

روش جدید در تیر و سقف ساختمان بصورت ماهیچه دار

* * سعید فرخنده - احسان جعفری

چکیده:

روش نوین تیر و سقف مختلط (کامپوزیت) بنام کومبی نی یت (Combinette)، روشی است که در آن به منظور شکل دادن و به دلیل طرح خاص زیرین از قالب معمولی، قالب ویژه مدولار یا بلوكه های سفالی مجوف سقفی و دیواری استفاده می شود. این روش جدید با هدف سبک سازی و هر چه کمتر کردن مصرف فولاد در سقف های مختلط انجام می گیرد، و با توجه به محاسبات انجام شده، تقریباً مصرف فولاد در ساختمان به کمتر از نصف و قیمت اسکلت و سقف ها در حدود $\frac{1}{3}$ کاهش می یابد. بنابراین با یک تغییر ساده و بخصوص با توجه به قیمت نسبی بالای فولاد می توان اثر عمیق آن را در اقتصاد کلان کشور ملاحظه نمود.

بنابراین به بررسی های انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، این نوع سقف ها با استفاده از آئینه ایران به روش ضریب بار و مقاومت قابل محاسبه هستند و در حال حاضر در ایران کاملاً قابل اجرا می باشد. در روش طراحی و اجرای کومبی نی یت به دلیل شکل خاص مقطع تیر و پل و دال که در حقیقت در هر دهانه یک طاق دو طرفه می باشد، مانند سقف بتنی شرایط دیافراگم صلب ایجاد شده و کلیه نیروهای زنگله به نحو مناسب و قابل اطمینانی به ستون ها و دیوارهای برشی منتقل می شود.

در این مقاله به جزئیات اجرایی مربوط به مقاطع جدید کومبی نی یت در تیرهای یکسره و کنسول، اتصالات، کنترل برشی در نیمروخ فولادی و ... پرداخته شده است.

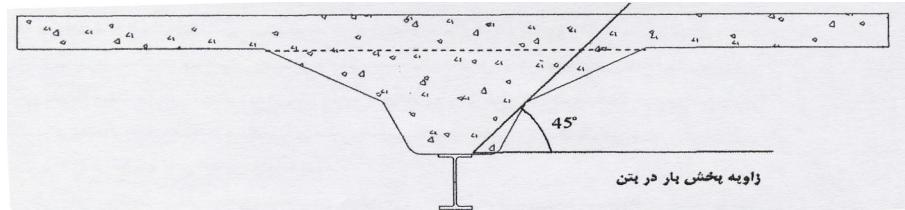
کلمات کلیدی: کومبی نی یت، سبک سازی

*دانشجوی کارشناسی - رشته مهندسی عمران - دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان (saeed.bbc201@gmail.com)

** دانشجوی کارشناسی - رشته مهندسی عمران - دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان (ehsan_egnc@yahoo.com)

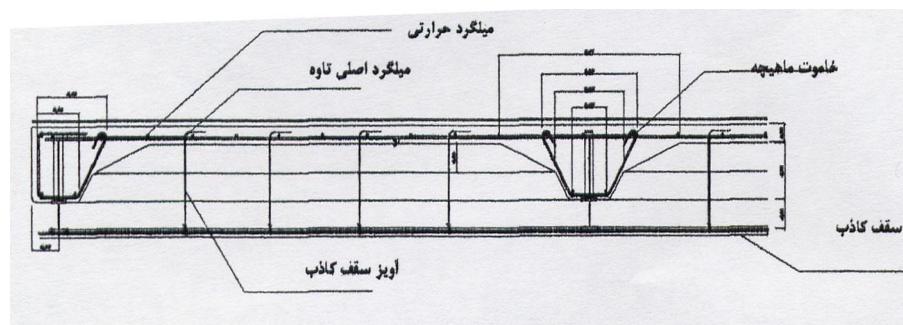
۱- ترکیب Composition

در ترکیب خاص تیر آهن و بتن دال بتنی در روی تیر آهن IPE با ضخامت بیشتری که این اضافه ضخامت اصطلاحاً ماهیچه نامیده می شود متصل می گردد. (شکل ۱)

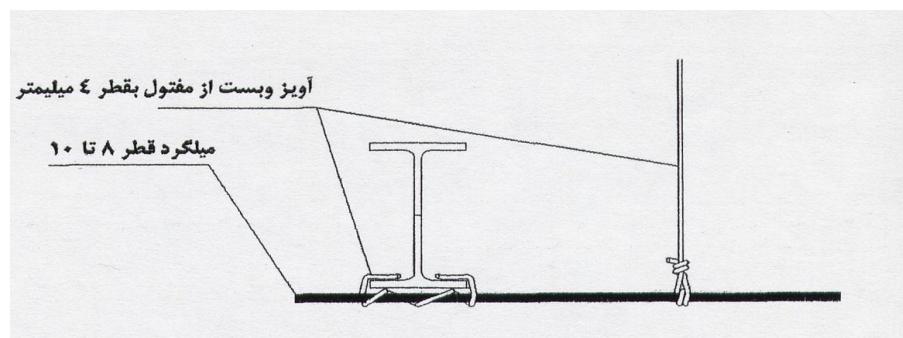


شکل ۱- بهترین مقطع و شکل ماهیچه بدست آمده

۱-۱- در ترکیب حاضر بطور معمول تیر آهن IPE، بتن آرمه با قالب بندی مستقیم و در صورت استفاده از قالب غیرمستقیم بلوکهای سفالی مجوف سقفی و دیواری یا بلوکهای اسفنجی بتن گازی (هبلکس) که همه از صالح بنایی عادی هستند شرکت دارد و در حقیقت دستیابی به هدف اصلی با استفاده از شکل خاص و ترکیب صالح فوق بدست آمده است که جزئیات اجرا و محاسبات فنی آن به نظر شما می رسد.(اشکال ۲ و ۳)



شکل ۲- مقطع کومبی نی یت با قالب با قالب بندی مستقیم و سقف کاذب بدون بلوک سفالی



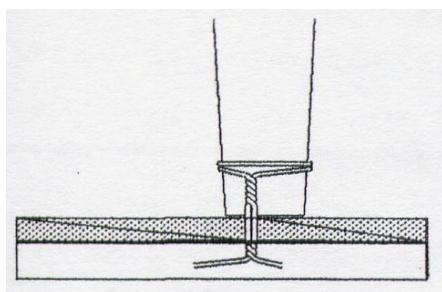
شکل ۳- جزئیات زیر سازی سقف کاذب در کومبی نی یت با قالب معمولی

برای اجرای سقف های Combiniette پس از تیر ریزی در صورت قالب بندی غیرمستقیم کل زیر سقف بطور مسلح قالب بندی می شود مخصوصاً لازم است با شمع زنی زیر تیر آهن ها به مقدار لازم خیز معکوس به

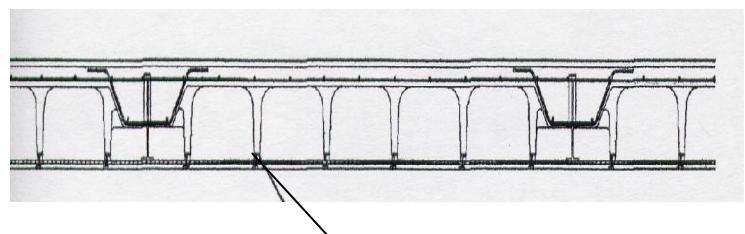
تیرها داده شود و بعد مطابق مشخصات بلوک چینی شده پس از اجرا لوله کشی های برق و غیره آرماتوربندی شده و بتن ریزی می شود.

۱-۲- بلوکه های سفالی مجوف سقفی و دیواری که در ترکیب حاضر استفاده می شود دارای سطح دندانه دار و شکل خاص هستند که پیوستگی خیلی خوبی را با قسمت بتی تأمین می نماید که در آزمایش انجام شده چسبندگی ایجاد شده بیش از ۱۰ برابر مقدار لازم برای حفظ وزن بلوکه سفالی و گچ کاری زیر سقف می باشد که البته پس از گچ کاری کلیه بلوکه ها از زیر نیز بوسیله گچ به هم متصل می گردد.

۱-۳- قالب بندی مستقیم به دو صورت معمولی (مانند قالب بندی سقف های بتی) و ویژه (قالب های خاصی از فلزها، فایبر گلاس، انواع ورق های فرم داده شده پلاستیک، فوم پلی استایرن، پلی یورتان روی یک قالب مسطح چیده شده که پس از باز کردن قالب سطح زیرین سقف شکل پیدا می کند) انجام می شود.(اشکال ۴ و ۵)



شکل ۵- جزئیات اتصال سقف کاذب



شکل ۴- سقف کومبی نی یت اجرا شده با قالب ویژه

۲- مزايا و محدوديت های ظاهري روش کومبی نی یت Combiniette

۱-۱- در اين روش کف سازی به حداقل می رسدو می توان لوله کشی برق و شوافاز را داخل سقف انجام داد چون بر خلاف کامپوزیت معمولی که کلیه مسیرهای افقی بوسیله تیرآهن قطع می شود، بخصوص با استفاده از بلوک به صورت عمودی یا قالب بندی مستقیم ضخامت ماهیچه محل مناسبی برای ایجاد کanal با ابعاد نسبی می باشد ادامه کanal ها را بصورت طولی و عرضی می توان با کanal های PVC یا قرار دادن قطعات یونولیت در قسمت ماهیچه اجرا کرد.

۱-۲- به خاطر ترکیب خاص بتن و فولاد عبور داکت ها یا مسیرهای عمودی از محل قرار گرفتن تیرآهن و ماهیچه غیر ممکن است و باعث کم کردن مقاومت تیرها می شود و در صورت اجبار طراحی خاص و تقویت لازم را می طلبد. بنابراین در زمان طراحی لازم است کلیه محدودیت های نقشه معماری در نظر گرفته شود.

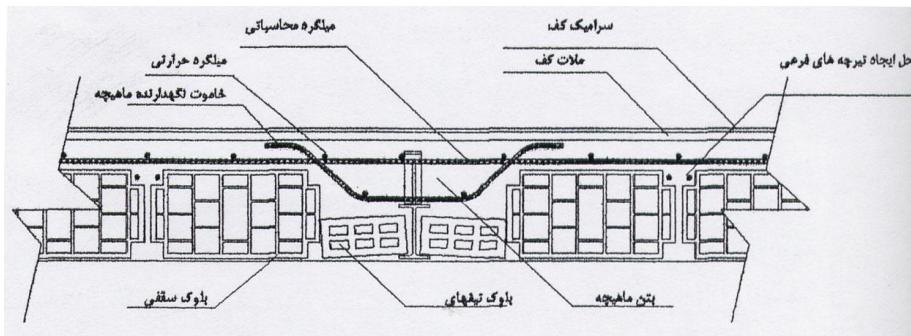
۳-۲- تیرریزی کومبی نی یت Combiniette

با فاصله تیرآهن حدود ۲/۵ متر انجام می شود که تا ۴ متر نیز قابل افزایش است این اندازه بصورت تجربی بدست آمده و کمترین مصرف فولاد را بدست می دهد. در پروژه هایی که فاصله ستون ها نامناسب و دهنده ها قابل قسمت به عدد فوق نیستند می توان دو یا چند دهنده را به عدد فوق تقسیم نمود.

۴-۲- ضخامت سقف و تاوه بتنی

ضخامت تمام شده سقف را با توجه به انواع و اندازه های مختلف بلوک سقفی و ضخامت تاوه روی آن و حدود ۳ سانتی متر کف سازی در بالا و ضخامت گچ از زیر می توان تعیین نمود که به عنوان مثال با استفاده از بلوک سقفی با ارتفاع ۲۵ سانتی متر و ضخامت تاوه ۱۰ سانتی متر نزدیک به ۳۹ سانتی متر می شود که ضخامت مقاوم آن ۳۵ سانتی متر است. در استفاده از بلوک سفالی سقفی موجود در بازار مطابق شکل می توان تیرچه های فرعی به فواصل ۴۰ سانتی متری ایجاد کرده و ضخامت دال را به حدود ۴ یا ۵ سانتی متر رسانید و نتیجه آن سبک تر شدن وزن سقف می باشد.

به منظور سبک سازی بیشتر و مصرف آهن پائین تر طرح و اجرای کومبی نی یت بدون بلوک و با استفاده از قالب مستقیم یا مدلولار پیشنهاد می شود. بهترین ضخامت تمام شده قسمت مقاوم سقف در صورت استفاده از قالب مستقیم با تجربیاتی که در اجرا بدست آمده ۴۸ سانتی متر می شود که ممکن است با محدودیت های معماری و تأسیساتی تغییر نماید. (شکل ۶)

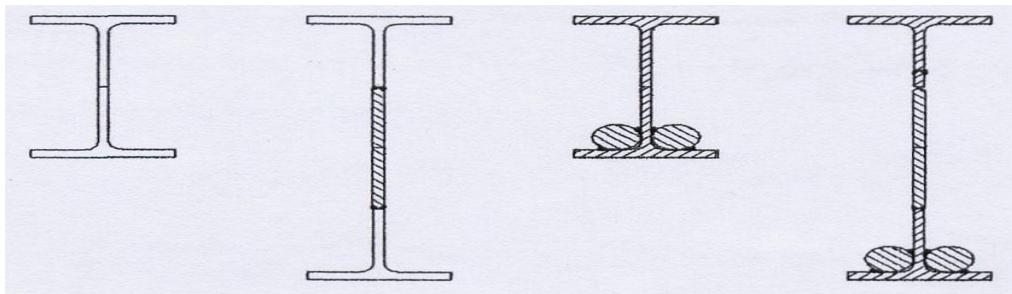


شکل ۶- مقطع کومبی نی یت با استفاده از بلوک سفالی تیغه ای و سقفی و ایجاد تیرچه های فرعی

۳- روش های تقویت نیمرخ IPE در Combiniette

۳-۱- تقویت تیرهای IPE به روش های مختلف ممکن می باشد. بجز روش های معمول در جاییکه تیر یا پل مستقیماً روی تیغه یا دیوار واقع می شود که در این صورت پائین تر از زیر سقف قرار گرفتن تیرآهن مشکلی ایجاد نمی کند، می توان مطابق شکل تیرآهن را به دو سپری تقسیم و تسممه فولادی مناسب را بین آن قرار داد و دوباره جوشکاری نمود. در چنین موقوعی تیرآهن لانه زنبوری پیشنهاد نمی شود، چون مقطع باقیمانده لانه

زنیوری در محل سوراخ ها عملاً کوچکتر از مقطع تیرآهن بوده و در برابر کشش مقاومت کمتری دارد و چنانچه لانه زنیوری استفاده شود لازم است سراسر جان آن را با ورق پوشاند یا مقطع کوچک لانه زنیوری را در محاسبات لحاظ نمود. نهایتاً با کنترل برش و نیاز به ورق اضافی ممکن است اقتصادی نباشد.(شکل ۷)



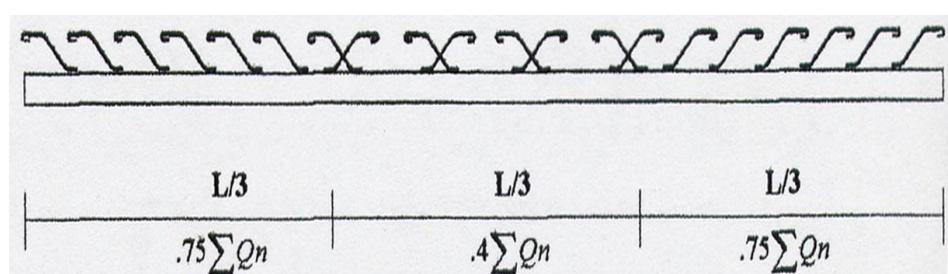
شکل ۷

تفویت بال پائین تیرآهن در Combiniette بخاطر ایجاد تعادل بیشتر در مقطع ظرفیت باربری خوبی ایجاد می کند، از طرفی چون اضافه کردن ورق در زیر بال بخاطر ایجاد بر جستگی در گنج کاری مشکل خواهد داشت، پیشنهاد می شود از دو عدد میلگرد با قطر مناسب و روی بال پائین استفاده شود.

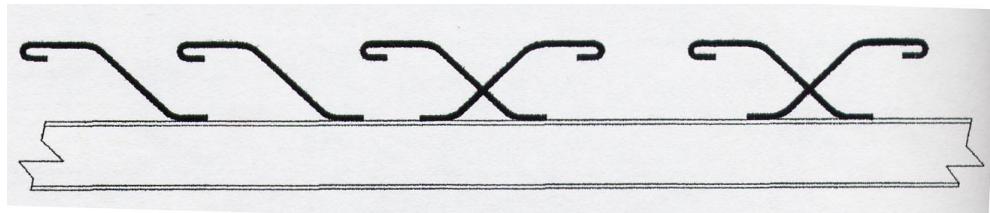
بجای هر تیر می توان از دو یا سه نیمرخ چسیده بهم استفاده نمود که در این صورت علاوه بر اقتصادی تر شدن نیمرخ ها عرض برشگیرها هم بیشتر می شود از روش های فوق بصورت توأم هم می توان استفاده کرد.

۴- برشگیرها

۴-۱- بهترین روش برشگیر در سقف های Combiniette یا کامپوزیت ماهیچه دار میلگرد مطابق شکل می باشد که در استاندارد آلمان DIN4239 آن را پیشنهاد می نماید و محاسبه آن را می توان مانند گل میخ انجام داد. آرایش برشگیر در استاندارد فوق مطابق شکل ۸ می باشد. لازم به ذکر است برشگیر میلگردی با آزمایشاتی که در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انجام شده بیشترین مقاومت را درین برشگیر داراست. [R7] (شکل ۸ و ۹)

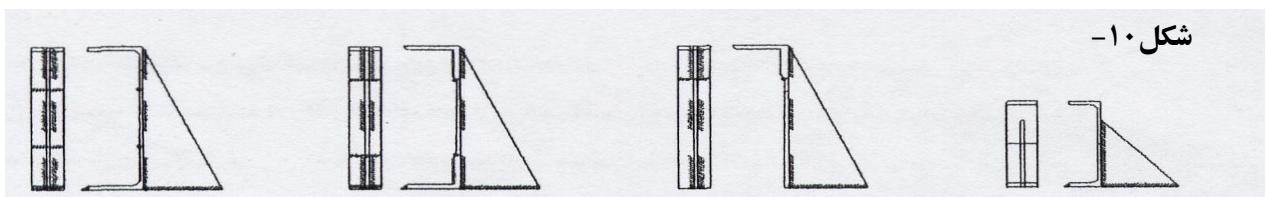


شکل ۸- در این استاندارد فواصل برشگیر از ۰/۷ تا ۲ برابر ارتفاع بتن و طول مهاری آن $\Phi 10$ می باشد.



شکل ۹- برشگیر میلگردی و آرایش آن در طول تیر طبق DIN 4239 آلمان

۴-۲- برشگیر ناودانی تا نمره UPA18 بدون تغییر استفاده و پشت ناودانی هم لچکی ورق مطابق شکل اجرا می شود. زیرا نیروی برشی معمولاً به حدی است که طول و مقطع جوش در جلو و پشت ناودانی کفاف نیروی وارد را نمی دهد، زمانی که ارتفاع ماهیچه و تاوه به اندازه ای باشد که ناودانی بیشتر از UPA18 لازم باشد پیشنهاد می شود ناودانی را به دو نسبت تبدیل و ورق لازم را بین آن قرار داده جوش دهیم که از دو نسبت معادل هم می توان استفاده کرد ضعف ایجاد شده و اثر جوش را بوسیله لچکی پشت آن مطابق شکل از بین می بریم. (شکل ۱۰)



ناودانی با ارتفاع بتند

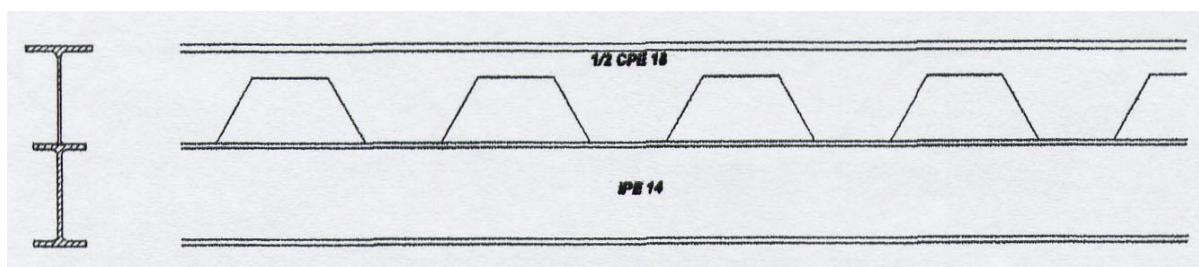
از دو نسبتی

از یک نسبتی

ناودانی با ارتفاع استاندارد

شکل ۱۰-

۴-۳- برشگیر از نیمه تیر آهن لانه زنیوری: در صورت استفاده از نیمه تیر آهن لانه زنیوری که ممکن است در بعضی مواقع برای ایجاد ارتفاع بیشتر نیاز به اضافه کردن ورق بین عضو کششی و برشگیر باشد. تیر کومبی نیت را قبل از بتن ریزی تبدیل به تیر خودنگدار کرده، شمع موقت لازم ندارد و در نتیجه امکان بتن ریزی چند سقف بطور توام فراهم می گردد ولی مصرف فولاد بالا خواهد رفت. به علاوه می توان با استفاده از قالب مدولار ویژه تیر یکسره کومبی نیت طراحی نمود. (شکل ۱۱)

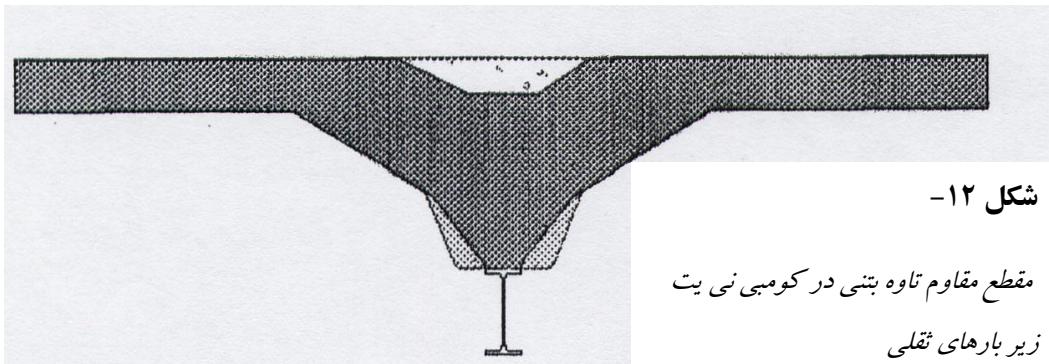


مقطع

شکل ۱۱- برشگیر از نیمه تیر آهن لانه زنیوری

متوسط مقدار مصرف فولاد

مقدار مصرف فولاد در اسکلت ساختمان های معمولی و شرایط عادی محاسبه شدها Combiniette بین 25 تا 30 کیلوگرم و مصرف میلگرد بین 4 تا 5 کیلوگرم در هر متر مربع زیربنا می باشد. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲-

قطع مقاوم تاوه بتی در کومبی نی یت

زیر بارهای ثقلی

۵- قالب بندی

۵-۱- در قالب بندی مستقیم قالب بندی بصورت شکل دندانه دار از لبه بال تیرآهن ها شروع می شود. زیرسازی قالب مستقیم مشابه اجرای کامپوزیت معمولی و تفاوت در قسمت شکل دار روی آن است.

۵-۲- در طرح قالب مدولار ویژه یک صفحه مسطح به وسیله چوب یا فلز اجرا شده و قطعات خاص طراحی شده روی آن چیده می شود که پس از برداشتن آن میله های بتی به فواصل 40 تا 50 سانتی متر در سطح زیرین تاوه ایجاد می شود و نوک این میله ها چون هم سطح است می توان ورقه رایتس را مستقیماً با مفتول به آن متصل کرده روی آن را اندود گچ نمود.

۵-۳- در قالب بندی غیر مستقیم قالب بندی بصورت یک سره و چسبیده به زیر تیرآهن ها انجام می شود و قالب فقط در صورتی که پل محاسبه شده با روش اضافه کردن ارتفاع با ورق تقویت شده باشد در محل پل قطع می شود. در نهایت قالب بندی را می توانیم برابر بال بالای نیمرخ اجرا کرده و روی آن از قطعات فوم چیده و با یک لایه نایلن از تماس و چسبیدن بتن به آن ممانعت نمائیم.

۶- نتیجه گیری

در روش طراحی و اجرای کومبی نی یت به دلیل شکل خاص مقطع تیر و پل و دال (شکل ۱۱) که در حقیقت در هر دهانه یک تاق دوطرفه می باشد مانند سقف بتی شرایط دیافراگم صلب ایجاد شده و کلیه نیروهای زلزله را به نحو مناسب و قابل اطمینانی به ستون ها و دیوارهای برشی منتقل می کند.

در ساختمان هایی که تا کنون با این روش اجرا شده پس از نازک کاری ترک هایی زیر سقف مشاهده نشده است. در آزمایشات بارگذاری انجام شده مقدار خیز ایجاد شده در تیرهای کومبی نیت حداکثر نزدیک به 0.5

مقدار خیز محاسبه به روش ارجاعی شده بوده است. خیز در این مقاله از طریق محاسبه لنگر لختی حداقل

بدست می آید که بسیار نزدیکتر به مقادیر بدست آمده در آزمایشات است. [R3]

به دلیل بالا بودن نسبت h/L ارتفاع مقاوم تیر به طول دهانه، سقف ها دارای فرکانس نسبی بالا و در نتیجه کمترین لرزش است. به علت وجود ماهیچه تیرهای کومبی نیت قادر به تحمل نیروهای داخلی و فشاری زیادی هستند که در صورت نیاز مطابق آئین نامه بتن آرمه ایران قابل محاسبه می باشند.

-۷- مراجع مورد استفاده:

۱- [R1] ساختمان های مرکب - مهندس محمد مؤیدیان

۲- [R2] طراحی سازه های بتن مسلح (بر مبنای آئین نامه بتن ایران) - مهندس شاپور طاحونی

۳- [R3] طراحی سازه های فولادی به روش ضربی بار مقاومت LRFD - تأليف مك كورمك - ترجمه و اقتباس دکتر فریدون ایرانی

۴- [R4] طراحی سازه های فولادی بر مبنای آئین نامه فولاد ایران (مبث ۱۰ از مجموعه مقررات ملی ساختمان) - مهندس شاپور طاحونی

۵- [R5] راهنمای مبحث دهم مقررات ملی ساختمان - طرح و اجرای ساختمان های فولادی - مهندس ارک مگردیچیان

۶- [R6] مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران - طرح و اجرای ساختمان های بتنی - وزارت مسکن و شهر سازی

۷- [R7] Stahl im hechbau ۱۳. Auflage Verain Deutscher Eisenhüttenleute Verlalg Stahleisen mbh. Düsseildorf