جزوه آموزشی نحوه طراحی تیرهای کامپوزیت

در ETABS

تهیه کننده:

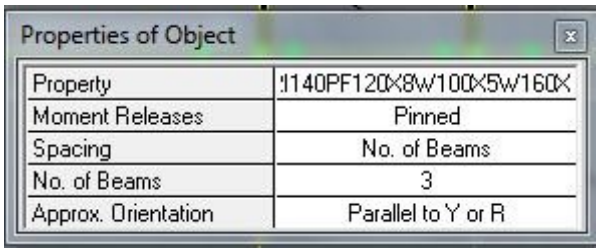
رضا سلطان آبادی

mailto:reza.civil10@gmail.com

در این جزوه سعی شده است که به صورت گام به گام و مرحله ای روش طراحی تیرهای کامپوزیت به روش تنش مجاز مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۸۷ را شرح دهیم.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

اولین مرحله در طراحی تیرهای کامپوزیت مدل کردن تیرهای کامپوزیت می باشد . برای ترسیم تیرهای کامپوزیت بر روی گزینه در نوار ابزار کناری کلیک میکنیم . سپس در پنجره پنل مربوط به تیرهای کامپوزیت در قسمت **No.of Beams** بر اساس فاصله بین دهانه ها می بایست تعداد تیرهای کامپوزیت را قرار دهیم . به عنوان پیشنهاد حداکثر فاصله بین کامپوزیت ها را بین **1** تا **1.10** متر در نظر بگیرید.



چند نکته در مورد جهت تیرهای کامپوزیت:

1- در سازه هایی که در دو طرف قاب ساده + مهار بند باشند : در این حالت ایده آل ترین حالت جهت تیر ریزی شطرنجی است . با این کار سایز اکثر تیرهای اصلی با هم تقریبا برابر خواهد بود و همچنین باعث میشود که سایز تیری به صورت غیر اجرایی بالا نرود.

2- در سازه هایی که دارای دو جهت قاب خمشی هستند : در این حالت هم ایده آل حالت شطرنجی است

3- در سازه هایی که دارای یک جهت قاب ساده + مهاربند و جهت دیگر دارای قاب خمشی هستند :در این حالت اختلاف نظر خیلی زیادی بین طراحان وجود دارد . ولی به نظر بنده با توجه به اینکه باید کنترل دریفت در جهت قاب خمشی نیز جوابگو باشد لذا باید سایز تیرهای این جهت بالا باشد پس بهتر است که جهت تیرها را در جهت قاب خمشی قرار دهید.

(یعنی تیرهای کامپوزیت بر روی تیرهای اصلی جهت قاب خمشی قرار گیرند و جوش شوند)

همچنین برای تغییر جهت تیر ها باید در کشوی **Approx.Orientation** تغییرات را اعمال نمایید .

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

در مرحله بعد می بایست مقاطع این تیرها و دال بتنی را به برنامه معرفی کنیم . برای اینکار ابتدا می بایست به چند نکته اشاره کرد:

1- مقاطع تیرهای کامپوزیت حتما می بایست از نوع I شکل باشند چون برنامه فقط مقاطع I را برای این تیرها شناسایی می کند و مقاطعی که از طریق General و یا SD تعریف شوند قابل قبول نخواهند بود.

2- برای این تیرها هم میشود از مقاطع لانه زنبوری استفاده کرد ولی از آنجا که برنامه قادر نخواهد بود این مقاطع را طراحی کند یا میتوان به صورت دستی این مقاطه را طراحی کرد و یا اینکه از مقاطع I شکل استفاده نمود . از طرفی چنانچه تیرهای اصلی هم از نوع لانه زنبوری باشند می بایست در محل اتصال تیرهای کامپوزیت به تیرهای اصلی (که لانه زنبوری هستند) در دوطرف از ورق برای پر کردن چشمه ها استفاده نمود.

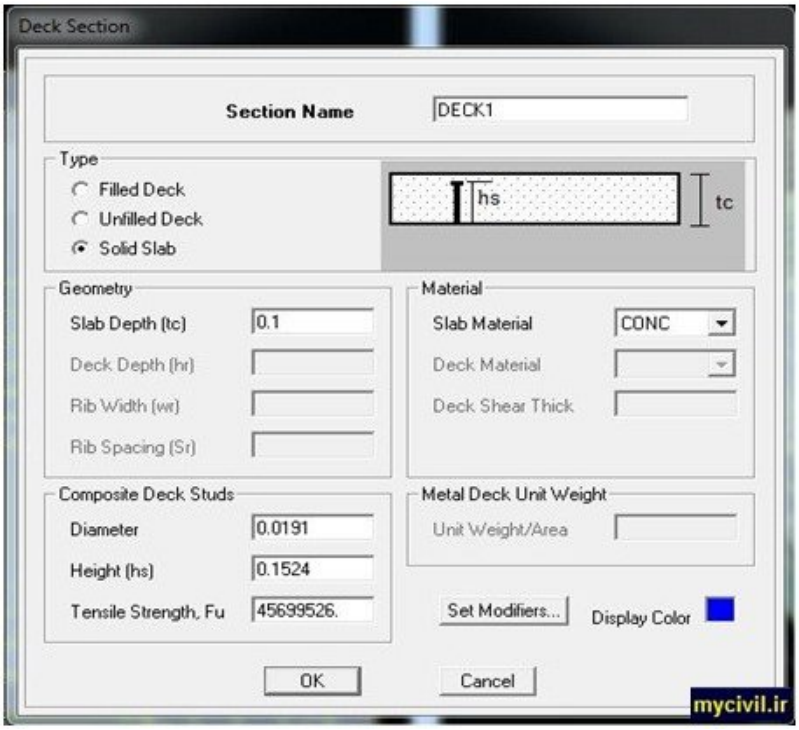
نتیجه : در آخر میتوانید تمامی مقاطع I (آی) شکل را به برنامه فراخوان کرد و از خاصیت Auto Select برای این تیرها استفاده کنید.

مقاطع کفها:

برای مقاطع کفها از منوی Define دستور Wall/Slab/Deck Sections را اجرا کرده و در پنجره ظاهر شده مقطع Deck1را انتخاب کرده و دکمه Modify/Show Section را میزنیم.

پنجره مشخصات مقطع Deck1 به صورت شکل زیر ظاهر می گردد که در این پنجره نوع عرشه را Soild Slab انتخاب نموده و در قسمت Slab Depht(tc) ضخامت بتن سقف را برابر 0.1 m انتخاب نموده و در قسمت Material گزینه Slab Materialرا بر روی Conc تنظیم میکنیم . دیگر پارامترها به صورت پیش فرض مناسب می باشد .سپس بر روی دکمه OK کلیک کرده.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



لازم به ذکر است که ضخامت گرفته شده در ابتدا یه حدس می باشد و در آخر می بایست این ضخامت را کنترل کرد.

در مرحله بعد می بایست نوع بارهایی که به سازه وارد میشود را به برنامه تعریف کنیم . در هر سازه ای ما نیاز به سه نوع بار داریم :

1- بار مرده

۲- بار زنده (با کاهش سربار و بدون کاهش سربار)

۳- بار زلزله (در هر دو جهت متعامد)گاها بار باد نیز ممکن است بحرانی شود.

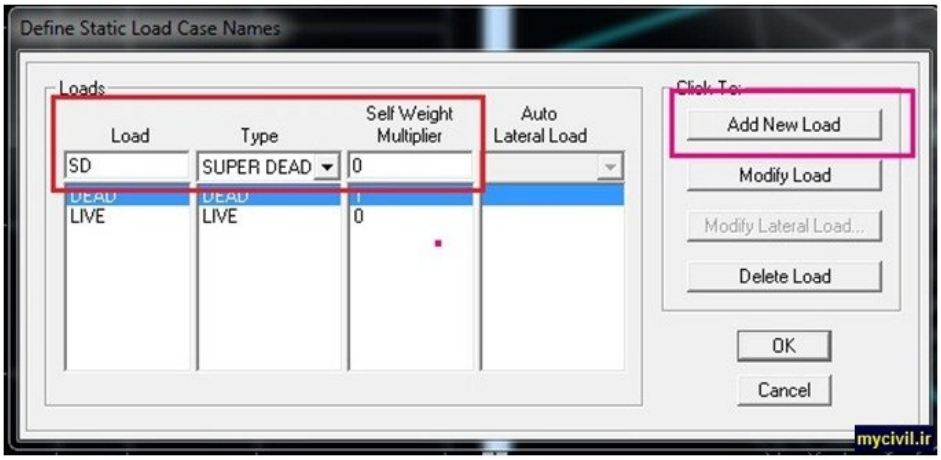
دو حالت آخر را در منابع مختلف به خوبی توضیح داده اند . و اما در مورد بار مرده در سازه هایی که دارای سقف های کامپوزیت هستند متفاوت با سازه های دیگر می باشد .تفاوت هم در نوع بار مرده است که شامل دو نوع است :

1- بار مرده گروه اول : شامل وزن تیرها و دال بتنی قبل از گیرش می باشد و از نوع **Dead** تعریف میکنیم

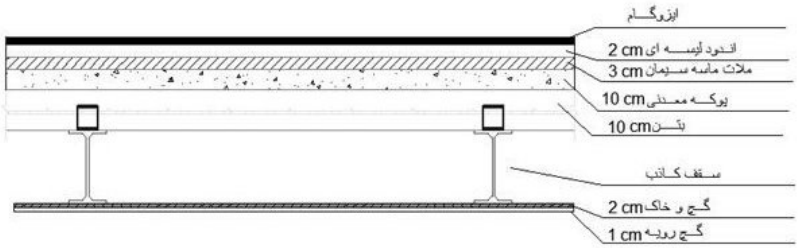
2- بار مرده گروه دوم : بارهایی که بعد از سخت شدن دال به کف وارد می شوند شامل وزن کف سازی + وزن نازک کاری + بار معادل تیغه بندی ها و از نوع(**SD (Super Dead** تعریف می شوند .

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

نکته : ما در محاسبه وزن سقف در طبقات و بام ها نباید وزن دال و وزن تیرها را در نظر بگیریم زیرا برنامه وزن این دو جزء را به صورت خودکار محاسبه میکند . همچنین در تعریف بار SD در قسمت Self Weight Multiplier ضریب صفر را به صورت پیش فرض می پذیریم چونکه این بار به صورت خارجی به برنامه تعریف میگردد.



۲-۱-۱-۴: محاسبه بار مرده سقف بام: (سقف از نوع کامپوزیت)

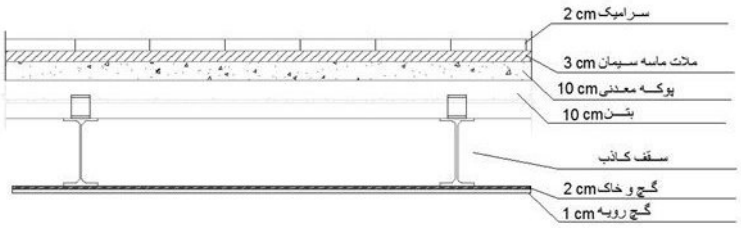


نام بار	ضخامت m	وزن مخصوص	وزن واحد سطح
ایزوگام	----	----	15
اندود لیسه ای	0.02	2100	42
ملات ماسه سیمان	0.03	2100	63
پوکه معدنی	0.1	600	60
سقف کاذب	----	----	30
اندود گچ و خاک	0.02	1600	32
اندود گچ رویه	0.01	1300	13
جمع کل :			250 Kg/m²

mycivil.ir

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

۲-۱-۱-۵: محاسبه بار مرده سقف طبقات : (سقف از نوع کامپوزیت)



نام بار	ضخامت m	وزن مخصوص	وزن واحد سطح
سرامیک	0.02	2100	42
ملات ماسه سیمان	0.03	2100	63
پوکه معدنی	0.1	600	60
سقف کاذب	----	----	30
اندود گچ و خاک	0.02	1600	32
اندود گچ رویه	0.01	1300	13
جمع کل :			230 Kg/m²

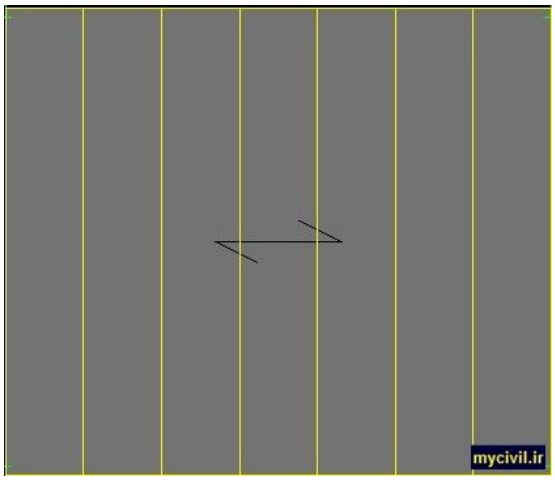
$SD = 230\ Kg/m^2$

mycivil.ir

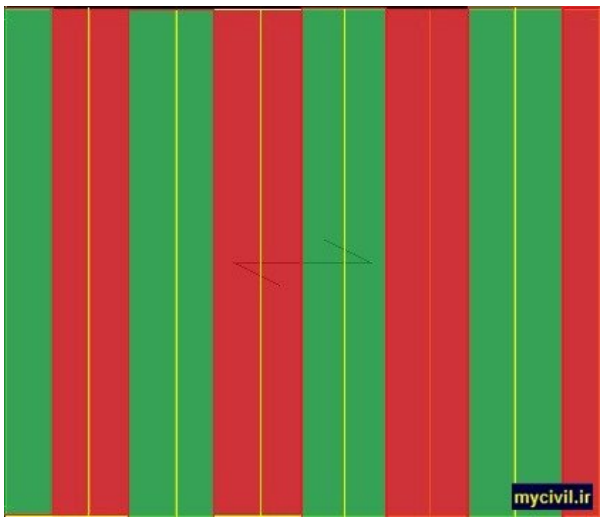
بعد از مدل کردن تیرهای کامپوزیت حال می بایست کف **(Deck)** را بر روی این تیرها مدل کنیم . نوع و ضخامت کف را قبلا توضیح دادیم که باید چگونه به برنامه معرفی کنیم . حال نکته اینجاست که می بایست جهت توزیع بار را چگونه تعیین کنیم ؟؟

در پاسخ به سوال بالا باید دقت شود که حتما جهت توزیع بار می بایست عمود بر جهت تیرهای کامپوزیت باشد . همانند شکل زیر:

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



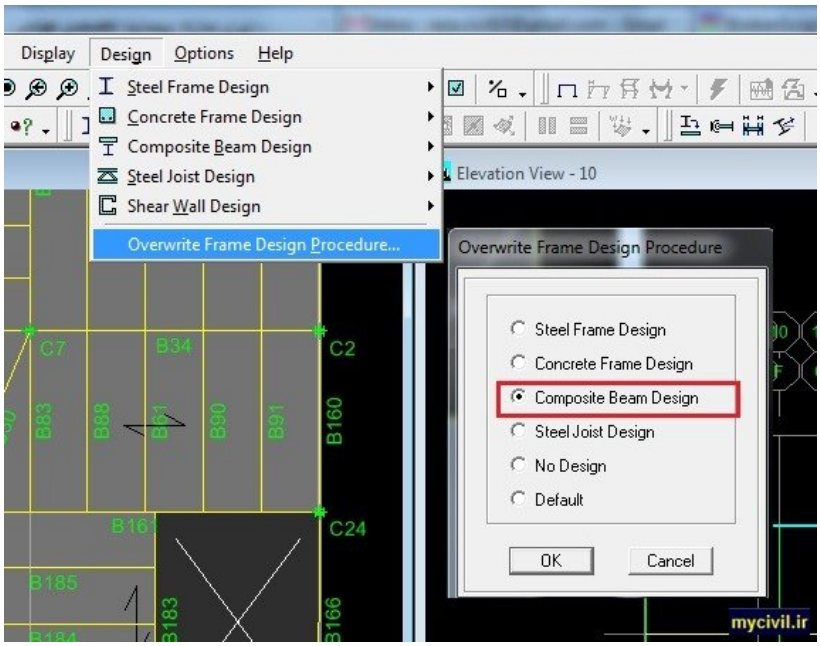
دلیل این کار هم اینست که ما انتظاری که از تیرهای کامپوزیت داریم اینه که بار سقفها را تحمل و به تیرهای اصلی) پلها) انتقال دارد . خب برای اینکار برای اینکه هر تیر کامپوزیت سهمی از بار سقف داشته باشد باید جهت توزیع بار عمود بر تیرهای کامپوزیت باشد.



بعد از اتمام تمامی مراحل مدل کردن حال می بایست به برنامه تعریف کنیم که این تیرها را از نوع کامپوزیت طراحی کند . برای اینکار کافی است که تمامی تیرهای کامپوزیت را انتخاب میکنیم سپس به قسمت :

Design>Overwrite Frame Design Produre رفته و گزینه کامپوزیت را انتخاب میکنیم (همانند شکل زیر)

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



البته میتوان تیرهای اصلی را نیز به برنامه از نوع کامپوزیت تعیرف کنیم و از برش گیر برای اتصال بهتر بتن با تیرهای اصلی استفاده کنیم فقط در حالت تیرهای متصل به بادبند های **EBF** (برون محور) مجاز نیستیم که از نوع کامپوزیت طراحی شوند.

حال نوبت به مرحله تنظیمات کلی طراحی تیرهای کامپوزیت میرسد . برای این کار می بایست از منوی **Options** زیر منوی **Preferences>Composite Beam Design**را اجرا کنیم . در این مرحله پنجره ای جدید باز میشود که می بایست تنظیمات کلی تیرهای کامپوزیت را به برنامه تعریف کنیم . بدین شرح است:

1- بتدا در قسمت **Design Code** می بایست آیین نامه مورد قبول خود را انتخاب کرد . بهترین آیین نامه از بین آیین نامه های موجود آیین نامه **AISC-ASD89** می باشد چونکه تطابق قابل قبولی به مبحث دهم ویرایش ۸۷ دارد.

2- در تب **Beam** تنظیمات را مطابق شکل زیر وارد میکنیم .

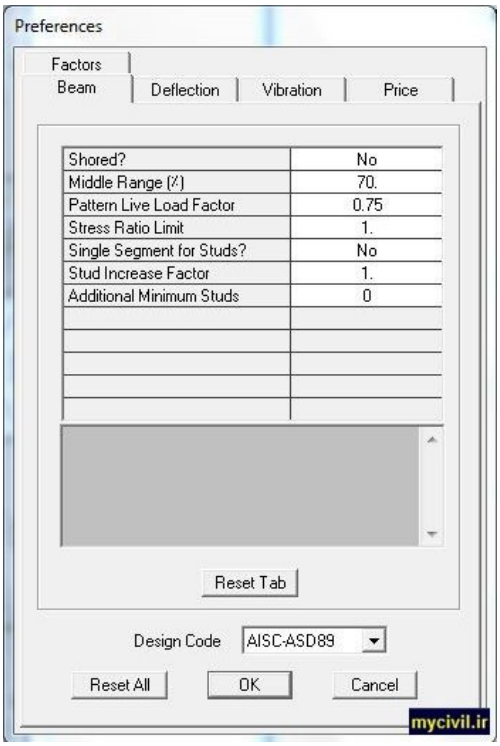
توضیحات :

Shored? =بستگی به وجود پایه موقت دارد . اگر از پایه موقت استفاده نشود می بایست گزینه **NO** را انتخاب کنیم.

Middle Range=این گرینه به صورت پیش فرض بر روی **70** درصد می باشد به این معنی است که **15** درصد ابتدا و انتهای تیرهای کامپوزیت عملکرد مختلط ندارند (البته جهت محافظه کارانه است)

بقیه پارامترها به صورت پیش فرض قابل قبول هستند.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



3- در تب **Deflection** تنظیمات را مطابق شکل زیر وارد می کنیم.

توضیحات:

در گزینه اول که مربوط به محدود کردن خیز تیرها می باشد عدد صفر مناسب بوده.

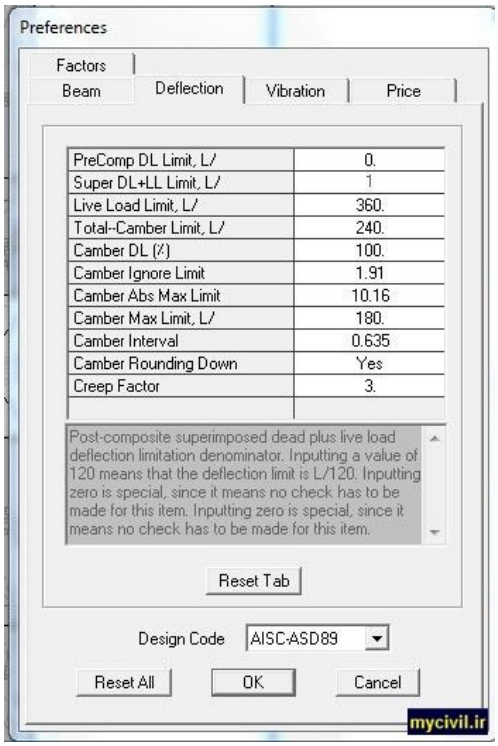
گزینه دوم در مبحث دهم وجود نداشته و بهتر است که عدد **1** ویرایش گردد تا برنامه این محدودیت را در نظر نگیرد.

دو گزینه بعدی که مربوط به محدود کردن خیز در تیرها تحت بار زنده می باشد که مطابق مبحث دهم می بایست **L/360** و برای بار مرده + زنده باید **L/240** اختیار گردد.

گزینه آخر **Creep Factor** در نظر گرفتن اثر خزش در بتن است که مطابق مبحث دهم زمانی که این اثر در نظر گرفته میشود بجای ضریب تبدیل **n** از ضریب تبدیل **3n** استفاده میشود .پس این گزینه را باید عدد **3** وارد کنیم.

سایر پارامترها به صورت پیش فرض مناسب بوده و نیازی به ویرایش ندارد.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



با دیگر تب ها کاری نداریم و بر روی دکمه **OK** کلیک میکنیم.

بعد از انجام عمل تحلیل سازه حال می بایست تنظیمات قبل از طراحی تیرهای کامپوزیت را انجام دهید . برای این کار ابتدا باید تمامی تیرهای کامپوزیت را در تمامی طبقات انتخاب کنیم . سپس به تب **Design** رفته و به قسمت : **Composite Beam Design>View/Revise Overwrites** مراجعه میکنیم . مانند حالت تنظیمات کلی یک پنجره جدید باز می شود که دارای تب های متفاوتی می باشد که در زیر موارد مهم آن را توضیح میدهیم:

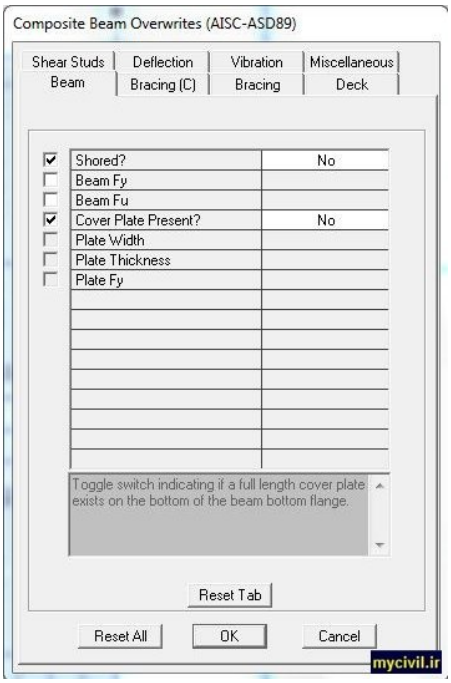
تب:Beam

Shored؟ = مربوط به پایه موقت می باشد که در صورت عدم استفاده از پایه موقت باید گزینه **NO** را انتخاب کنیم.

Beam Fyو **Beam Fu** = این دو گزینه را در ابتدای پروژه در قسمت تعریف مشخصات مصالح به برنامه تعریف کرده ایم و نیازی به تغییر دادن ندارند.

Cover Plate Prezent? = این گزینه مربوط به ورق تقویت در بال پایین می باشد و در ابتدا ما عدم استفاده از ورق تقویت را فرض میکنیم و به این خاطر فعلا گزینه **NO** را انتخاب می کنیم . زمانی که عدم استفاده از ورق تقویت را به برنامه تعریف کنیم سه گزینه آخر که مربوط به مشخصات ورق تقویت است غیر فعال می باشند.

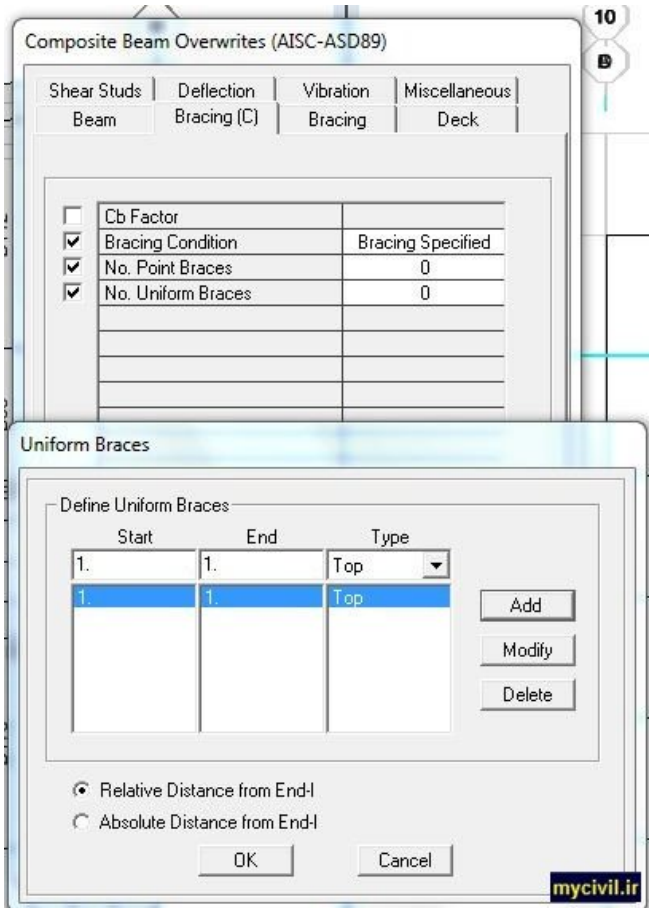
Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



تب: Bracing©

این تب مربوط به مهار تیرهای کامپوزیت در هنگام بتن ریزی می باشد . ما فرض میکنیم که قالبها شرط مهار شدن تیرهای کامپوزیت را قبل از بتن ریزی ارضاء میکنند . برای همین می بایست گزینه **Bracing Condition** را فعال کرده و در کشوی مقابل آن گزینه **Bracing Specified** (مهار تعیین شده) را انتخاب کنیم .بعد از انتخاب گزینه **Bracing Specified** دو گزینه دیگر اضافه می شوند .هر دو گزینه را فعال کرده و یک بار در کشوی مقابل گزینه **No.Uniform Braces** کلیک کرده تا پنجره جدید مطابق شکل زیر باز شود . در این پنجره می بایست نحوه مهار تیرها را تعریف کنیم . برای این کار کافی است که در دو قسمت **Start** و **End** عدد یک را وارد کنیم و بر روی دکمه **Add** کلیلک کنیم و سپس بر روی دکمه **Ok** کلیک میکنیم.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



دو تب **Bracing** و **Deck** به صورت پیش فرض مناسب هستند و نیازی به تغییرات ندارند.

تب : **Shear Studs** (مربوط به تنظیمات برش گیر ها)

برای طراحی برشگیرها دو حالت وجود دارد . یکی اینکه اجازه بدهیم تا برنامه برشگیرها را طراحی کند و روش دیگر اینست که ما یک نوع برشگیر با مقاومت مشخص و فاصله یکنواخت تعریف کنیم تا برنامه فقط کنترل کند که آیا برشگیر انتخاب شده مناسب هستند یا خیر !!

با توجه به حالت اول (حالتی که برنامه برشگیرها را طراحی کند) مطمئنن تنوع برشگیرها بسیار زیاد خواهد شد (به خصوص در سازه هایی با تعداد طبقات بالاتر) لذا هم تهیه نقشه های اجرایی سخت خواهد بود و هم اجرای آن توسط جوشکاران .به این خاطر بنده راهکار دوم را پیشنهاد میکنم . به این خاطر که ما فقط از یک نوع برشگیر و با یک فاصله معیین در کل سازه استفاده میکنیم و برنامه مطابق آن پروفیل مورد نظر را انتخاب میکند .

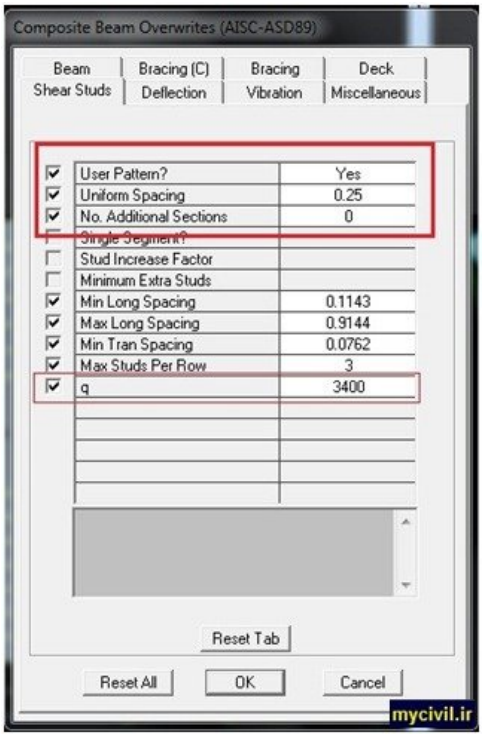
فرض میکنیم که از ناودانی نمره **6** به طول **5cm** و فواصل یکسان **25 cm** برای برشگیرها استفاده میکنیم . مقدار **q** از رابطه زیر بدست می آید :

مطابق جدول ۱۰-۱-۹-۱ مبحث دهم برای بتن با مقاومت فشاری **200 Kg/cm²** :

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

q = 0.68 W = 0.68 x 5 = 3.4 t = 3400 Kg

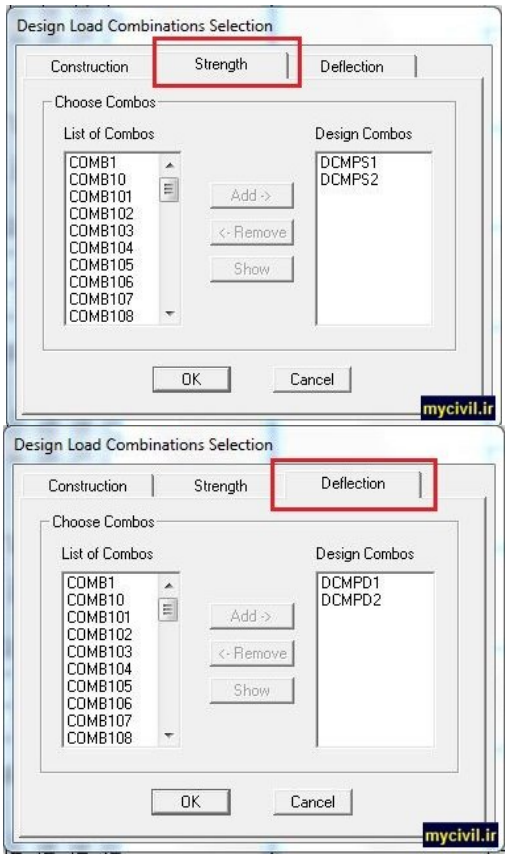
بقیه پارامترها مربوط به حداکثر فواصل و حداقل فواصل بین برشگیرها نیازی به تغییر دادن نمی باشند چونکه این پارامترها زمانی به کار گرفته میشوند که برنامه برشگیرها و فواصل انها را طراحی کند .



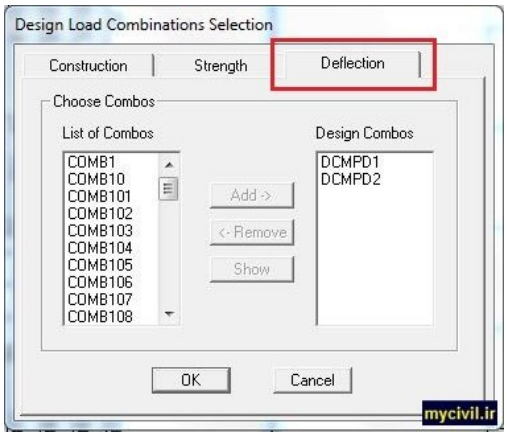
سایر تب ها نیازی به تغییرات ندارند . بعد از انجام مراحل بالا بر روی دکمه **OK** کلیک میکنیم .تا این قسمت عمل تنظیمات طراحی به پایان رسید و در مرحله بعد نحوه طراحی تیرها کامپوزیت را شرح میدهیم.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

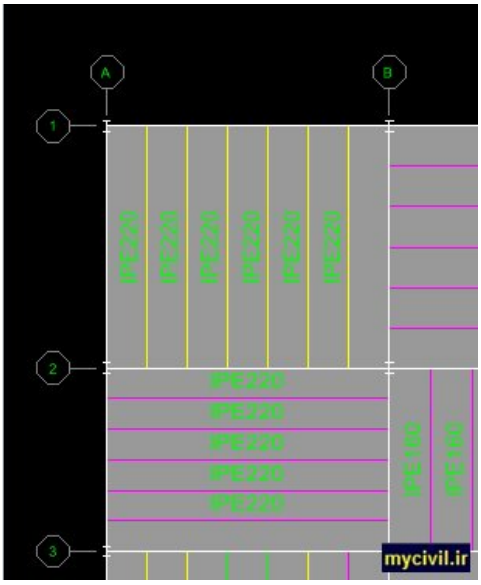
در مرحله بعد باید عمل طراحی تیرهای کامپوزیت را انجام دهیم . برای این کار ابتدا می بایست ترکیب بارهایی که باید برای طراحی این اعضا در نظر گرفت را به برنامه تعریف کنیم . در مرحله انتخاب آیین نامه **(AISC-ASD89)** برنامه به صورت خودکار ترکیب بارهایی را تعریف میکند که دقیقا با ترکیب بارهای مورد نیاز این اعضا در مبحث دهم(ویرایش ۸۷) مطابقت دارد و لذا فقط باید آنها را برای طراحی به برنامه فراخوان کنیم . برای این کار از منوی **Design** به زیر منوی **Composite Beam Design**رفته و بر روی گزینه **Select Design Combo...** کلیک میکنیم تا پنچره ی جدیدی مطابق شکل زیر ظاهر شود. در کلیه تبها یکسری ترکیب بار به صورت پیش فرض به وجود امده است که همگی آنها مورد قبول ما می باشد و نیازی به تغییر آنها نیست.



Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm



حال نوبت به طراحی تیرهای کامپوزیت میرسد .در برنامه دو روش جهت طراحی این اعضا قرار داده شده است . روش اول طراحی به صورت تیپ می باشد . به این صورت است که در تمامی طبقات بحرانی ترین حالت در نظر گرفته میشود و تیرها بر اساس این حالت طراحی میشوند که این روش یک مقدار غیر اقتصادی خواهد شد (اگر چه ممکن است تا ۹۰ درصد طراحی به صورت تیپ باشد ولی استفاده از این روش توصیه نمی شود) . روش دوم برنامه طبقه به طبقه بر اساس بارهای وارده تمامی تیرها را طراحی میکند و این روش نسبت به روش طراحی تیپ مناسب تر خواهد بود .برای طراحی به روش دوم (عدم استفاده از تیپ) به قسمت **Design** و زیر منوی **Composite Beam Design** می رویم و بر روی گزینه **Start Design Without Similarity**کلیک میکنم و بعد از مدتی (بسته به حجم محاسبات) طراحی تیرهای کامپوزیت صورت میگیرد . (همانند شکل زیر)



همانطور که مشخص است برنامه فقط نمره پروفیل را نمایش میدهد و از نتایج برشگیرها خبری نیست !!! دلیل آن اینست که در تنظیمات طراحی ما نوع و نمره برشگیرها و فاصله انها را تعریف کرده ایم و باید در نقشه های اجرایی آنها را در این تیرها قرار دهیم.

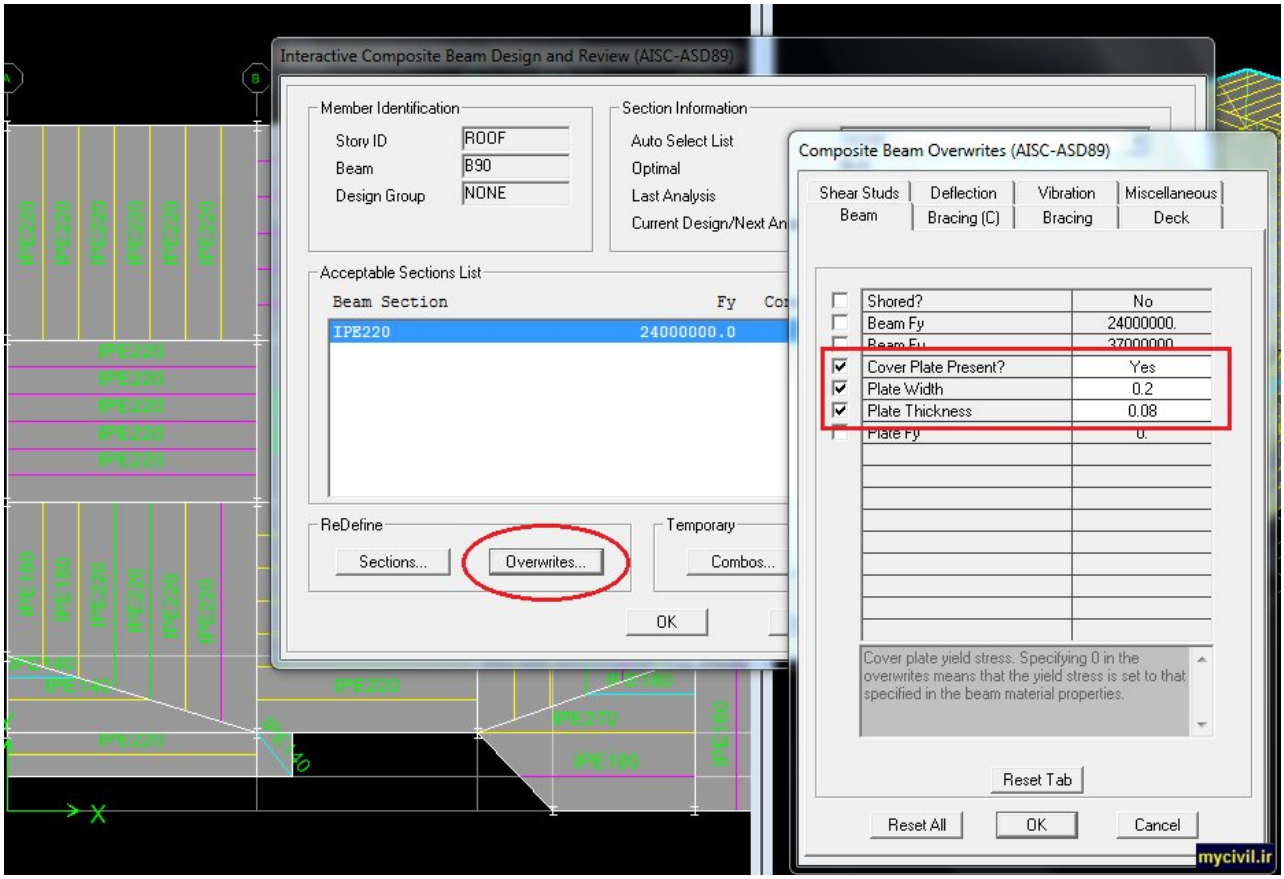
Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

بعد از پایان طراحی توسط نرم افزار با کلیک راست بر روی هر یک از تیرها پنجره ای باز میشود که جزییات طراحی در آن برای **Auto Select Section List** درج شده است. جزییات این مساله در کتابهای مختلف درج شده است. اگر از گزینه تیرهای کامپوزیت استفاده کرده اید نرم افزار از این لیست بهترین مقطع که هم جوابگو و هم اقتصادی باشد را انتخاب شکل برای این مساله قابل قبول هستند و نرم افزار مابقی مقاطع را مورد قبول **I** میکند (یادآوری میکنم که تنها مقاطع قرار نمیدهند). مقطع تیرها در همان پنجره ای که باز میشود قابل تغییر است. در برخی موارد که مقطع انتخاب شده سایز بالایی داشته و غیراقتصادی است میشود از ورق تقویتی در بال پایین مقطع کمک گرفت و سایز تیر را پایین آورد. برای این مراجعه کرده و **Beam** کلیک کرده و به تب **Overwrites** منظور میتوان در همان پنجره ای که باز میشود بر روی دکمه را انتخاب کرده و در دو قسمت پایینتر آن به ترتیب عرض و ضخامت **Yes** گزینه **Cover Plate Present ?** در قسمت ورق را وارد نمایید. در این مورد باید توجه نمایید که عرض و ضخامت انتخاب شده اجرایی باشد. به بیان دیگر ضخامت ورق با ضخامت بال و عرض ورق با عرض بال اختلاف قابل ملاحظه ای نداشته باشد (این دو مقدار نسبت به مقدار متناظر در بال تیر میتواند کمتر یا بیشتر باشد ولی اختلاف قابل ملاحظه آن معمولاً باعث مشکلات اجرایی میشود) ؛ غیر از آن **IPE180** تا سایز **IPE** معمولاً تیرهای .مساحت ورق تقویتی نباید از ۷۰ درصد مجموع مساحت ورق و بال تیر بیشتر شود اگر بدون ورق تقویت جوابگو بودند مقاطع مناسب هستند و نیازی به کاهش سایز با اضافه کردن ورق تقویت نیست. برای **I** بقیه مقاطع نیز باید توجه کرد که اضافه کردن ورق تقویت نباید به گونه ای باشد که مجموع هزینه ورق تقویت و تیر شکل اصلی به اضافه هزینه ساخت آن (شامل جوشکاری ورق به بال تیر) از هزینه تیر با سایز بالاتر اما بدون ورق تقویت .بیشتر نشود

این فرآیند را باید برای تمام تیرهای کامپوزیت انجام دهیم و در صورت لزوم پیش فرضها را برای هر عضو از قسمت **Overwrites** (بعد از کلیک راست روی عضو و در پنجره جدیدی که ظاهر میشود) برای آن عضو خاص تغییر دهیم. بعد انتخاب شده اند برای اینکه در فرآیندهای بعدی **Autoselect** از اتمام این فرایند با توجه به اینکه مقاطع از یک لیست این مقاطع دچار تغییر نشوند باید تمام تیرهای طراحی شده به صورت کامپوزیت را انتخاب کرده و به قسمت **Design/Composite Beam Design/Make Auto select Section Null...**

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

مراجعه نموده و **Auto Select List** را خنثی کرده و مقاطع به دست آمده از فرآیند طراحی را ثابت نماییم .



پایان

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm