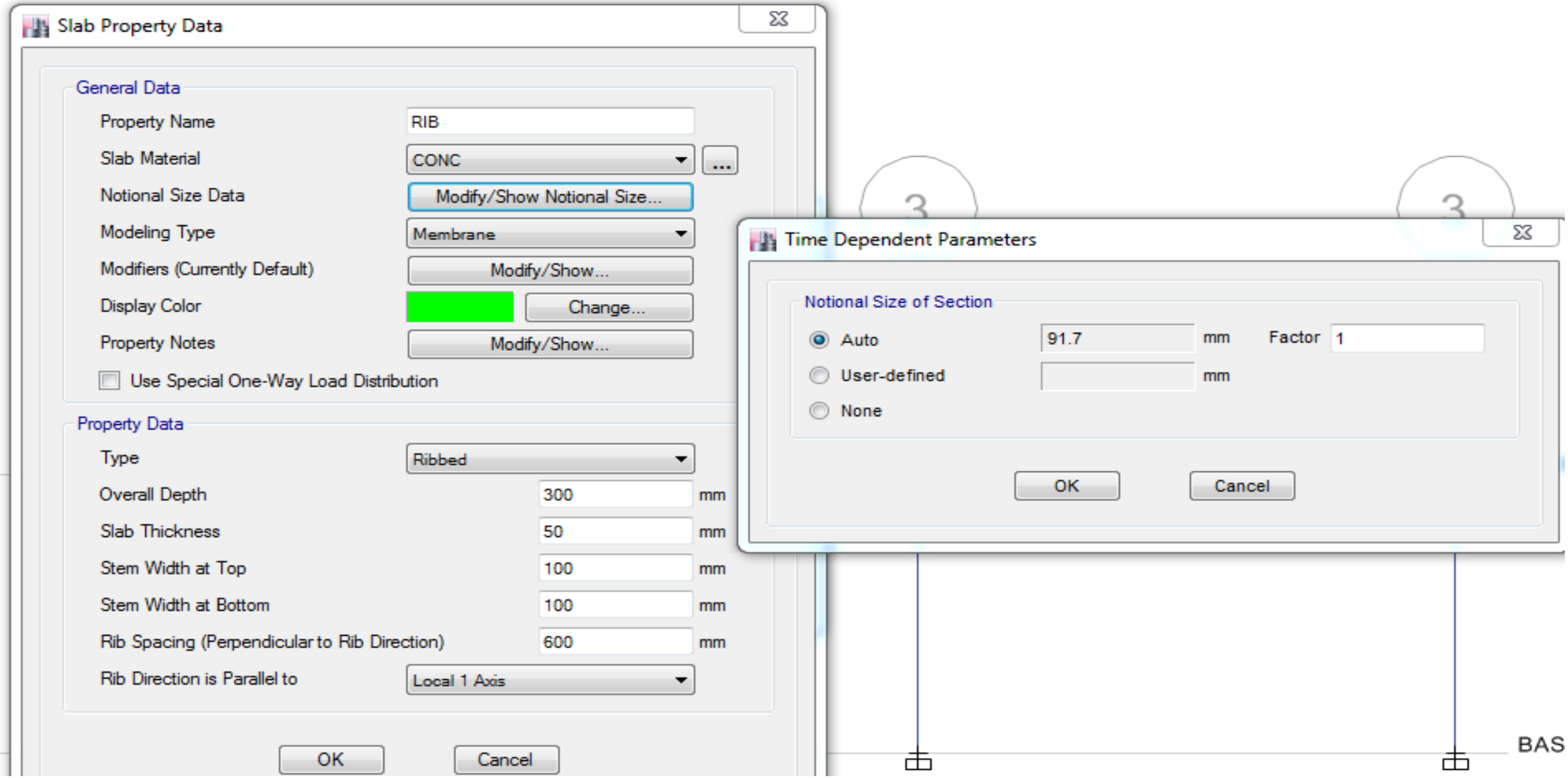
https://t.me/hamrahenazer



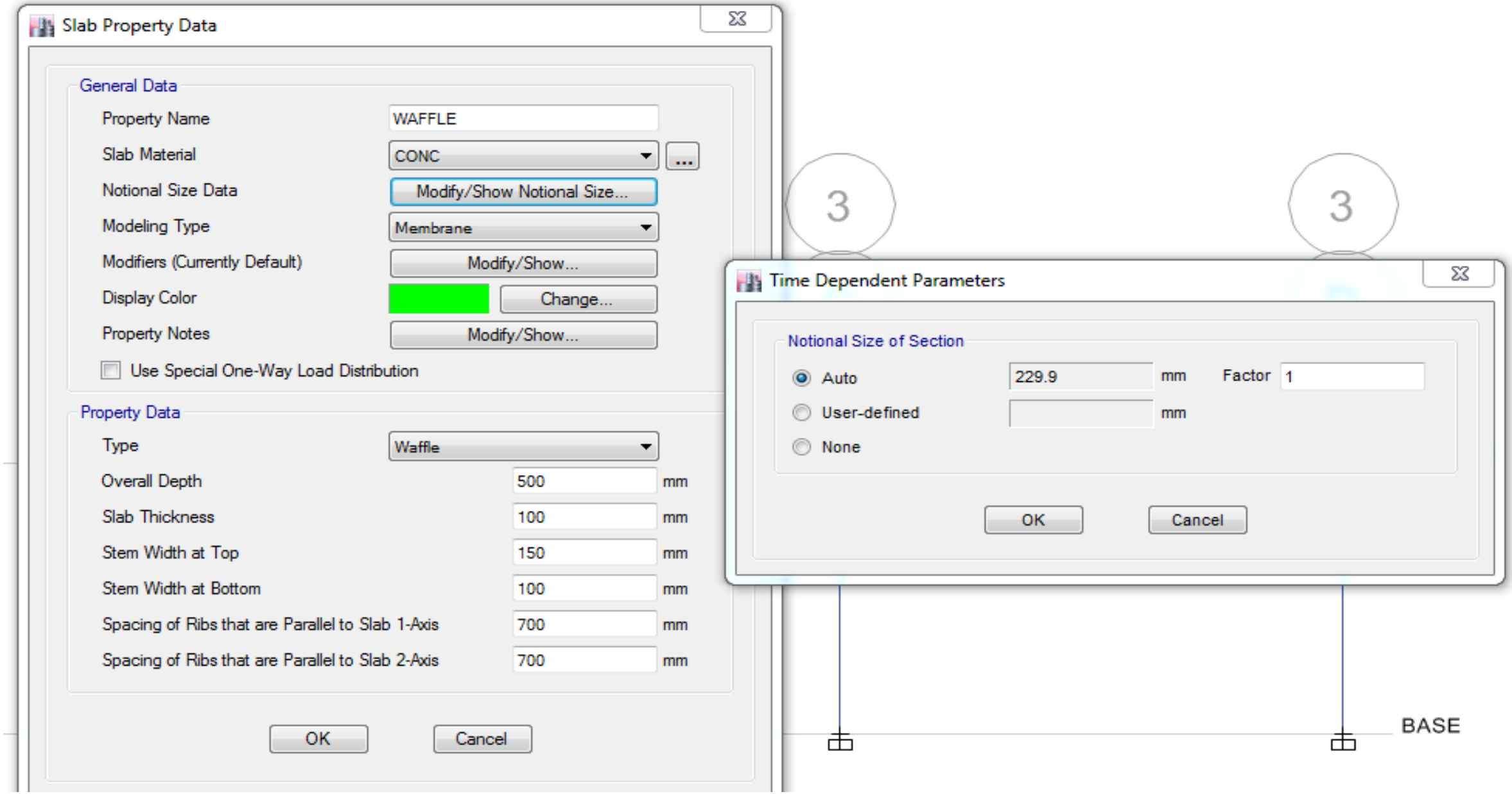
https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer



https://t.me/hamrahenazer

با تشکر

https://t.me/hamrahenazer