مناسبترین نوع سقف و سیستم ساختمانی برای آپارتمان نمونه

نوشته‌ی :

دکتر تورج امیرسلیمانی

مهندس راه و ساختمان

مقدمه :

نظر باهمیت تهیه مسکن و لزوم توسعه آپارتمان سازی بمنظور تأمین رفاه و آسایش مردم وباتوجه به‌برنامه‌های عمرانی دولت ، ضرورت یک سرمایه گذاری متجاوز از ۲۰ میلیارد ریال درسال از طرف بخش خصوصی و دولتی جهت پیشبرد این هدف احساس میشود .

علیرغم‌سرمایه گذاریهائی که تاکنون برای برنامه های خانه‌سازی شده‌است بررسی و تحقیقات کافی جهت تعیین مناسبترین وبا صرفه‌ترین روش ساختمانی بسیار کم و محدود بوده وبهمین لحاظ مطالعات عمیق وپی گیری که درسایر کشورها و ممالک‌توسعه یافته جهان صورت گرفته‌تاکنون نتوانسته‌است الگوی‌مشخص برای خانه‌سازی دراین کشور باشد درحالیکه اوضاع واحوال اقلیمی وشرایط آب و هوای این کشور بموازات قلت هزینه‌های مصالح ساختمانی و دستمزد کم نسبت بسایر ممالک فرصت مناسبی را برای بهره گیری کافی از این امکانات ایجاب نموده است .

اینک که سازمانهای دولتی عهده‌دار این وظیفه ملی و مجری باالقوه برنامه‌های وسیع خانه سازی هستند الزاما مواردی‌راکه از هرجهت به‌صرفه وصلاح کشور بوده و از لحاظ کیفیت‌ساخت‌خانه های‌مسکونی قابل مقایسه با برنامه‌های خانه‌سازی در سطح ممالک مشابه ویا پیشرفته است مطالعه و تحقیق مینمایند .

یکی از مسائلی که حائز اهمیت است تقلیل هزینه سفت کاری ساختمان است چه‌اینکه با توجه برنامه‌های عمرانی هزینه سفت کاری منازل مسکونی و آپارتمانها متجاوز از ۱۰ میلیارد درسال خواهد شد و هرگونه صرفه‌جوئی در قیمت اجزاء سفت کاری از قبیل سقف ویا اسکلت ساختمان موجب تقلیل هزینه ساختمان و

کاهش ارزش واردات بعضی از مصالح ساختمانی وبالاخره استفاده صحیح از منابع طبیعی و تولیدات کشور خواهد شد.

عواملی که در تعیین و تثبیت بهای تمام شده اسکلت ساختمان مؤثر هستند بسیار متنوع و متغیر میباشند و هرگونه تحقیق در تقلیل هزینه های ساختمانی مستلزم اینستکه مسائل مورد نظریه تفکیک مطالعه و بررسی شوند.

در این بررسی عواملی که مورد مطالعه قرارگرفته است عبارتند از:

۱ ـ مقایسه هزینه دونوع از متد اولترین روش سقف سازی.

۱-۱ : سقف با تیرآهن وطاق ضربی.

۱-۲ : سقف بتنی با بلوك مجوف.

۲ ـ بررسی سیستم اسکلت ساختمان یک آپارتمان نمونه.

۲-۱ : اسکلت ساختمان با ۱۲ عدد ستون.

۲-۲ : اسکلت ساختمان با ۱۸ عدد ستون.

۳ ـ انتخاب بهترین سیستم اسکلت ساختمان باتوجه به دونوع سقف مطالعه شده وتعیین مناسب ترین روش ساختمانی بمنظور تقلیل هزینه سقف کاری آپارتمان نمونه.

چون لازم است هزینه سیستمهای ساختمانی با درنظرگرفتن دونوع سقف متداول درایران براساس ضوابط و معیارهای مشخص و قابل قبولی طرح و تنظیم گردد تا امکان مقایسه صحیح و منصفانه‌ای وجود داشته باشد لذا آئین نامه ایمنی ساختمانها دربرابر زلزله تدوین شده در وزارت آبادانی و مسکن ـ دفترمطالعات و معیارهای ساختمانی ۱۳٤٦ مأخذ و مرجع این گزارش قرارگرفته است. در مواردی که راجع به مشخصات و روش های ساختمانی بتفصیل دراین آئین نامه ذکری بمیان نیامده است از آئین نامه ایمنی ساختمانها دربرابر زلزله نشریه شماره ۲۱ دفتر فنی سازمان برنامه ۱۳٤۸ و همچنین استاندارد شماره ۵۱۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداقل بار وارده برساختمانها وابنیه فنی چاپ اول ۱۳٤۸ استفاده گردیده است. در سایر مواردکه بررسی مسائل فنی ایجاب نموده است که مأخذ روش محاسبات ذکرگردد نام مرجع مورد استفاده در متن گزارش مشخص شده است.

از لحاظ برآورد تقریبی قیمتها و هزینه اسکلت ساختمان قیمت مصالح و دستمزد کارگر براساس قیمتهای متعارف که درنیمه اول امرداد ماه ۱۳۵۰ جمع آوری گردیده در محاسبات منظور شده است. همچنین فهرست بهای وزارتخانه ها و سازمانهای دولتی در مورد تعیین حدود قیمت مصالح و دستمزدها و بطورکلی هزینه سفت کاری ساختمانهامشابه بسیار مناسب و مقرون بصرفه بوده و در تنظیم شاخص هزینه های ساختمانی احتساب شده دراین گزارش ملاك عمل قرارگرفته است.

۱ ـ بررسی سقف‌های متداول در ایران.

نظر باینکه بسیاری از منازل و آپارتمانهای مسکونی دارای سقف از نوع تیرآهن باطاق ضربی ویا از نوع بتنی با بلوك مجوف میباشند درمطالعات اولیه و مقایسه سقف‌های متداول در ایران از انواع دیگر سقف نظیر گنبدها جهت پوشش مساجد وآب‌انبارها ویا سقفهای کاملاً بتنی که درساختمانهای ساخته‌شده با اسکلت بتنی ساخته میشوند مقایسه و بررسی نشده‌اند لذا دراین گزارش از انواع مختلف سقف‌های موجود در ایران فقط سقف تیرآهن باطاق ضربی و سقف بتنی با بلوك مجوف بررسی واز لحاظ هزینه مقایسه شده‌اند.

۱-۱ سقف باتیرآهن وطاق ضربی

گرچه استفاده از سقف با تیرآهن و طاق ضربی درکشورهای همجوار ویا پیشرفته بندرت مشاهده میشود ولی این نوع سقف متجاوز از ٤ سال است که درایران از آن استفاده شده وتاکنون یکی از ساده‌ترین و معمول‌ترین سیستم پوشش ساختمان میباشد. عنصر اصلی و مقاوم سقف باطاق ضربی تیرآهن میباشد. در ساخت این سقف لازم است که تیرهای آهن بفاصله حدود یك‌متر از یکدیگر قرار بگیرند و فضای مابین تیرآهنها باطاق ضربی آجری پوشیده میشوند. در صورتیکه ساختمان با اسکلت فلزی باشد منتجه کلیه نیروها به‌تیرهای‌آن و از آن به‌شاه‌تیرها و سپس به‌ستونها وارد خواهد شد در مواردیکه‌ساختمان بجای‌اسکلت فلزی دارای دیوارهای باربر باشد نیروهای وارده به‌تیرآهن به‌دیوار باربر تحمل میشود. مقدار وزن مرده و بار زنده در هر متر مربع سقف از نوع طاق ضربی بمقدار ۸۶۰ کیلوگرم محاسبه‌شده‌است (صفحه ۱۱٤)مقدار لنگر خمشی که بصورت تیرهای ساده محاسبه شده وهمچنین روش تعیین طول دهنه مجاز برای تیرآهن های نرمال درصفحه ۱۱٤ این گزارش مشروحاً قید شده‌اند.

درجدول شماره ۱ صفحه ۱۱۵ طول دهنه مجاز برای تیرآهنهای نرمال شماره ۱۰ الی ۲٦ و وزن هریك با درنظرگرفتن وزن اتصالات برای هر دهنه محاسبه شده است.

درجدول شماره (۲) وزن آهن برای هرکیلوگرم سقف درمتر مربع و هزینه تیرآهن و جوشکاری و اتصالات از قرار هرکیلوگرم ۲۵ ریال و هزینه طاق ضربی با درنظرگرفتن مصالح مصرفی ازقرار متر مربعی ۱۳۲ ریال به‌تفکیك محاسبه شده است و نتایج برای دهنه‌های مختلف در نمودار شماره ٤ نشان داده شده است. گرچه درمواقعی که طول دهنه زیاد است و ارتفاع تیرآهن نسبت به‌ضخامت طاق ضربی قابل ملاحظه بوده و حجم مصالح پرکننده و هزینه مصرف کاهگل کمی زیادتر از رقم ۳۲ ریال درهر مترمربع میشود ولی نظر باینکه تفاوت قیمت بین هزینه مصالح پرکننده‌برای دهنه‌های بزرگ بامصالح پرکننده برای دهنه‌های کوچك ناچیز است مقدار هزینه ساخت و نصب طاق ضربی در هرمتر مربع ثابت درنظرگرفته شده است.

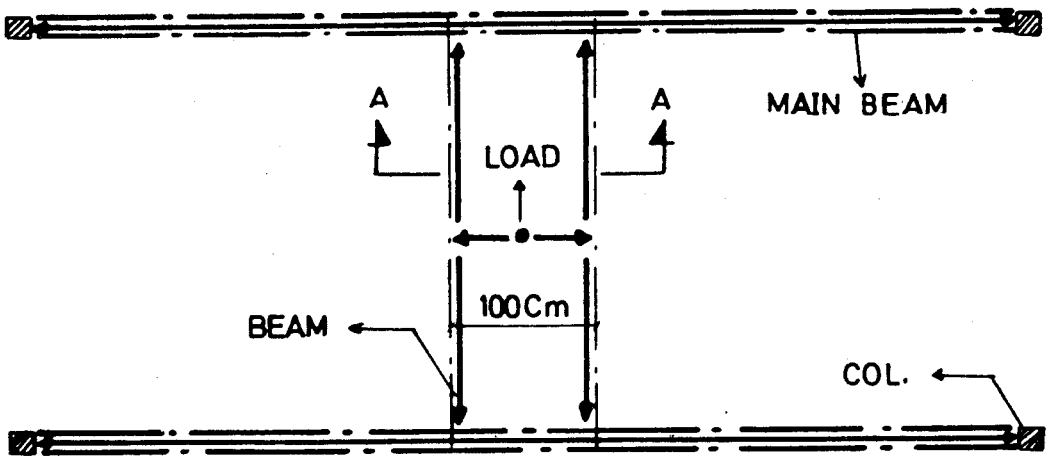
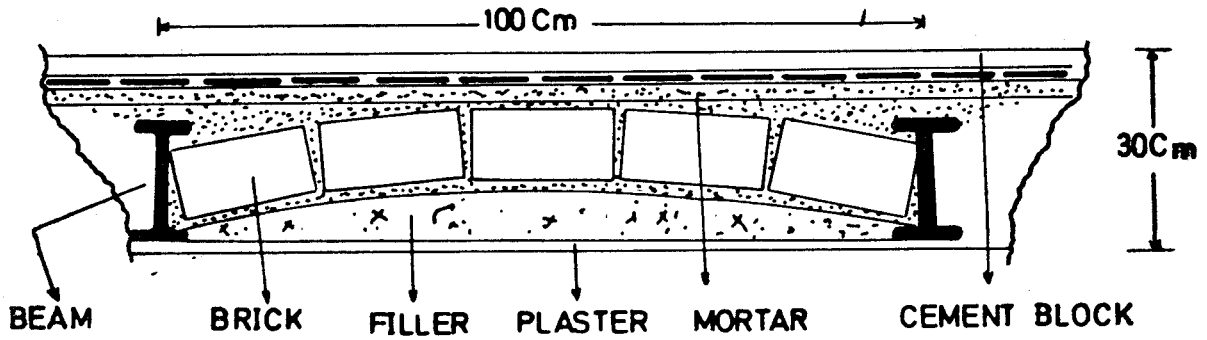
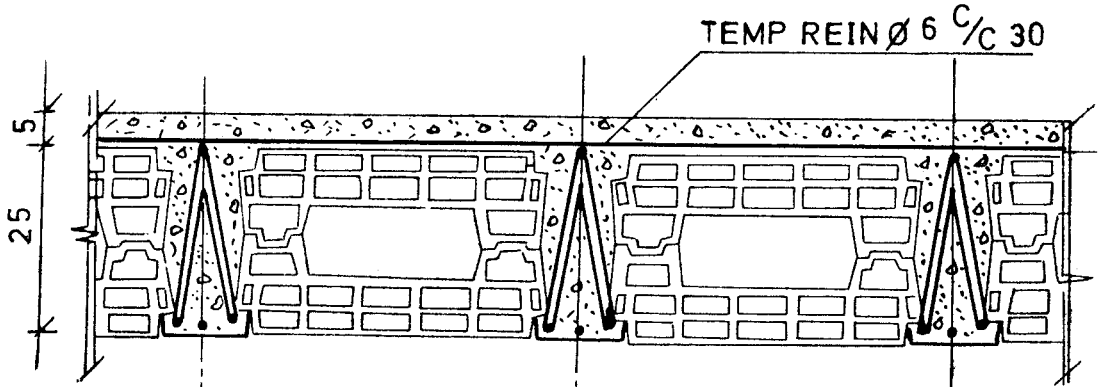


FIG. 1



SECTION. A-A

FIG. 2



TYPICAL SLAB SECTION 25+5 Cm

Scale 1:10

FIG 3

۲-۱ سقف بتنی بابلوك مجوف

سقفهای بتنی با بلوك مجوف ظرف ده‌سال اخیر معرفی و مورد استفاده قرارگرفته‌اند. این‌نوع سقف در واقع همان سقف بتنی میباشد که بار وارده را تیرهای بتنی شکل T مقاومت مینمایند فضای خالی مابین تیرهای بتنی وسیله بلوکهای مجوفی که ممکن است از بتن یا آجر باشد پر میشود ارتفاع تیرهای بتنی از ۱۶ سانت تا ۴۰ سانت باعرض متغیر است ولی‌درحال حاضر تعداد معدودی‌سقف‌ها باتیرهای غیراز ۵۰ سانت عرض ساخته میشود.

از فوائداین سقف اینست که اولا آهن کمتری بکار میرود ثانیاً عملا احتیاج به کفراژ ندارد چه اینکه ترکیب بلوکهای مجوف باتیرچه‌ها مانند کفراژ عمل میکند و فقط چوب‌بست جهت استحکام تیرچه در موقع بتن ریزی کافی خواهد بود. لذا از لحاظ قیمت ارزان و مقرون بصرفه بوده و استفاده نمودن از آن در ساختمانهای مسکونی و هتلها و ادارات همه‌ساله افزایش مییابد.

مزایای دیگر سقف با بلوك مجوف اینست که تیرچه‌ها درکارخانه ساخته میشوند و بتن در محل ریخته میشود وباعث همبستگی اجزاء ساختمان در مقابل نیروی وارده منجمله باد و زلزله میشود.

طرح وساخت‌تیرچه‌های بتنی که شامل دوالی سه میله گرد درقسمت‌تحتانی جهت مقاومت درمقابل لنگر مثبت و یک میله گرد در قسمت فوقانی بمنظور ازدیاد صلابت تیرچه در موقع حمل‌ونقل و همچنین میله گرد مورب جهت اتصال میله گرد فوقانی به‌میله گردهای تحتانی میشود. غالباً میله گردهای تحتانی را در بتن با مقاومت‌فشاری زیاد (۵۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن) قرار میدهند تا استحکام بیشتری عاید شود. در محل اتکاء و در مکانهائی که ایوان ویا پیش‌آمدگی وجود دارد میله گردهای فوقانی را با اضافه نمودن میله گردهای مناسبی تقویت مینمایند. میله گردهای مذکور را میله گرد منفی می‌نامند.

جایگزاری میله گردهای منفی حتی در مواقعی که دهنه‌های تیرهای بتنی بصورت ساده محاسبه میشوند جایز است زیرا باعث اتصال سقف در تمام قسمت ساختمان میشود و نظربااینکه بتن در اثر خشک شدن منقبض میشود میله گردهای حرارتی بفواصل هر ۲۰ الی ۲۵ سانت نصب میشود تا از ترك خوردن بتن جلوگیری گردد.

تیرچه‌های بتنی و بلوکهای مجوف به‌انواع واقسام مختلف ساخته میشوند لیکن با توجه به‌رقابت موجود در بازار و بررسی کارهای انجام شده میتوان با برآورد دقیقی هزینه ساخت سقف با بلوك مجوف را محاسبه نمود.

وزن سقف و پوشش براساس‌حجم بتن‌مصرفی و وزن آجر در هر متر مربع وبار زنده براساس‌استاندارد ۵۱۹ ایران درنظرگرفته شده که جدول شمارهٔ ۳ گزارش شده‌است.

مقدار بار وارده درسقف بتنی با بلوك مجوف با پنج سانتیمتر پوشش بتنی ویکصدوبیست کیلوگرم

بار اضافی و دویست کیلوگرم بار زنده که در جدول شماره ۳ ارائه شده است مبنی محاسبه‌میباشد.

روش محاسبه لنگر خمشی براساس تیر ساده حساب شده است و رابطه آن با توجه به‌مقدار حداکثر تنش مجاز برای میله گردتر شتال و بتن درصفحه ۱۱۳ قید گردیده است.

نظربابنکه تیرهای‌حمال بتنی‌بصورت T میباشند روابط‌مورداستفاده در صفحات۱۱۳ و ۱۱٤ باتوجه به‌مرجع مربوطه ذکر شده‌اند تا مأخذ محاسبات مشخص و معلوم گردد.

با توجه به‌انواع مختلف بلوکهای مجوف میتوان متداولترین آنان را برای دهنه‌ها ۳ الی ۷متر درنظرگرفت و تیرچه‌ها را باتوجه بـه تنوع ساخت آنها میتوان بـا چهـار نوع ارتفاع ۱۲ سانت ۱٦ سانت ۲۰ سانت و ۲۵سانت انتخاب نمود.

درهرتیرچه میتوان‌میله گردهای‌تحتانی را باترکیبهای مختلف قرار داد ولی‌دراین گزارش‌مناسبترین نوع ترکیب چه‌از لحاظ قیمت وچه از نظر اجراء از میان ۲۲٤ نوع مختلف سقف با آجر مجوف مجزا گردیده ونتایج درجدول‌شماره٤ ارائه شده است. در جدول مذکور وزن‌میله گردها شامل‌میله گردهای تحتانی وفوقانی و مورب برای هرمترمربع نیز محاسبه و قید گردیده است.

چون در سقف بتنی با بلوك مجوف میله گردهای حرارتی ومیله گردهای منفی استعمال میشود لذا با توجه به‌مقادیری که در محاسبات بدست آمده مقدار وزن میله گردهای مذکور به‌تفکیک تعیین و مجموع وزن میله گردها درهر مترمربع سقف مذکور درجدول شماره ٥ داده شده‌است.

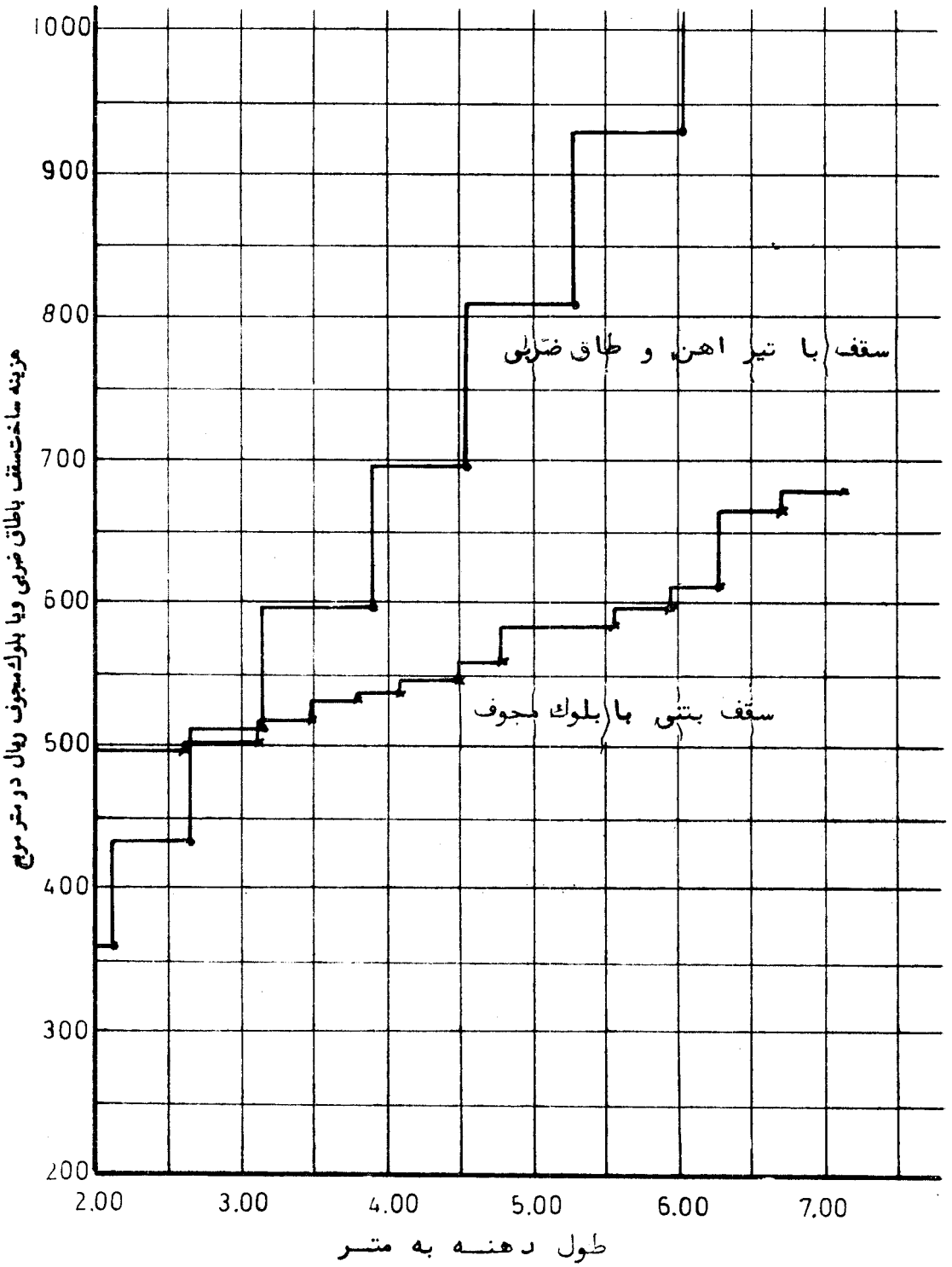
هزینه ساخت و نصب سقف بتنی بـا بلوك مجوف بدون درنظرگرفتن هزینه خرید و ساخت نصب میله‌گرد درجدول شماره ٦ برای هر نوع تیرچه داده شده است. شاخص هزینه نصب ازقرار هر مترمربعی ۲۲۰ ریال شامل مخارج بتن وارتعاش و اجرای سقف میباشد. درساختمان یک یادوطبقه‌هزینه مذکورکمتر از ۲۲۰ریال میباشد ولی درساختمانهای مرتفع که لازم است بتن وچوب بست به‌طبقات فوقانی‌حمل شوند رقم ۲۲۰ ریال متعادل است.

درنتیجه تعیین نوع تیرچه و ضخامت بتن طول دهنه مجاز براساس روابط ذکر شده درصفحه ۱۱۳ معلوم میشود وبا درنظرگرفتن هزینه ساخت هرنوع تیرچه و قیمت‌میله گرد ازقرارکیلوئی ۲۵ ریال وساخت تیرچه ازقرارمتری ۸۵ ریال هزینه تمام شده سقف محاسبه میشود. چون لازم است که سود متعارف ده درصد جهت‌تهیه نقشه های‌محاسباتی و نظارت واجرا نیز اضافه گردد نتایج برآورد هزینه بتفکیک ومجموع در جدول شماره ۷ منعکس‌شده‌است ورابطه بین هزینه با طول دهنه‌مجاز در نمودار ٤ نشان داده شده است.

۳ ـ مقایسه هزینه سقف تیرآهن باطاق ضربی وسقف بتنی بابلوك‌مجوف

بررسی‌رابطه هزینه درنوع از متداول‌ترین سقفهای‌موجود درایران باتوجه به‌طول دهنه سقف نمودار شماره ٤ نشان میدهد که:

۲ـ۱ هرچه طول دهنه زیادتر شود هزینه ساخت سقف در هرمترمربع زیادتر میگردد ولی اثر ازدیاد


1000
900
800
700
600
500
400
300
200
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
هزینه ساخت سقف باطاق ضربی ویا بلوک مجوف ریال در متر مربع
طول دهنه به متر
سقف با تیر اهن و طاق ضربی
سقف بتنی با بلوک مجوف

(شکل ٤)

طول درهزینه سقف طاق ضربی تقریباً پنج برابر اثر ازدیاد طول در هزینه سقف بتنی با بلوك مجوف است.

۲-۲ درسقفها بادهنه کمتر از ۲٫۷۰ متر سقف باطاق ضربی ارزانتر ازسقف بتنی با بلوك مجوف است و دراین حالت سقف باطاق ضربی دارای مزایای زیر میباشد.

الف ـ سقف باطاق ضربی احتیاج به‌چوب‌بست ندارد و فضای‌زیر سقف درحین‌ساخت سقف یابلافاصله پس‌از اتمام آن قابل استفاده است.

ب ـ مصالح اولیه باسانی دربازار تهیه میشود ویا توجه باینکه روش ساخت این نوع سقف بسیار متداول است اجرای آن احتیاج مبرمی به نقشه‌های محاسباتی ویا کارگر متخصص ندارد.

ج ـ طرز تعبیه سوراخها و هواکشها درسقف با طاق ضربی ساده است و احتیاج به‌توضیحات مشروح ندارد.

۳-۲ در دهنه‌های سقف بیشتر از ۲٫۷۰متر سقف بتنی ارزانتر ازسقف با طاق ضربی بوده وبطورکلی دارای مزایای زیر میباشد.

الف ـ هزینه ساخت برای دهنه‌های ۴٫۰ متر و ۵٫۰ متر و ۶٫۰متر بترتیب درحدود ۱۵۰ ریال ۲۳۰ ریال و ۳۱۰ ریال در هرمتر مربع کمتر ازطاق ضربی است.

ب ـ وزن سقف با درنظرگرفتن شرایط متعارف درحدود ۲۵۰ کیلوگرم درمترمربع (حداقل ۲۳۰ وحداکثر ۲۹۰ کیلوگرم درمترمربع) سبك‌تراز سقف طاق‌ضربی‌است و نتیجتاً اسکلت ساختمان سبك‌تر وارزانتر خواهد شد.

ج ـ اتصالات میله‌گردهای منفی درنقاط اتکاء باعث یکپارچگی و استحکام سقف بتنی با بلوك مجوف میگردد.

۳ ـ بررسی سیستم اسکلت ساختمان یك آپارتمان نمونه.

نظربه اینکه اجزاء ساختمان همبستگی کامل بایکدیگر دارند میتوان نیروهای وارده به‌ساختمان را درجهات‌مختلف‌تقسیم‌نمودواستاتیك‌ساختمان‌باسیستم‌های مختلفی را محاسبه کرد. لذا مقایسه هزینه‌سقف برای دهنه‌های مختلف ساختمان فقط بخشی‌از متغیرهای موجود را بررسی میکند و جواب کلی و صحیح برای هزینه اسکلت ساختمان نخواهد داد. ممکن‌است قیمت‌سقف ارزان تمام شود ولی بعلت اثرات نا مناسب در روی اسکلت ساختمان هزینه سایر اجزاء ساختمان از قبیل ستونها و شاه‌تیرها وپی‌سازی زیادشودو صرفه‌جوئی حاصل از ارزان بودن سقف را برطرف نماید.

دراین مرحله ازگزارش‌سیستم‌های استاتیك‌ساختمان راکه از نظر معماری قابل قبول باشندمطالعه نموده وبا درنظرگرفتن‌مشخصات و هزینه دونوع سقف‌که مطالعه شد هزینه کل سفت کاری‌ساختمان‌محاسبه میگردد.

بررسی نقشه‌معماری‌آپارتمان‌پنج طبقه نشان میدهد که‌درجهت‌طول ساختمان سه‌ردیف ستون‌بفواصل

۳ر۴متر و ۸ر۴متر قرار دارند. درجهت عرض ساختمان در بدو امر چهار ردیف ستون بفواصل ۷ر- متر و ۸ر۲متر درنظر گرفته شده است (شکل ۵) بطوریکه تعداد کل ستونهای ساختمان ۱۲ عدد میشود. از لحاظ نمای ساختمان و تقسیمات داخلی آپارتمان میتوان دو ردیف ستون درجهت‌عرضی اضافه نمود بطوریکه‌فواصل ستونها باندازه ۷ر- متر بمقدار ۵ر۳ متر تقلیل یابد نتیجتاً مقدار ستونها در سیستم دوم ۱۸ عدد خواهند شد.

جهت تیرهای آهنی در سقف با طاق ضربی ویا جهت تیرچه‌ها در سقف بتنی با بلوك مجوف اثرقابل ملاحظه‌ای درسیستم استاتیکی ساختمان خواهند داشت. اگر جهت سقف عمود برمحور طولی ساختمان باشد

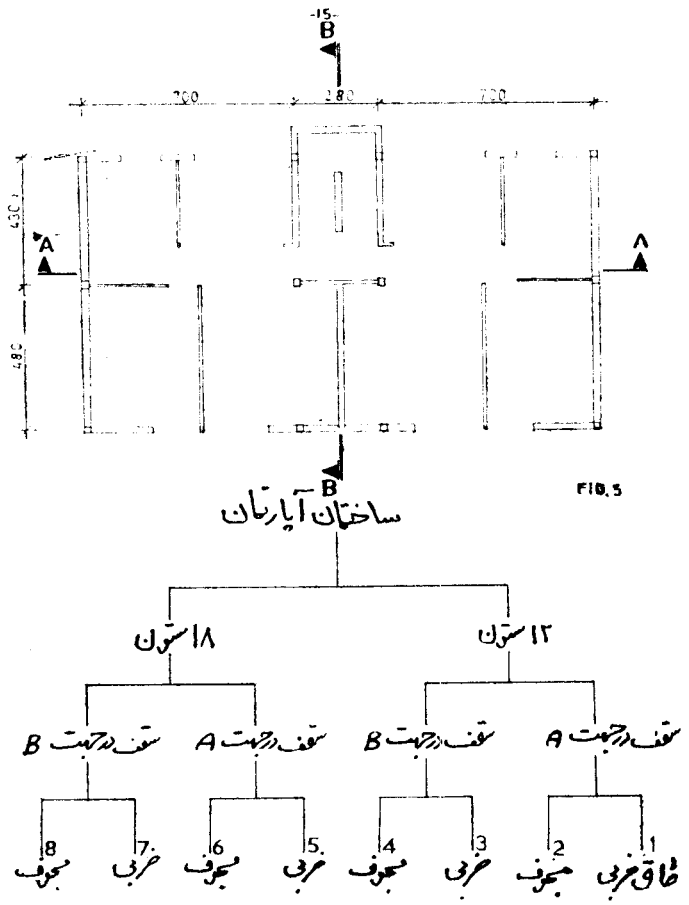


Fig 6

جهت شاه‌تیرها عمود بر محور عرضی ساختمان خواهند شد و بالعکس اگر جهت سقف عمود بر محور عرضی ساختمان باشد جهت شاه‌تیرها درامتداد محور عرضی ساختمان قرار خواهند گرفت. نتیجتاً اگر طول دهنه‌سقف کم شود هزینه ساخت آن ارزان‌میشود ولی درعوض‌طول‌دهنه شاه تیرها زیادمی گردد وهزینه ساخت‌اسکلت فلزی گرانتر میشود.

براساس برنامه‌ای که بمنظور پیدا کردن بهترین روش ساختمانی که دارای ارزانترین هزینه‌ساخت اسکلت آپارتمان میباشد ۸ نوع سیستم‌محاسبه و بررسی گردید ومقادیر آهن بتن وتمام هزینه های مربوطه‌بدقت

برآورد شد. روش تعیین مناسب‌ترین نوع سیستم ساختمانی در شکل ٦ نشان داده شده است و نتایج بررسی برآورد وقیمت‌اسکلت ساختمان در جدول زیر نشان‌دهندهٔ تفاوت هزینه درسیستم‌های مختلف ساختمانی است.

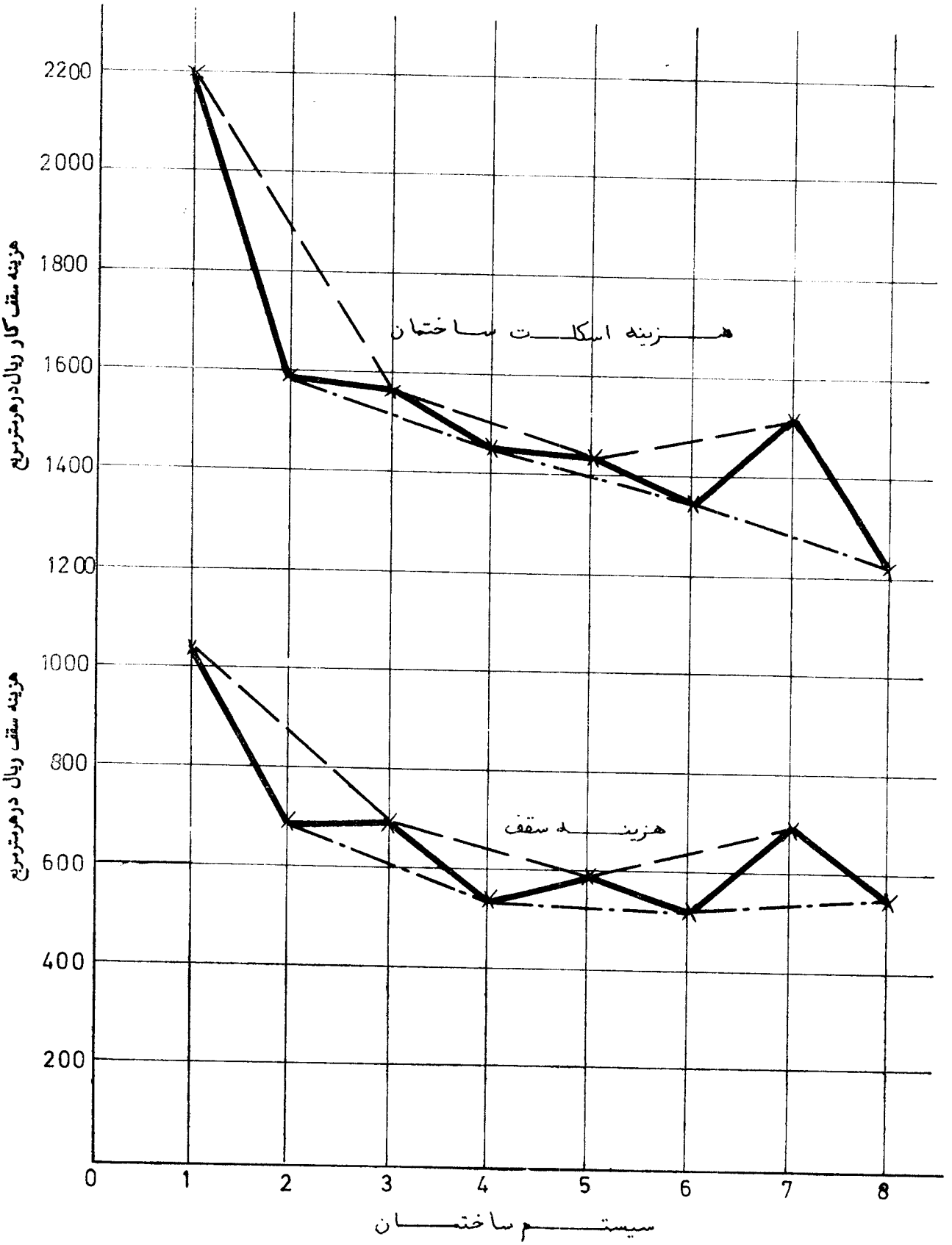
سیستم‌های ساختمانی با درنظرگرفتن جهت تیرهای آهن سقف با طاق ضربی ویا جهت تیرچه‌های بتنی درسقف مجوف در نمودارهای شماره ١١٤ الی ١١٧ (صفحه ١٢٢ تا ١٢٥) نشان داده‌شده‌اند.

جهت شاه تیرها ومکان وتعداد ستونها درهر سیستم درنمودارهای‌فوق مشخص و معین شده‌است.

سیستم ساختمانی	نوع سقف	هزینه سقف ریال‌درمترمربع	هزینه‌سفت کاری‌ریال در مترمربع
١	طاق ضربی	١٠٥٠	٢٢٠٢
٢	بلوك‌مجوف	٦٧٣	١٥٨٦
٣	طاق ضربی	٦٩٨	١٥٦٥
٤	بلوك‌مجوف	٥٤٧	١٤٤٥
٥	طاق ضربی	٥٩٩	١٤٣٨
٦	بلوك‌مجوف	٥٢٠	١٣٤١
٧	طاق ضربی	٦٩٨	١٥١٧
٨	بلوك‌مجوف	٥٤٧	١٢٠٤

بامقایسه هزینه اسکلت‌ساختمان معلوم میشود که ارزانترین اسکلت‌با طاق ضربی درسیستم‌ساختمانی شماره ٥ میباشد. یعنی تعداد ستونهای ساختمان باید ١٨ عدد بوده و جهت تیرهای حمال عمود برمحورطولی ساختمان‌باشد. هزینه سفت کاری‌ساختمان دراین صورت‌بالغ بر ١٤٣٨ ریال درهرمتر مربع میشود. ارزانترین روش ساختمانی در صورتیکه سقف بتنی بابلوك مجوف استعمال شود ساختمانی خواهد بود که دارای سیستم شماره ٨ باشد. یعنی مقدار ستونهای ساختمانی ١٨ بوده ولی جهت تیرهای حمال در امتداد محور طولی ساختمان باشد. هزینه سفت کاری‌ساختمان دراینصورت بمقدار ١٢٠٤ ریال درهرمترمربع میباشد که‌بامقایسهٔ با ارزانترین روش ساختمانی باطاق ضربی ٢٣٤ ریال در هر مترمربع ارزانتر است.

نظربااینکه وزن سقف‌های مختلف ممکن است درهزینه پی‌سازی آپارتمان نمونه مؤثر واقع شود لذا بمنظور مقایسه دقیق و صحیح پی‌های‌ساختمان که باسیستم شماره ٥ ساخته میشود یا پی‌های ساختمان که با سیستم شماره ٨ بنا میگردد بررسی و مقایسه گردیدند شده است. اختلاف قیمت درپی‌های ساختمان بعلت اینکه مقاومت مجاز زمین ٢٥ تن هر مترمربع درنظرگرفته شده است واز نظر استحکام و مقاومت از نوع خاك بسیار پایدار است مشهود نیست وکمتر از ١٠ ریال درهر مترمربع میباشد.


هزینه سقف کار ریال در هر مترمربع
2200
2000
1800
1600
1400
1200
هزینه اسکلت ساختمان
هزینه سقف ریال در هر مترمربع
1000
800
600
400
200
0
1
2
3
4
5
6
7
8
سیستم ساختمان
هزینه سقف

نتیجه :

درنتیجه‌انتخاب بهترین‌سیستم‌اسکلت‌ساختمان‌ویا توجه به‌دونوع‌سقف مطالعه شده‌وتعیین‌مناسبترین روش ساختمانی بمنظور تقلیل هزینهٔ‌سفت‌کاری معلوم میشود ارزانترین هزینه‌سفت‌کاری‌با‌درنظرگرفتن‌شرایط مساوی و متعارف درشرایطی‌است‌که آپارتمان نمونه دارای۱۸ ستون بوده و شاه‌تیرها درجهت طولی‌ساختمان قرارگیرند واز سقف بتنی با بلوك مجوف استفاده شود .

مقایسه هزینه سفت‌کاری و هزینه سقف‌درسیستمهای مختلف ساختمانی‌که درنمودار ٦ نشان‌داده شده است معلوم میکند که :

الف ـ درصورتیک‌سیستم‌های مختلف‌ساختمانی با مصالح موجود بررسی شوند امکان دارد که‌بدون هیچگونه تغییری در نقشه‌معماری‌ویا درنظرگرفتن‌شرایط مندرج درآئین‌نامه‌ایمنی ساختمانهاجدول‌های هزینه سفت‌کاری ساختمان را پیدا نمود .

ب ـ مقدار تقلیل هزینه سفت‌کاری ساختمان با روش پیداکردن ارزانترین سفت‌کاری قابل ملاحظه بوده و دراکثر ساختمانها ، چه درساختمانهای یک‌طبقه مسکونی و چه درآپارتمانهای چند طبقه و ساختمانهای تیپ قابل اجرا میباشد .

ج ـ بررسی روش محاسبه نشان میدهد که هرچه عوامل مورد مطالعه بیشتر شوند و مقدار متغیرها زیادترگردند ، امکان پیداکردن ارزانترین هزینه سفت‌کاری زیادتر میشود .

د ـ با اینکه در مطالعات مندرج دراین‌گزارش هیچگونه تغییری درنقشه‌های معماری وارد نشده ولی لازم است ذکر شود درصورتیکه امکانات لازم فراهم گردد تا مکان و فواصل ستونها وایوانها با درنظرگرفتن روش‌تقلیل‌هزینه ساختمان‌معلوم گردد صرفه‌جوئی قابل ملاحظه‌ای درقیمت تمام شده ساختمان بوجود خواهد آمد .

سقف بتنی باآجر مجوف

تیرچه‌های بتنی بصورت T محاسبه شده‌اند و درصورتیکه فشار در بال تیرچه باشد تیرچه بتنی مانند تیر بتنی درنظر گرفته شده است.

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2$$

$$M_s = A_s B_s j d$$

$$k = \sqrt{2pn + (pn)^2} - pn$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

درجائیکه :

$$f_s = \frac{n f_c (1-k)}{k}$$

۳-۵ درصورتیکه فشار در بال وجان‌تیرچه‌باشد یا kd بزرگتر از پنج‌سانت‌باشد از روابط زیر استفاده شده است.

$$M_s = A_s f_s j.d$$

$$M_c = f_c \left(۱ - \frac{t}{2kd}\right) b t j d$$

$$k = \frac{np + \frac{1}{2}\left(\frac{t}{d}\right)^2}{np + \frac{t}{d}}$$

$$j = \frac{6 - 6\left(\frac{t}{d}\right) + 2\left(\frac{t}{d}\right)^2 + \left(\frac{t}{d}\right)^3 \left(\frac{1}{2pn}\right)}{6 - 3\left(\frac{t}{d}\right)}$$

مقدار تنش مجاز میله گرد	۲٤۰۰ Kg/cm²
مقاومت فشاری بتن	« ۲۱۰
مقاومت مجاز بتن	« ۷۰

برای اثبات و طرز استفاده از روابط فوق به‌مرجع زیر رجوع شود.

Desin of Concrete Struetures Urquhart, O'Rourke, Winter Mc Craw-Hill Civil Engineering Series Sixth Eddition.

سقف باطاق ضربی

وزن‌مرده سقف‌و بار وارده

وزن مرده سقف دریک مترمربع $0.30 \times 1.0 \times 1.0 \times 1800 = 540$ کیلوگرم هرمترمربع

پوشش بضخامت ۶ سانتیمتر $0.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 2000 = 120$ « « «

بار زنده (استاندارد ۵۱۹ ایران) $= 200$ « « «

860 « « «

مقدار لنگر خمشی درتیرهای حمال

درصورتیکه تیرهای حمال بصورت تیرهای ساده محاسبه شوند مقدار لنگر خمشی عبارتست از M که L طول تیر و W بارگسترده در روی تیر میباشد. باتوجه باینکه فواصل تیرهای حمال یک‌متر است.

$$M = .125WL^2$$

$$W = 860 Kg/m^2$$

$$M = (.125)(860)(L)^2$$

$$M = 107.5L^2 \ Kg.m.$$

تعیین طول دهنه مجاز برای تیرآهن نرمال

درصورتیکه تنش مجاز فولاد ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتو مربع فرض شود و از مقدار w_x برای تیرآهن‌های مورد استفاده درجدول پیوست استفاده گردد طول دهنه مجاز برای هرتیرآهن مشخص خواهد شد.

$$M = f_s w_x$$

$$M = 14{,}00 \ w_x$$

$$L^2 = \frac{14.00}{107.5} w_x$$

$$L = .13023 \ w_x$$

جدول شماره ۱

سقف با طاق ضربی

وزن تیرآهن برای دهنه‌های مختلف

I	Wx	L^2	L	WT.Kg/m	وزن تیر حمال	درصد وزن اتصالات	وزن تیر با اتصالات
10	34.2	4.454	2.11	8.32	17.55	1.73	19.28
12	54.7	7.124	2.67	11.20	29.90	2.17	32.05
14	81.9	10.666	3.17	14.4	45.65	2·60	48.25
16	117	15.237	3.91	17.9	69.99	3.04	73.08
18	161	20.967	4.58	21.9	100.30	3.47	103.77
20	214	27.869	5.28	26.3	138.86	3.99	142.76
22	278	36.204	6.02	31.1	187.22	4.36	191.58
24	354	46.101	6.79	36.2	248.80	4.77	250.17
26	452	57.562	7.59	41.9	318.02	5.20	323.22

برای محاسبه درصد وزن اتصالات از چهار نبشی 60.6.60 بارتفاع معادل نمره آهن‌منهای ۲سانت محاسبه شده است WT.L60.6.60=5.42 Kg/m

جدول شماره ۲

سقف باطاق ضربی

هزینه تیر آهن در هر مترمربع برحسب دهنه‌های مختلف

L	I	WT.Kg	WT.Kg/m²	هزینه‌تیرآهن ریال	هزینه‌سقف ضربی
2.11	10	19.28	9.137	228	360
2.67	12	32.05	12.004	309	432
3.17	14	48.25	15.221	380	512
3.91	16	73.03	18.677	467	599
4.58	18	103.77	22.657	566	698
5.28	20	142.76	27.038	676	807
6.02	22	198.58	31.824	765	927
6.79	24	250.57	36.903	922	1054
7.59	26	323.22	42.585	1064	1196

هزینه اجرا ونصب طاق ضربی:

مصالح :	آجر ۷۰ عدد هرمترمربع	۴۲ ریال
	گچ ۲۰ کیلو (هرمترمربع)	۱۴ »
	مصالح هر مترمربع	۳۲ »
هزینه‌ساخت:	کاهگل بادستمزد	۱۹ »
	دستمزد سقف‌ضربی	۲۵ »
	هزینه ساخت در هر مترمربع	۱۳۲ ریال

جدول شماره ۳

سقف بتنی باآجر مجوف

مقدار بار وارده در سقف‌های بتنی با آجر مجوف

تیپ	ارتفاع بلوک	پوشش بتن	ضخامت سقف	کیلوگرم برمترمربع وزن سقف	بار اضافی	بار زنده	مجموع بار Kg/m^2
1	12	5	17	231	120	200	551
2	12	5	17	231	120	200	551
3	16	5	21	255	120	300	575
4	16	5	21	255	120	200	575
5	16	5	21	255	120	200	575
6	16	5	21	255	120	200	575
7	16	5	21	255	120	200	575
8	20	5	25	279	120	200	599
9	20	5	25	279	120	200	599
10	20	5	25	279	120	200	599
11	25	5	30	207	120	200	627
12	25	5	30	307	120	200	627

جدول شماره ٤

سقف بتنی با آجر مجوف

مقدار وزن میله گرد تیر چه درهر مترمربع

تیپ	نوع	میله گرد پائین	میله گرد بالا	میله گرد مورب	سطح مقطع پائین	وزن میله گرد هر مترمربع تیرچه
1	12+5	2Φ6	6	6	.57	2.000
2	12+5	2Φ6+1Φ6	6	6	.85	2.258
3	16+5	2Φ6+1Φ8	6	6	1·07	2.530
4	16+5	2Φ8+1Φ6	6	6	1.29	2.910
5	16+5	2Φ8+1Φ8	6	6	1.51	3.148
6	16+5	2Φ8+1Φ10	6	6	1.81	3.516
7	16+5	2Φ10+1Φ8	6	6	2.07	3.974
8	20+5	2Φ10+1Φ10	6	6	2.36	4.294
9	20+5	2Φ10+1Φ12	6	6	2.70	4.768
10	20+5	2Φ12+1Φ10	6	6	3.07	5.314
11	25+5	2Φ12+1Φ12	6	6	3.39	5.728
12	25+5	2Φ12+1Φ14	6	6	3.80	6.316

جدول شماره ۵

سقف بتنی آجر مجوف

مقدار وزن میله گرد در سقف بتنی باآجر مجوف

تیپ	نوع	وزن تیرچه ها	میله گرد اتصال	وزن	آهن حرارتی	وزن	وزن میله گرد آهن هرمترمربع
1	12+5	2.000	6	222	6	888	3.110
2	12+5	2.258	6	222	6	888	3.368
3	16+5	2.530	6	222	6	888	3.640
4	16+5	2.910	6	222	6	888	4.020
5	16+5	3.148	6	222	6	888	4.258
6	16+5	3.516	6	222	6	888	4.626
7	16+5	3.974	6	222	6	888	5.084
8	16+5	4.294	6	222	6	888	5.404
9	20+5	4.768	9	222	6	888	5.878
10	20+5	5.314	8	395	6	888	6.424
11	12+5	5.728	8	395	6	888	6.838
12	25+5	6.316	8	395	6	888	7.426

توضیح :

۱ ـ میله گرد اتصال براساس $\frac{۱}{۴}$ دهنهٔ محاسبه شده است.

۲ ـ میله گرد حرارتی براساس هر ۲۵ سانتیمتر

جدول شماره ٦

سقف بتنی با آجر مجوف

مقدار هزینه ساخت و نصب سقف بتنی با آجر مجوف بدون هزینه میله گرد

تیپ	نوع	مقدار آخر هر مترمربع	قیمت آجر هردانه	قیمت آجر مترمربع	هزینه ساخت تیرچه ریال	هزینه نصب	هزینه سقف بدون میلهٔ گرد
1	12+5	9	7.5	67.5	85	220	372.5
2	12+5	9	7.5	67.5	85	220	372.5
3	16+5	9	7.5	76.5	85	220	381.5
4	16+5	9	8.5	76.5	85	220	381.5
5	16+5	9	8.5	76.5	85	220	381.5
6	16+9	9	8.5	76.5	85	220	381.5
7	16+5	9	8.5	76.5	85	220	381.5
8	20+5	9	10.0	76.5	85	220	381.5
9	20+0	9	10.0	90.0	85	220	395.0
10	20+5	9	10.0	90.0	85	220	395.0
11	25+5	9	14.0	90.0	85	220	431.0
12	25+5	9	14.0	126.0	80	220	431.0

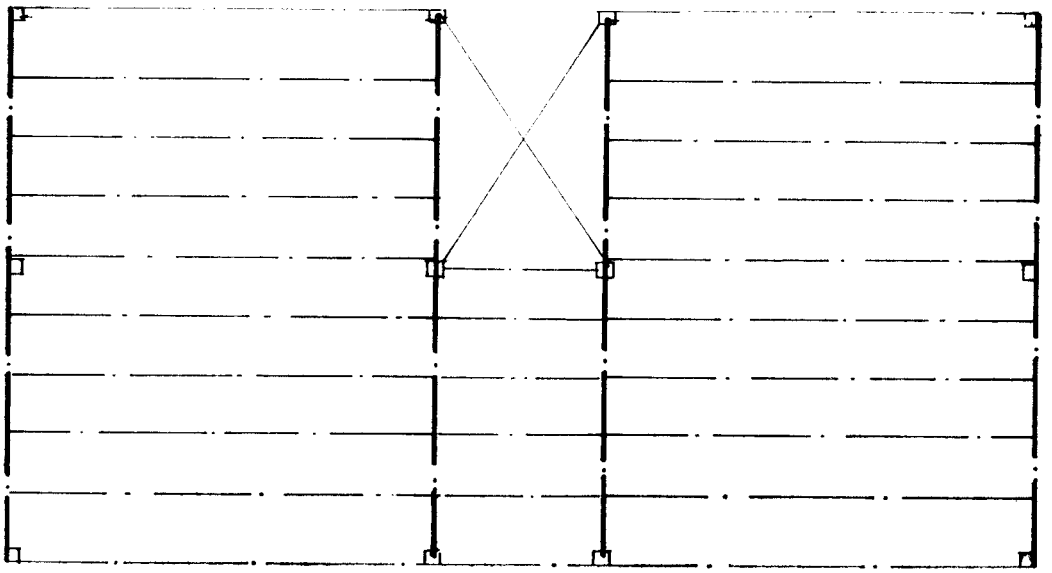
جدول شماره ۷

سقف بتنی با آجر مجوف

هزینه کل ساخت سقف بتنی با آجر مجوف

تیپ	نوع	طول دهنه متر	وزن میله گرد در مترمربع	قیمت میله گرد ریال	هزینه اجرای سقف ریال	هزینه ساخت سقف ریال	هزینه ساخت + ۱۰ درصد ریال
1	12—5	2.60	8.110	77.7	372.5	450.2	495.2
2	12—5	3.15	3.368	84.2	372.5	456.7	502.3
3	16—5	3.47	3.640	91.0	381.5	472.5	519.8
4	16—5	3.80	4.020	100.5	331.5	482.0	530.0
5	16—5	4.11	4.258	106.5	381.5	488.0	586.8
6	16—5	4.50	4.626	115.6	381.5	497.1	546.8
7	16—5	4.80	5.004	127.1	381.5	508.6	559.5
8	20—5	5.55	5.404	135.1	395.0	530.1	583.1
9	20—5	5.93	5.878	141.0	395.0	542.0	396.2
10	20—5	6.26	6.424	160.6	395.0	555.6	662.2
11	23—5	6.70	6.738	171.0	431.0	602.0	662.2
12	25—5	7.15	7.426	185.6	431.0	616.6	678.3

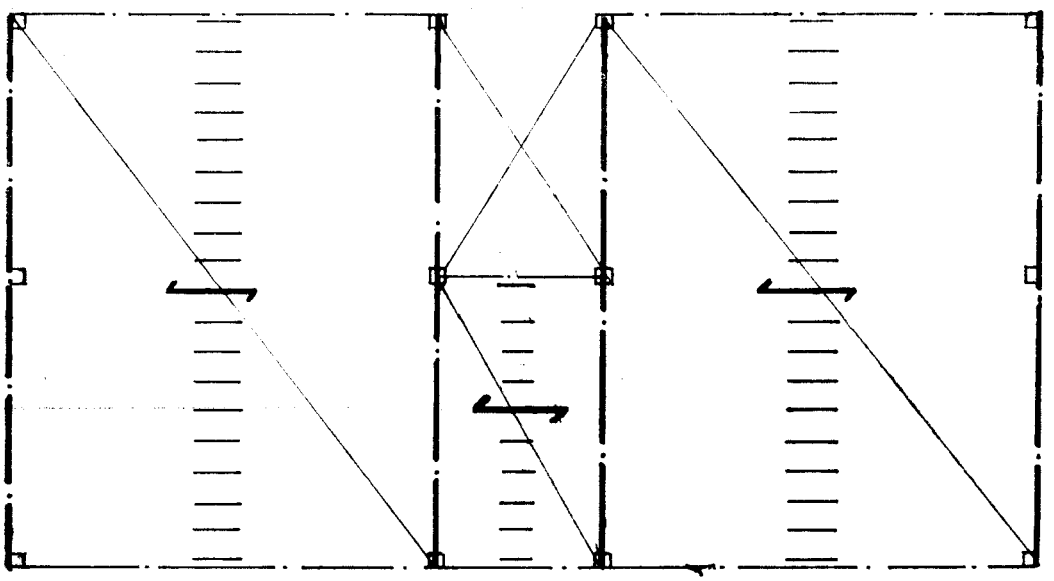
سیستم ساختمانی سقف باطاق ضربی و ۱۲ عدد ستون



SYSTEM-1

FIG. 7

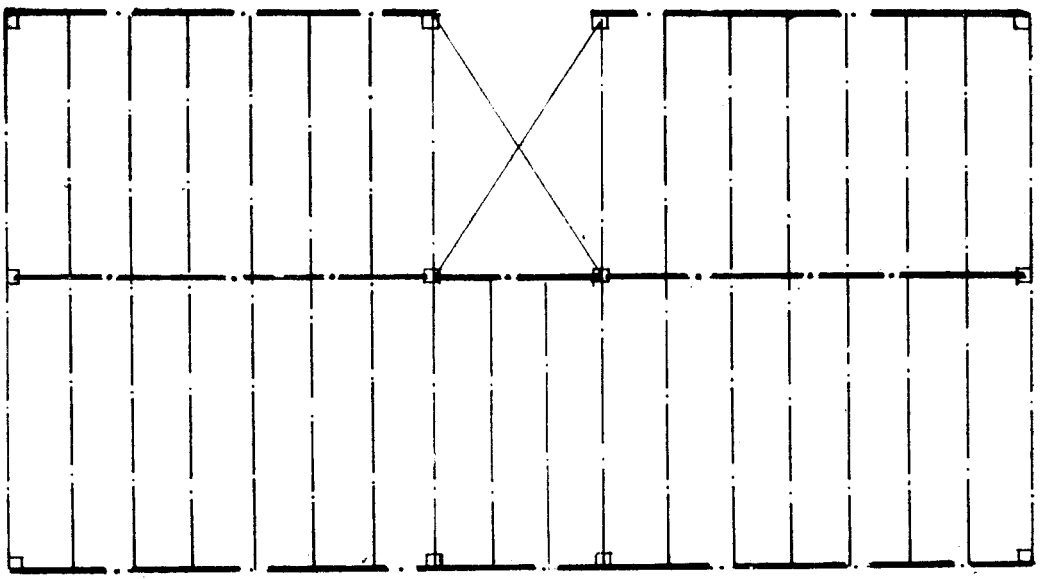
سیستم ساختمانی سقف بتنی با بلوک مجوف و ۱۲ عدد ستون



SYSTEM-2

FIG. 8

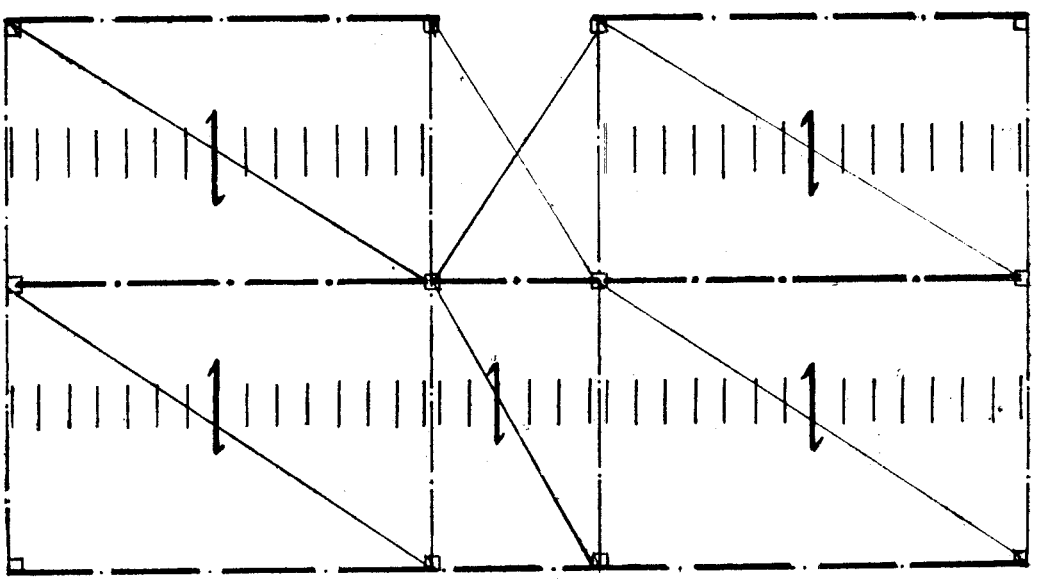
سیستم ساختمانی سقف باطاق ضربی و۱۲ عدد ستون



SYSTEM-3

FIG. 9

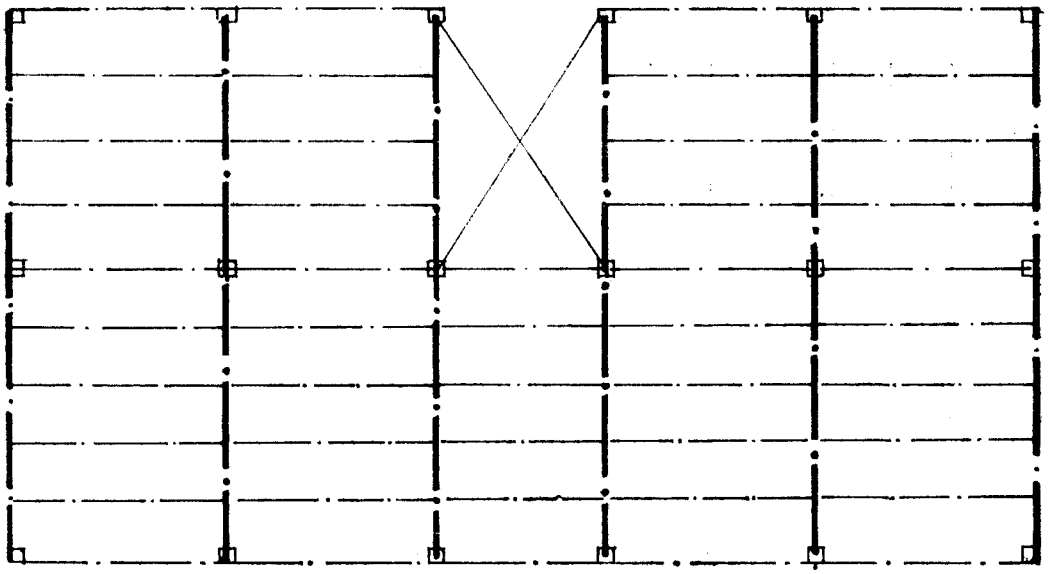
سیستم ساختمانی سقف بتنی با بلوک مجوف و ۱۲ عدد ستون



SYSTEM-4

FIG. 10

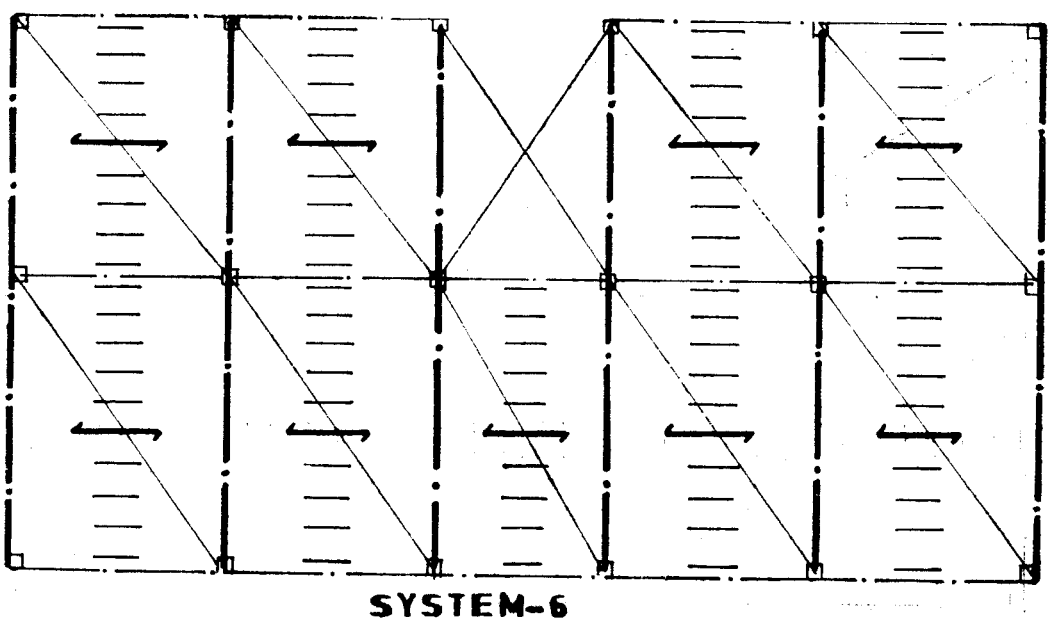
سیستم ساختمانی سقف باطاق ضربی و۱۸ عدد ستون



SYSTEM-5

FIG. 11

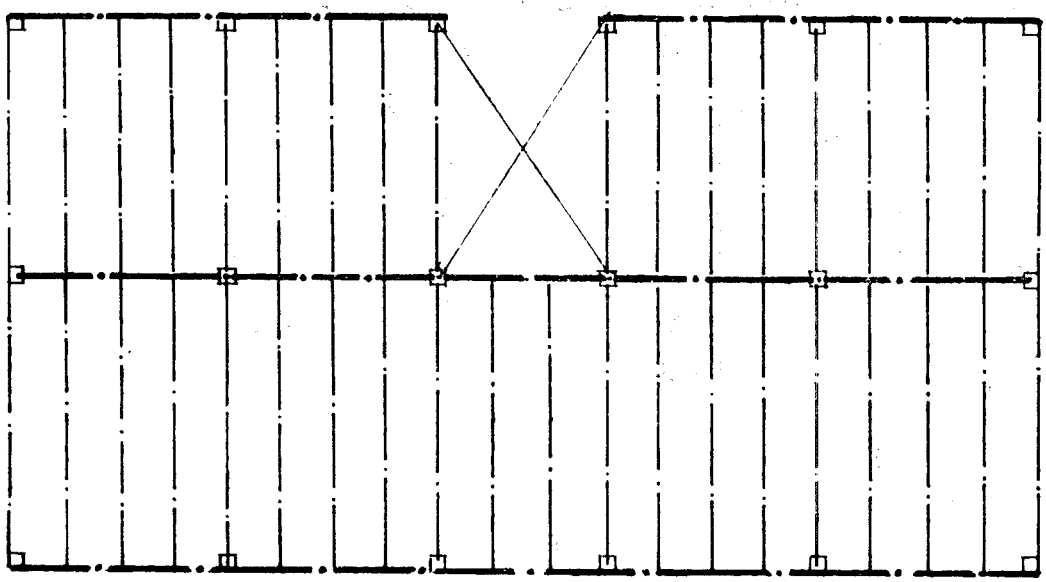
سیستم ساختمانی سقف بتنی با بلوک مجوف و ۱۸ عدد ستون



SYSTEM-6

FIG. 12

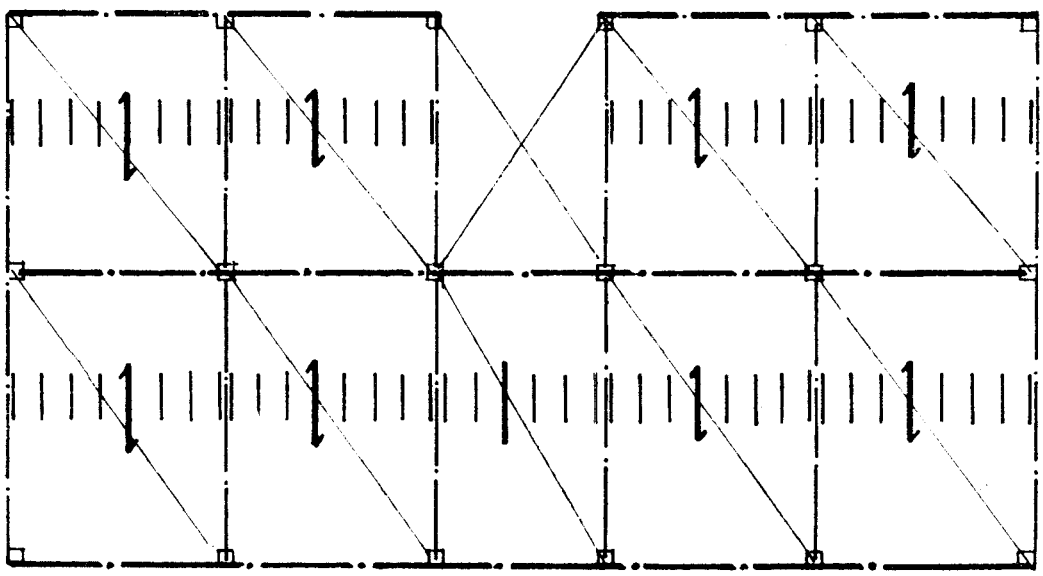
سیستم ساختمانی سقف طاق ضربی و ۱۸ عدد ستون



SYSTEM-7

FIG. 13

سیستم ساختمانی سقف بتنی با بلوک مجوف و ۱۸ عدد ستون



SYSTEM-8

FIG. 14

BEAN $ GIRDER AND COL SCHEDUAL (JACK-ARC)									
OS	NO	I 10	I 12	I 14	I 16	I 18	I 20	I 22	
1	4				8.50				2 PL 250.6.4250
2	4			6.00					
3	4		6.00						
4	4	6.00							
5	4	6.00							
6	8					8.50			2 PL 250. 6.4250
7	8					6.00			
3	8				6.00				
9	8			6.00					
0	8		6.00						
1	4						8.50		2 PL 250.6.4250
2	4						6.00		
3	4					6.00			
4	4				6.00				
5	4		6.00						
6	2							8.50	2 PL 250.8.4250
7	2							6.00	
8	2						6.00		
9	2				6.00				
0	2		6.00						
1	4x5					9.10			PL 300.4 2500
2	4x5					9.10			PL 300 6 2500
3	4x5					9.10			PL 300 8 2500
4	12x5				3.35				
5	26x5			3.35					
6	2 x 5					3.35			
7	2x5				2.65				
8	1x5			2.65					
L		48.0	108.0	52.15	385.0	719.5	70.0	29.0	
T/m		8.32	11.2	14.4	17.9	21.9	26.3	31.1	
T / kg		3990	2100	75020	68920	157570	18410	9020	39620

TOTAL= 38195 kg

TABLE - 1

GIRDER AND COL SCHEDUAL (JOIST)									
POS	NO	I 10	I 12	I 14	I 16	I 18	I 20	I 22	
1	4x2				4.25				
2	4x2			3.00					
3	4x2		3.00						
4	4x2	3.00							
5	4x2	3.00							
6	2x2					4.25			
7	2x2				3.00				
8	2x2			3.00					
9	2x2		3.00						
10	2x2	3.00							
11	4x2						4.25		
12	4x2					3.00			
13	4x2				3.00				
14	4x2			3.00					
15	4x2		3.00						
16	2x2							4.25	
17	2x2						3.00		
18	2x2					3.00			
19	2x2				3.00				
20	2x2			3.00					
21	2x5					9.25			2 ℙ 2500 80.6
22	2x5	4.30							
23	2x5					4.30			
24	2x5						7.25		
25	2x5					17.00			
26	2x5			4.00					
27	2x5	4.80							
28	1x5					16.80			2 ℙ 15000 80.6
ΣL		15.10	6.0.0	12 0.0	82.0	442.5	118.5	17.0	
WT/m		8.32	11.2	14.4	17.9	21.9	26.3	31.1	
WT/Kg		1256	672	1728	1468	96 91	3117	529	749

TOTAL = 19210

TABLE-2

SCHE DUAL FONDATION (JACK-ARC)							
POS	NO	SIZE	REL. BAR kg	CONC. m^3	ANCHOR BOLT kg	EXC	BASE kg ﷼
F_1	4	145x145	200	1.20	6.40	3.20	13
F_2	8	165x165	2.30	1.45	8.40	3.94	18
F_3	4	190x190	3.80	1.92	10.75	5.10	25
F_4	2	200x200	4.40	2.10	13.50	5.75	25
TOTAL			504	283	163	76	346
UNIT PRICE			23	1050	32	30	28
TOTAL			11592	29715	5216	2280	9688

58491 RLS.

TABLE -3

SCHE DUAL FONDATION (JOIST)							
POS	NO	SIZE	REI. BAR kg	CONC. m^3	ANCHOR BOLT kg	EXC.	BASE kg ﷼
F_1	4	120x120	18	1.10	6.40	2.30	13
F_2	8	145x145	2.00	1.20	6.40	3.20	18
F_3	4	165x165	2.30	1.45	8.40	3.94	25
F_4	2	180x180	35	1.80	10.75	420	25
TOTAL			394	234	132	59	346
UNIT PRICE			23	1050	32	30	28
TOTAL			9062	24750	4224	1770	9688

49494 RLS.

TABLE-4

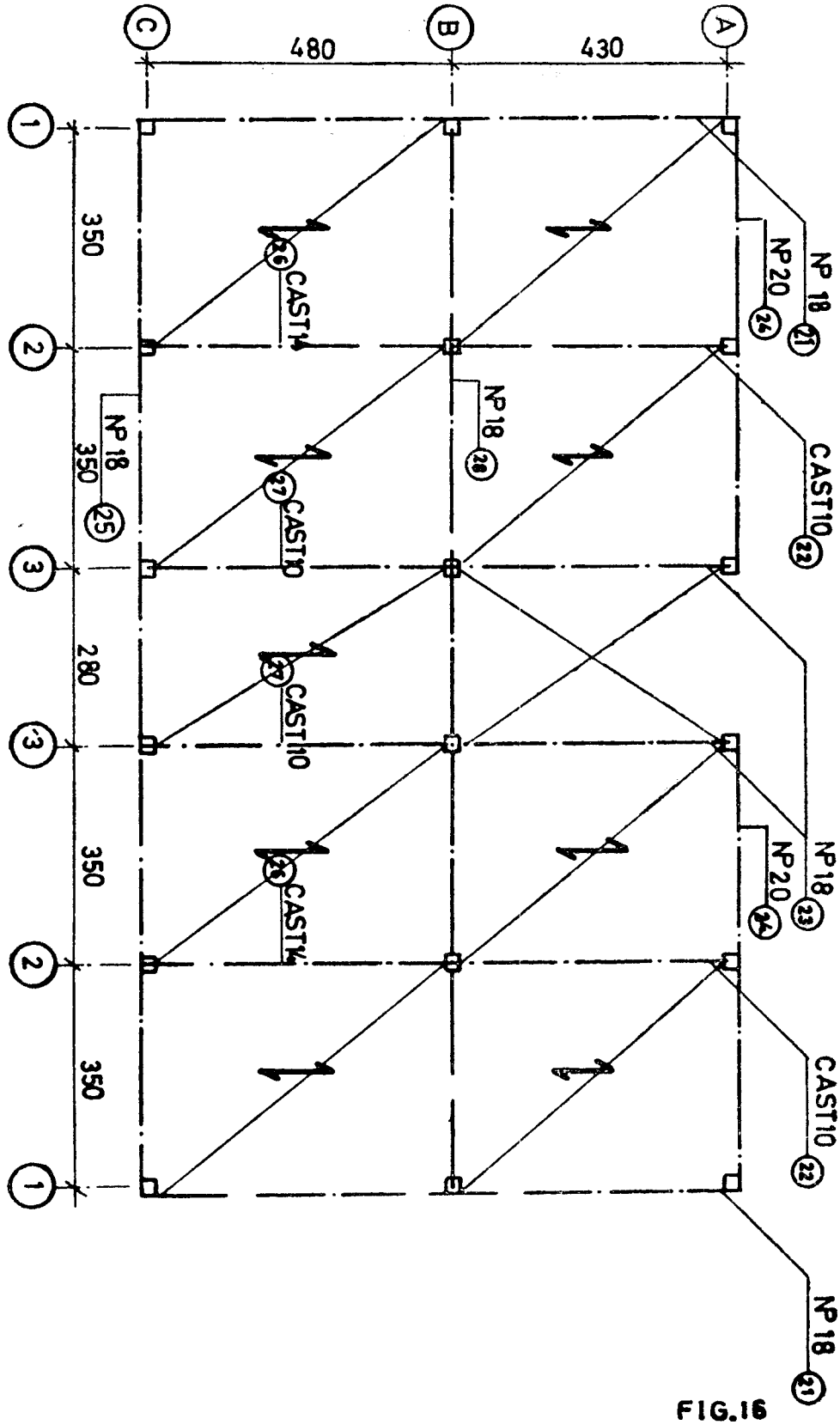

C
B
A
480
430
1
2
3
3'
2
1
350
350
280
350
350
NP 18
21
NP 20
24
CAST4
26
NP 18
25
CAST10
27
NP 18
28
CAST10
22
CAST10
29
NP 18
23
NP 20
24
CAST4
26
CAST10
22
NP 18
21

FIG.16

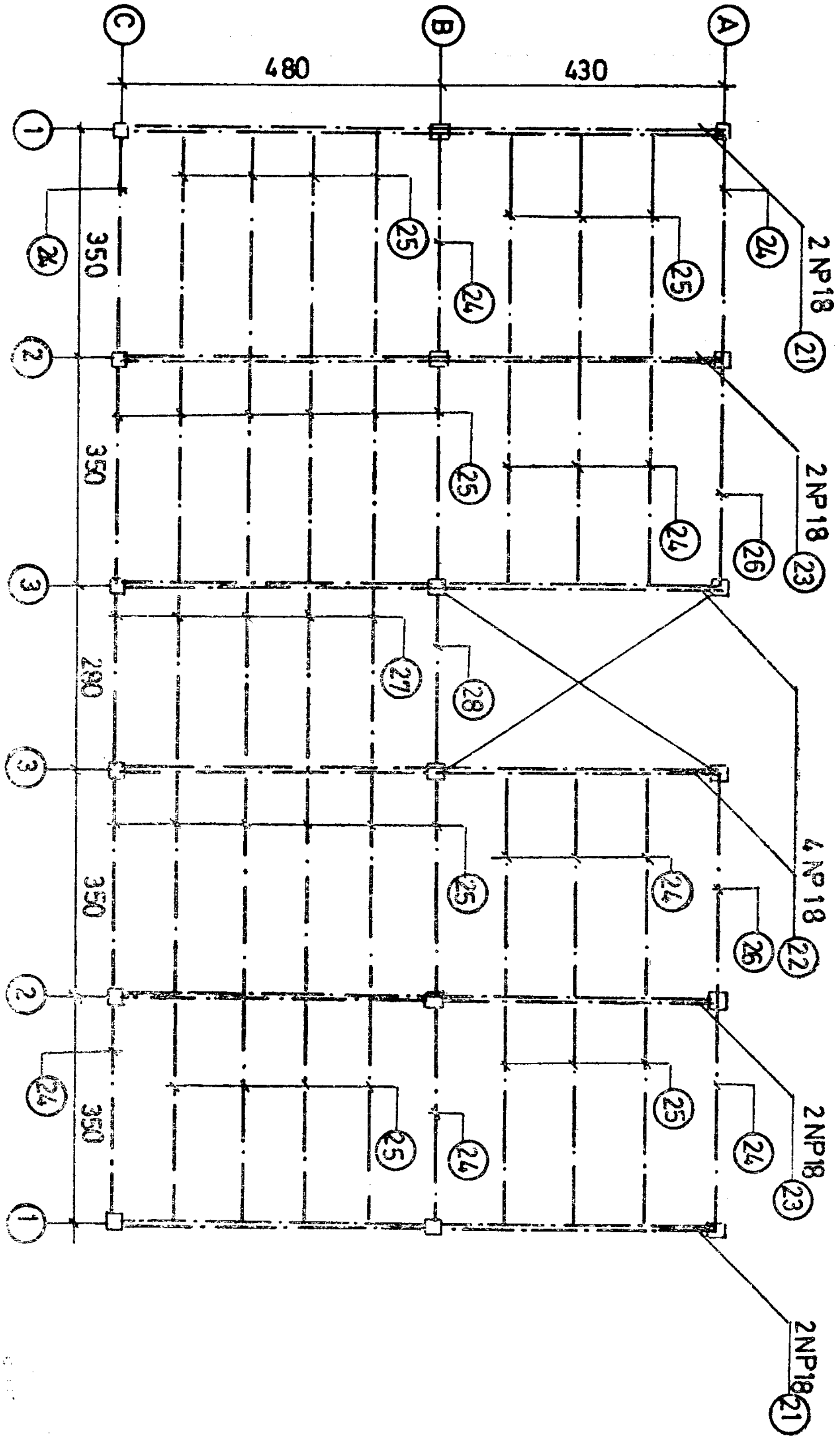

A
B
C
480
430
1
2
3
3
2
1
350
350
280
350
350
2NP18
2NP18
4NP18
2NP18
2NP18
21
23
22
23
21
24
25
26
27
28

FIG.15