

عنوان : پلهای پیش تنیده ساخته شده به روش طره ای آزاد

مقدمه و تاریخچه : ایجاد پلها و گذرگاه ها برای عبور از دره ها و رودخانه ها از قدیمیترین فعالیت های بشر است . پلهای قدیمی معمولاً از مصالح موجود در طبیعت مثل چوب و سنگ و الیاف گیاهی بصورت معلق یا با تیرهای حمال ساخته می شدند . همزمان با پیشرفت بشر و نیاز جوامع به ارتباط با هم ، راهسازی و پلسازی گسترش یافته و روش های جدیدی نیز برای ساختن این ابنیه اختراع شده است . به ترتیبی که در دوران قبل از رومیها پلهای سنگی و طاقی ساخته شدند و در اوایل قرن نوزدهم پلهای معلق و قوسی ابداع شدند و از شروع قرن بیستم ساختن پلهای فلزی و بتن مسلح آغاز شد ،

با توجه به اینکه استفاده از بتن مسلح برای دهانه های بیش از ۳۰ متر با توجه به نیروهای کششی بزرگ ایجاد شده و ترک خوردن مقطع و در نتیجه مقابله با آن افزایش بار مرده غیر ممکن به نظر می رسید فکر ساختن بتن پیش تنیده بوجود آمد و پلهایی به این روش ساخته شد ، اولین پل مهم از بتن پیشتنیده در سال ۱۹۴۶ با دهانه ۵۵ متری در فرانسه ساخته شد و با گسترش این تکنیک امروزه بیش از ۸۵ درصد پلهای بزرگ و متوسط جهان از بتن پیش تنیده ساخته میشوند.

طبق آمارهای موجود ، در ایران از سال ۱۳۴۱ به بعد (تا سال ۱۳۶۵) ۳۳ پل پیشتنیده با دهانه ۱۷ تا ۷۷ متر و طول کل ۵۹۰۰ متر و عرض حداقل ۷ و حداکثر ۲۹ متر بوسیله مهندسین مشاور ایرانی و فرانسوی ساخته شده است .

تعریف بتن پیشتنیده : پیشتنیدگی یعنی ایجاد تنشهای دائمی به نحوه دلخواه و به اندازه لازم در یک عضو بتنی در جهت مخالف با تنشهایی که در اثر بار سرویس در یک سازه ایجاد خواهد شد ، چون بتن در کشش ضعیف است ، هدف اصلی پیشتنیده کردن یک عضو بتنی محدود کردن تنشهای کششی و ترکهای ناشی از خمش بوجود آمده از بارهای وارده بر آن عضو می باشد . از بتن پیشتنیده علاوه بر

عضوهایی که در خمش هستند در عضوهایی که تحت کشش هستند (مانند لوله های مخازن آب) نیز استفاده شده است .

پیشتنیدگی به دو صورت پیش کشیدگی و پس کشیدگی اعمال می شود .

بتن پیش کشیده ، بتنی است که کابل های پیشتنیدگی آن قبل از ریختن بتن کشیده شده باشد ، در بتن پیشکشیده کابل های داخل بتن به بتن چسبیده اند و بعد از اینکه بتن خود را گرفت کابلها را از تکیه گاه دو طرف آزاد کرده و قسمت اضافی بیرون مانده از بتن را قطع می نماید در این حالت فولاد کشیده شده به دلیل رفتار الاستیک خود فشرده شده و همراه خود بتن را فشرده می کند .

بتن پس کشیده : برای ایجاد پس کشیدگی قالب های بتن را آماده کرده و بتن ریزی را همانند یک تیر بتن مسلح انجام می دهند با این تفاوت که داخل بتن یک غلاف قرار می دهند بصورتی که از یک طرف تیر به طرف دیگر آن سوراخی ایجاد شود تا کابلها پیش تنیدگی بدون اتصال به بتن در آن قرار گیرند ، در دو انتهای تیر غالباً دو ورق سر (یا هر وسیله مهاری مناسب دیگر) قبل از بتن ریزی جاگذاری می شوند . بعد از گرفتن بتن و آماده شد آن فولادهای پیش تنیدگی از داخل غلاف فولادی عبور داده می شوند و سپس توسط جک هایی که به ورق های سه تکیه می کنند کشیده می شوند که در این هنگام بتن به فشار می افتد پس از مهار فولادهای پس کشیدگی در دو انتهای تیر ، داخل غلاف عمل تزریق انجام می شود .

پل پیش تنیده : طبق یک تعریف کلی پل پیش تنیده پلی است که در ساخت قسمتی از آن از بتن

پیش تنیده (پیش کشیده یا پس کشیده) استفاده شود که عمدتاً تابلیه پل پیش تنیده می باشد .

روش طره ای آزاد : این روش در حقیقت یک نوع روش اجرایی برای ساختن پلهای بتن پیش تنیده

می باشد که طبق این روش تابلیه پل به قسمتهای کوچکتر (با طول کمتر) تقسیم شده ، که این

قطعات کوچکتر (از قبل یا در محل) ساخته شده و از روی پایه بصورت متوالی بوسیله یکسری کابل به

هم متصل می شوند تا یک کنسول (طره) روی پایه بوجود آید و طره های بوجود آمده از دو پایه متوالی به هم رسیده و یکپارچه گردند .

مزایای استفاده از روشهای طره ای آزاد :

روشهای متداول ساختن تابلیه (عبور گاه) در پلسازی بدینگونه است که بعد از ساختن شدن پایه ها با داربست بندی و قالب بندی عبور گاه را بتن ریزی کرده و می سازند . که این روش وقت گیر بوده و ضمناً ، ممکن است داربست بندی در همه جا امکان پذیر نباشد .

بعنوان یکی از مزیت های روش طره ای آزاد می توان به این نکته اشاره کرد که سرعت اجرا در این روش می تواند بسیار بیشتر از روشهای دیگر باشد به این دلیل که امکان ساختن تابلیه بصورت هم زمان از روی همه پایه ها را دارد که در حالت استفاده از قطعات پیش ساخته سرعت کار به ۸ متر در روز می رسد که یکی از مزیت های بسیار مهم برای این روش بشمار می آید دیگر مزیت بزرگ استفاده از این روش آن است که باعث حذف داربست بندی های مختلف می شود . البته روشهای دیگری نیز بدون استفاده از داربست و شمع و قالب بندی برای دهانه های کمتر از ۵۰ متر پیشنهاد شده ، اما برای دهانه های بزرگتر (تا حدود ۲۵۰ متر) معمولاً از روش طره ای آزاد استفاده می شود . حتی با بکار بردن بتن های سبک و کاهش وزن قطعات در آینده می توان پیش بینی کرد که دهانه های بزرگتری نیز با استفاده از این روش ساخته شوند .

در مجموع با توجه به مسایل ذکر شده ، استفاده از این روش در حالات زیر توصیه شده است :

- وقتی مشخصات محلی (مانند عبور راه آبی ، بستر سست رودخانه و ...) اجازه استفاده از شمع و داربست را نمی دهد .

- وقتی به علل مختلف مثل وجود جریان سریع آب ، تند بودن شیب کف رودخانه و ... داربست بندی خطر ناک باشد .

- وقتی به علت ارتفاع زیاد پایه ها استفاده از داربست پر هزینه باشد (طول دهانه اقتصادی برای این مورد ۷۰ تا ۸۰ متر بوده و برای دهانه های بیشتر از ۸۰ متر قیمت سازه افزایش پیدا کرده ولی روش طره ای آزاد همچنان مزایای خود را حفظ می کند)

- وقتی که به هر دلیل سرعت اجرا مهم باشد نیز می توان این روش را پیشنهاد کرد .

فازهای متوالی پل : همانطور که قبلاً ذکر شد ساختمان تابلیه از روی پایه ها شروع می شود و به صورت کنسول (موقت یا دائمی) از روی پایه ادامه مییابد نکته ای که در این میان حایز اهمیت است این مطلب بوده که عمدتاً در این گونه پلها (پلهای ساخته شده به روش طره ای آزاد) در حالات کلی با تحلیل پل در حالت ساخته شده حداکثر ممان وارده به پایه ها بسیار اندک بوده که حتی با استفاده از روشهای مختلف اتصال تابلیه به پایه سعی در کم کردن نیروهای وارده بر پایه و در نتیجه کم کردن ممان وارد بر آن هستیم در حالی که با کنسول کردن تابلیه (به مقدار نصف طول بین دو پایه برای هر طرف) ممان واژگونی بسیار بزرگی به پایه وارد می شود که بنا به دلایل زیر عمدتاً در طراحی و محاسبه پایه این ممان در نظر گرفته نمی شود یکی اینکه ممان فقط در زمان ساخت پل بوجود میآید و وقتی دو سر یک تابلیه ساخته شده از دو پایه متوالی به هم رسیده شده و قطعه میانی ریخته و یکسرگی کل تابلیه تامین گردید مقدار این ممان کاهش یافته و به همان مقدار بدست آمده در تحلیل استاتیک تیر می رسد . دیگر این که اگر بخواهیم پایه را طوری طراحی کنیم که تحمل این ممان را داشته باشد ابعاد پایه بسیار بزرگ بدست خواهد آمد تا حدی که ممکن است این روش صرفه اقتصادی خود را از دست بدهد در مجموع بنا به دلایل گفته شده همواره سعی می شود که اثر این ممان ها را در طول اجرای پل بگونه ای خنثی کرد تا از موارد فوق جلوگیری شود البته در برخی موارد نیز نمیتوان عمل خنثی سازی اثر ممان را انجام داد که در این حالت مجبور به افزایش ابعاد مقطع پایه هستیم .

برای متعادل نمودن سیستم و خنثی نمودن ممان واژگون حاصله یکی از روشهایی که برای پایه های میانی مورد استفاده قرار میگیرد این است که نصب قطعات متوالی را بصورت متقارن از دو طرف پایه و بصورت قرینه انجام دهند که در این صورت ممانهای حاصله از دو طرف یکدیگر را خنثی میکنند اما اگر

این روش انجام نشود (به دلایل اجرایی) برای متعادل نمودن سیستم احتیاج به قطعات متعادل کننده است که البته باعث افزایش بهای اجرایی پل خواهد شد برای پایه های کناری نیز باید ابعاد پایه را به اندازه کافی حجیم اختیار کرد تا بتواند این ممان را تحمل نماید .

در هر حال ایجاد یک گیرداری موقت یا دائمی بین اولین قطعه و پایه ها لازم است بعد از نصب هر قطعه با کشیدن چند کابل این قطعه را به قطعات قبلی متصل میکنند با ادامه این عمل در هر دهانه دو کنسول از روی دو پایه دو طرف به هم رسیده و در نهایت قطعه میانی نصب یا ریخته می شود و سپس با کشیدن کابل های یکسرگی یکپارچگی کلی در دهانه تامین میگردد همچنین در اغلب حالتها قسمت انتهایی دهانه های کناری بصورت پیش ساخته یا بتن ریزی شده در محل و روی داربست ساخته می شود .

طول دهانه و مشخصات مقطع عرضی :

۱ - طول دهانه : تعیین دقیق مقدار طول دهانه و تعداد پایه ها بستگی به مسایل اجرایی دارد که از مهم ترین آنها یکسان بودن طول قطعات ، بخصوص در حالت پیش ساختگی (برای دهانه های میانی و کناری) همراه مورد نظر است .

بطور کلی برای سهولت محاسبه و اجرا همواره سعی می شود که طول دهانه کناری نیز با توجه به طول کنسول حاصل از تکیه گاه مجاور برای دهانه های مختلف یکسان باشد . طول دهانه کناری نیز با توجه به طول کنسول حاصل از تکیه گاه مجاور (معمولاً نصف دهانه مجاور) طوری انتخاب می شود که در تکیه گاه کناری ایجاد عکس العمل منفی نماید تا تیر از روی صفحه تکیه گاهی بلند نشود . و بدین منظور این طول در حدود $0/6$ طول دهانه مجاور انتخاب می شود اگر این نسبت کمتر از $0/5$ باشد باید عکس العمل منفی تکیه گاه کناری را با یک وزنه اضافی یا یک وسیله متصل کننده خنثی نمود .

۲ - ارتفاع مقطع : یک تفاوت عمده بین پلهای ساخته شده به روش طره ای آزاد و دیگر انواع پلها در این است که طرح و محاسبه پل برای حالت نیمه تمام پل بر حالت ساخته شده پل حاکم است بر این اساس برای محاسبه مقدار ارتفاع مقطع از آنجایی که مقادیر تنش ایجاد شده در مقاطع مختلف در حالتی اتفاق می افتد که قطعات بصورت کنسول قرار دارند و هنوز یکسره نشده اند ، ارتفاع مقطع را طوری در نظر میگیرند که بتواند این تنش ها را تحمل کند بر اساس همین موضوع میتوان ارتفاع مقطع (ممان ایندسی) را از روی پایه تا انتهای کنسول (وسط دهانه) کاهش داد . معمولاً برای دهانه های

بزرگتر ۶۰ متر ، ارتفاع مقطع پل را متغیر طراحی می کند و برای داهانه بزرگتر از ۱۱۰ متر چون وزن مرده پل باعث غیرقابل اجرا شدن پل می گردد همواره سعی می شود با کاهش ارتفاع مقطع تا حد امکان از وزن پل کاسته شود . مقدار بیشینه ارتفاع مربوط به قطعه روی پایه ها است که بین ۱/۱۶ تا ۱/۲۰ طول بزرگترین دهانه ما بین دو دهانه مجاور اختیار می شود و در حالتی که وسط دهانه مفصل نباشد کمترین مقدار ارتفاع مقطع به گونه ای طرح می شود تا جعبه ای به ارتفاع حداقل ۱/۸ متری که امکان نصب و جابجایی قالبها ، کشیدن کابل های یکسرگی و عبور تأسیسات را می دهد ، تشکیل گردد . از نقطه نظر خمشی حداقل ارتفاع باید بیشتر از ۱/۵۰ طول دهانه مجاور انتخاب گردد .

جزئیات مقطع :

معیار انتخاب فرم مقطع عرضی عبارتند از : ممانهای منفی بزرگی که به علت شرایط گیرداری در امتداد پایه ها ایجاد می شود ، و ممانهای پیچشی حاصل از سربارهای مختلف و غیره که بهترین انتخاب برای فرم مقطع عرضی شکل جعبه ای تو خالی می باشد که البته میتوان در طول دهانه مقطع جعبه را به مقطع T شکل تبدیل نمود اما همواره سعی می شود فرم جعبه ای بخاطر داشتن مقاومت پیچشی خوب در طول دهانه حفظ گردد. جعبه هم بدین شکل است که مقداری از بال فوقانی از جعبه کنده شود . فرم جعبه هم بدین شکل است که مقداری از بال فوقانی از جعبه کنسول می شود . جعبه ها معمولاً بصورت مربع یا مستطیل و گاهی بصورت ذوزنه نقه متساوی الساقین طرح می شوند .

در فرم جعبه ای تعداد جانها (تعداد جعبه ها) با توجه به عرض جاده مورد نظر به شرح زیر انتخاب می شود .

$L < 12m$ یک جعبه با دو جان و دو کنسول

$12 < L < 16m$ دو جعبه به هم چسبیده با سه جان و دو کنسول

$L > 16m$ دو جعبه هر یک با دو جان و دو کنسول

در حالات کلی فاصله جانهای مقطع باید به گونه ای انتخاب شود که طول کنسول های دو طرف از ۲٫۵ متر

$L \geq 25$ ر . متجاوز نکند و در حالت استفاده از مقطع با جعبه های متعدد معمولاً هر جعبه بطور جداگانه ساخته شده و در پایان مراحل اجرایی به هم متصل می گردند .

۳- طول قطعات متوالی : انتخاب طول قطعات متناسب با روش اجرایی پل انجام می گیرد که برای حالت

بتن ریزی در جا طول هر قطعه بین ۲۵ تا ۳۵ متر و در حالت پیش ساختگی این مقدار بین ۲ تا ۲۵ ر

متر انتخاب می شود و برای قطعه روی پا به طول این قطعه برای حالت پیش ساختگی ۳ متر و در حالت در جا به حدود ۸ متر میرسد .

روشهای ساخت قطعات : برای ساختن قطعات تابلیه پلهای ساخته شده به روش طره ای آزاد دو تکنیک عمده و متداول وجود دارد :

۱- بتن ریزی در محل ، که معمولاً در مواردی که قطعات سنگین هستند و یا برای استفاده از یک سری فولاد و بخصوص در مورد پلهای کوچک از این روش استفاده میشود . که در این روش با استفاده از جرثقیل های متحرک تغییر مکان قالب ها روی سطح تأمین شده و بتن ریزی در قالب در محل انجام میگردد . در حالت بتن ریزی در محل با توجه به ارتفاع زیاد مقطع باید سعی نمود که بجای اینکه بتن ریزی از ارتفاع ۳ تا ۵ متری از بالای قالب انجام شود ، با ایجاد دریچه هایی روی دیواره قالب ، بتن ریزی را از ارتفاع کمتر انجام داد . همچنین در اطراف محل های مهاری و بئراسیون دشوار بوده و با دقت تمام انجام گردد. برای اینکار میتوان با قرار دادن لوله هایی برای عبور و بئراتور انجام عمل مزبور را آسانتر نمود . در این حالت پیش تنیدگی قطعات معمولاً بصورت پس کشیده است .

۲- از قبل ساختن قطعات در کارگاه : در این روش قطعات از قبل در کارگاه ساخته و تنیده میشوند که در این حالت قطعات پیش کشیده هستند و باید قطعات مشابه را زیاد در نظر گرفت و فضای کافی برای نگهداری آنها را داشت در این روش سرعت عمل حدوداً ۱۰ برابر روش بتن ریزی در محل افزایش می یابد ، دقت عمل آن بسیار بیشتر خواهد بود از دیگر مزایای آن اینکه در این حالت پیش تنیدگی در زمانی که بتن در صد بیشتری از مقاومت خود را بدست آورده انجام میگردد در نتیجه قسمت مهمی از انقباض و تغییر شکلهای اولیه خود را انجام داده است که این امر را منجر خواهد شد که افت نیروی پیش تنیدگی کمتر از حالت فوق باشد .

بتن ریزی هر قطعه در یک یا دو فاز انجام میگردد ابتدا بالا تحتانی قالب بندی و بتن ریزی شده و سپس قالبهای جان و بال فوقانی نصب شده و سپس بتن ریزی آنها (فاز دوم) انجام می گیرد و در حالت بتن ریزی در یک فاز همه قسمتها با هم قالب بندی و بتن ریزی میشوند . مقاومت بتن مورد استفاده که در سه روز تحت فشار قرار میگردد را باید با آزمایشهایی مختلف کنترل نمود . مثلاً در

کارگاه میتواند از یک دستگاه سلو متر برای کنترل سریع مقاومت بتن در برابر بارهای متمرکز استفاده کرد .

پیش ساختگی قطعات : برای حذف دشواریهای ناشی از تحت فشار قرار دادن بتن در سنین کم ، تغییر شکلها اولیه بتن و افزایش دقت و سرعت پیشرفت کار باید تا حد امکان سعی به استفاده از تکنیک پیش ساختگی نمود . در این حالت افت نیروی پیش تنیدگی در اثر پدیدههای انقباض ، خزش بتن ناچیز می باشد . هر چه تعداد قطعات لازم بیشتر باشد ، استفاده از این تکنیک اقتصادی تر خواهد بود .

طول قطعات بستگی به وسیله انتقال دهنده دارد که نباید باعث سنگینی زیاد حد شود . گاهی قطعات روی پایه نیز در دو قسمت ساخته می شوند . و سپس به هم متصل می گردند . اگر ضخامت ژوان بین قطعات ناچیز باشد نصب آنها بسیار سریع خواهد بود در غیر اینصورت باید ژوان ها را از ملات ماسه و سیمان پر نموده و عمل کشیدن کابلها را بعد از گرفتن ملات انجام داد ، عمل اتصال اولیه هر قطعه به قطعه قبلی با استفاده از مواد چسبنده و تعدادی کام و زبانه پیش بینی شده بین قطعات و بالاخره کابل پیش تنیده انجام میگردد .

روشهای حرارتی :

با انجام یک سلسله عملیات حرارتی میتوان زمان گرفتن بتن را کاهش داده و مقاومت آنرا سریعاً به مقادیر لازم برای کشیدن کابلها (بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) رسانید . در مورد قطعات بتن ریزی شده در محل که معمولاً بعد از دو تا سه روز مقاومت لازم را بدست می آورند و همچنین برای سرعت پیش ساختگی از عملیات حرارتی استفاده می شود .

گرم کردن بتن را می توان از یکی از سه روش زیر انجام داد .

- ۱- با گرم نمودن دانه های سنگی بوسیله بخار آب ، عیب این روش این است که درصد آب لازم به علت گرم شدن مصالح سنگی تغییر می کند .

۲ - با گرم کردن آبی که قرار است در بتن مصرف شود ، عیب این روش آن است که حجم آب مصرفی کم بوده و گرمای مخصوص آن پائین است .

۳ - متداولترین روش برای این کار عبور بخار آب گرم از روی قطعه بتن ریزی شده می باشد .

قطعه روی پایه : قطعه روی پایه دارای اهمیت زیادی می باشد اگر طول این قطعه زیاد (در حدود ۱۰ متر باشد) می توان دو دستگاه متحرک روی آن نصب کرد و کار را از دو طرف آن انجام داد و اگر این قطعه ۶ تا ۸ متر باشد می توان تنها یک دستگاه متحرک روی آن نصب نمود و بعد از پایان ساختمان اولین قطعه دومین دستگاه متحرک نیز نصب شود . گاهی اوقات نیز قطعه روی پایه به طور نا متعادل نصب شده بطوریکه طول آن در یک طرف پایه به نصف طول قطعات تکراری از طول طرف دیگر بیشتر است در این حالت ساختمان اولین قطعه در جهت با طول کمتر آغاز می شود .

قطعه میانی : این قطعه برای ایجاد یکسری بین دو انتهای کنسولهای هر دهانه نصب می شود باید دارای طولی برابر دو تا سه متر باشد تا امکان کشیدن کابلها را فراهم سازد در صورتی که طول آن از مقادیر یاد شده بیشتر گردد برای بتن ریزی آن دستگاه متحرک غیر قابل استفاده بوده و باید از قالب بندی روی داربست استفاده شود .

گیر داری موقت تابلیه (عبور گاه) به پایه ها : اگر در شمای دائمی سیستم پل ، گیر داری تابلیه و پایه منظور نشده باشد برای تامین پایداری کنسول ها باید یک گیرداری موقت بین آنها ایجاد نمود . اگر نصب قطعات به صورت متقارن انجام گیرد در صورتی که سطح مقطع پایه به اندازه کافی بزرگ باشد میتوان از تکیه گاه های موقت اضافی فولادی یا بتنی که روی سطح پایه ها نصب می شوند استفاده نمود و با کابل های پیش تنیده عمودی که از پایه ها شروع و در تیر های عرضی مهار می شود گیرداری را کامل نمود ، اما اگر ابعاد سطح مقطع پل اجازه چنین عملی را نداد می بایست از تیر و ستون های اضافی موقت مطابق شکل ۲ که در دو طرف پایه اصلی نصب می شوند استفاده نمود .

در حالت نصب نامتقارن می توان از کابل‌های عمودی تنیده استفاده نمود و در ضمن دهانه مجاور را به طریق قالب بندی روی داربست ساخت .

روشهای کابل‌آژ : همانطور که گفته شد اتصال قطعات به یکدیگر و به پایه و همچنین یکپارچه گی کلی تابلیه پل بوسیله کابل تامین می گردد مسیر کابلها در این روش بستگی به شیوه ساختمان و فازهای متوالی دارد.

در حالت کلی دو سری کابل برای انجام کارهای فوق بکار گرفته می شوند که عبارتند از :

۱ - کابل های قطعات کنسول که در هر مرحله اجرا لازم بوده و برای نصب و دوختن قطعات به یکدیگر و کنسول کردن آنها روی پایه ها مورد استفاده قرار می گیرد این کابل ها در انتهای هر قطعه قطع شده و معمولاً در جان تیرها و گاهی در بال فوقانی می شوند .

۲ - کابل های یکسرگی که برای اتصال دو کنسول به هم رسیده از دو پایه متوالی و یکسرگی آنها مورد استفاده قرار می گیرند که معمولاً در قسمت تحتانی تیرها قرار گرفته و یا در بال تحتانی و یا در قسمت بالای آن در امتداد تیرهای عرضی قطع می شوند .

کشیدن و تزریق کابلها : در اولین لحظه بعد از کشیدن کابلها به علت ایجاد تنش های برشی و فشاری زیاد در یک بتن کم سن امکان دارد ترکهایی روی بدنه مقطع بخصوص روی جانهای دیده شود . این پدیده در صورت نامنظم بودن امتداد مسیر کابل ها تشدید شده و حتی می توان باعث گسختگی موضعی شود . با افزایش میزان آرماتورهای دوخت می توان از ایجاد ترکهای بزرگ جلوگیری کرد .

عمل تزریق دوقاب سیمان برای پر نمودن فضای بین کابل و غلاف تا ۸ روز بعد از کشیدن کابل ها و بعد از پایان ساختمان کنسولها امکان پذیر نمی باشد زیرا این خطر وجود دارد که کابل پاره شود یا ملات یک غلاف با غلاف مجاور تراوش و یا اینکه غلاف مسدود شود . لذا زمان مناسب برای تزریق ملات بین ۳ تا ۴ هفته بعد از کشیدن کابل ها می باشد . در ابتدا باید کابل ها را روغن کاری نمود و انتهای غلاف را به طور موقت مسدود نمود همچنین اتصال دو نقطه از غلاف را باید با دقت کافی انجام داد تا امکان

خروج ملات به کلی از بین برود . تحقیقات انجام شده روی قطعات پیش ساخته نشان می دهد که همواره ۲۰ تا ۳۰ درصد فضای خالی تزریق نشده در آنها باقی می ماند .

میزان نمودن دوانتهای کنسولها : در هنگام اجرای کنسولهای تابلیه ، روی پایه های متوالی که باید دو سر کنسول آنها به یکدیگر برسند و ایجاد عبورگاه کنند باید دقت بسیار زیادی اعمال شود تا دو سر کنسول وقتی به هم می رسند نسبت به هم انحراف نداشته باشند اختلاف سطح مجاز بین دو انتهای کنسول در امتداد قائم برابر ۵ تا ۱۰ سانتی متر و در امتداد افقی برابر ۲ تا ۳ سانتی متر می باشد میزان نمودن انتهای کنسول ها با آویزان نمودن وزنه متعادل کننده به آنها (برای تغییر مکان های قائم) و با تغییر مکان صفحات تکیه گاهی (برای انحراف افقی) انجام شود .

گاهی قبل از قرار دادن قطعات میانی دیده شده در هنگام روز و تابش آفتاب قطعات منبسط شده و نقاط انتهایی پایین آمده و در هنگام شب به دلیل کمتر شدن دمای هوا دوباره انتهای آزاد قطعه صعود می کند و در صورتی که پیش بینی های لازم در این مورد انجام نشده باشد در اثر این پدیده ممکن است قطعات میانی قبل از کشیدن کابل های یکسرگی ترک خورده و یا شکسته شوند در عمل می توان یک گیره داری موقت بوسیله یک سیستم تیرهای فلزی بین دو انتهای کنسول ها ایجاد کرده و بعد از کشیدن کابل های یکسرگی آن را حذف نمود .

نوع تغییرات ارتفاع بین نقطه ماکسیمم تا نقطه مینیمم ارتفاع (در وسط دهانه) : معمولاً تغییرات ارتفاع بصورت سهمی می باشد . برای دهانه های کناری از پایه مقابل آخر ابتدا یک قسمت با تغییرات سهمی (متقارن با دهانه مجاور) و سپس یک قسمت با ارتفاع ثابت در نظر گرفته می شود برای دهانه های کمتر از ۸ متری میتوان تنها در نزدیکی پایه ها ممان اینرسی مقطع را بصورت کاهش داد و در واقع در روی پایه یک ماهیچه ایجاد کرد و بالاخره اینکه برای دهانه های کمتر از ۶۰ متر ارتفاع مقطع معمولاً ثابت فرض می شود که مقدار آن بین ۱/۱۸ تا ۱/۲۵ اختصار می شود در این حالت با وجود افزونی مقدار مصرف بتن به دلیل سهولت اجرا این کار مورد استفاده قرار می گیرد .

اتصالات تکیه گاهی : در انتخاب نوع اتصال بین تابلیه و پایه ها سه پارامتر دخیل هستند ، اول تغییر شکلهای بتن نظیر خزش و انقباض و تغییرات در اثر حرارت ، دوم انتقال نیروهای افقی مثل نیروهای ترمز و ... و سوم شمای استاتیکی سیستم که تحلیل بر آن اساس انجام گرفته و یا خواهد گرفت . با توجه به موارد فوق سه نوع اتصال مورد استفاده قرار می گیرد :

- معمولترین راه حل مورد استفاده اتصال تابلیه به پایه ها بوسیله یک خط تکیه گاهی نئوپرن از جنس الاستومتر می باشد . در این حالت حرکت افقی تابلیه با توجه به خاصیت ارتجاعی الاستومتر امکان پذیر بوده و مقداری از نیروی افقی نیز به پایه ها منتقل میشود و حالتی نزدیک به تکیه گاه مفظلی ایجاد میگردد . با افزایش طول تابلیه ضخامت صفحه الاستومتر افزایش یافته و اگر از حد معینی تجاوز نماید از صفحات تکیه گاهی لغزنده از جنس تفلون که اجازه تغییر مکان های بیشتری را میدهد استفاده میشود وقتی طول تابلیه از ۳۰۰ متر تجاوز نماید این ضخامت توصیه می شوند.

- در حالات محدودی نیز از مفاصل بتنی که امکان تغییر مکان افقی را فراهم میسازند استفاده شده است در بعضی شرایط نیز میتوان با قرار دادن دو خط تکیه گاهی از جنس الاستومتر روی هر پایه گیر داری موقت تابلیه روی پایه ها ایجاد نمود که در این حالت تغییر مکان های افقی امکان پذیر میباشد اما ممان های خمشی منتقل شده به پایه ها مهم بوده و در محاسبه شالوده ها نیز باید در نظر گرفته شوند .

- در صورتی که پایه های پل بند و انعطاف پذیر باشند میتوان اتصال تابلیه به پایه ها را کاملاً گیردار نمود در این حالت می توان بتن ریزی پایه و تابلیه را با هم انجام داد . در صورتی که ارتفاع پایه بیش از ۲۰ متر باشد می توان از این روش استفاده نمود و در صورت داشتن ارتفاع محدود نیز می توان با قرار دادن دو دیواره انعطاف پذیر با ضخامت ناچیز در قسمت فوقانی پایه ها از این نوع اتصال بهره برد . قابل به ذکر است که اتصال تابلیه به پایه ها در هنگام کنسول بودن تابلیه همواره بصورت گیردار کامل است و موارد ذکر شده فوق بعد از یکسرگی تابلیه است .

مراجع مورد استفاده :

- ۱ - بتن پیشتنیده (دکتر شاهین تعادف)
- ۲ - طراحی پل (دکتر شالچیان)
- ۳ - طراحی پل (دکتر شاپور طاجونی)
- ۴ - طرح پل (دکتر علیرضا رهایی)

