کنترل تغییر شکل دال بتنی با استفاده از نرم افزار SAFE14

صمد آقازاده[۱]،پویا آقازاده[۲]
۱- فارغ التحصیل کارشناسی از دانشگاه صنعتی امیر کبیر Samad_aghazade@yahoo.com
۲-فارغ التحصیل کارشناسی ارشد از دانشگاه صنعتی شریف Pooya_Aghazadeh@yahoo.com

طراحی دال بتنی در سازه های بتن مسلح چه با تیر و چه بدون تیر از مباحث پیچیده و پر کاربرد می باشد که برای آن روش های تقریبی مانند قاب معادل،روش ضرایب جدولی،تحلیل مستقیم و... یا روش دقیق المان محدود Finite Element و یا لولاهای گسیختگی و . . . به کار می رود. خوشبختانه در ایران اکثر مهندسان محاسب با برنامه SAFE به تحلیل و طراحی دال می پردازند که این برنامه از خانواده ETABS و SAP می باشد که دارای قابلیت های فراوانی است اما مثل اکثر نرم افزار ها باید از قابلیت ها و مزایای آن و همچنین از معایب و ناتواناییهای آن آگاه بود تا آن را درست به کار ببریم.

نرم افزار SAFE8 با توجه به قدمت طولانی و سادگی مدل سازی هنوز دارای مقبولیت فراوان نزد مهندسان محاسب قرار دارد با توجه به اینکه SAFE12 و SAFE14 مدت زمانی است که وارد بازار کار شده است اما کمتر از آن استفاده می گردد. در این نوشتار سعی شده است مبانی محاسباتی دال ها گفته شده و روش های محاسباتی SAFE12 یا SAFE14 توضیح داده شود و در نهایت همکاران عزیز به این موضوع پی خواهند برد که SAFE8 برای طراحی دال ها نرم افزار مناسبی نمی باشد و نمی تواند به درستی تغییر شکل ها بخصوص خیز دراز مدت دال را محاسبه کند همانطور که می دانید درآنالیز و طراحی دال ها اولویت باخیز و یا تغییر شکل می باشد و بعد از آن محاسبه مقدار میلگرد . بدین ترتیب ضخامت دال نه برای کاهش مقدار آرماتور که برای کنترل خیز و یا لرزش انتخاب می گردد و آنالیز و محاسبه تغییر شکل (آنی و دراز مدت) با روش قدیم (آیین نامه ای) ویا روش جدید که در نرم افزار SAFE12 به بعد براساس ACI-209-92 می باشد انجام می گیرد .در این روش نکات مهم و ویژه ای وجود دارد که بدون آگاهی از آن ها نمی توان خیز واقعی را بدست آورد همچنین در روش جدید انتخاب ضریب Cu(ضریب خزش) و Sh (کرنش افت) بسیار مهم بوده که متاسفانه در مورد چگونگی محاسبه آن در هیچ کتابی به درستی توضیح داده نشده و مهندس محاسب با default برنامه یعنی Cu=2 و Sh=0.005 به محاسبه پرداخته

Etabs-SAP.ir

و از آن خیز نهایی را نتیجه می گیرد در این مقاله سعی شده است که اولا مبانی محاسباتی خیز آنی و خیز دراز مدت براساس روش قدیم و روش جدید به خصوص محاسبه درست ضرایب خزش و افت و انقباض توضیح داده شود تا در نهایت محاسبه خیز به درستی انجام شده تا مبنای مقایسه با محدودیت های آیین نامه ای قرار گیرد. به همین دلیل آیین نامه ACI209-92 به طور خلاصه ترجمه شده است تا ضرایب اصلاحی که باید برای بدست آوردن ضریب Cu و Sh به کار برده می شوند بدست آید و مشاهده خواهیم نمود که عوامل بسیار زیادی در محاسبه خیز آنی و دراز مدت تاثیر خواهند داشت که مهندس محاسب باید براساس یک سناریوی از پیش تهیه شده (که حتماً باید هنگام اجرا مراعات شود) اطلاعاتی درست به SAFE بدهد و از آن انتظار خیز درست داشته باشد.

پارامترهای مورد استفاده:

Dead= بار مرده (وزن اسکلت Self Weight)

Sp= سربار اضافی مرده (SuperDead)

Live= بار زنده

α= درصد بار زنده دائمی

β= درصدی از سربار اضافی مرده که قبل از نازک کاری (اتمام سفت کاری) به سازه وارد می شود

$\Delta_{tot,i}$= 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 در مدت زمان t_0 ناشی از بارهای مرده و درصد سربار مرده اضافی

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

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

t_c= زمان عمل آوری بتن

ξ= ضریب وابسته به زمان برای بار دائمی

ρ'= درصد آرماتور فشاری در وسط دهانه

λ_∞= ضریب تغییر شکل دراز مدت نهایی

λ_{t0}= ضریب تغییر شکل دراز مدت در زمان t_0

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

$\Delta_{Cr+sh,to}$: تغییر شکل دراز مدت در مدت زمان $t-t_c$ برای افت و $t-t_0$ برای خزش ناشی از بارهای مرده و درصد سربار مرده اضافی

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

۱-تغییر شکل آنی:

Etabs-SAP.ir

کنترل تغییر شکل در دال به دو روش انجام می گیرد روش اول براساس محدود کردن حداقل ضخامت دال بر مبنای روابط تجربی پیشنهادی که توسط آیین نامه های مختلف مثل ACI ارائه می گردد. که در این روش آیین نامه ها مقرر می دارند که ضخامت دال باید از یک حداقلی کمتر نباشد. که موضوع بحث ما نیست.

روش دوم روش تحلیلی برای محاسبه تغییر شکل دال در اثر بار بهره برداری می باشد که در نرم افزارهایی مثل SAFE وجود دارد در این نوع نرم افزار ها تغییر شکل دال در یک نقطه به دو صورت ترک نخورده و ترک خورده داده می شود که طبیعی است که ما از تغییر شکل ترک خورده[1] استفاده می نماییم روش محاسبه تغییر شکل آنی ترک خورده طبق آیین نامه ACI به صورت ذیل محاسبه می گردد:

۹-۵-۲-۳-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

۹-۵-۲-۴- در اعضای پیوسته (سراسری) استفاده از میانگین مقادیر بدست آمده از رابطه بالا (محاسبه I_e) برای ممان اینرسی موثر در مقاطع لنگر منفی و مثبت مجاز است. در اعضای منشوری می توان ممان اینرسی موثر را با استفاده از رابطه بالا محاسبه نمود به صورتی که برای دهانه های ساده و پیوسته در وسط دهانه، و برای طره ها در محل تکیه گاه محاسبه شود.

[1] crack

Etabs-SAP.ir

در اعضای پیوسته (سراسری) آیین نامه یک میانگین گیری ساده را از مقادیر I_e مقادیر لنگر منفی و مثبت پیشنهاد می دهد در اعضای منشوری برای انجام محاسبات اولیه تقریبی، استفاده از خصوصیت های مقطع واقع در وسط دهانه مناسب است زیرا صلبیت وسط دهانه (با در نظر گرفتن اثر ترک خوردگی) اثر عمده ای روی تغییر مکان ها دارد.

برنامه SAFE با روش خاص خود که موضوع بحث ما نیست تغییر شکل آنی ترک خورده را براساس بار بهره برداری که توسط کاربر داده می شود محاسبه کرده و آن را گزارش می کند (برای هر یک از بارهای تعریف شده و یا ترکیب بار تعریف شده). این جمله تکراری را باید به یاد آوریم که تغییر شکل آنی مجموع بار مرده و زنده و سربار اضافی مرده برابر جمع تغییر شکل های آنی جداگانه بار مرده، زنده یا سربار اضافی **نمی باشد** چون آنالیز خطی نیست به زبان دیگر جمع آثار قوا در آنالیز غیر خطی صادق نیست.

یعنی:

$$\Delta_{tot,i} = \Delta_{(D+Sp+Live)} \neq \Delta_D + \Delta_{SP} + \Delta_{Live}$$

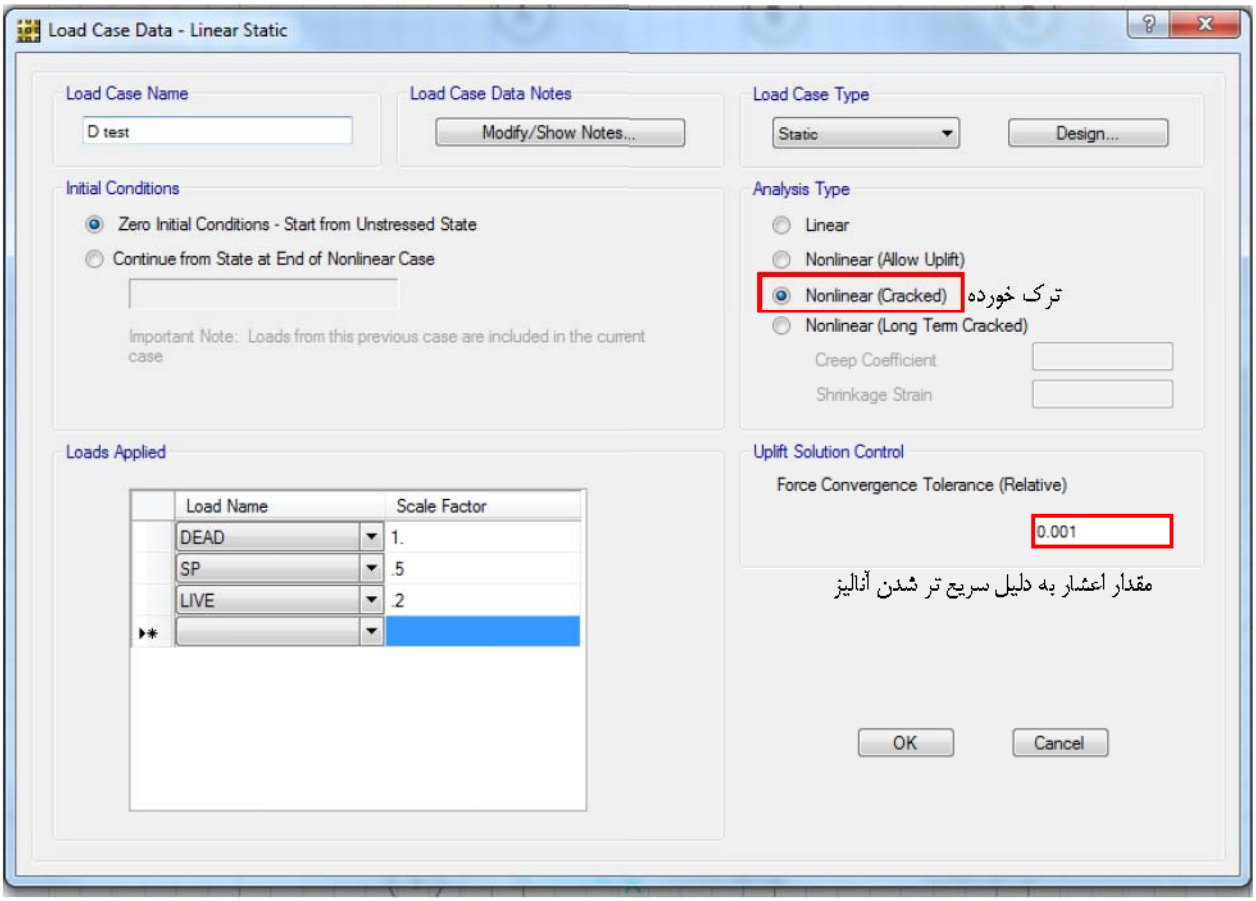
به همین دلیل برای محاسبه خیز آنی بار زنده ابتدا باید خیز کل بار زنده به علاوه بار مرده و همچنین خیز بار مرده به تنهایی را محاسبه نموده و از اختلاف آن ها خیز آنی بار زنده را بدست آورد. یعنی:

$$\Delta_L = \Delta_{D+Sp+L} - \Delta_{D+sp}$$

تمامی خیزهای محاسباتی ترک خورده می باشد.

مثال: تغییر شکل ترک خورده را تحت بار مرده و ۵۰٪ سربار اضافی و ۲۰٪ بار زنده در SAFE14 اعمال کنید

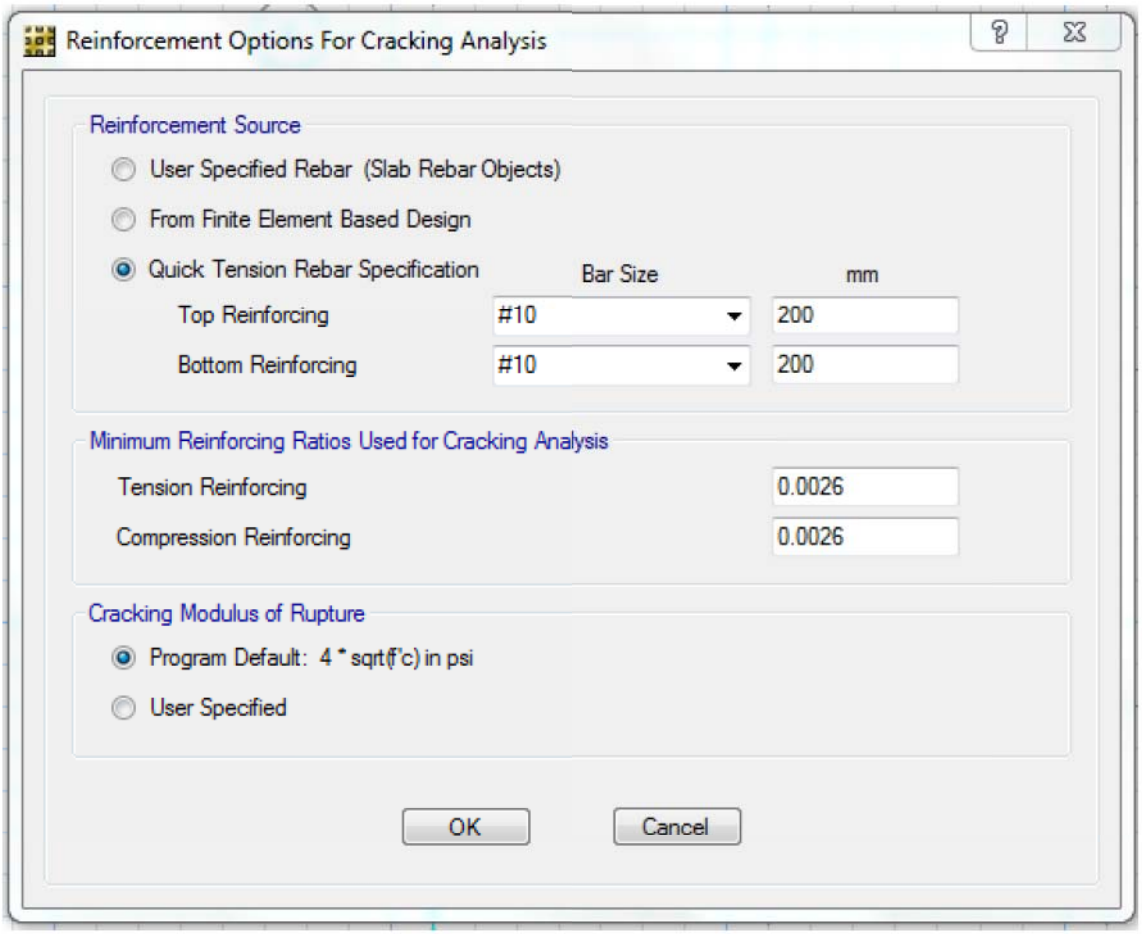
Etabs-SAP.ir



تاثیر آرماتورهای بالایی و پایینی در محاسبه خیز آنی:

در محاسبه تغییر شکل آنی وجود میلگرد های بالا و پایین مقطع بسیار موثر است برنامه SAFE برای در نظر گرفتن میلگردها سه روش پیشنهاد می کند

Etabs-SAP.ir



روش اول User Specified Rebar (Slab Rebar Objects)

در صورت انتخاب این گزینه کاربر باید میلگردهای به کار رفته در پلان دال را با دستور

Edit>Add/Edit Slab Rebar> add Slab rebar

به صورت مستقیم تعریف نماید و SAFE براساس میلگردهای بالا و پایین به کار رفته محاسبات خیز آنی را انجام می دهد

روش دوم From Finite Element Based Design

در این روش به برنامه گفته می شود که هر مقدارسطح مقطعی که حساب کردید باید فرض کنید که ما همان را در پلان می گذاریم و SAFE براساس همان محاسبات خیز را انجام می دهد .یعنی برنامه از مساحت میلگرد بدست آمده براساس طراحی بر مبنای تحلیل اجزای محدود استفاده می کند.

روش سوم QuickTension Rebar Specification

در این روش باید میلگرد موجود در دال به صورت یکنواخت برای سفره های بالا وپایین (بدون میلگرد تقویتی) را به برنامه اعلام نماییم و SAFE براساس آن به محاسبه خیز می پردازد.

Etabs-SAP.ir

دستور عمومی برای سه روش فوق

Minimum Reinforcing Ratios used for cracking Analysis

می باشد این دستور **حداقل آرماتور حرارتی** نمی باشد بلکه حداقل آرماتورها ی کششی و فشاری که ما در مقطع می گذاریم می باشد یعنی اگر هر کدام از این سه روش فوق را انتخاب کردیم برنامه SAFE در هر مقطع میل گردهای تعریف شده را اگر کمتر از میل گرد حداقل تعریف شده باشد، حداقل داده شده را ملاک قرار می دهد بنابرین اگر در دالی به ضخامت ۱۵ سانتی متر میلگرد ۱۰ را در هر بیست سانتی متر چه بالا و چه پایین بگذاریم باید ۰/۰۰۲۶ را برای آرماتور کششی و فشاری تعریف کنیم.

CRACKING MODULUS OF RUPTURE مدول گسیختگی بتن در آیین نامه ACI برابر $2\sqrt{f'_C}$ (f'_C بر حسب کیلو گرم بر سانتی متر مربع) و یا $0.62\sqrt{f'_C}$ (f'_C بر حسب مگاپاسکال) داده شده است اما SAFE مدول گسیختگی **ترک خورده** بتن را $1.06\sqrt{f'_C}\ \frac{kg}{cm^2}$ یا $0.33\sqrt{f'_C}\ MPA$ پیشنهاد می دهد.

مزایا و معایب روش های تعریف میل گرد در دال:

روش اول روش دقیق براساس آرماتور های واقعی که در پلان گذاشته می شود می باشد اما تعریف این آرماتور در پلان و فهماندن آن به SAFE کاری بسیار سخت می باشد ولی با دستور Edit>Add/Edit Slab Rebar> add Slab rebar قابل تعریف می باشد.

روش سوم نیز برای سادگی کار انتخاب می شود در این روش تمامی میلگرد هایی را که بصورت یکنواخت دردال قرار میدهیم را میتوانیم به برنامه اعلام نماییم در این روش شما نمی توانید آرماتورهای تقویتی را (چه بالا و چه پایین) تعریف کنید. که در نتیجه نهایی بسیار تاثیرگذار می باشد.

اما روش دوم روشی ساده با دقت مناسب می باشد چون کاربر همواره براساس طراحی توسط SAFE آرماتورهای لازم را (چه در بالا و چه در پایین دال) می گذارد که در اکثر موارد مقداری بیش از مساحت میل گرد محاسبه شده نیز می باشد بنابراین بهترین روش برای آنالیز خیز آنی ترک خورده انتخاب روش دوم به همراه آرماتورهای سراسری که در پلان می گذاریم می باشد. با توجه به اینکه safe براساس روش المان محدود در هر مقطعی As محاسباتی را به دست می آورد در مقاطع زیادی As برابر صفر بدست می آورد، اما در عمل ما با تعریف آرماتور سراسری بعنوان حداقل آرماتور باعث روش درست محاسبه As واقعی به منظور بدست آوردن خیز مناسب توسط برنامه میشویم.

۲-تغییر شکل دراز مدت:

علاوه بر تغییر شکل های آنی به خاطر برخی خصوصیات بتن مانند خزش و افت تغییر شکل های دیگری در سازه بتن مسلح ایجاد می شود که با گذشت زمان شدت افزایش آن کاهش می یابد.تا آنکه بعد از چند سال تغییر شکل به مقدار ثابتی می رسد که به تغییر شکل دراز مدت معروف است که می تواند تا چند برابر تغییر شکل آنی افزایش یابد.

Etabs-SAP.ir

***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.

که در انواع افت پلاستیک، افت خودگیری افت خشک شدگی و یا افت کربناسیون تقسیم بندی می شود. عوامل موثر در انقباض یا افت عبارتند از نسبت آب به سیمان، مقدار سیمان، مقدار رطوبت محیط، میزان مصالح ریزدانه در بتن، زمان عمل آوری، مدول الاستیسیته بتن، مقاومت فشاری بتن و . . .

***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 را که در انقباض تاثیر دارد در خزش نیز موثر است که در سطور فوق به آن اشاره شد.

چگونه خیز دراز مدت را محاسبه کنیم؟

روش اول: روشی که در آیین نامه ACI حتی در ۲۰۱۴ ACI نیز پیشنهاد شده است به صورت ذیل می باشد:

در این روش همانطور که مشاهده می شود تغییر شکل دراز مدت با ضرب ضریب λ در تغییر شکل آنی ناشی از باردائمی بدست می آید که روشی بسیار ساده می باشد یعنی بعد از اینکه شما تغییر شکل های آنی را بدست آوردید تغییر شکل دراز مدت به سادگی بدست می آید این روش به دلیل سادگی طرفداران زیادی داشته و دقت لازم را نیز دارا می باشد و از طرفی همانطور که گفته شد توسط آیین نامه ACI2014 (طبق ACI سال های گذشته) نیز پیشنهاد شده است.

پارامتر λ

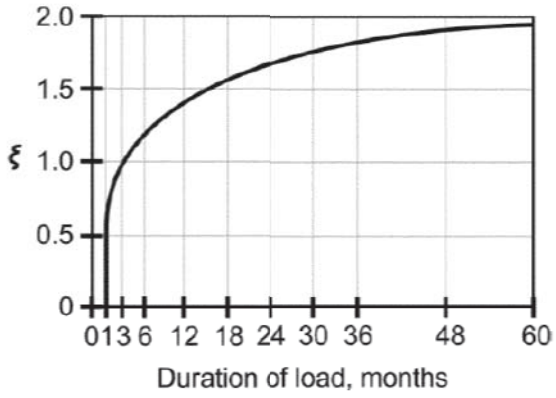
طبق آیین نامه ACI پارامتر λ برابر است با:

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

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

Etabs-SAP.ir



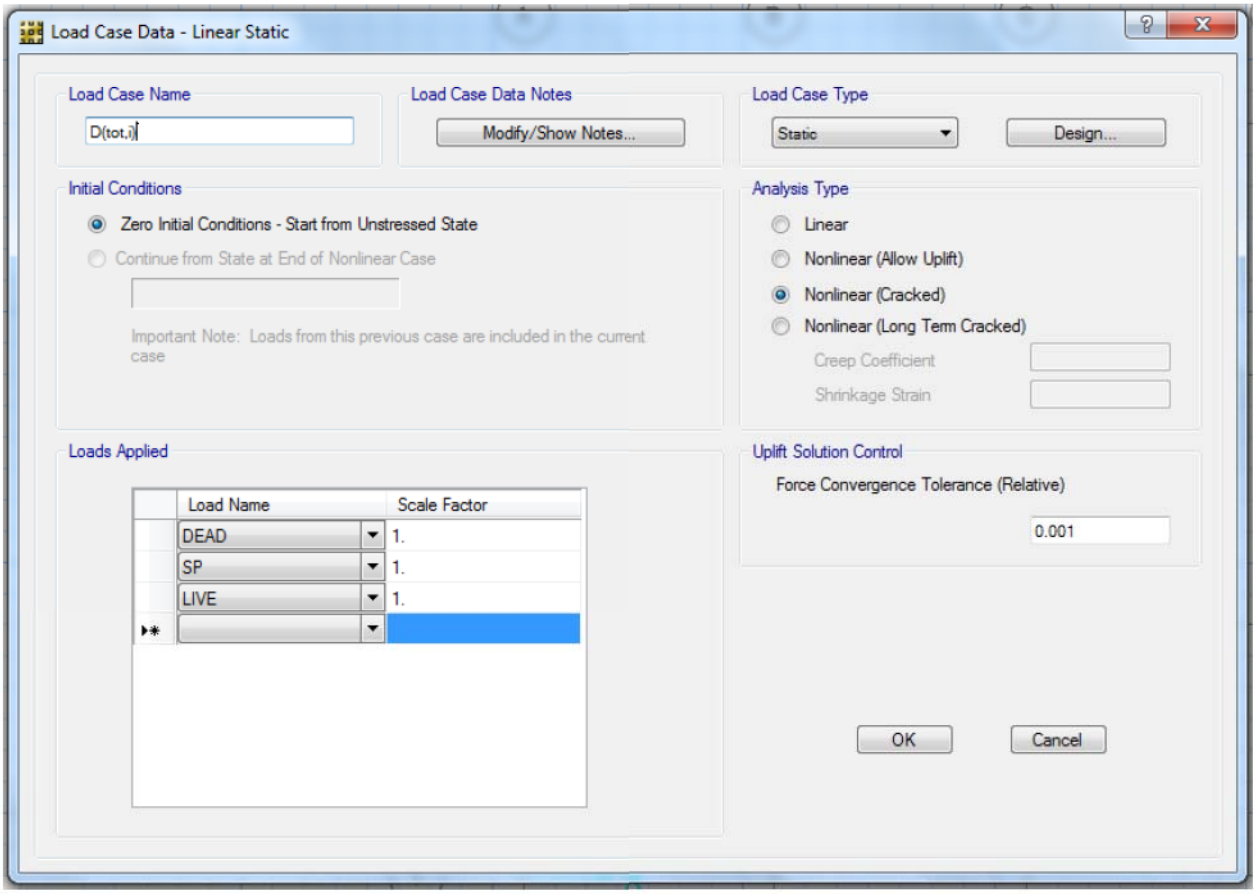
پس

تغییر شکل آنی ترک خورده x λ_{t0} = تغییر شکل دراز مدت در زمان t_0

اکنون با داشتن خیز آنی ودرازمدت برای محاسبه تغییر شکل نهایی (جمع خیز آنی و دراز مدت) باید به طریق ذیل عمل کرد:

۱- محاسبه تغییر شکل آنی برای کل بار

$$\Delta_{tot,i} = \Delta_D + \Delta_{SP} + \Delta_{Live}$$

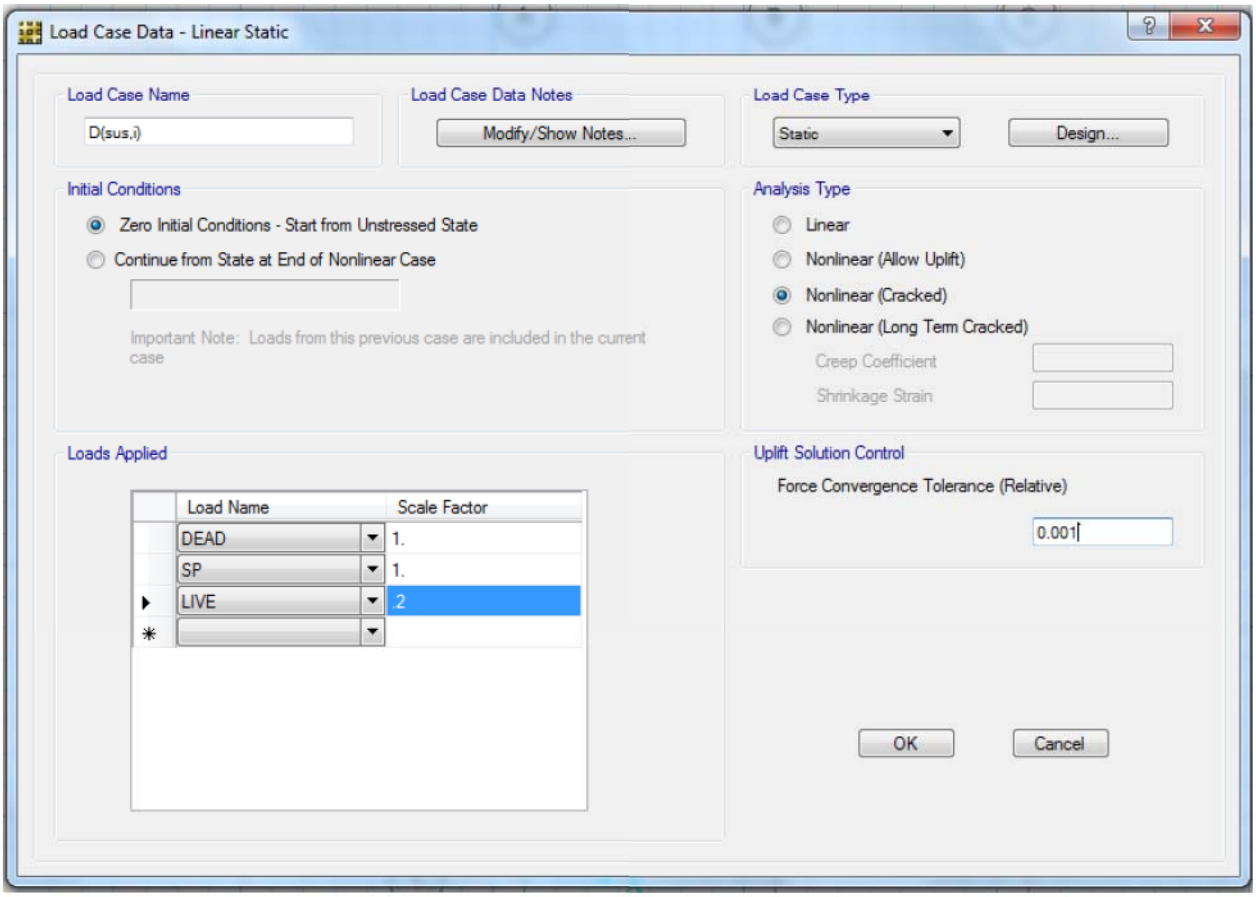


Etabs-SAP.ir

۲- محاسبه تغییر شکل آنی برای بارهای دائمی

$$\Delta_{Sus,i} = \Delta_D + \Delta_{SP} + \alpha\Delta_{Live}$$

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



۳- محاسبه تغییر شکل بار زنده غیر دائمی

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

۴- محاسبه ضریب 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

$$\lambda = \frac{2}{1 + 50(0.002)} = 1.82$$

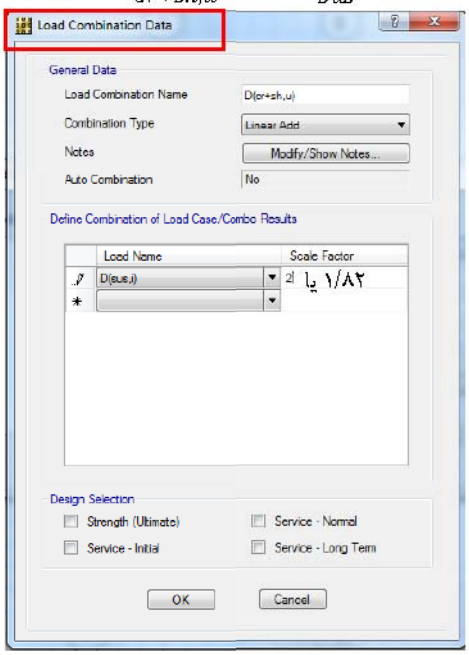
۵-محاسبه تغییر شکل نهایی دراز مدت بار دائمی

Etabs-SAP.ir

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

یا:

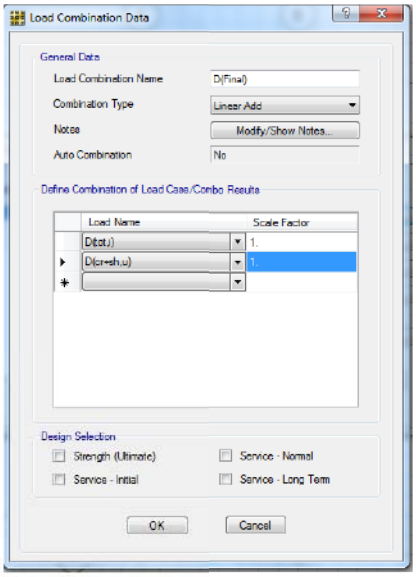
$$\Delta_{Cr+sh,u}= 1.82\Delta_{Sus}$$



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

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

این تغییر شکل همان خیزی 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.



بعد از گام ششم و محاسبه خیز نهایی کل (Δ_{Final}) طبق جدول آیین نامه ACI مقایسه های ذیل بایستی انجام گیرد:

الف) خیز ناشی از بار زنده غیر دائمی (محاسبه شده در گام سوم)

Etabs-SAP.ir

$$\Delta_L < \frac{L}{360}$$

ب) برای کف ها و یا بام های نگه دارنده که به اجزای غیر سازه ای متصل بوده یا آن ها را تحمل می کنند. واحتمال آسیب دیدن در مقابل تغییر مکان بزرگ در آن ها وجود دارد.

$$\Delta_{Final} < \frac{L}{480}$$

ج) برای کف ها و یا بام های نگه دارنده که به اجزای غیر سازه ای متصل بوده یا آن ها را تحمل می کنند. واحتمال آسیب دیدن در مقابل تغییر مکان بزرگ در آن ها وجود ندارد.

$$\Delta_{Final} < \frac{L}{240}$$

400 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE (ACI 318-14) AND COMMENTARY (ACI 318R-14)

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.

Etabs-SAP.ir

نوع عضو	تغییر مکانی که باید در نظر گرفت	حد تغییر مکان
بام های مسطح که به اجزای غیر سازه ای (که احتمال آسیب رسیدن به آن هاتحت تغییر مکان های بزرگ وجود دارد) متصل نبوده یا آن ها را تحمل نمی کنند	تغییر مکان آنی بر اثر سربار زنده L	L/180*
کف های مسطح که به اجزای غیر سازه ای (که احتمال آسیب رسیدن به آن هاتحت تغییر مکان های بزرگ وجود دارد) متصل نبوده یا آن ها را تحمل نمی کنند	تغییر مکان آنی بر اثر سربار زنده L	L/360
سیستم بام ها و کف هایی که به اجزای غیر سازه ای (که احتمال آسیب رسیدن به آن هاتحت تغییر مکان های بزرگ وجود دارد) متصل بوده یا آن ها را تحمل می کند.	آن قسمتی از کل تغییر مکانی که پس از اتصال اعضای غیر سازه ای بوجود می آید (مجموع تغییر مکان دراز مدت در اثر بارهای دائمی و تغییر مکان آنی بر اثر اعمال بار زنده اضافی)++	L/480**
سیستم بام ها و کف هایی که به اجزای غیر سازه ای (که تحت تغییر مکان بزرگ احتمالاً آسیب نمی بینند.) متصل بوده یا آن ها را تحمل می کند.		L/240+

*این محدودیت برای حفاظت از آب انباشتگی نیست. آب انباشتگی باید توسط محاسبات مناسب تغییر مکان های اضافه بر اثر آب انباشتگی، اثرات دراز مدت بارهای دائمی، خیز منفی، تلرانس های اجرا و قابلیت اعتماد به ضوابط زهکشی کنترل شود.

**در صورت انجام اقدامات کافی برای جلوگیری از آسیب رسیدن به اجزای متصل یا اجزای دارای تکیه گاه می توان این حد را افزایش داد.

+ این حد نباید بزرگتر از تلرانس فراهم شده برای اعضای غیر سازه ای باشد. چنانچه خیز منفی به صورتی فراهم شود که تغییر مکان کل منهای خیز منفی از این حد تجاوز نکند، امکان افزایش این حد وجود دارد.

++ تغییر مکان دراز مدت باید براساس ضوابط بندهای ۹-۵-۲-۵ و ۹-۵-۴-۳ محاسبه شود **اما می توان آن را به اندازه تغییر مکان محاسبه شده ای که پیش از اتصال به اجزای غیر سازه ای رخ می دهد کاهش داد.** این مقدار تغییر مکان باید براساس اطلاعات مهندسی قابل قبول مربوط به مشخصات زمان-تغییر مکان اعضای مشابه با آنچه مورد نظر است بدست می آید.

نکته مهم: در جدول بالا مشاهده می شود که از این تغییر شکل نهایی می توان تغییر شکل آنی و دراز مدت تا زمان شروع نازک کاری را کسر نمود دقت کنید این تغییر مکانی که از تغییر شکل نهایی کسر می شود خیز منفی نمی باشد. خیز منفی

Etabs-SAP.ir

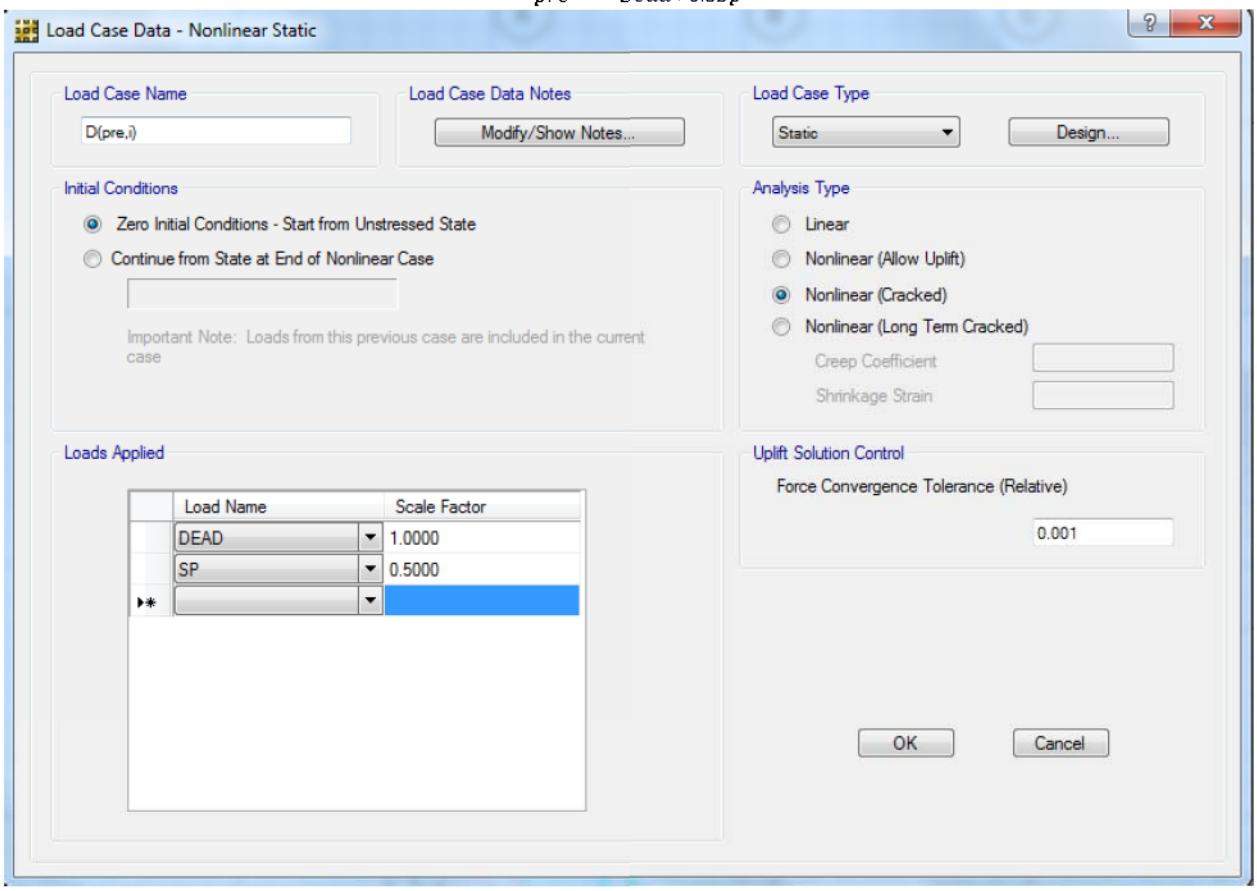
که در اجرا داده می شود هیچ تاثیری در تغییر شکل دال ندارد. بنابراین برای کنترل تغییر شکل دال پس از کسر تغییر شکل تا زمان $t-t_0$(قبل از نازک کاری) از تغییر شکل کل، آن را با $\frac{L}{240}$ ویا $\frac{L}{480}$ (با توجه به تعریف در جدول) مقایسه می نماییم و در صورت کوچکتر بودن از این دو نسبت دال از نظر تغییر شکل مناسب می باشد.

اما در مورد L در دال ها نکته ظریفی وجود دارد. اگر شما برای محاسبه تغییر شکل دال در تحلیل از روش نوارهای ستونی و یا نوار میانی استفاده نمودید

L طول دهانه دال می باشد ولی اگر از روشی مثل SAFE برای محاسبه خیز حداکثر چشمه دال استفاده شود می توان L را قطر چشمه دال در نظر گرفت. (جلد دوم کتاب دکتر مستوفی نژاد صفحه ۴۱۵ و ۴۲۰)

اما برای محاسبه خیز آنی که باید از خیز کل کسر شود می توان فرض نمود که علاوه بر بار مرده ناشی از وزن سقف حدود ۵۰٪ 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. ($\beta = 0.5$)

$$\Delta_{pre} = \Delta_{Dead+0.5Sp}$$



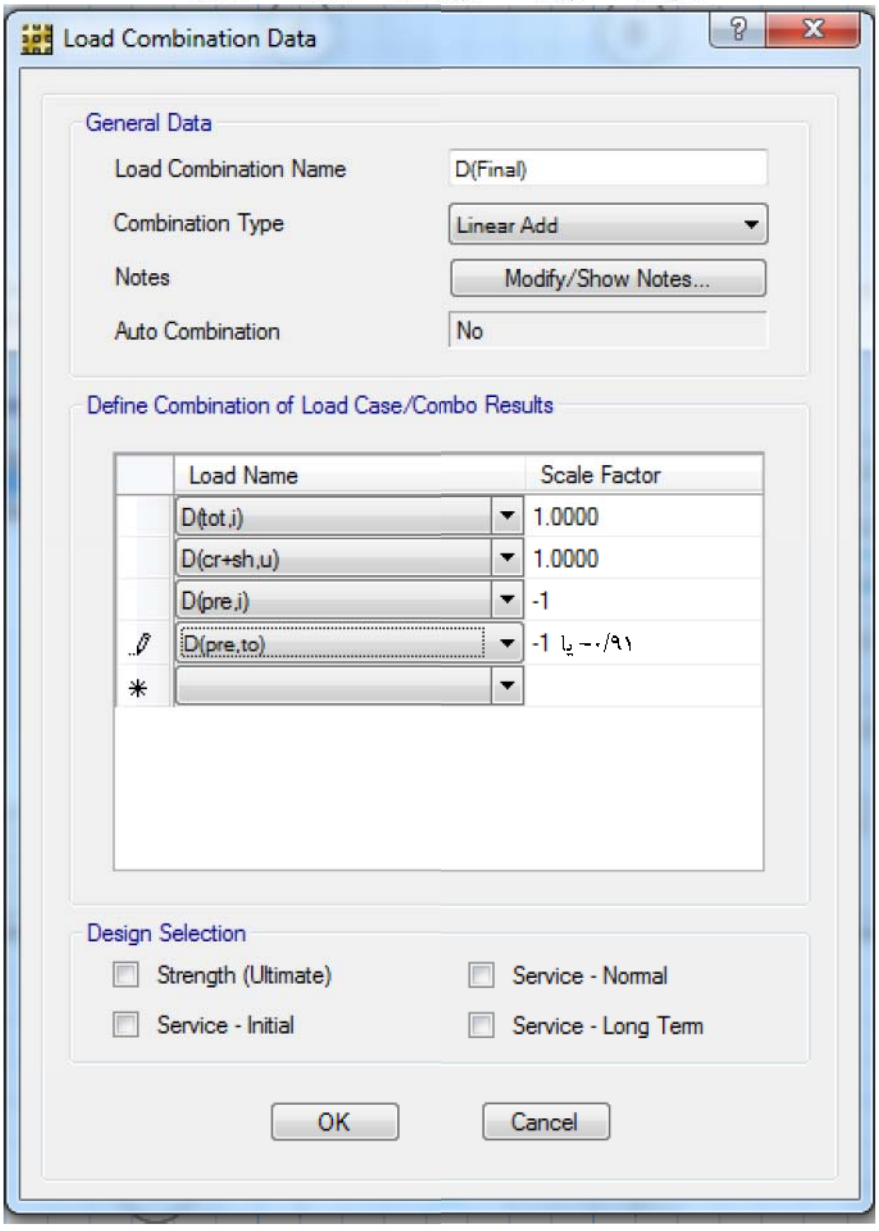
و برای محاسبه خیز دراز مدتی که باید از خیز کل کسر شود می توان فرض نمود که عملیات نازک کاری بعد از سه ماه از جمع کردن شمع ها (شروع زمان بارگذاری) انجام می گیرد بنابراین ضریب λ که برای سه ماه به کار میرود با فرض

Etabs-SAP.ir

$\rho' = 0$ عدد یک می باشد و اگر $\rho' = 0.002$ باشد λ برابر است با $\lambda = \frac{1}{1+50(0.002)} = 0.91$ ، دقت کنید که این ضریب باید به $\Delta_{pre,i}$ اعمال گردد.

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

$$\Delta_{Final} = \Delta_{tot,i} + \Delta_{Cr+sh,u} - \Delta_{Pre,i} - \Delta_{Pre,to}$$



روش جدید SAFE2014

روش جدیدی که برنامه SAFE12 به بعد از آن استفاده می کند براساس آیین نامه ACI-209-92 بوده که در این روش تغییر شکل ناشی از خزش و انقباض (افت) جداگانه محاسبه می شوند در این روش کاربر باید ضریب خزش (Creep Cofficient)

Etabs-SAP.ir

و کرنش افت (Shirinkage Strain) را به برنامه اعلام نماید. انتخاب این دو ضریب بحث اصلی این قسمت می باشد. برای محاسبه این دو ضریب ابتدا باید از مبانی محاسباتی آن ها در ACI-209-92 آگاه شویم.

ACI-209-92

این یک مدل تجربی ایجاد شده به وسیله Branson & Christiason 1971 با اصلاحات اندکی که کمیته ACI انجام داد می باشد که در سال ۱۹۸۲ معرفی شد و در سال ۱۹۹۲ مدل پیشرفته آن چاپ گردید.

این مدل برای پیش بینی کرنش خزش و افت ناشی از جمع شدگی براساس تابعی از زمان می باشد و قانون مشابهی دارد که عبارت است از یک منحنی هذلولی که به سمت یک مقدارتقریبی میل می کند که به آن مقدار نهایی گوییم

معادلات حاضر به منظور طراحی ساده شده اند و یک بخش وابسته به زمان در آن ها وجود دارد که می توان با آن به مقدار مورد نظر خود در زمان دلخواه رسید.

شکل منحنی و مقدار نهایی به عوامل مختلفی بستگی دارد مثل شرایط عمل آوری، سن نمونه از زمان بارگذاری، طرح اختلاط و رطوبت و دمای محیط

معادله کلی برای شرایط استاندارد داده شده است و ضرایب اصلاح برای محاسبات شرایطی غیر از شرایط استاندارد معرفی شده اند.که در مقدار نهایی ضرب می گردند. به خاطر اینکه معادلات خزش و جمع شدگی در هر زمانی تابعی خطی از مقدار نهایی هستند به هر صورت ضریب اصلاح برای محاسبه خزش و جمع شدگی در مدت زمان کوتاه نیز به کار می روند.

معادلات پیشنهادی برای محاسبه خزش و جمع شدگی محصور نشده در هر زمان برای بتن های معمولی سبک و باریزدانه سبک که به روش مرطوب یا بخار عمل آوری شوند و از سیمان تیپ یک یا سه ساخته شده باشند در شرایط استاندارد ارائه شده است (شرایط استاندارد در جدول)

پارامتر های مورد نیاز:

- 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

Etabs-SAP.ir

- مقدار هوای بتن بر حسب درصد
- نوع سیمان

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

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

t: سن بتن بر حسب روز

t_c: زمان پایان عمل آوری بتن

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

εshu: کرنش نهایی جمع شدگی

که f بر حسب روز و α برای یک شکل واندازه مشخص ثابت هستند و بخش وابسته به زمان معادله را ایجاد می کنند که εshu کرنش نهایی جمع شدگی و $t-t_c$ زمان از انتهای عمل آوری می باشد.

برای شرایط استاندارد در غیاب وجود اطلاعات در مورد جمع شدگی سنگ دانه ها و شرایط و در رطوبت محیطی ۴۰ درصد مقدار متوسط پیشنهادی برای جمع شدگی برابر است با:

$$\varepsilon_{shu}=780\times10^{-6}mm/mm$$

برای قسمت وابسته به زمان معادله پیشنهاد می شود که پارامتر f برای عمل آوری هفت روزه مرطوب برابر ۳۵ و برای عمل اوری با بخار یک تا سه روز برابر ۵۵ است. و برای پارامتر α مقدار متوسط یک پیشنهاد می گردد (منحنی هذلولی صاف تر) توجه شود که این مقادیر فرقی بین حالت های مختلف جمع شدگی (خشک شدگی، کربناسیون و خود گیری) نمی گذارد و همچنین مستقل از شکل و اندازه است زیرا f و α مقدار ثابتی هستند.

تاثیر شکل و اندازه بوسیله تغییر در پارامتر f که از معادله زیر بدست می آید می باشد:

$$f=26.0e^{\{1.42\times10^{-2}\left(\frac{V}{S}\right)\}}$$

V/S نسبت حجم به سطح برحسب میلی متر است.

Etabs-SAP.ir

شرایط استاندارد	پارامتر در نظر گرفته شده	عوامل تاثیرگذار		
نوع یک و سه	نوع سیمان	سیمان نسبت آب به سیمان خصوصیات اختلاط خصوصیات سنگ دانه ها مقدار تراکم	مخلوط بتن	بتن (خزش و جمع شدگی)
۷۰ میلی متر	اسلامپ			
کمتر از شش درصد	درصد هوا			
۵۰درصد	درصد ریزدانه			
۲۷۹ تا ۴۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب	مقدار سیمان			
هفت روز	عمل آوری مرطوب	مدت عمل آوری مرطوب	عمل آوری اولیه	
یک تا سه روز	عمل آوری با بخار			
23.2 ± 2^0C	عمل آوری مرطوب	دمای عمل آوری		
$\leq 100^0C$	عمل آوری با بخار			
$\geq 95^0C$	رطوبت نسبی	رطوبت عمل آوری		
23.2 ± 2^0C	دمای بتن	دمای بتن مقدار آب بتن	شرایط محیطی	خصوصیات هندسی عضو و شرایط محیطی (خزش و بتن)
۴۰ درصد	رطوبت نسبی محیط			
V/S=38mm	نسبت حجم به سطح یا حداقل ضخامت	شکل و اندازه	هندسه	
150mm				
هفت روزه	عمل آوری مرطوب	سن بتن در زمان اعمال بار	تاریخچه بارگذاری	بارگذاری (فقط خزش)
یک تا سه روزه	عمل آوری با بخار			
بارهای دائمی	بارهای دائمی	زمان بارگذاری		
–	–	زمان باربرداری		
–	–	تعداد چرخه های بارگذاری		

Etabs-SAP.ir

فشار بر اثر نیروی محوری	تنش فشاری	مقدار تنش و توزیع آن در مقطع	تنش	
کمتر از ۰/۵	نسبت تنش به کرنش	نسبت تنش به کرنش		

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.

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

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

۱- $\gamma_{sh,tc}$ برای عمل آوری غیر از هفت روز در عمل آوری به روش مرطوب به کار می رود برای عمل آوری با بخار بین یک تا سه روز $\gamma_{sh,tc}$ برابر یک می باشد.

از جدول می توان این پارامتر را محاسبه نمود برای مقادیری که در جدول نمی باشد می توان از رگراسیون یا معادله زیر استفاده نمود.

$$\gamma_{sh,tc} = 1.202 - 0.2337\log(t_c) \quad R^2 = 0.9987$$

مدت عمل آوری مرطوب به روز t_c	$\gamma_{sh,tc}$
1	1.2
3	1.1
7	1.0
14	0.93
28	0.86
90	0.75

۲- $\gamma_{sh,RH}$ برابر است با:

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1.404 - 1.02h & for 0.4 \le h \le 0.8 \\ 3.00 - 3.0h & for\ 0.8 \le h \le 1 \end{cases}$$

پارامتر H برحسب اعشار از صفر تا یک است. برای رطوبت های کمتر از ۴۰ درصد مقادیر بیش از یک باید برای $\gamma_{sh,RH}$ استفاده شود و وقتی رطوبت صد در صد است $\gamma_{sh,RH}$ برابر صفر است. روش ACI اثر تورم در بتن را در نظر نمی گیرد.

۳- $\gamma_{sh,vs}$ برای در نظر گرفتن اثرات شکل و اندازه عضو است و بوسیله پارامتر V/S تعریف می گردد به جای V/S می توان از ضخامت متوسط d نیز استفاده نمود باید توجه کرد که ضخامت متوسط برابر $4V/S$ می باشد. به عنوان مثال برای دال بتنی ضخامت متوسط دو برابر ضخامت واقعی دال است.

Etabs-SAP.ir

شرایط استاندارد برای نسبت حجم به سطح برابر ۳۸ میلی متر و برای ضخامت متوسط برابر ۱۵۰ میلی متر است برای اعضای با ضخامت های متوسط غیر از ۱۵۰ میلی متر و نسبت حجم به سطح غیر از ۳۸ میلی متر، $\gamma_{sh,vs}$ از رابطه زیر بدست می آید: (V/S بر حسب میلی متر)

$$\gamma_{sh,Vs} = 1.2e^{\{-0.00472(\frac{V}{S})\}}$$

به عنوان یک روش جایگزین می توان از روابط دیگری استفاده کرد که تاثیر اندازه بر کرنش نهایی را محاسبه نمود این روابط بر حسب ضخامت متوسط است و مقادیر بیشتری نسبت به مقادیر قبلی که بر حسب حجم به سطح بودند بدست می آید.

برای ضخامت متوسط کمتر از ۱۵۰ میلی متر یا نسبت حجم به سطح کمتر از ۳۸ میلی متر از ضرایب جدول استفاده کنید

$\gamma_{sh,d}$	نسبت حجم به سطح V/S	ضخامت متوسط عضو به میلی متر d
۱/۳۵	۱۲/۵(۰/۵۰)	۵۱(۲)
۱/۲۵	۱۹(۰/۷۵)	۷۶(۳)
۱/۱۷	۲۵ (۱/۰۰)	۱۰۲(۴)
۱/۰۸	۳۱(۱/۲۵)	۱۲۷(۵)
۱/۰۰	۳۷/۵(۱/۵۰)	۱۵۲(۶)
(اعداد داخل پرانتز به اینچ)		

و برای ضخامت متوسط بیشتر از ۱۵۰ میلی متر یا نسبت حجم به سطح بیشتر از ۳۸ میلی متر از معادلات زیر استفاده نمایید:

$t - t_c < 1year$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.0015d$$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.006(\frac{V}{S})$$

$t - t_c > 1year$

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.000114d$$

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.00456(\frac{V}{S})$$

برای روش دوم در هر صورت مقدار γ_{sh} نباید کمتر از ۰/۲ گرفته شود وقتی بتن در معرض تغییرات فصلی و خشک شدن و خیس شدن قرار دارد $\gamma_{sh}\varepsilon_{shu} \geq 100 \times 10^{-6}$ است و برای بتن هایی که در هوای خشک قرار دارند $\gamma_{sh}\varepsilon_{shu} \geq 150 \times 10^{-6}$ می باشد.

فاکتورهایی که به اختلاط بتن بستگی دارند عبارتند از اسلامپ درصد ریز دانه مقدار سیمان و درصد هوا

۴- $\gamma_{sh,s}$ فاکتور اسلامپ است که S اسلامپ بتن تازه می باشد و از رابطه زیر بدست می آید:

Etabs-SAP.ir

$$\gamma_{sh,s} = 0.89 + 0.00161s$$

این مقادیر برای حالتی هستند که اسلامپ را با استفاده از آب بیشتر افزایش دهیم در صورت به کار گیری روان ساز اعلاء (که سبب افزایش اسلامپ می گردد بدون افزودن آب) اگر نسبت آب به سیمان ۰/۴ و یا کمتر باشد ضریب ۱/۰۰ برای γ_s مناسب است توجه داشته باشیم که روان ساز اعلاء می تواند مثلاً برای نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ اسلامپ را به بیش از ۱۵ سانتی متر برساند.

۵- ضریب سنگ دانه های ریز $\gamma_{sh,\Psi}$ می باشد که Ψ نسبت وزنی ریزدانه ها به کل سنگ دانه ها می باشد که به درصد بیان می گردد:

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0.30 + 0.014\Psi \qquad for\ \Psi \le 50\%$$

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0.90 + 0.002\Psi \qquad for\ \Psi > 50\%$$

۶- $\gamma_{sh,C}$ ضریب اصلاح سیمان است که C مقدار سیمان برحسب $\frac{Kg}{m^3}$ است.

$$\gamma_{sh,C} = 0.75 + 0.00061C$$

۷- $\gamma_{sh,a}$ ضریب مقدار هوا می باشد که a مقدار هوای موجود به درصد است.

$$\gamma_{sh,a} = 0.95 + 0.008a \ge 1$$

مقادیر ضریب اصلاح اختلاط بتن براساس مقادیر میانگین بدست می آید که در εshu باید ضرب شود εshu زمانی قابل استفاده است که داده ای برای سنگ دانه ها و شرایط محیطی و تاثیر آن ها نداشته باشیم.

تابع زیر برای هر واحد تنش کرنش وابسته به تنش رو نشان می دهد:

$$J(t,t_0) = \frac{1 + \Phi(t,t_0)}{E_{Cmt0}}$$

E_{mcto} مدول الاستیسیته در زمان بارگذاری t_0 می باشد و $\Phi(t,t_0)$ ضریب خزش است که نسبت کرنش خزش به کرنش الاستیک در زمان شروع بار گذاری است (t_0)

مدول الاستیسیته بتن در زمان t_0:

$$E_{mcto} = 0.043\gamma_c^{1.5}\sqrt{f_{cmto}}(MPa)$$

که γ_c وزن واحد حجم بتن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب و f_{cmto} میانگین مقاومت فشاری بتن در زمان بارگذاری است.

معادله کلی برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن با زمان:

$$f_{cmt} = [\frac{t}{a + bt}]f_{cm28}$$

f_{cm28} میانگین مقاومت فشاری بتن در ۲۸ روز می باشد و a وb ثابت هستند و t سن بتن است. نسبت a/b سن بتن به روز است که در آن بتن به نصف مقاومت فشاری خود می رسد.

Etabs-SAP.ir

ثابت های a و b تابعی از نوع سیمان و روش عمل آوری است برای بتن معمولی سبک و با ماسه ریز (عمل آوری با روش مرطوب یا بخار و سیمان نوع یک یا سه) a بین ۰/۰۵ و ۰/۹۵ است و b بین ۰/۶۷ تا ۰/۹۸ می باشد. مقادیر پیشنهادی در جدول آمده است.

نوع سیمان	بتن عمل آوری شده با رطوبت		بتن عمل آوری شده با بخار	
	a	b	a	b
یک	4	0.85	1.0	0.95
سه	2.3	0.92	0.70	0.98

3eضریب 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.

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

$\Phi(t,t_0)$ 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:

$$\Phi_u = 2.35$$

برای قسمت وابسته به زمان آیین نامه برای d مقدار ۱۰ و برای Ψ مقدار ۰/۶ را پیشنهاد می کند (منحنی تند تر برای t-t_0)

تاثیر شکل واندازه را می توان با جایگذاری Ψ برابر یک و d=f که برای ضریب جمع شدگی تعریف شده بود در نظر گرفت.

$$\Phi_u = 2.35\gamma_C$$

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

برای شرایط غیر از شرایط استاندارد مقدار کرنش نهایی باید در شش فاکتوری که هر کدام شرایط خاصی را در نظر می گیرد ضرب گردد.

۱- $\gamma_{c,to}$ برای بتن با سن های بارگذاری بیشتر از ۷ روز در حالت عمل آوری شده با عملیات مرطوب یا یک و سه روز برای حالت های عمل آوری با بخارکاربرد دارد و از معادله زیر بدست می آید:

عمل اوری مرطوب

Etabs-SAP.ir

$$\gamma_{C,t0} = 1.25t_0^{-0.118}$$

عمل آوری با بخار:

$$\gamma_{C,t0} = 1.13t_0^{-0.094}$$

که t_0 سن بتن از شروع بارگذاری است.

۲- $\gamma_{c,RH}$ از رابطه زیر بدست می آید:

$$\gamma_{C,RH} = 1.27 - 0.67h \quad for\ h \geq 0.40$$

و رطوبت نسبی براساس اعشار بیان می شود برای رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد مقادیر بیش از یک برای γ_h بایستی محسوب شود.

۳- ضریب $\gamma_{c,vs}$ تاثیر فاکتور اندازه را نشان می دهد ضخامت متوسط یک قطعه برابر با چهار برابر نسبت حجم به سطح آن تعریف می شود d=4V/S

مقدار استاندارد نسبت حجم به سطح برابر ۳۸ میلی متر یا ضخامت متوسط ۱۵۰ میلی متر است برای شرایطی غیر از این مقادیر داریم:

$$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}(1 + 1.13e^{\left\{-0.0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}})$$

که V حجم نمونه و S سطح جانبی آن است

به عنوان یک روش جایگزین آیین نامه اجازه استفاده از روابط دیگری را می دهد که براساس ضخامت متوسط قطعه می باشد و مقادیر بیشتری را نسبت به حالت قبل می دهد برای ضخامت متوسط کمتر از ۱۵۰ میلی متر و نسبت حجم به سطح کمتر از ۳۸ میلی متر از جدول استفاده شود.

$\gamma_{c,d}$	نسبت حجم به سطح V/S	ضخامت متوسط عضو d
۱/۳	۱۲/۵(۰/۵۰)	۵۱(۲)
۱/۱۷	۱۹(۰/۷۵)	۷۶(۳)
۱/۱۱	۲۵ (۱/۰۰)	۱۰۲(۴)
۱/۰۴	۳۱(۱/۲۵)	۱۲۷(۵)
۱/۰۰	۳۷/۵(۱/۵۰)	۱۵۲(۶)

برای ضخامت متوسط بیشتر از ۱۵۰ میلی متر و نسبت حجم به سطح بیشتر از ۳۸ میلی متر از روابط زیر استفاده شود.

$t - t_c < 1year$

$$\gamma_{C,d} = 1.14 - 0.000092d$$

$$\gamma_{C,d} = 1.14 - 0.00363(\frac{V}{S})$$

$t - t_c > 1year$

Etabs-SAP.ir

$$\gamma_{C,d} = 1.10 - 0.00067d$$

$$\gamma_{C,d} = 1.10 - 0.00268(\frac{V}{S})$$

عوامل دیگری که خصوصیات اختلاط بتن را نشان می دهند عبارتند از اسلامپ درصد ریزدانه و درصد هوای مخلوط بتن

۴- $\gamma_{c,s}$ تاثیر اسلامپ بتن را نشان می دهد که S اسلامپ بتن تازه بر حسب میلی متر است.

$$\gamma_{C,S} = 0.82 + 0.00264S$$

۵- $\gamma_{c,\Psi}$ که Ψ نسبت وزنی ریزدانه ها به کل سنگ دانه ها می باشد که به درصد بیان می گردد.

$$\gamma_{C,\Psi} = 0.88 + 0.0024\Psi$$

۶- $\gamma_{c,a}$ فاکتور اصلاح درصد هوای مخلوط بتن است (a درصد هوا می باشد)

$$\gamma_{C,a} = 0.46 + 0.09a \geq 1$$

این ضرایب اصلاح برای طرح اختلاط بتن باید در مقدار نهایی ضرب شوند. مقدار نهایی زمانی قابل استفاده است که داده ای برای خزش سنگ دانه ها و شرایط نداشته باشیم.

نتیجه گیری:

همانطور که ملاحظه نمودید ضریب نهایی خزش ۲/۳۵ و کرنش نهایی افت 780×10^{-6} می باشد اما با توجه به عوامل موثری که نام برده شد ضرایب تصحیح باید در ضرایب نهایی ضرب شده تا به عنوان ضریب صحیح به برنامه اعلام نماییم. اینکه فقط براساس Default برنامه Cu=2 و Sh=0.005 داده شود روش درستی نمی باشد بلکه باید ضرایب ناشی از سن بتن، رطوبت، اسلامپ، ضخامت متوسط، مقدار وزنی ریزدانه، مقدار سیمان، مقدار هوا و. . . را طبق فرمول های ذکر شده محاسبه نموده وبعد از ضرب آنها در ضریب نهایی این عدد به برنامه داده شود که با این ضرایب تغییر شکل (خیز) دراز مدت نهایی محاسبه می شود. و از طرفی همانطور که از روش اول (روش آیین نامه ای) مشاهده شد ما می توانیم از خیز نهایی (جمع خیز آنی ترک خورده به علاوه خیز دراز مدت نهایی) خیز دراز مدت و آنی بار مرده قبل از نازک کاری را کسر نماییم که در این حالت نیز باید به ضریب محاسبه شده قبلی برای خزش ضریب $\frac{t^{0.6}}{10+t^{0.6}}$ را ضرب کرده و برای افت (انقباض) ضریب محاسبه شده برای افت را در ضریب $\frac{t}{t+35}$ ضرب نمایم. (t به روز)

در روش اول (آیین نامه ای) همانطور که ملاحظه می شود برای محاسبه خیز دراز مدت (که عددی قابل ملاحظه نیز می باشد) هیچ توجهی به چگونگی عمل آوری بتن قبل از بارگذاری، رطوبت هوا، مقدار سیمان، ریزدانه در بتن، درصد هوا، ضخامت متوسط بتن و . . . نمی شود به طور مثال محاسبه خیز دال در تهران با رطوبت نسبی ۴۰ درصد و رشت با رطوبت نسبی ۸۰ درصد یکسان انجام می گیرد و یا خیز دراز مدت دالی به ضخامت ۱۵ سانتی متر و دالی به ضخامت ۲۵ سانتی متر نیز تفاوتی با یکدیگر ندارند و یا اینکه چه مدتی عمل آوری توسط رطوبت انجام می گیرد و یا چه مدت زمانی بعد از بتن ریزی عملیات قالب برداری (شروع بارگذاری) انجام می گیرد و. . . در نظر گرفته نمی شود به همین دلیل روش ACI209-92 که مبنای محاسبه SAFE12 به بعد می باشد می تواند جواب های نسبتاً دقیق تری را نسبت به روش اول محاسبه و اعلام نماید.البته به شرطی که ضرایب خزش و افت درست ومناسب داده شود.

Etabs-SAP.ir

پس اگر بخواهیم با برنامه SAFE جدید به محاسبه خیز دراز مدت بپردازیم باید مبانی محاسباتی این کار را براساس ACI209-92 دانسته و براساس محاسبه ضرایب اصلاحی اطلاعات درست به برنامه داده تا انتظار خیز دراز مدت صحیح را از آن داشته باشیم.

با توجه به مباحث ذکر شده آیین نامه ACI209-92 نتیجه گیری های ذیل را می توان بدست آورد و عوامل موثر در خیز دراز مدت را پیدا نمود.

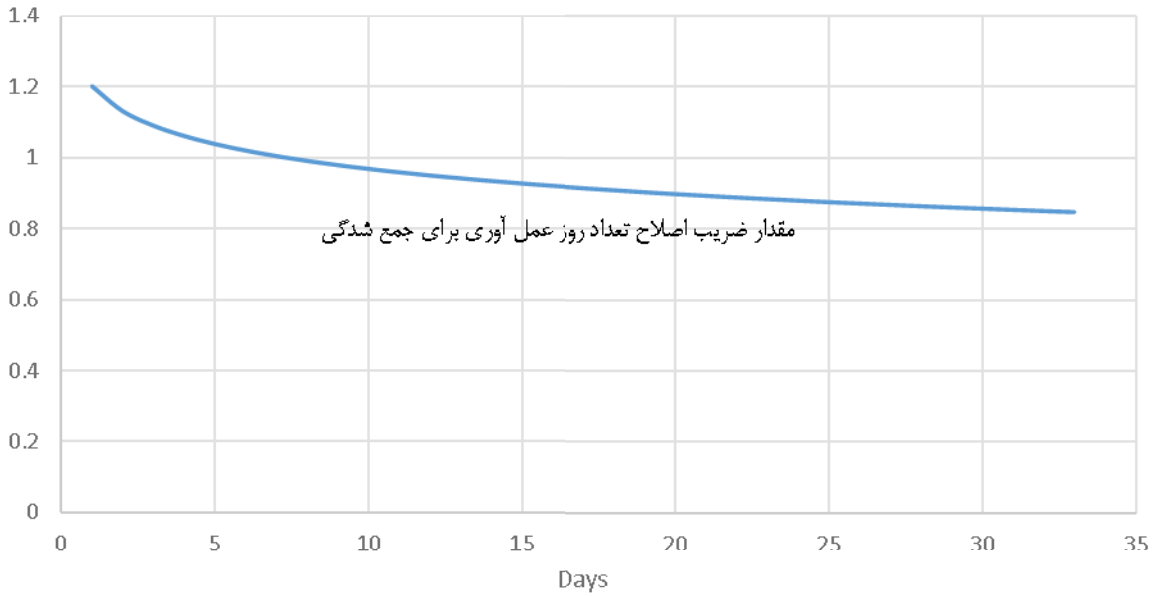
۱- ضریب اصلاحی تعداد روز عمل آوری با رطوبت

$$\gamma_{sh,tc} = 1.202 - 0.2337 \log(t_c)$$

هر چه زمان عمل آوری بیشتر باشد ضریب اصلاحی آن کوچکتر و در نتیجه خیز 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) خیز دراز مدت کمتر می شود.



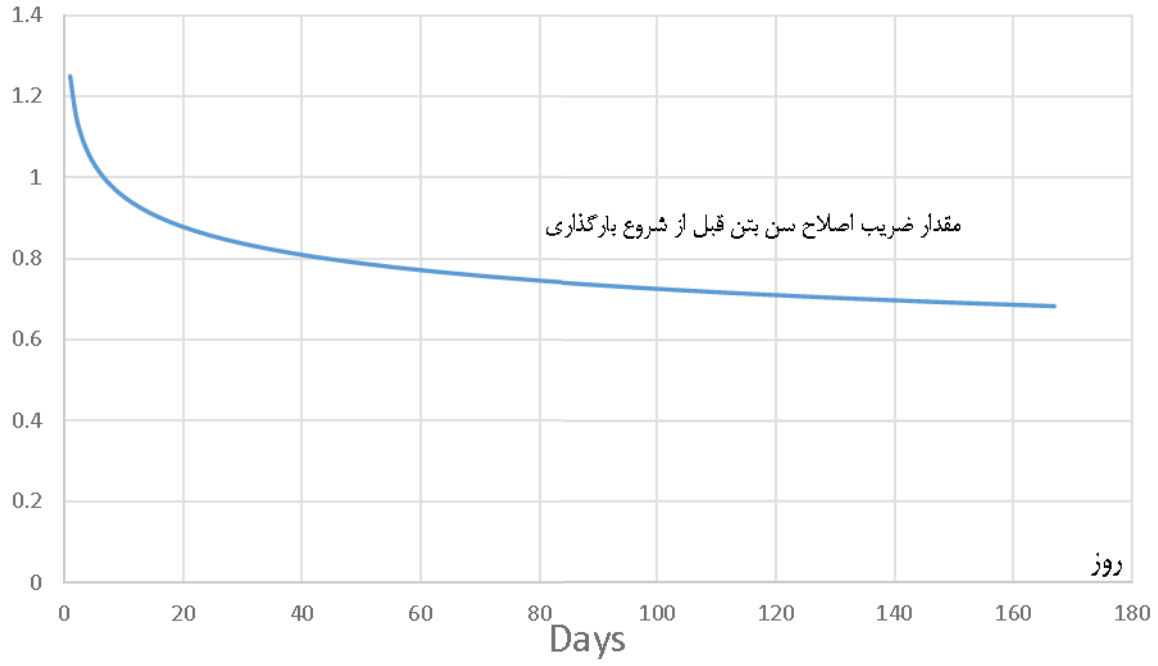
Etabs-SAP.ir

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 خیز دراز مدت کاهش می یابد.

$$t_c = 15day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0.91$$
$$t_c = 30day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0.84$$
$$t_c = 90day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0.73$$
$$t_c = 180day \Rightarrow \gamma_{C,t0} = 0.68$$



Etabs-SAP.ir

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 خیز دراز مدت محاسبه شده کاهش می یابد

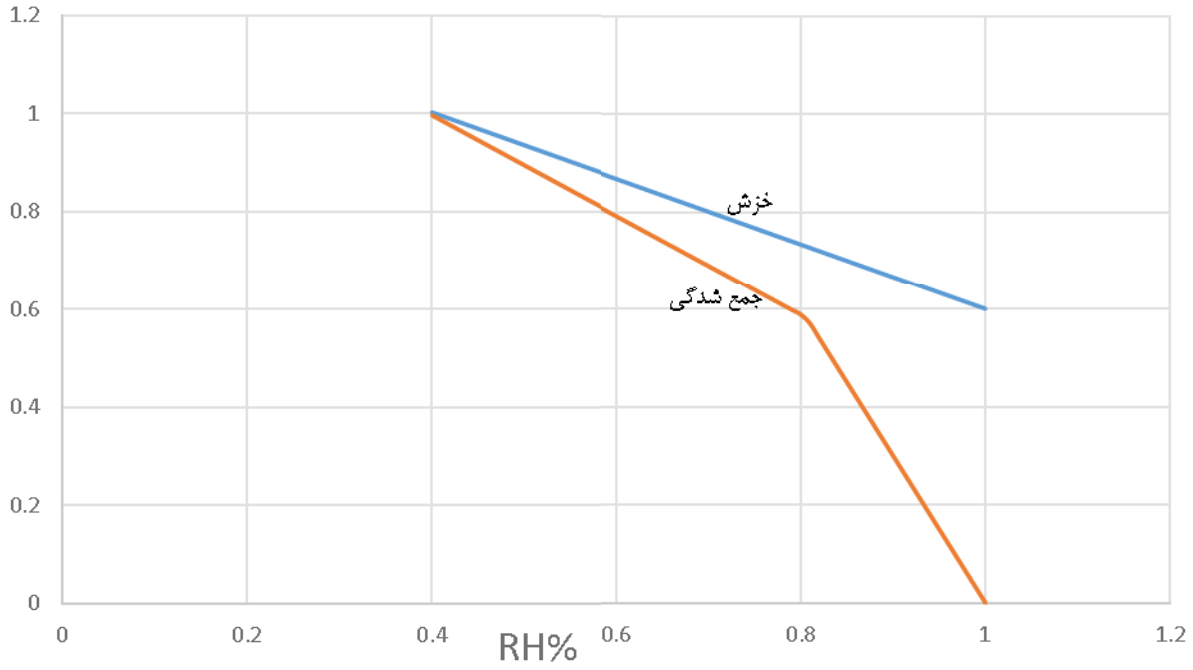
$$RH = 40\% => \gamma_{C,RH} = 1, \gamma_{sh,RH} = 1$$

$$RH = 60\% => \gamma_{C,RH} = 0.87, \gamma_{sh,RH} = 0.79$$

$$RH = 80\% => \gamma_{C,RH} = 0.73, \gamma_{sh,RH} = 0.6$$

یعنی خیز یک دال بتنی که در شهر رشت ساخته می شود (با رطوبت نسبی ۸۰ درصد) کمتر از خیز دراز مدت همان دال است که در تهران (با رطوبت نسبی ۴۰ درصد) ساخته می شود.

Etabs-SAP.ir



۴- ضریب اصلاحی اندازه (V/S)

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

$$\gamma_{sh,Vs} = 1.2e^{\{-0.00472\left(\frac{V}{S}\right)\}}$$

$$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}\left(1 + 1.13e^{\left\{-0.0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}}\right)$$

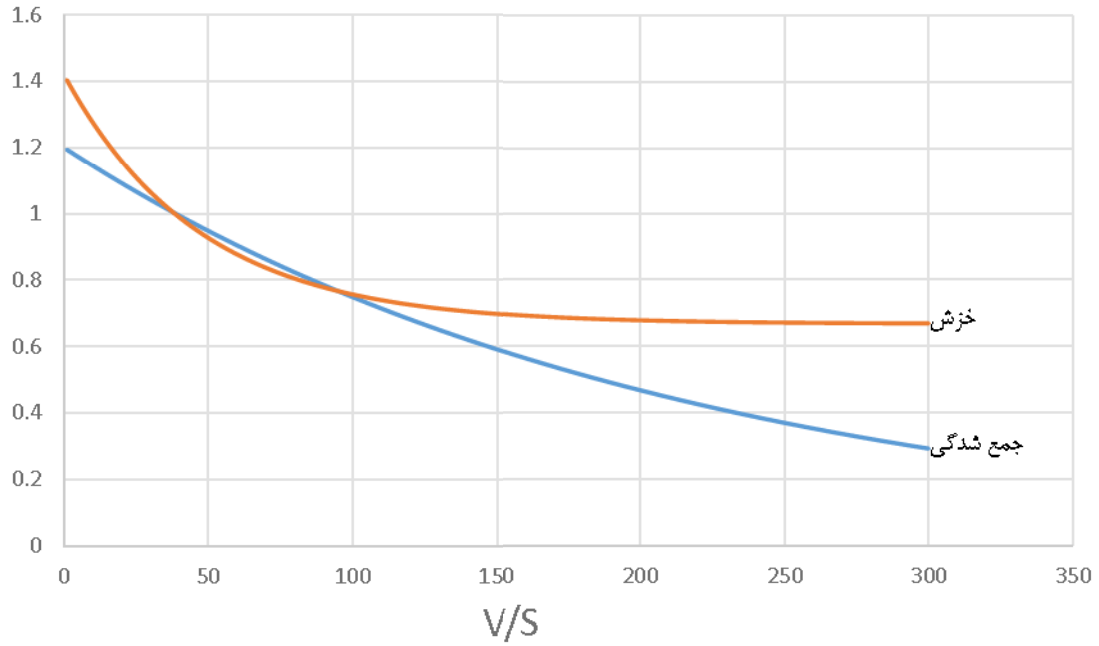
$$V/S = 75 \Rightarrow \gamma_{C,vs} = 0.82, \gamma_{sh,Vs} = 0.84$$

$$V/S = 150 \Rightarrow \gamma_{C,vs} = 0.70, \gamma_{sh,Vs} = 0.59$$

$$V/S = 300 \Rightarrow \gamma_{C,vs} = 0.67, \gamma_{sh,Vs} = 0.29$$

Etabs-SAP.ir

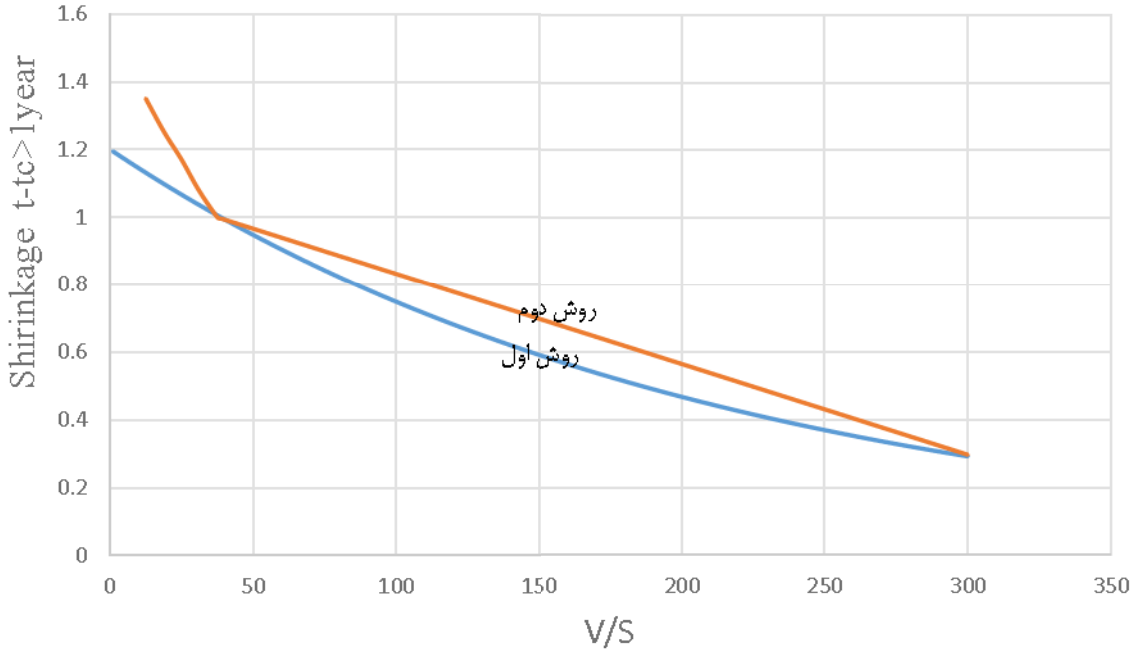
یعنی خیزدراز مدت دال به ضخامت ۳۰ سانتی متر کمتر از خیز دراز مدت دال ۱۵ سانتی متری می باشد. (برای بار مرده و زنده برابر)



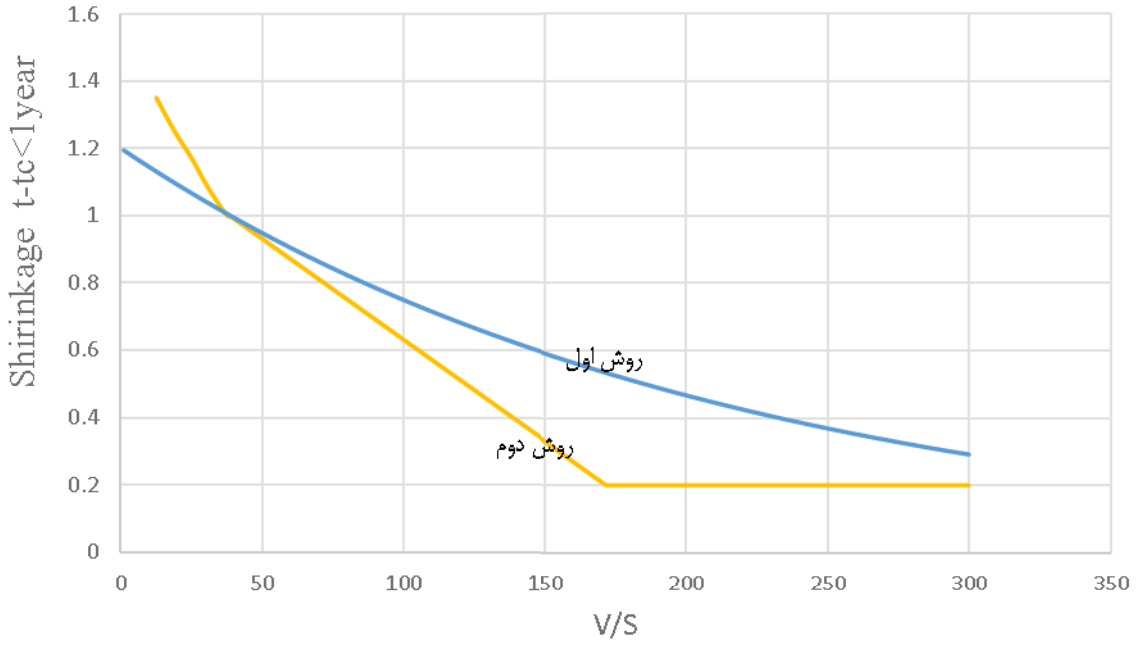
روش دوم می تواند به عنوان جایگزین روش اول استفاده گردد برای مقایسه این دو روش می توان از نمودار استفاده نمود.

مقایسه روش اول و دوم برای جمع شدگی وقتی کمتر از یکسال از انتهای عمل آوری گذشته:

Etabs-SAP.ir

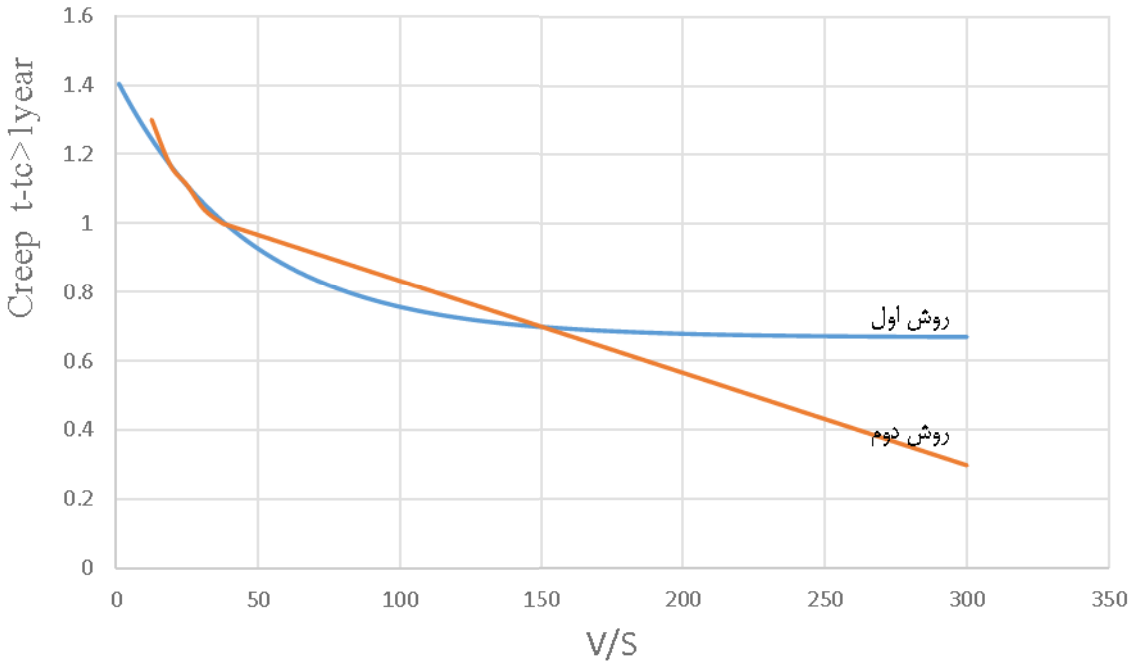


مقایسه روش اول و دوم برای جمع شدگی وقتی بیش از یکسال از انتهای عمل آوری گذشته:

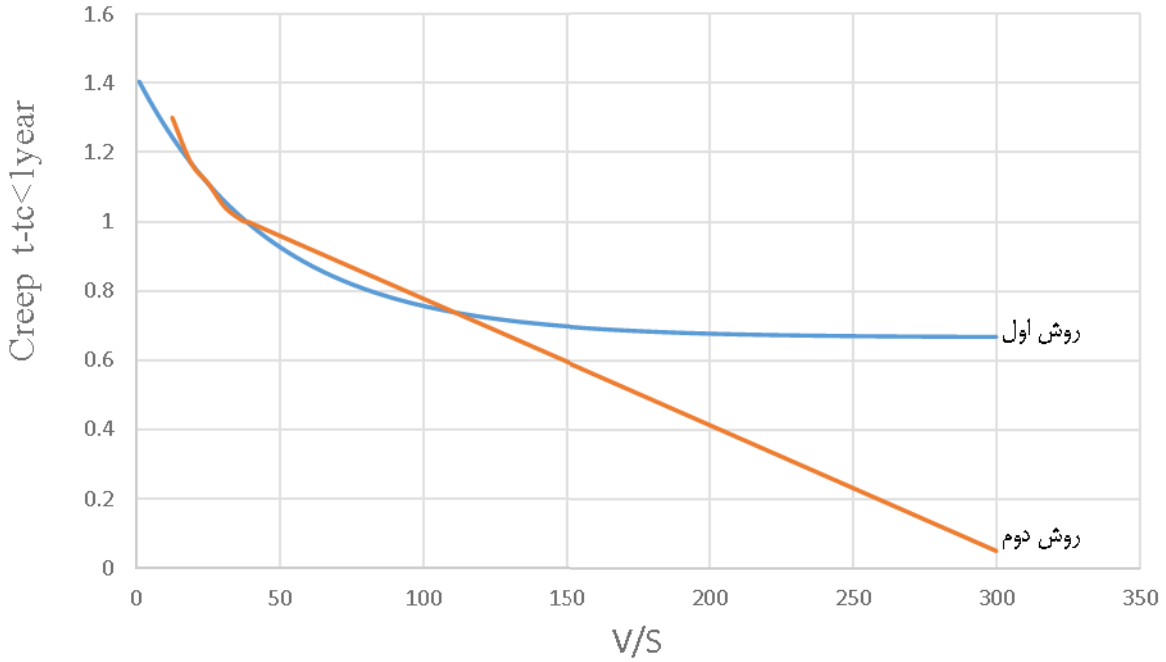


مقایسه روش اول و دوم برای خزش وقتی کمتر از یکسال از شروع بارگذاری گذشته:

Etabs-SAP.ir



مقایسه روش اول و دوم برای خزش وقتی بیشتر از یکسال از شروع بارگذاری گذشته:



۵- ضریب اصلاحی اسلامپ

Etabs-SAP.ir

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

$$\gamma_{C,S} = 0.82 + 0.00264S$$

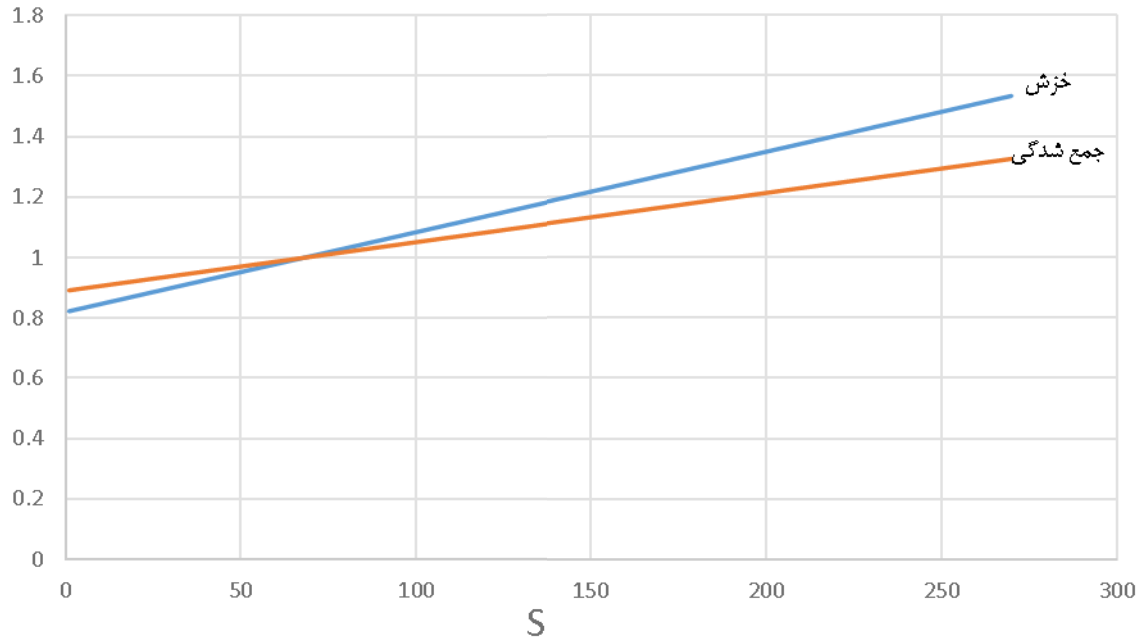
$$\gamma_{sh,s} = 0.89 + 0.00161S$$

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

$$S = 100 \Rightarrow \gamma_{C,S} = 1.08, \gamma_{sh,s} = 1.05$$

$$S = 150 \Rightarrow \gamma_{C,S} = 1.13, \gamma_{sh,s} = 1.22$$

یعنی خیز دراز مدت بتن شل بیشتر از خیز دراز مدت بتن سفت می باشد.



۶- ضریب اصلاحی ریز دانه

Etabs-SAP.ir

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

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0.30 + 0.014\Psi \qquad for\ \Psi \le 50\%$$

$$\gamma_{sh,\Psi} = 0.90 + 0.002\Psi \qquad for\ \Psi > 50\%$$

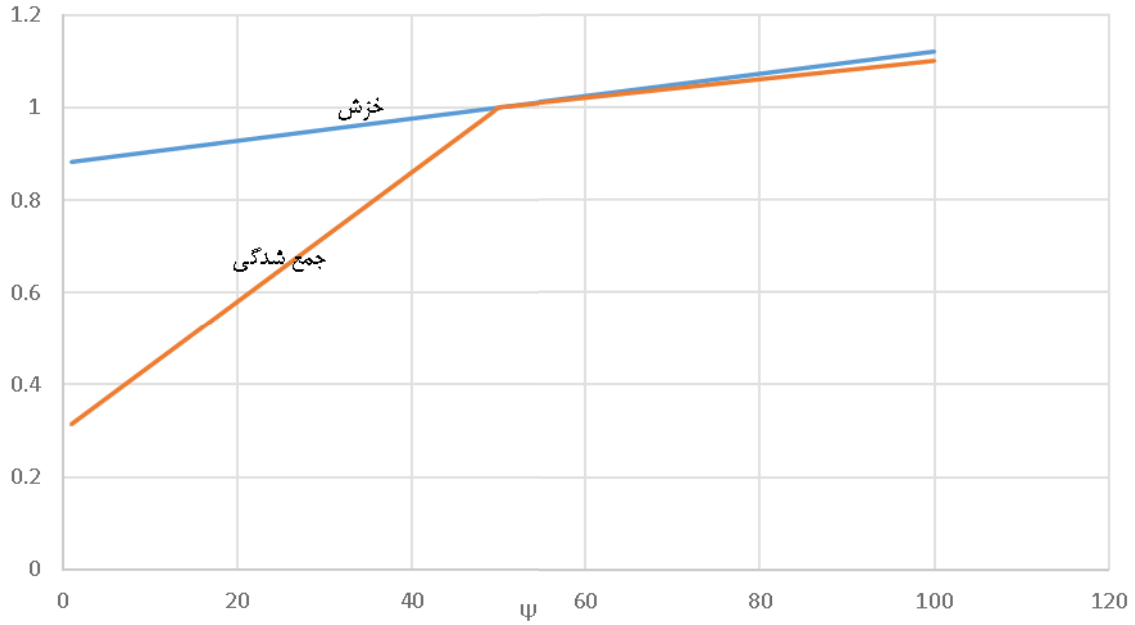
$$\gamma_{C,\Psi} = 0.88 + 0.0024\Psi$$

$$\Psi = 40\% \Rightarrow \gamma_{sh,\Psi} = 0.86, \gamma_{C,\Psi} = 0.98$$

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

$$\Psi = 60\% \Rightarrow \gamma_{sh,\Psi} = 1.02, \gamma_{C,\Psi} = 1.02$$

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



Etabs-SAP.ir

۷- ضریب اصلاحی سیمان

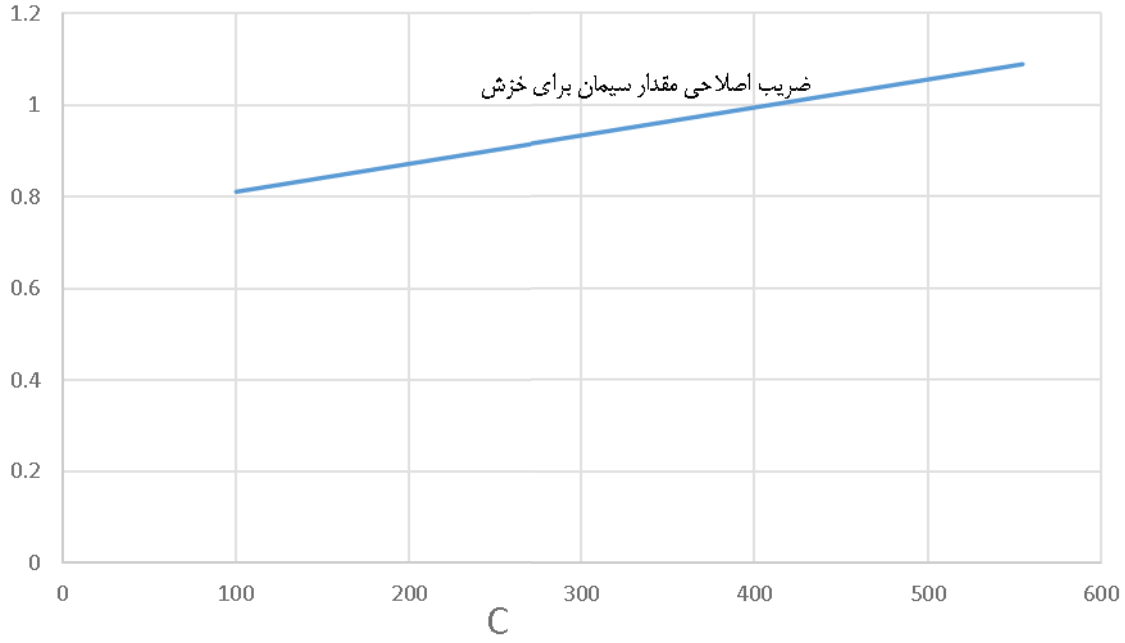
هر چه عیار سیمان بیشتر شود ضریب اصلاحی بزرگتر می شود بنابراین خیز دراز مدت افزایش می یابد

$$\gamma_{sh,C} = 0.75 + 0.00061C$$

$$C = 300\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0.93$$

$$C = 350\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0.96$$

$$C = 400\frac{kg}{m^3} => \gamma_{sh,C} = 0.99$$

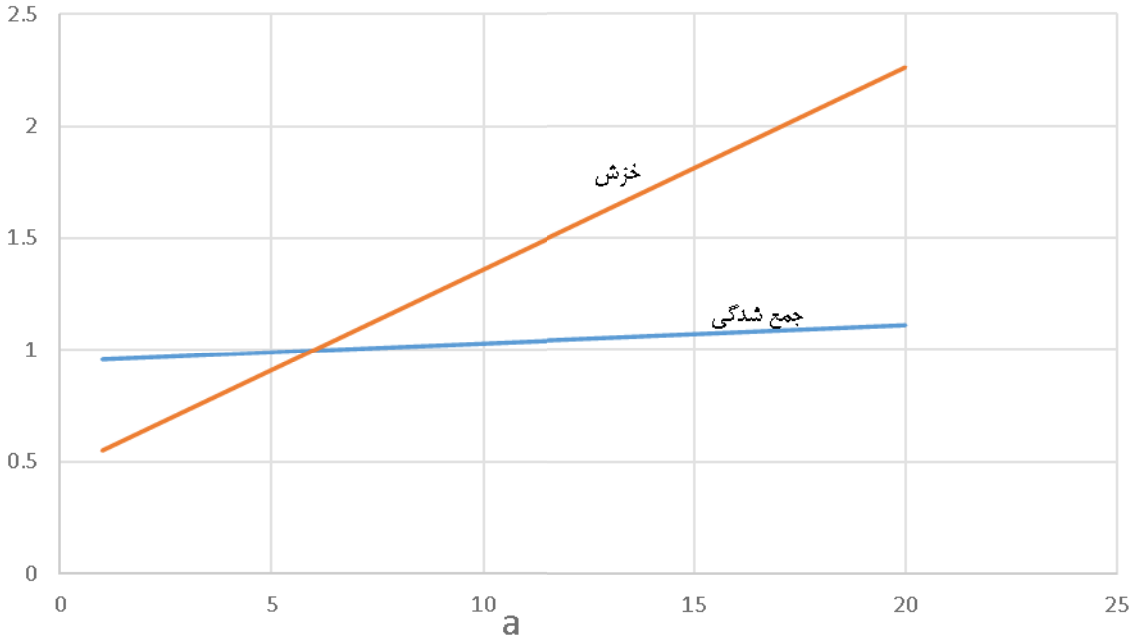


Etabs-SAP.ir

۸- ضریب اصلاح درصد هوای داخل بتن

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

$$\gamma_{sh,a} = 0.95 + 0.008a \geq 1$$
$$\gamma_{C,a} = 0.46 + 0.09a \geq 1$$
$$a = 4\% \Rightarrow \gamma_{sh,a} = 0.82, \gamma_{C,a} = 0.98$$
$$a = 6\% \Rightarrow \gamma_{sh,a} = 1, \gamma_{C,a} = 1$$
$$a = 8\% \Rightarrow \gamma_{sh,a} = 1.02, \gamma_{C,a} = 1.18$$



۹- ضریب اصلاحی سن بتن بعد از t_c روز عمل آوری وبعد از t_0 روز جمع کردن شمع ها (قبل از بارگذاری)

$$\varepsilon_{sh}(t,t_c) = \frac{(t-t_c)^{\alpha}}{f+(t-t_c)^{\alpha}} \times \varepsilon_{shu}$$
$$\alpha = 1, f = 35$$
$$\varepsilon_{shu} = 780 \times \frac{10^{-6}mm}{mm}$$

$$\Phi(t,t_0) = \frac{(t-t_0)^{\Psi}}{d+(t-t_0)^{\Psi}} \Phi_u$$
$$\Psi = 0.6, d = 10$$
$$\Phi_u = 2.35$$

Etabs-SAP.ir

این ضرایب اصلاحی ارتباطی به خیز نهایی دراز مدت ندارد بلکه برای محاسبه خیز دراز مدت تا یک زمان مشخص می باشد همانطور که گفته شد آیین نامه به ما اجازه می دهد خیز قبل از نازک کاری را از خیز نهایی کسر نماییم. هر چه این زمان طولانی تر باشد خیز دراز مدت تا این زمان بیشتر شده و از خیز نهایی کسر می شود بنابراین در نهایت به منظور کنترل تغییر شکل مفید تر می باشد به همین دلیل اگر در ساخت اسکلت بتنی خیلی سریع به نازک کاری بپردازیم احتمال ترک خوردن نازک کاری بیشتر از وقتی است که با سرعت کمتری به عملیات نازک کاری پرداخته شود.

مثال اول:

بتن ریزی در روز صفر

عمل آوری تا ۷ روز بعد از بتن ریزی

برداشتن قالب ها و شروع بارگذاری ۳۰ روز پس از بتن ریزی

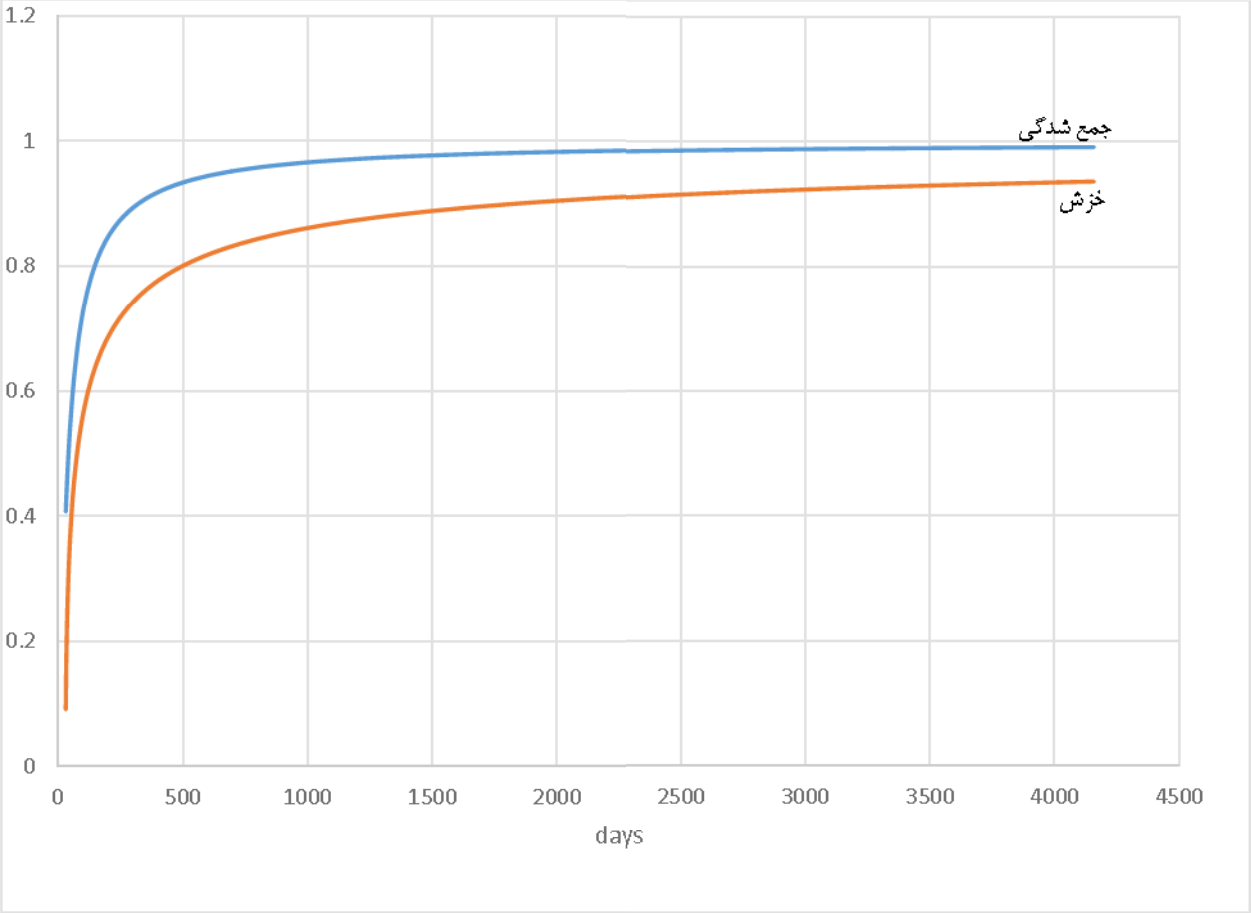
شروع عملیات نازک کاری ۱۲۰ روز پس از بتن ریزی

$$\varepsilon_{sh} = \frac{(120-7)^1}{35+(120-7)^1} = 0.76$$

$$\Phi_C = \frac{(120-30)^{0.6}}{10+(120-30)^{0.6}} = 0.6$$

این دو ضریب هر کدام جداگانه باید به ضرایب اصلاحی افت $\gamma_{sh,*}$ و ضرایب اصلاحی خزش $\gamma_{C,*}$ ضرب گردیده و برای محاسبه خیز دراز مدت در زمان t به SAFE معرفی می گردند.

Etabs-SAP.ir



مثال دوم: ضرایب C_u و ε_{sh} را برای دالی به ضخامت ۱۵ سانتی متر با شرایط ذیل محاسبه نمایید.

پارامتر های مورد نیاز:

- زمان عمل آوری برابر هفت روز فرض می شود.
- زمان شروع بارگذاری بتن (۱۵ روز)
- روش عمل آوری: مرطوب
- رطوبت محیطی برابر ۴۰ درصد
- نسبت حجم به سطح (برابر ۷۵ میلی متر)

$$V = 150 \times 1000 \times 1000 = 15 \times 10^7 mm^3$$
$$S = 2 \times 1000 \times 1000 = 2 \times 10^6 mm^3$$
$$\frac{V}{S} = 75mm$$

- اسلامپ بتن برحسب میلی متر برابر ۱۰۰ میلی متر
- در صد ریزدانه برابر ۵۰ درصد
- مقدار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب

Etabs-SAP.ir

- مقدار هوای بتن برابر ۶ درصد

الف- محاسبه ضریب اصلاحی افت یا انقباض:

۱- $\gamma_{sh,tc}$ برای عمل آوری غیر از هفت روز در عمل آوری به روش مرطوب به کار می رود

برای زمان عمل آوری مرطوب برابر هفت روز:

$$\gamma_{sh,tc} = 1$$

۲- $\gamma_{sh,RH}$ برابر است با:

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1.404 - 1.02h & for 0.4 \le h \le 0.8 \\ 3.00 - 3.0h & for\ 0.8 \le h \le 1 \end{cases}$$

برای رطوبت برابر ۴۰ درصد

$$\gamma_{sh,RH} = 1$$

۳- $\gamma_{sh,vs}$ برای در نظر گرفتن اثرات شکل و اندازه عضو است. برای نسبت حجم به سطح برابر ۷۵ میلی متر داریم:

$$\frac{V}{S} = 75mm\ , d = 300$$

$$\gamma_{sh,Vs} = 1.2e^{\{-0.00472(75)\}} = 0.84$$

به عنوان یک روش جایگزین می توان از روابط دیگری استفاده کرد که تاثیر اندازه بر کرنش نهایی را محاسبه نمود این روابط بر حسب ضخامت متوسط است

و برای ضخامت متوسط برابر ۳۰۰ میلی متر $d=4(v/s)=4x75=300\ mm$

$t - t_c < 1year$

$$\gamma_{sh,d} = 1.23 - 0.0015d = 1.23 - 0.0015 \times 300 = 0.78$$

$t - t_c > 1year$

$$\gamma_{sh,d} = 1.17 - 0.000114d = 1.17 - 0.00114 \times 300 = 0.83$$

۴- $\gamma_{sh,s}$ فاکتور اسلامپ است که S اسلامپ بتن تازه می باشد که برابر ۱۰۰ میلی متر می باشد:

$$\gamma_{sh,s} = 0.89 + 0.00161s = 0.89 + 0.00161 \times 100 = 1.05$$

۵- ضریب سنگ دانه های ریز $\gamma_{sh,\Psi}$ می باشد که Ψ نسبت وزنی ریزدانه ها به کل سنگ دانه ها می باشد که برابر ۵۰ درصد می باشد:

$$\gamma_{sh,\Psi} = 1$$

۶- $\gamma_{sh,C}$ ضریب اصلاح سیمان است که C مقدار سیمان برحسب $\frac{Kg}{m^3}$ است که برابر ۳۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب است.

$$\gamma_{sh,C} = 0.75 + 0.00061C = 0.75 + 0.00061 \times 350 = 0.96$$

۷- $\gamma_{sh,a}$ ضریب مقدار هوا می باشد که با توجه به شرایط استاندارد:

Etabs-SAP.ir

$$\gamma_{sh,a} = 1$$

ضریب اصلاح برابر است با:

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \times \gamma_{sh,RH} \times \gamma_{sh,Vs} \times \gamma_{sh,S} \times \gamma_{sh,\Psi} \times \gamma_{sh,c} \times \gamma_{sh,a} = 1 \times 1 \times 0.84 \times 1.05 \times 1 \times 0.96 \times 1 = 0.85$$

ضریبی که برای محاسبه خیز دراز مدت نهایی (زمان بی نهایت) به نرم افزار باید معرفی نمود:

$$\varepsilon_{shu} = 780\gamma_{sh} \times 10^{-6} = 780 \times 10^{-6} \times 0.85 = 663 \times 10^{-6}$$

ضریب خزش:

برای شرایط غیر از شرایط استاندارد مقدار کرنش نهایی باید در شش فاکتوری که هر کدام شرایط خاصی را در نظر می گیرد ضرب گردد.

۱- $\gamma_{c,to}$ برای بتن با سن های بارگذاری بیشتر از ۷ روز در حالت عمل آوری شده با عملیات مرطوب یا یک و سه روز برای حالت های عمل آوری با بخارکاربرد دارد برای زمان بارگذاری ۱۵ روزه داریم:

$$\gamma_{C,t0} = 1.25t_0^{-0.118} = 1.25 \times 15^{-0.118} = 0.91$$

که t_0 سن بتن قبل از شروع بارگذاری است.

۲- $\gamma_{c,RH}$ برای رطوبت ۴۰ درصد:

$$\gamma_{C,RH} = 1$$

۳- ضریب $\gamma_{c,vs}$ برای نسبت حجم به سطح برابر ۷۵ میلی متر:

$$\gamma_{C,vs} = \frac{2}{3}(1 + 1.13e^{\left\{-0.0213\left\{\frac{V}{S}\right\}\right\}} = \frac{2}{3}(1 + 1.13e^{\{-0.0213\{75\}\}} = 0.82$$

به عنوان یک روش جایگزین آیین نامه اجازه استفاده از روابط دیگری را می دهد که براساس ضخامت متوسط قطعه می باشد :

برای ضخامت متوسط بیشتر از ۱۵۰ میلی متر و نسبت حجم به سطح بیشتر از ۳۸ میلی متر از روابط زیر استفاده شود.

$t - t_c < 1year$

$$\gamma_{C,d} = 1.14 - 0.000092d = 1.14 - 0.00092 \times 300 = 0.86$$

$t - t_c > 1year$

$$\gamma_{C,d} = 1.10 - 0.00067d = 1.10 - 0.00067 \times 300 = 0.9$$

۴- $\gamma_{c,s}$ تاثیر اسلامپ بتن را نشان می دهد اسلامپ بتن تازه برابر ۱۰۰میلی متر است:

$$\gamma_{C,S} = 0.82 + 0.00264S = 0.82 + 0.00264 \times 100 = 1.08$$

۵- $\gamma_{c,\Psi}$ که Ψ نسبت وزنی ریزدانه ها به کل سنگ دانه ها می باشد که برابر ۵۰ درصد می باشد:

$$\gamma_{C,\Psi} = 0.88 + 0.0024\Psi = 0.88 + 0.0024 \times 50 = 1$$

Etabs-SAP.ir

۶- $\gamma_{c,a}$ فاکتور اصلاح درصد هوای مخلوط بتن است (a درصد هوا می باشد) با توجه به شرایط استاندارد:

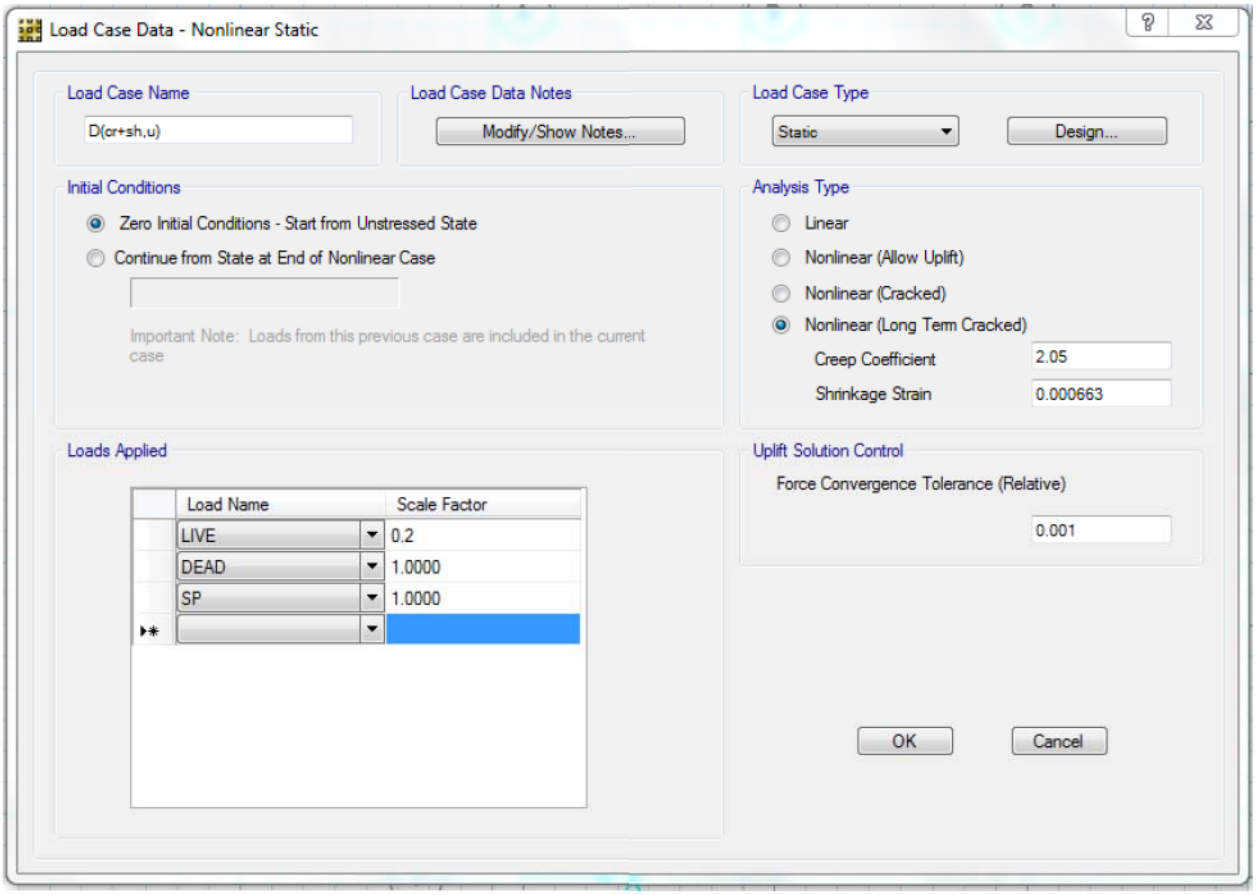
$$\gamma_{C,a} = 1$$

ضریب اصلاح:

$$\gamma_C = \gamma_{C,t0} \times \gamma_{C,RH} \times \gamma_{C,Vs} \times \gamma_{C,S} \times \gamma_{C,\Psi} \times \gamma_{C,a} = 0.91 \times 1 \times 0.82 \times 1.08 \times 1.08 \times 1 \times 1 = 0.87$$

ضریبی که برای محاسبه خیز دراز مدت نهایی (زمان بی نهایت) به نرم افزار باید معرفی نمود:

$$\Phi_u = 2.35\gamma_C = 2.35 \times 0.87 = 2.05$$



نکته بسیار مهم: خیزی که برنامه SAFE برای خیز دراز مدت نهایی اعلام می کند جمع خیز دراز مدت به علاوه خیز آنی همان ترکیب بار می باشد بنابراین خیز واقعی دراز مدت برابر است با خیز دراز مدت محاسبه شده توسط SAFE منهای خیز آنی همان ترکیب بار یعنی:

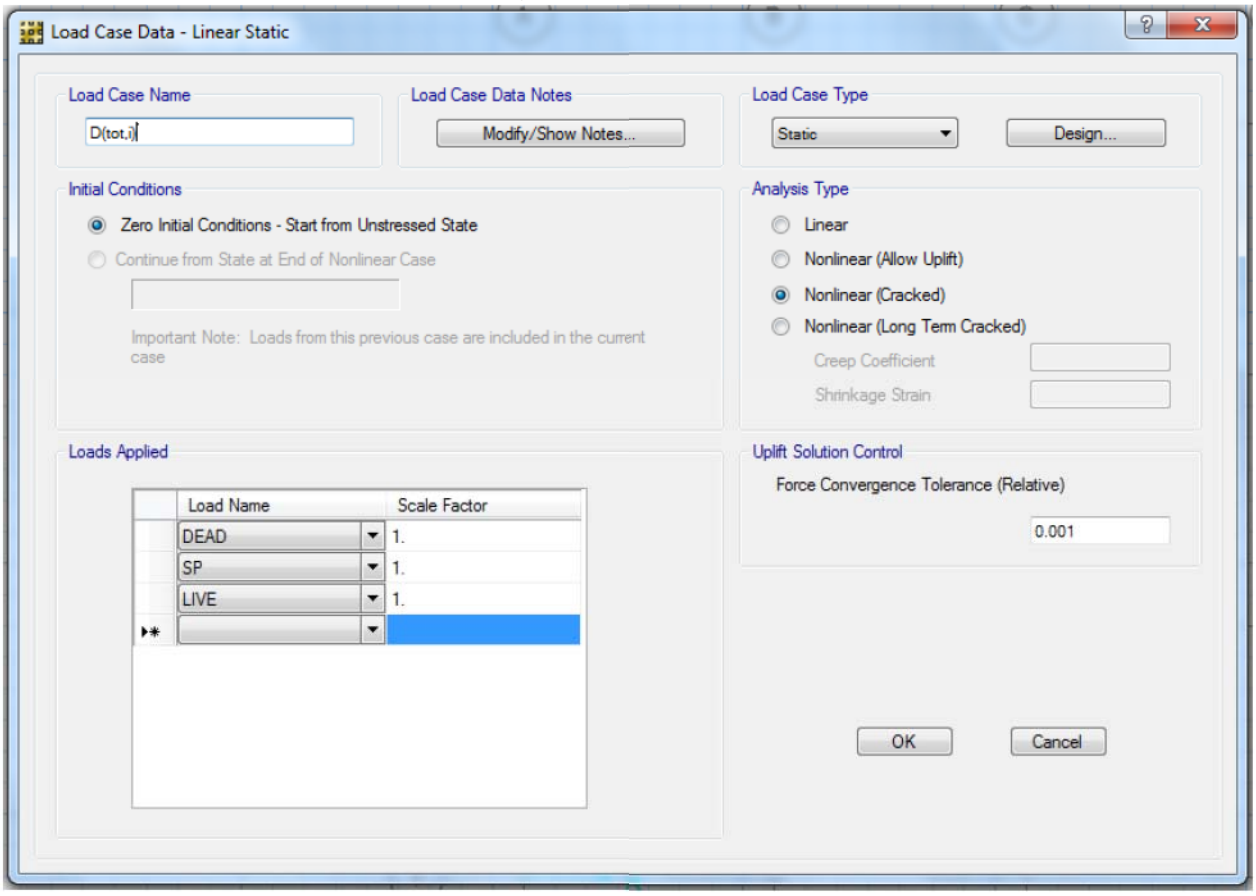
$$\text{خیز واقعی دراز مدت} = D_{cr+sh,u} - D_{sus,i}$$

Etabs-SAP.ir

بنابراین برای محاسبه تغییر شکل نهایی جمع خیز آنی و دراز مدت باید به طریق ذیل عمل کرد:

۱-محاسبه تغییر شکل آنی برای کل بار

$$D_{tot,i} = D_D + D_{SP} + D_{Live}$$

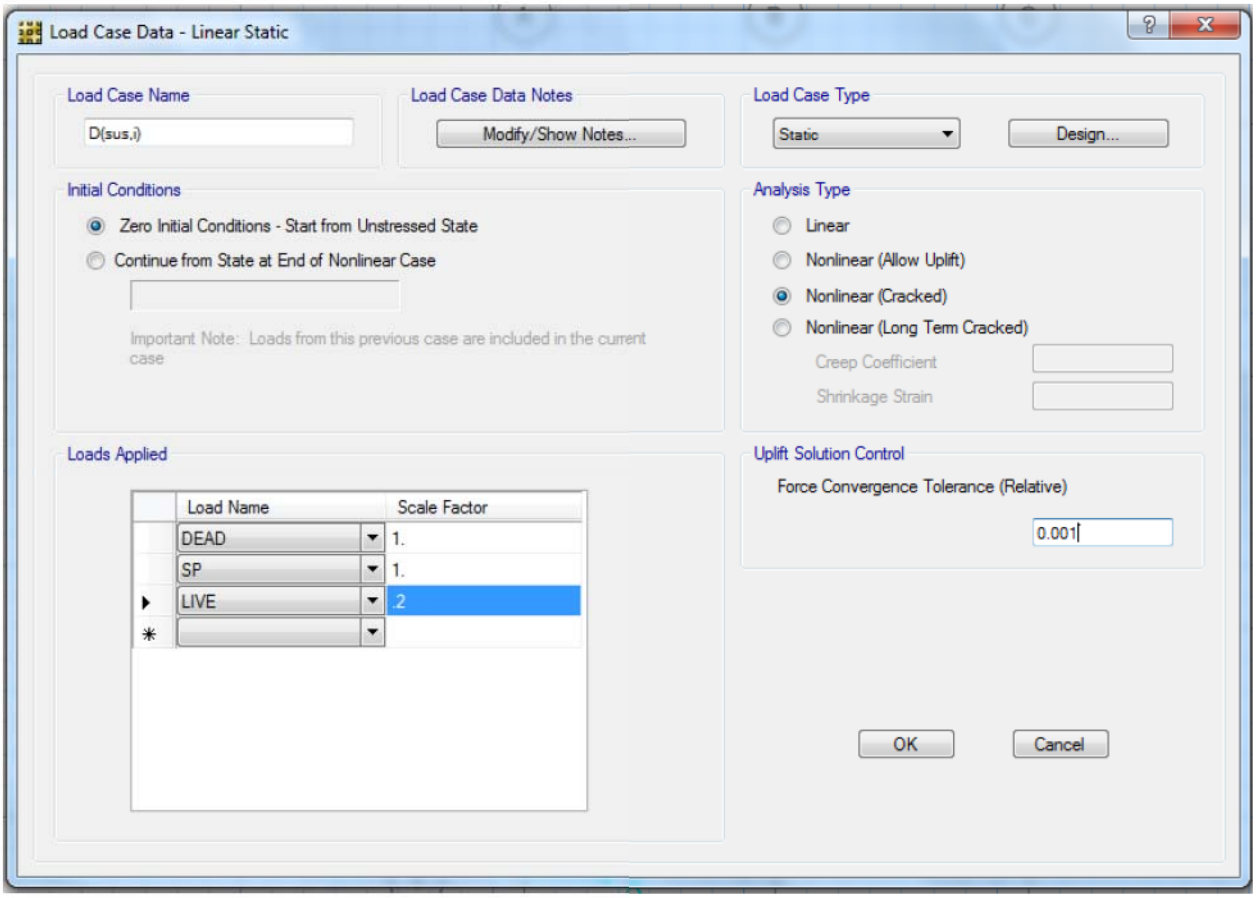


Etabs-SAP.ir

۲-محاسبه تغییر شکل آنی برای بارهای دائمی

$$D_{Sus,i} = D_D + D_{SP} + \alpha D_{Live}$$

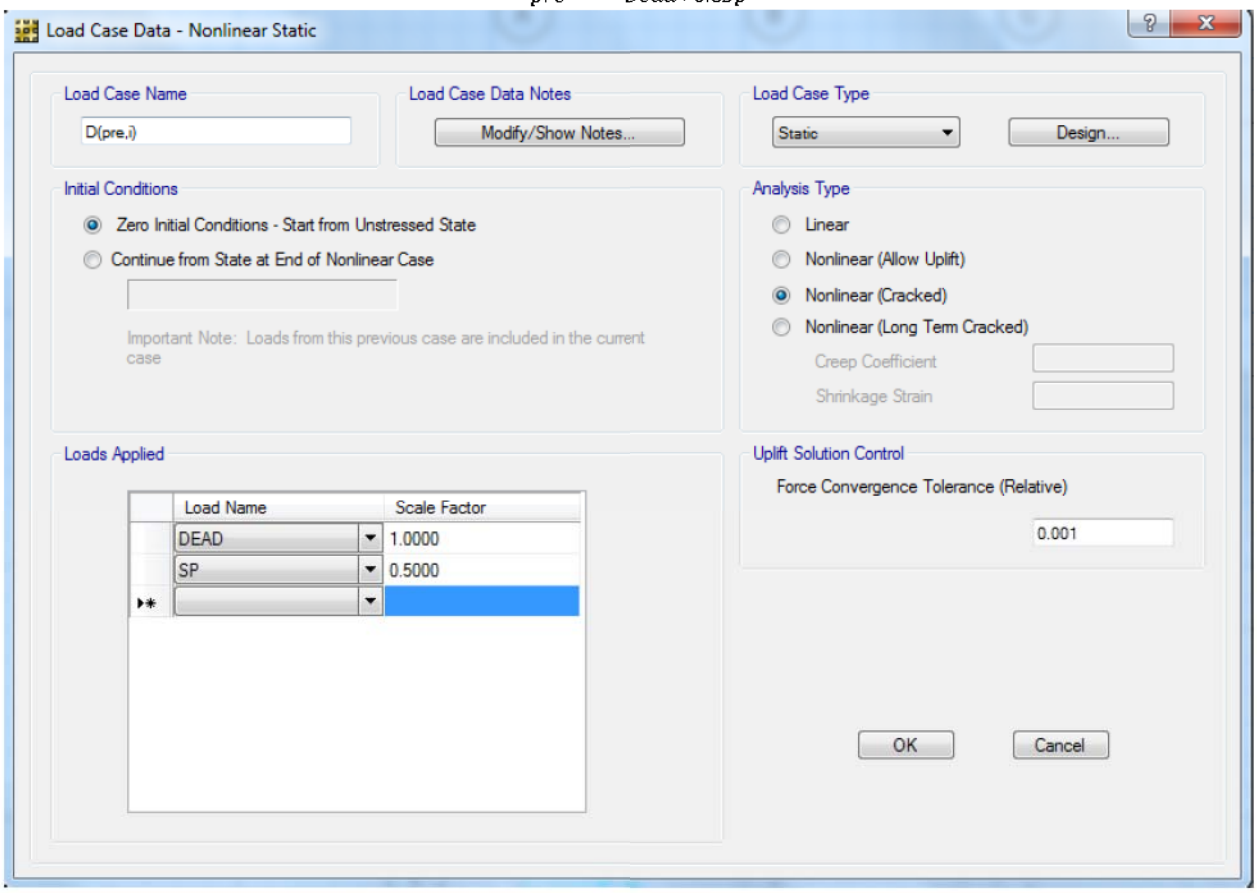
α: درصد بار زنده دائمی (۲۰ درصد عدد مناسبی است)



Etabs-SAP.ir

۳- محاسبه خیز آنی قبل از نازک کاری

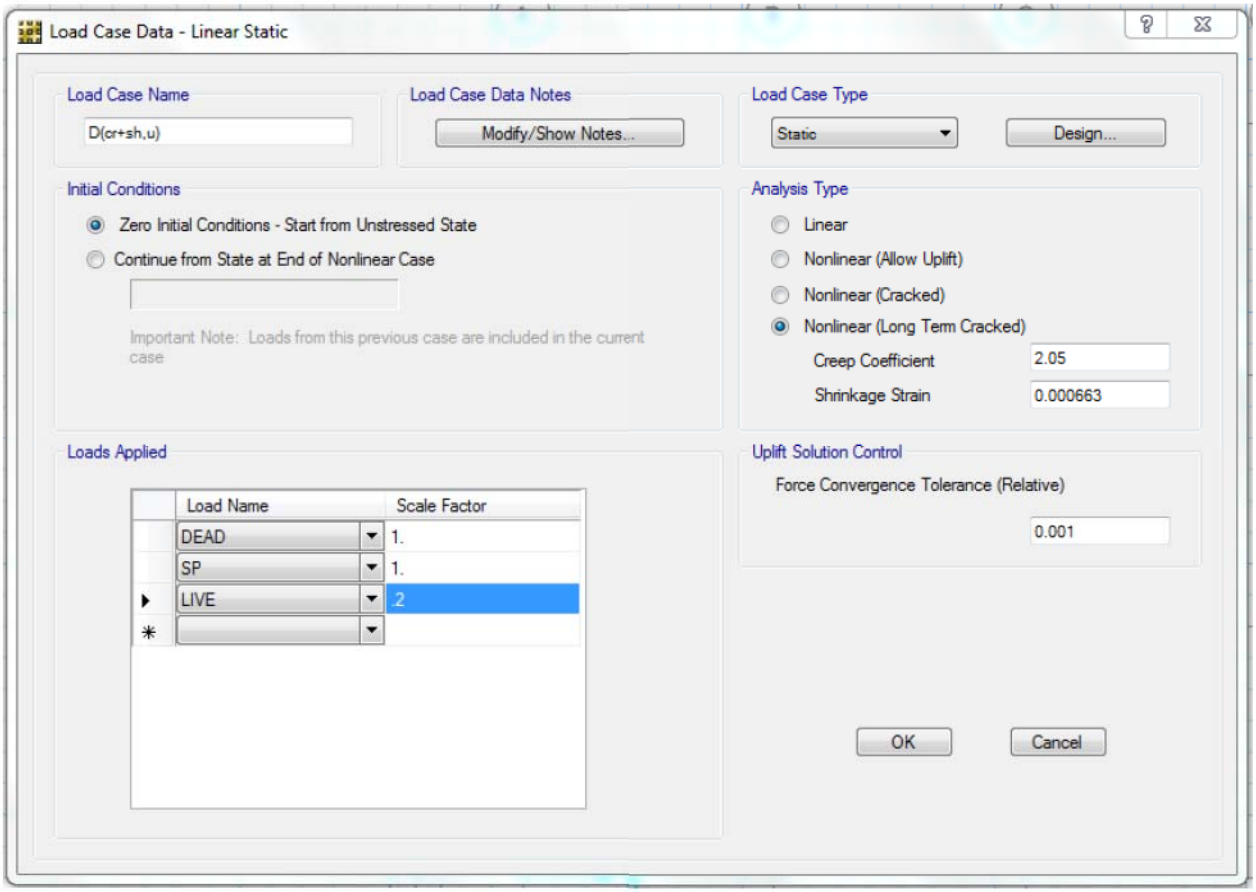
$$D_{pre} = D_{Dead+0.5Sp}$$



Etabs-SAP.ir

۴-محاسبه تغییر شکل دراز مدت بار دائمی

$D_{Cr+sh,u}$



Etabs-SAP.ir

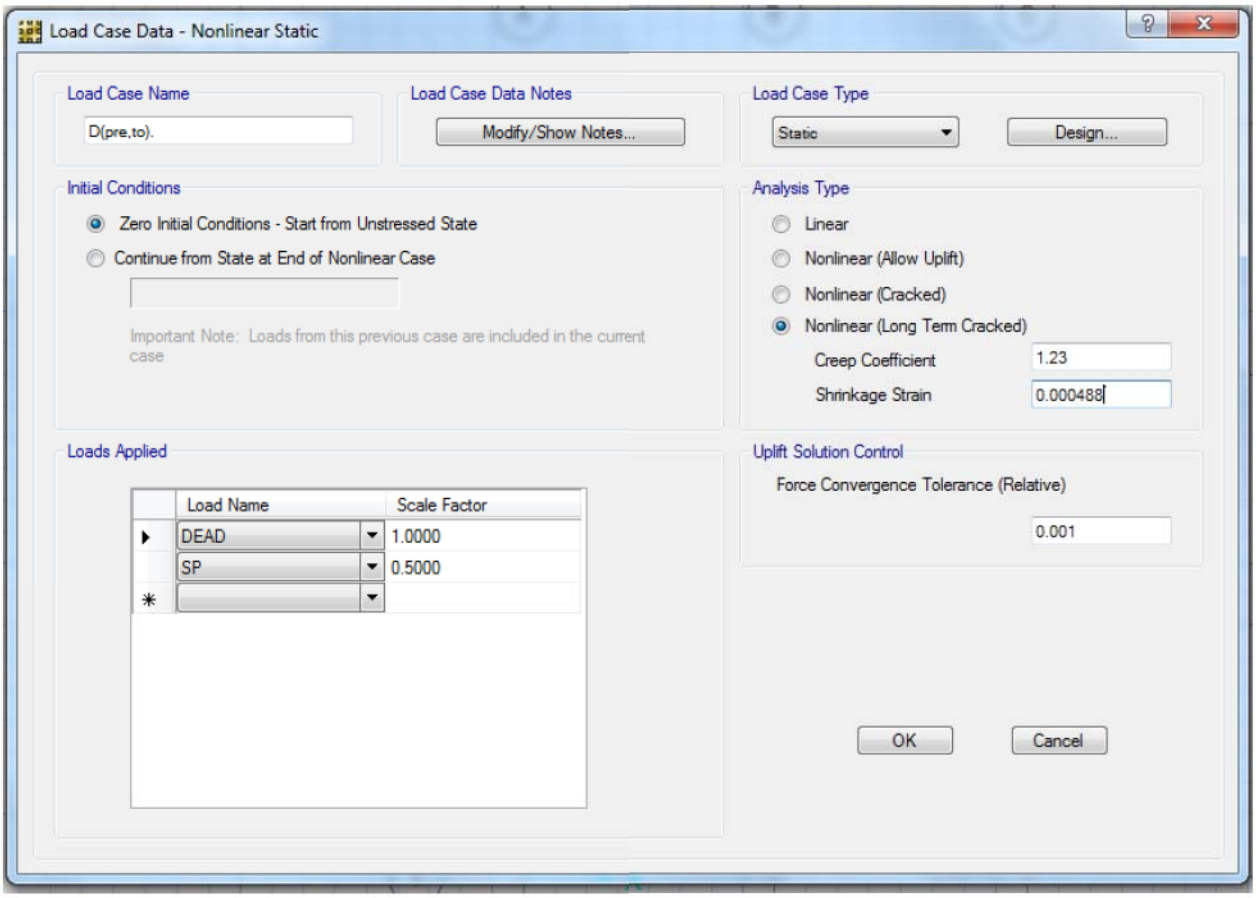
۵- محاسبه خیز دراز مدت قبل از نازک کاری: می توان فرض نمود که عملیات نازک کاری ۱۰۵ روز بعد از بتن ریزی انجام می گیرد

$$t_c = 7\ day$$

$$\varepsilon_{sh}(105,7) = \frac{105-7}{35+98} \times 0.000663 = 0.000488$$

$$t_0 = 15\ day$$

$$\Phi(105,15) = \frac{(105-15)^{0.6}}{10+(105-15)^{0.6}} \times 2.05 = 1.23$$



Etabs-SAP.ir

محاسبه خیز دراز مدت در روش جدید جمع خیز دراز مدت و خیز آنی می باشد بنابراین باید از خیز محاسبه شده توسط برنامه خیز آنی همان ترکیب بار کسر شود یعنی:

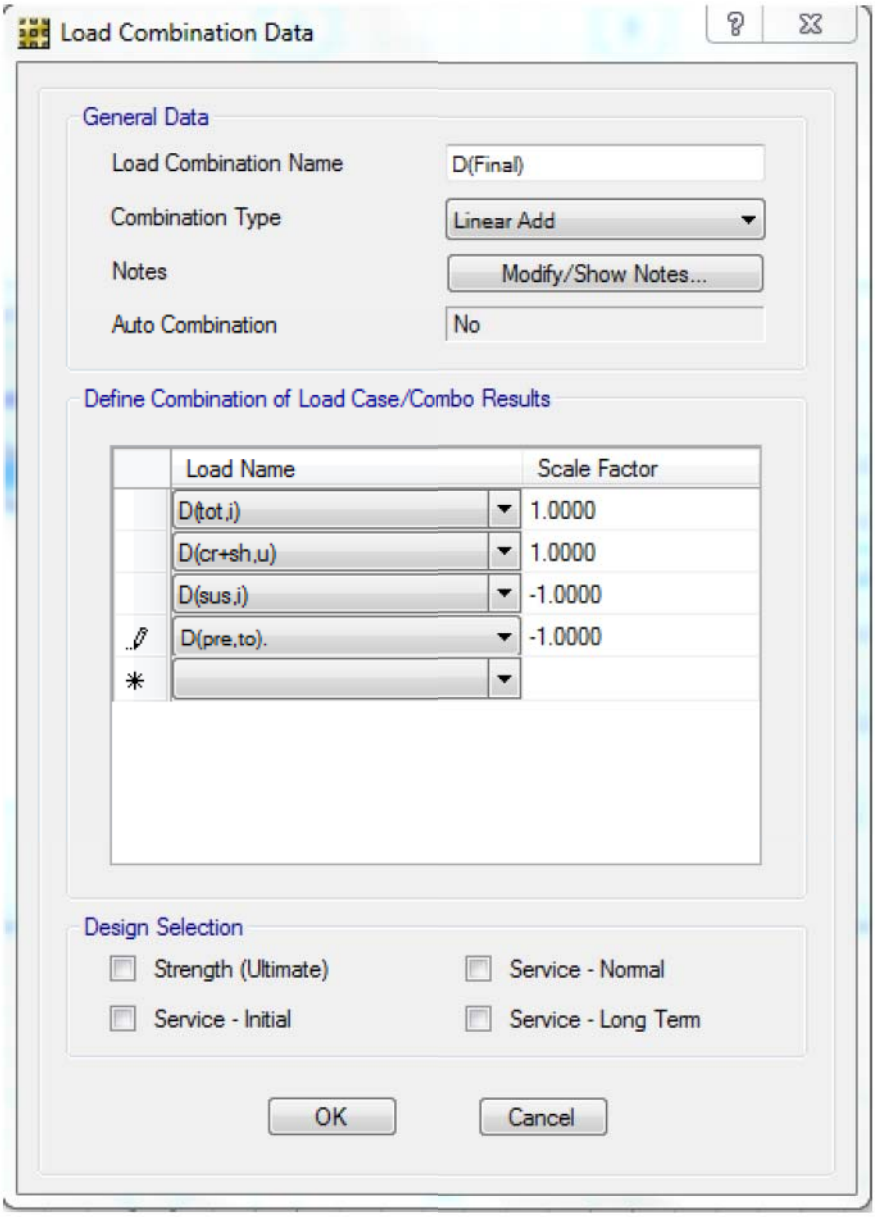
۱-خیز دراز مدت نهایی واقعی ناشی از بار دائمی برابر است با

خیز دراز مدت واقعی ناشی از بار دائمی $= D_{(cr+sh,u)} - D_{sus,i}$ (خیز محاسبه شده توسط نرم افزار)

۲-خیز درازمدت در زمان ۱۰۵ روز ناشی از بار دائمی حین نازک کاری

خیز دراز مدت واقعی ۱۰۵ روزه $= D_{(pre,to)} - D_{pre,i}$ (خیز محاسبه شده توسط نرم افزار)

Etabs-SAP.ir



$$\Delta_{Final} = D_{tot,i} + \left(D_{cr+sh,u} - D_{Sus,i}\right) - D_{pre,i} - \left(D_{pre,to} - D_{pre,i}\right) = D_{tot,i} + D_{cr+sh,u} - D_{Sus,i} - D_{pre,to}$$

حل این مثال با استفاده از روش اول :

در این روش هیچ نیازی به تعریف الگوی بار روش جدید long term و cu و sh نمیباشد. سه الگوی بار زیر مانند روش اول تعریف میگردد.

$$D_{tot,i} = D_{Dead+Sp+L}$$

$$D_{Sus,i} = D_{Dead+Sp+0.2L}$$

$$D_{pre,i} = D_{Dead+0.5Sp}$$

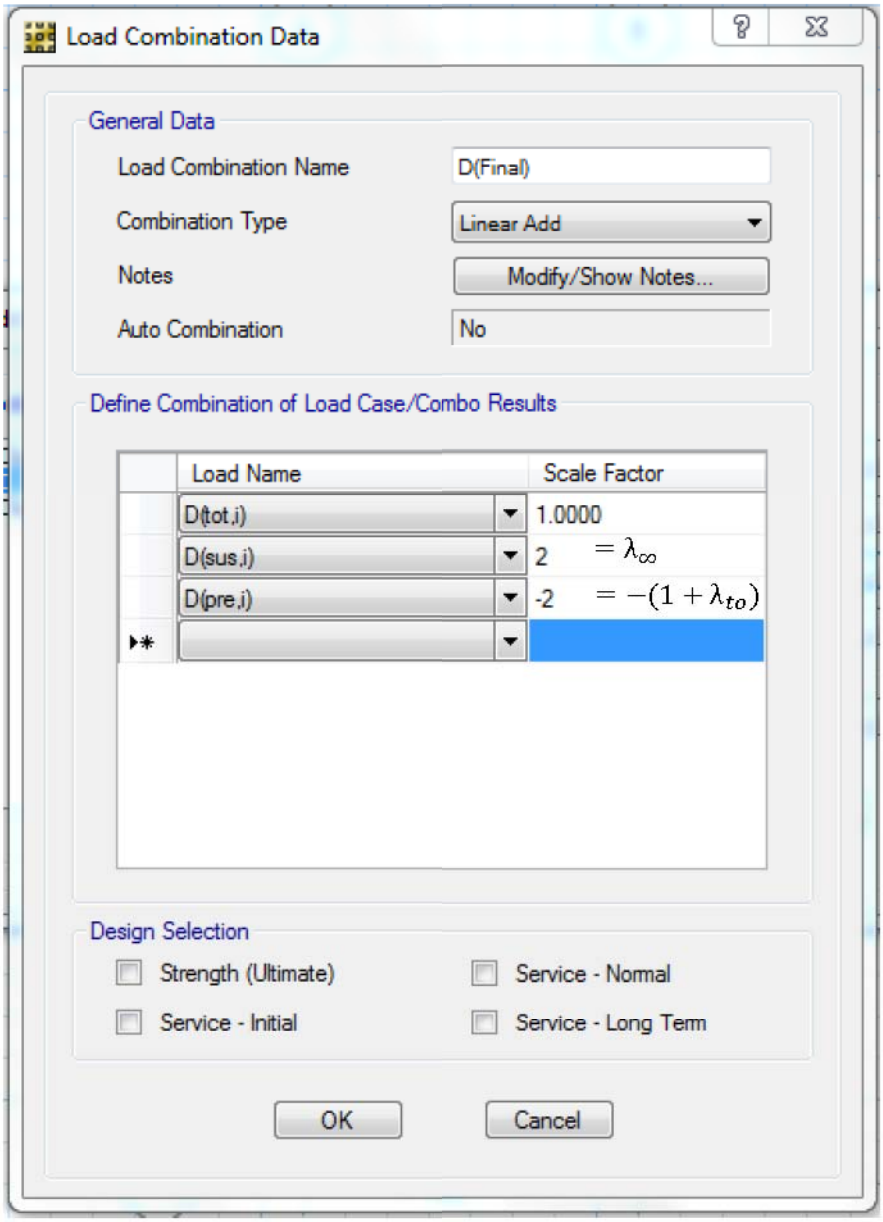
Etabs-SAP.ir

سپس پارامتر λ را برای زمان بی نهایت و سه ماه محاسبه می نماییم:

$$\lambda_{\infty} = \frac{2}{1+50\rho'}$$

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

$$\Delta_{Final} = D_{tot,i} + \lambda_{\infty} D_{Sus,i} - D_{pre,i} - \lambda_{to} D_{pre,i}$$



Etabs-SAP.ir

از تمامی همکاران و اساتید محترم تقاضا داریم ضعف ها و خطاهای این مقاله و پیشنهادات خود را برای هرچه کامل تر شدن این مجموعه به آدرس SamadAghazadeh@gmail.com ارسال نمایند.

Etabs-SAP.ir