

۱۱-۶. مقدمه

سازه‌های بتنی با قالب بتنی موسوم به سیستم تونلی، یکی از روش‌های صنعتی اجرای ساختمان‌های بتنی بوده که دیوار و سقف بطور همزمان با قالب یکپارچه اجرا می‌شود. قالب‌های مورد استفاده، به اندازه تقریبی ابعاد فضاها هستند. برای قالب بندی یا قالب برداری، نیازی به تبدیل آنها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد اولیه و به صورت یکپارچه از فضا خارج می‌شوند.

۱۱-۶-۱. کلیات

۱۱-۶-۱-۱. هدف

هدف از این بخش معرفی مشخصات سیستم تونلی و ضوابط اجرایی آن می‌باشد.

۱۱-۶-۱-۲. دامنه کاربرد

طراحی سیستم تونلی باید بر طبق محدودیت‌های اجرا در خصوص ابعاد قالب و قالب بندی و به صورت مدولار انجام پذیرد.

۱۱-۶-۲. مصالح

۱۱-۶-۲-۱. بتن

۱۱-۶-۲-۱-۱. آزمایش‌های مصالح بتن باید منطبق با مشخصات و آزمایش‌های مندرج در مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۲-۱-۲. سیمان مصرفی در ساخت بتن باید با انواع سیم‌انهای مندرج در مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان یا استاندارد دیگری که قبلاً به تائید دستگاه نظارت رسیده مطابقت داشته باشد.

۱۱-۶-۲-۱-۳. سیمان مصرفی در کارگاه باید دارای مشخصات سیمانی باشد که در تعیین نسبت‌های اختلاط به کار رفته است، مگر آنکه بعد از انجام آزمایش‌های لازم به تایید دستگاه نظارت برسد.

۱۱-۶-۲-۲. فولاد

۱۱-۶-۲-۲-۱. مشخصات فولاد و میلگرد مصرفی باید مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۲-۲-۲. انبار و نگهداری هر یک از انواع فولاد مصرفی باید مطابق روش‌ها و نکات ارائه شده مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۲-۳. سنگ‌دانه‌ها

حداکثر اندازه سنگ دانه های مورد استفاده باید بر اساس حداقل ضخامت اعضاء و فاصله میلگردها، مطابق با ضوابط مبحث ۹ مقررات ملی انتخاب شود.

۱۱-۶-۳. نقشه ها و مدارك فنى

۱۱-۶-۳-۱. در این گونه سازه ها، به علت اینکه دیوارهای جداکننده فضاهای معماری به طور عمده باربر ساختمان می‌باشد، در تهیه نقشه‌ها هماهنگی کامل بین مهندس معمار و مهندس سازه الزامی است.

۱۱-۶-۳-۲. دفترچه محاسبات باید مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی و مبحث یازدهم مقررات ملی باشد و از طرف مهندس طراح تهیه و اریه شود.

۱۱-۶-۳-۳. جزییات اتصالات باید در نقشه‌ها ارایه شوند.

۱۱-۶-۴. ملاحظات معماری

۱۱-۶-۴-۱. در سیستم‌های تونلی به دلیل باربر بودن اعضاء، در طراحی معماری ساختمان، در نظر گرفتن ملاحظات کامل سازه‌ای از جمله عدم تغییر مسیر انتقال بار در ارتفاع، فاصله دهانه‌های باربر، تامین تقارن در طرح دیوارهای باربر، جلوگیری از تعبیه بازشوهای بزرگ در دیوارها و سقف و نظایر آن الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲. در سیستم های تونلی، ساختمان باید دارای شکل متقارن یا تقریباً متقارن نسبت به محورهای اصلی بنا باشد.

۱۱-۶-۴-۳. امکان تغییر ابعاد قطعات قالب، پس از تولید منتفی است.

۱۱-۶-۵. ملاحظات سازه‌ای

۱۱-۶-۵-۱. تمام الزامات سازه‌ای ساختمان‌های بتنی متعارف مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در این سیستم نیز لازم الاجراست.

۱۱-۶-۵-۲. برای تامین مقاومت این سیستم ساختمانی در برابر حریق اجرای ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱۱-۶-۵-۳. تمامی بارهای وارد بر سازه باید براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین شوند.

۱۱-۶-۵-۴. در سازه‌های تونلی، بارهای ثقلی و جانبی توسط سیستم دیوار و دال به صورت یکنواخت به شالوده منتقل می‌شوند و لذا باید تمهیدات لازم جهت جلوگیری از انتقال بارها توسط اعضای الحاقی همچون پله های بتن مسلح یا پانل های نما جلوگیری شود.

۱۱-۶-۵-۵. برای جلوگیری از تمرکز تنش های موضعی و نیز به حداقل رساندن اثر پیچش، پیوستگی دیوارهای برشی سازه‌ای در سرتاسر ارتفاع باید حفظ شود.

۱۱-۶-۵-۶. انتقال بارهای قائم به شالوده باید توسط عناصر قائم و هم امتداد صورت پذیرد و از تغییر مسیر انتقال بارهای قائم در ارتفاع و انتقال آنها به عناصر زیری توسط اعضای افقی اجتناب شود.

۱۱-۶-۵-۷. برای تامین حداقل نامعینی لرزه‌ای، لازم است تعداد محور دیوار یا قاب (سیستم مقاوم) در هر یک از جهتهای اصلی کمتر از ۲ نباشد.

۱۱-۶-۵-۸. توصیه می شود سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه ای در یک جهت از هشتاد درصد سطح مقطع دیوارهای سازه‌ای در جهت دیگر، کم تر نباشد.

۱۱-۶-۵-۹. نسبت ارتفاع به ضخامت دیوارها (از دیدگاه لاغری) و نسبت مساحت مقطع دیوارها به مساحت طبقه (از منظر تحمل برش) و نیز چیدمان دیوارها در پلان، باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۵-۱۰. اتصالات دیوار به شالوده باید با رعایت توزیع میلگردهای انتظار، سطح مقطع و مقاومت کافی آنها، طول گیرایی و جزئیات مناسب و سایر الزامات مندرج در مبحث نهم مقررات ملی انجام شود.

۱۱-۶-۵-۱۱. در سیستم تونلی اتصال دیوارهای داخلی و خارجی سازه‌ای به سقف باید بصورت هم زمان اجرا شود.

۱۱-۶-۵-۱۲. دیوارهای خارجی (دیوارها و اجزای نما) که بعد از سازه اصلی و قالب برداری معمولاً به صورت عناصر بتن مسلح پیش ساخته (پانل) به سازه متصل می شوند، لازم است برای مقابله با اثر خارج از صفحه ارتعاشات زلزله در تراز دیافراگمهای سقف با مهاری‌ها یا رکابی‌های فلزی به سازه اصلی مهار شوند.

۱۱-۶-۵-۱۳. بازشوها در سیستم تونلی، باید مشمول ضوابط مندرج در فصول ۱۶ و ۲۰ از مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۵-۱۴. اتصال بین سقف و دیوار باربر باید به گونه ای طراحی و اجرا شود که بتواند نیروها و لنگرهای ناشی از بارهای قائم و جانبی را به سیستم دیوارهای باربر بتن مسلح منتقل کند و توانایی تحمل بارهای تکراری و رفت و برگشتی زلزله را بدون کاهش چشمگیر مقاومت و تشکیل لولاهای خمیری در دیوار یا هسته اتصال فراهم کند.

۱۱-۶-۵-۱۵. حداقل مقاومت مشخصه فشاری بتن پوی این سیستم‌ها باید ۲۵ مگاپاسکال باشد.

۱۱-۶-۶. ملاحظات اجرایی

۱۱-۶-۶-۱. سیستم سازه‌ای تونلی می‌تواند به یکی از سه روش زیر یا روش های مجاز شناخته شده اجرا شود:

الف. اجرا با استفاده از قالب‌بندی کامل و هم زمان دیوارها و سقفها

در این روش اجرایی، پس از آرماتوربندی با استفاده از قالب های L شکل، دیوارها و زیر سقف، قالب بندی می-شود. سپس بتن ریزی دیوارها و سقف به صورت هم زمان و در یک مرحله انجام می شود که باعث ایجاد یکپارچگی سازه دیوار و سقف می‌شود.

ب. اجرا با استفاده از قالب های موسوم به میز پرنده

در اجرای سیستم تونلی به این روش، پس از اجرای یکپارچه و همزمان دیوارهای بتن مسلح توسط قالب های تخت و گیرش اولیه بتن دیوارها، قالب‌های بزرگی به شکل میز با پایه‌های متکی به چرخ یا غلتک موسوم به میز پرنده مورد استفاده قرار گرفته و کل سطح زیرین سقف توسط این قالب ها پوشش داده می شود سپس سقف آرماتوربندی و بتن‌ریزی می‌شود.

ج. اجرا با استفاده از دال‌های نیمه پیش‌ساخته و پیش‌ساخته برای سیستم سقف

در این روش مانند روش اجرای میز پرنده، ابتدا دیوارهای بتن مسلح توسط قالب های تخت به صورت یکپارچه و همزمان اجرا می شوند. پس از گیرش اولیه بتن دیوارها، سیستم سقف با استفاده از دال های نیمه پیش ساخته ساده یا خرپایی یا دال های پیش ساخته که بر روی لبه دیوارهای جانبی فضاها قرار می گیرند اجرا می شود. در این روش، اگر دال نیمه پیش ساخته مورد استفاده قرار گرفته باشد، پس از تع بیه آرماتورهای بالایی سقف و میلگردهای اتصال سقف به دیوار، بتن ریزی قسمت بالایی دال و محل های اتصال دال به سقف صورت می گیرد.

۱۱-۶-۶-۲. شالوده

۱۱-۶-۶-۲-۱. شالوده سیستم تونلی باید به صورت نواری و به صورت شالوده دیوار باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۲. در مواردی که احداث سازه بر روی خاک های دارای پتانسیل تورم، نشست، تحکیم و یا روانگرایی اجتناب ناپذیر باشد استفاده از شالوده گسترده یا شالوده های عمیق مانند شمع ها الزامی است.

۱۱-۶-۶-۲-۳. در صورتی که ارتفاع اولین سقف از روی شالوده، از ارتفاع تیپ طبقات بیشتر باشد، روی شالوده ها تا تراز ارتفاعی زیر دیوارها، باید پایه هایی با عرض بیشتر از ضخامت دیوارها اجرا شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴. برای تامین اتصال کافی و مناسب بین دیوار و شالوده بتن مسلح، لازم است توزیع میلگردهای انتظار، سطح مقطع و مقاومت آنها، طول گیرایی، جزئیات خم و وصله و سایر نکات اجرایی آنها مطابق با محاسبات سازه ای و الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۶-۳. دیوارها و سقف های بتن درجا

۱۱-۶-۶-۳-۱. در سیستم تونلی، لازم است قالب های خاصی، با اندازه های تیپ و مدولار، طراحی، ساخته و استفاده شود.

۱۱-۶-۶-۳-۲. استفاده از رابط دو طرف قالب یا تای بولت برای اتصال دو قالب مجاور در قسمت‌های افقی و از طریق حفره‌های تعبیه شده در قالب، الزامی است.

۱۱-۶-۶-۳-۳. استفاده از غلاف پلیمری (برای مثال لوله PVC) برای اینکه تای بولت مستقیماً با بتن در تماس نباشد و آزاد سازی آن آسانتر باشد بلامانع است.

۱۱-۶-۶-۳-۴. استفاده از سوراخ‌های به جای مانده از تای بولت‌ها برای نصب نما به جدار بتنی و نیز اجرا سکو (پلت فرم) موقت طبقه فوقانی بلامانع است.

۱۱-۶-۶-۳-۵. بازشدگی در دیوار و سقف باید با پیش‌بینی قالب‌بندی در دیوار و سقف ایجاد شود، قالب‌بندی بازشوها می‌تواند فلزی یا چوبی باشد.

۱۱-۶-۶-۳-۶. تمهیدات لازم برای تثبیت قالب اطراف بازشدگی باید در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۶-۳-۷. صفحات فولادی اتصال دیوارهای خارجی به لبه‌های دیوارهای بتنی داخلی، کف و سقف که برای ایجاد مسیر خروج قالب‌ها با بتن مسلح اجرا نمی‌شوند، باید از طریق اتصال به صفحات فولادی انتظار کار گذاشته در بتن و یا با میخ کوبی در بتن (هلیتی کوبی) برقرار شود.

۱۱-۶-۶-۳-۸. برای اتصال دیوارهای پوششی نما بر روی دیوار بتنی، استفاده از میلگردهای درگیر در حفره‌های باقی مانده از رابط دو طرف قالب بلامانع است.

۱۱-۶-۶-۳-۹. لازم است دیوارهای خارجی و نما در تراز دیافراگم‌های سقف با مهاریها یا رکابی‌های فولادی به سازه اصلی مهار شوند.

۱۱-۶-۶-۳-۱۰. محل‌های بازشو مانند درگاه ها، باید با قالب بندی فلزی پر شود و بازشوه‌های کوچک

تاسیساتی باید با قالب بندی چوبی یا پلی‌استایرنی پر شود تا بتن وارد فضا‌های مورد نظر نشود.

۱۱-۶-۶-۳-۱۱. به منظور جلوگیری از صدمه دیدن لوله های برق در هنگام بتن‌ریزی ، باید به صورت

عمودی در دیوارها اجرا شوند.

۱۱-۶-۶-۳-۱۲. ارتباطات افقی لوله‌های برق باید فقط در کف انجام شود.

۱۱-۶-۶-۳-۱۳. عبور لوله‌های تاسیسات از دیوارها، از سوراخ‌هایی که پیش از بتن‌ریزی در آنها پیش‌بینی

شده باید انجام شود.

۱۱-۶-۶-۳-۱۴. محل دقیق قالب‌ها باید با دوربین نقشه برداری مشخص شود.

۱۱-۶-۶-۳-۱۵. کارایی بتن این نوع سیستم باید حدود ۱۵ تا ۱۸ سانتی‌متر باشد.

۱۱-۶-۶-۳-۱۶. به منظور حصول تراکم بتن و جلوگیری از جداشدگی سنگدانه‌ها، حداکثر قطر

سنگدانه‌ها در دیوارهایی با ضخامت کمتر از ۲۰۰ میلیمتر، ۱۶ میلیمتر بوده و در دیوارها با ضخامت بیشتر از

۲۰۰ میلیمتر، ۲۰ میلیمتر می‌باشد.

۱۱-۶-۶-۳-۱۷. مشخصات سنگدانه‌های مصرفی در بتن های نما و محیط‌هایی که احتمال رویارویی با

شرایط مهاجم (چرخه‌های یخ زدن و آب، تهاجم کلرید، سولفات و باران های اسیدی) را دارند باید مطابق با

ضوابط مندرج در بخش ۹-۵ مبحث نهم مقررات ملی باشد.

۱۱-۶-۶-۳-۱۸. برای ایجاد نقش و رنگ‌های تزئینی، بتن نما می‌توان از بتن‌هایی با سنگدانه‌های رنگی از جنس مرمر، کوارتز و ... استفاده نمود.

۱۱-۶-۶-۴. پله‌ها

۱۱-۶-۶-۴-۱. در اجرای دیوارهای اطراف جعبه پله، باید صفحات فولادی انتظار در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۶-۴-۲. جوش دادن نبشی سرتاسری، تکیه گاهی به صفحات فولادی انتظار برای ایجاد تکیه گاه رمپ پله الزامی است.

۱۱-۶-۶-۴-۳. اجرای پله‌ها باید پس از اجرای کامل سازه انجام شود.

۱۱-۶-۶-۴-۴. اتصال پله‌ها به سازه، باید بصورت اتصال تر یا جوشی اجرا شود.

۱۱-۶-۶-۴-۵. دست انداز پله‌ها باید به صفحات فولادی انتظار تعبیه شده در بتن پله متصل شود.

۱۱-۶-۶-۵. تمهیدات کلی در بتن‌ریزی

۱۱-۶-۶-۵-۱. بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی مورد نظر ریخته شود و نباید به مقدار زیاد در یک نقطه انباشته شود و بعد به نقاط دیگر منتقل شود.

۱۱-۶-۶-۵-۲. بتن باید در لایه‌های افقی با ارتفاع‌های مساوی ریخته شود و هر لایه باید به طور مطلوب متراکم و سپس لایه بعدی ریخته شود.

۱۱-۶-۶-۵-۳. تا آنجا که عملی باشد، هر لایه بتن باید به صورت کامل و بدون وقفه اجرا شود.

۱۱-۶-۶-۵-۴. ارتفاع لایه‌ها تابع اندازه و شکل قالب، روانی بتن، فاصله میلگردها و روش تراکم است .

۱۱-۶-۶-۵-۵. حداکثر ضخامت لایه بتن به ۶۰۰ میلیمتر و حداقل آن به ۱۵۰ میلیمتر محدود می‌شود.

۱۱-۶-۶-۵-۶. بتن‌ریزی باید به طور مستمر انجام شود و لایه جدید قبل از سخت شدن لایه قبلی

ریخته شود تا پیوستگی بین لایه‌ها تامین شود و از بروز صفحات ضعیف که درز سرد نامیده می‌شود، پرهیز شود.

۱۱-۶-۶-۵-۷. بتن باید تمام زوایای قالب و اطراف میلگردها را کاملاً پر کند.

۱۱-۶-۶-۵-۸. برای تسهیل اقدامات بتن‌ریزی، می‌توان از روان‌کننده و فوق روان‌کننده با توجه به ضوابط

مبحث نهم مقررات ملی استفاده کرد.

۱۱-۶-۶-۵-۹. ویبره کردن بتن، فقط به وسیله ویبراتور شلنگی و لرزاندن قالب مجاز است

۱۱-۶-۶-۵-۱۰. اجرای موارد زیر در بتن‌ریزی از ارتفاع ضروری است:

- در مواردی که تراکم میلگرد در دیوار در حد کم باشد و فضای داخلی قالب به اندازه کافی باز باشد، می‌توان

از لوله‌های آویز، ناودان و یا قیف هادی برای بتن‌ریزی استفاده کرد.

- قطر لوله‌ها باید حداقل ۸ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه باشد، اما در قسمت پایین (بعد از ۲ یا ۳ متر ارتفاع)

قطر لوله را می‌توان ۶ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه در نظر گرفت.

- لوله‌ها باید انعطاف‌پذیر از جنس پلاستیکی یا پارچه‌ای باشند.

- در بتن‌ریزی دال‌ها چنانچه کارایی بتن در حد خ میری و ضخامت دال کم تر از ۱۰ سانتی متر باشد بهتر است، از روش های تراکم دستی برای تراکم بتن استفاده کرد، مگر این که از قالب‌های مجهز به لرزاننده استفاده شود.

- در صورت الزام به اجرای رامکا، این قطعه باید از بتن ساخته شده و هم زمان با بتن ٭ریزی دیوار و سقف پایینی بتن‌ریزی شود.

۱۱-۵-۶-۶-۱۱. کنترل دمای بتن پس از بتن‌ریزی

۱۱-۵-۶-۶-۱۱-۱. قبل از بتن‌ریزی، روی سطح میلگردها و سطح زمین باید آب پاشی شود تا دمای سطوح کاهش یابد، اما نباید بر روی سطوح مذکور آب اضافی، باقی بماند.

۱۱-۵-۶-۶-۱۱-۲. در حدود نیم ساعت پس از پرداخت سطح بتن، باید سطح بتن با پوشش نایلون ی پوشانده شود. وجود پوشش تا مدت ۴ تا ۵ ساعت ضروری است، اما باید اطمینان حاصل کرد که جریان هوا در زیر پوشش وجود دارد.

۱۱-۵-۶-۶-۱۱. سایر موارد

۱۱-۵-۶-۶-۱۱-۱. مقدار عایق حرارتی مورد نیاز باید مطابق ضوابط تعیین شده در مبحث ۱۹ محاسبه شود.

۱۱-۵-۶-۶-۱۱-۲. برای اتصال قطعات الحاقی و سایر اجزا باید پیش‌بینی‌های لازم در زمان طراحی و ساخت قطعات صورت گرفته باشد.

۱۱-۵-۶-۶-۱۱-۳. رعایت کلیه ضوابط مربوط به رواداری دیوارهای باربر و برشی مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.