# روش اجرای از بالا به پایین یا Top – Down

حمیدرضا مرادنژاد
کارشناس ارشد سازه

## مقدمه

امروزه به دلیل توسعه روزافزون شهرها، افزایش تراکم جمعیت و بـه تبع آن کمبود و قیمـت قابل توجه زمین، نیاز به سـاخت ساختمان‌های بلندمرتبه در شهرها افزایش یافته است. بنابراین تأمین فضاهای پارکینگ، انباری، بارگیری کالاها و مواردی از این دست در ساختمان‌ها یک مسأله قابل توجه خواهد بود. اگرچه ساخت طبقات زیرزمین گران و هزینه بر است؛ اما پتانسیل کسب درآمد و سود در آن وجود دارد؛ بنابراین احداث طبقات زیرزمین در سـاختمان‌های بلندمرتبه ضروری است. اجرای طبقات متعدد زیرزمین در سازه‌ها نیازمند انجام گودبرداری در مجاورت ساختمان‌ها و تأسیسات شهری اسـت. همانند سایر شهرهای بزرگ دنیا، گودبرداری‌های عمیق در محیط‌های شـهری در شـهرهای بزرگ ایران نیز رشد روزافزونی داشته است. در هنگام انجام عملیات گودبرداری در یک پروژه، برای جلوگیری از وقوع گسیختگی در دیواره گود و کنترل تغییر شکل‌های

ایجاد شده در اطراف گودبرداری، باید با اتخاذ تدابیری جداره‌های گود را مورد محافظت قرار داد. اگر موقعیت محل به‌گونه‌ای باشد که بتوان دیواره گود را با شیب مطمئن خاکبرداری کرد، این روش یک روش مناسـب و ارزان برای محافظت از گود خواهد بود ولی اگر چنین امکانی وجود نداشته باشد، یعنی محیط اطراف گود محدود و بسته باشد، باید بسته به ابعاد گودبرداری، نوع خاک و وضعیت آب زیر زمینی، یک سازه نگهبان مناسب، انتخاب و اجرا گردد.

در ادامه ابتدا انواع روش‌های پایدارسازی گود و گودبرداری ایمن را به اختصار معرفی نموده و پس از آن به صورت اختصاصی روش تاپ‌دان را شرح خواهیم داد.

## انواع روش‌های پایدارسازی جداره گودبرداری‌ها

- مهارسازی (Anchorage)
- دوخت به پشت (Tieback)
- دیواره دیافراگمی (Diaphragm Wall)
- مهار متقابل (Reciprocal Support)
- اجرای شمع (Piling)
- سپرکوبی (Sheet Piling)
- میخ کوبی خاک (Soil Nailing)
- خرپا (Truss)
- کات اند کاور (Cut and Cover)
- بارت (Barrett)
- تاپ‌دان (Top–Down)

بالارفتن سـرعت سـاخت و سـاز و لزوم توجه به روش‌ها و فناوری‌های نوین به منظور فاصله گرفتن از روش‌های سنتی باعث روی آوردن به روش‌های اجرایی جدیدی شده که صنعت ساختمان را با تحولاتی شگرف روبه‌رو کرده است. بدون تردید نقش مدیریت پروژه و ساخت، در تهیه و بهنگام نمودن برنامه زمان‌بندی اجرایی و

مالی در پروژه‌های ساختمانی یکی از ارکان حیاتی برای استفاده از این روش‌ها است؛ به گونه‌ای که با کوتاه کردن زمان اجرا، بالا بردن سرعت ساخت و اتمام به موقع پروژه، پیمانکار و کارفرما هر دو از منافع مادی و معنوی بسیاری برخودار می‌شوند.

افزایش سریع جمعیت شهری و نیاز روزافزون بشر به ساخت و ساز و عملیات عمرانی از قبیل ساختمان‌های بلند و زیرساخت‌هایی همچون خطـوط زیرزمینـی و قطار شـهری از یـک طرف و محدودیت‌های توسعه شهری از سوی دیگر باعث شده تا به تدریج مسـأله گودبرداری‌های عمیق در فضای شهری به عنوان اولین گام اجرای یک فعالیت عمرانی، بسیار مورد توجه مهندسین و مدیران ساخت قرار گیرد. از این رو انتخاب نحوه گودبرداری، نوع سیستم محافظ جداره گود و روش سـاخت مناسب با لحاظ کلیه شرایط اقتصادی، اجتماعی و ایمنی، از موارد مهمی است که انتخاب دقیق آن‌ها تأثیر زیادی بر روند اجرای طرح خواهد داشت.

استفاده از روش‌های سنتی اجرای سازه‌ها از کف تا بالاترین تراز سـاختمان، معروف به روش پایین به بالا، برای اجرای سـازه‌های کوچک تا متوسط در دنیا بسیار متداول می‌باشد، هرچند در ایران این روش برای ساخت سازه‌ها با هر اندازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، گودبرداری تا عمق معین به همراه سیستم مهار جانبی صورت گرفته و ساخت سازه از فونداسیون آغاز می‌گردد. سیستم محافظ گود متداول در این روش عمدتاً نیلینگ و انکراژ اسـت که دارای هزینه بسیار بالا، سرعت اجرای پایین و عدم اطمینان کافی در گودبرداری‌های حجیم می‌باشد.

## پایدارسازی جداره گود و اجرای سازه به روش تاپ‌دان

روش تاپ‌دان روشـی اجرایی برای ساختمان‌هایی است که به دلایلی در آن‌ها امکان اجرای ساختمان از پایین به بالا وجود ندارد. این روش در سـاختمان‌هایی که چندین طبقـه زیرزمین دارند و خاک‌های اطراف به روش‌های مهندسـی موجود قابل مهار نبوده و یا معارض و مسائل حقوقی، مانع از انجام این کار است؛ کاربرد دارد.

این روش به عنوان انقلابی در ساخت سازه‌های بزرگ زیرزمینی، برای اولین بار در دهه ۷۰ میلادی، در سـاخت ایسـتگاه‌های مترو شهرهای پاریس و میلان مورد استفاده قرار گرفت و اصطلاحاً به آن روش برش و پوشش (Cut and Cover) می‌گفتند. در سال‌های اخیر و در پروژه‌های بزرگ، استفاده از این روش نوین ساخت با نام بالا به پایین (UP/Down Method) به دلیل مزایای عمده خود، عملاً جایگزین روش‌های سنتی در کشورهای صنعتی شده است؛ به گونه‌ای که امروزه این روش مختص ساخت سازه‌های زیرزمینی و برج‌های بلند با زیرزمین‌های عمیق شده است. از نمونه‌های استفاده از روش مذکور می‌توان به ساخت قسمت‌هایی از طبقات زیرزمینی مارینا اسکای پارک سـنگاپور در سال ۲۰۰۷ میلادی، برج تجاری بیتکسـوی ویتنام در سـال ۲۰۱۰ میلادی، برج شارد لندن در سال ۲۰۱۳ میلادی و طبقات زیرین برج شانگهای چین با مساحتی بالغ بر ۳۵ هزار متر مربع اشاره کرد.

استفاده از تکنیک پایدارسازی از بالا به پایین در ساخت سازه‌های زیرزمینی یکی از روش‌های نوین اجرایی است که علاوه بر کاهش زمان اجرا و سـرعت ساخت بالا نقش بسـزایی در تأمین شرایط لازم برای احداث سـازه در فضاهای محدود و پرتردد شهری دارد. معضلات ساخت و سازهای زیرزمینی درون‌شهری به خصوص در کلانشهرها از قبیل اختلال در عبور و مرور و ایجاد ترافیک و خطرات ناشی از گودبرداری‌های عمیق و تعارض های حقوقی بین مجاورین، همواره مدیریت شهری را با چالش‌های بسیاری مواجه کرده است.

این روش شـامل ساخت همزمان بالا و پایین یک ساختمان در یک زمان مشـخص است که در آن سـازه فوقانی و تحتانی با هم اجرا می‌شـوند. این تکنیک نوین که عمدتاً در مناطق شهری برای تسریع در انجام مراحل پروژه‌ها مد نظر قرار می‌گیرد، خود ترکیبی از تکنیک‌هایی همچون استفاده از دیوارهای دیافراگمی به عنوان دیوار محافظ گود (در زمین‌های سسـت)، استفاده از ستون‌های سازه به عنوان شمع و اجرای دیوار حایل از بالا به پایین، اجرای شمع درجا با استفاده از ماشین آلات مخصوص و روش‌هایی برای حفاری خاک محل پروژه است.

در این روش در یک یا چند محور، محل سـتون‌ها، به صورت شمع، حفاری و تا عمقی زیر تراز پایینی فونداسیون ادامه پیدا می‌کند. سپس شمع‌ها بتن‌ریزی و سـتون‌ها در درون شمع‌ها قرارگرفته و مجدداً تا ارتفاعی از ستون بتن‌ریزی می‌شود تا تکیه‌گاهی نسبتاً گیردار ایجاد شود.

با توجه به لزوم دقت بالا در نصب ستون‌ها در موقعیت تعیین‌شده، دسترسی به محل نصب ستون‌ها در داخل چاهک از اهمیت زیادی برخوردار اســت که تأمین این خواسته در این روش با کمک نقشه برداری امکان‌پذیر است و ریسک جابجایی ستون هنگام بتن‌ریزی کاهش می‌یابد.

به هر حال پس از نصب ستون‌ها در داخل چاهک، ستون‌ها توسط تیرهای اصلی و یا المان‌های موقت به ستون‌های مجاور مهار می‌گردد؛ بتن‌ریزی ســقف انجام می‌گیرد و سپس خاکبرداری از طبقات بالا انجام و دیوار حایل بتنی مجاور خاک از بالاترین طبقه اجرا می‌گردد. این دیوار حایل وظیفه مهار خاک و تیرهای اصلی وظیفه تحمل وزن دیوار را بر عهده دارند.مرحله بعد، خاکبرداری زیر دیوار بتنی است که بر روی تیرهای اصلی قرارگرفته است. به دنبال این مرحله، اجرا و بتن‌ریزی سقف یک طبقه پایین‌تر و این روال تا بتن‌ریزی پایین‌ترین سقف ادامه خواهد داشت. پس از این مرحله خاکبرداری زیر پایین‌ترین سقف و محل فونداسیون انجام می‌گیرد و عملیات اجرایی فونداسیون تکمیل می‌شود. با توجه به مراحل اجرایی این روش که از بالا به پایین انجام می‌گیرد؛ این روش به روش «تاپ دان» یا بالا به پایین معروف گردیده است.

## چرا تاپ دان؟

با رسیدگی به پرونده حقوقی بسیاری از پروژه‌ها که در سال‌های اخیر در مراجع قانونی و دادگاهی تشکیل شده است، مشکلات مربوط به اجرای نیلینگ و انکراژ و تجاوز به زمین همسایه‌های مجاور باعث تحمیل خسارت‌های مالی فراوان به سازندگان و مجریان شده است که در مواردی، مبالغ هنگفتی به عنوان خسارت مالی از طرف سازنده، به همسایگان پرداخت گردیده است.

در روش تاپ دان چون هیچگونه تعرض و تجاوز به حدود زمین همسایگان و گذرها صورت نمی‌گیرد، مسائل حقوقی و کیفری در آن جایی ندارد و همین مطلب باعث می‌شود تا بسیاری از پروژه‌ها را بتوان با این روش، اجرا و تکمیل نمود.

## مزایای استفاده از روش ساخت تاپ‌دان

این روش که مزایای فراوانی برای ساخت سازه‌ها با گودبرداری‌های عمیق دارد، عمدتاً در پروژه‌های بزرگ و متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش برای ساختمان‌های متوسط و بلند با بیش از ۳ طبقه زیرزمین می‌تواند باعث افزایش ســرعت ساخت و کاهش هزینه‌ها شود. برخی دیگر از مزایای اصلی استفاده از روش ساخت بالا به پایین به شرح زیر است:

۱-کاهش نشســت خاک در اطراف محدوده حفاری، ایمنی بسیار بالا در حین گودبرداری و قابلیت ســاخت سازه‌های زیرزمینی به خصوص در زمین‌های سست

۲- عدم نیاز به سیســتم‌های پایدارکننده و محافظ گود (ساخت و نصب اســترات‌ها و ... ) برای گودبرداری‌های عمیق و درنتیجه کاهش هزینه

۳- استفاده از دیوار محیطی به عنوان آب‌بند، محافظ گود و در انتها به عنوان مهار جانبی

٤- حذف یا به حداقل رساندن اجرای عملیات قالب‌بندی سقف‌ها و ستون‌های زیرزمینی به دلیل استفاده از سطح رگلاژ شده زمین طبیعی و درنتیجه کاهش زمان اجرا و هزینه‌های انجام پروژه

۵- امکان حضور تعداد بیشــتری کارگر در کارگاه و تعریف چند شیفت کاری در طول دوران ساخت

٦- امکان اســتفاده از فضای ناشــی از کف سقف اول و یا فضای سرپوشیده زیر سقف اول به عنوان انبار سرپوشیده

۷- امکان تســریع در شروع عملیات اجرایی تأسیسات مکانیکی و برقی

۸- کاهش سر و صدا و گرد و غبار ناشی از عملیات خاکبرداری

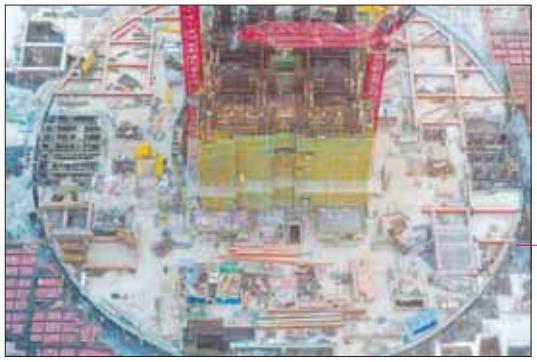
۹- این روش این امکان را می‌دهد که رو سازه و زیرسازه با اعمال تمهیدات لازم در مراحل طراحی و ســاخت به‌طور همزمان اجرا و باعث شتاب گرفتن روند ساخت می‌گردد.

۱۰- این روش با حذف سازه حایل موقت سبب صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌شود.

۱۱- صرفه‌جویی در زمان ساخت سازه منجر به کاهش کلیه هزینه‌ها می‌گردد.

۱۲- میــزان دخالت و مزاحمت در ترافیک خیابان‌های پیرامونی به حداقل می‌رســد. به‌خصوص در کارهــای مربوط به حمل و نقل عمومی استفاده از این روش سبب می‌شود که راه‌های حمل و نقل

ایستگاه مترو پاریس



برج شانگهای چین

مارینا اسکای پارک سنگاپور

برج تجاری بیتکسوی ویتنام

برج شارد لندن

به زودی احیاء شوند.

۱۳- برای پروژه‌های گودبرداری که نصب پشت‌بندها عملی نیست و جابجایی خاک باید به حداقل برسد این روش بسیار مناسب است.

۱٤- این روش کارایی بسیار گسترده‌ای برای ساختمان‌های دارای طبقات زیاد زیرزمین دارد.

۱۵- با استفاده از این روش نیازی به فضای کاری بزرگ برای ساخت پی نیست و با حذف هزینه ساخت سازه نگهبان گودبرداری، صرفه‌جویی اقتصادی خواهد شد.

۱٦- ساخت استرات‌های موقت برای حفاظت دیواره‌ها و ساخت زیرزمین طی حفاری در این روش ضرورت ندارد. سیستم استرات‌های موقت اغلب شرایط فضای کار را پیچیده می‌کنند و از نظر ساخت بسیار گران هستند.

۱۷- با ساخت زیرزمین با طبقه همکف در شروع کار، تأثیر شرایط بد آب و هوایی روی خاک زیرین از بین می‌رود. به‌عنوان مثال تأثیر بارش بر دیواره‌های حفاری شده در روش نیلینگ و انکراژ، به‌دلیل وجود دال طبقه به‌عنوان یک پوشش، حذف می‌شود.

۱۸- سطح زمین با احداث سقف اولین زیر زمین به عنوان سطح مفید جهت تجهیز مداوم کارگاه، عدم نفوذ به معابر پیرامون گود را میسر می‌نماید.

۱۹- اقتصادی و سبک شدن شالوده به خاطر وجود شمع‌های درجا

۲۰- مهم‌ترین و اصلی‌ترین مزیت که دوری جستن از گرفتاری‌های ناشی از پرونده‌های حقوقی و شکایت همسایگان و مجاورین می‌باشد و می‌توان مبالغ هنگفت مربوط به رضایت و اجرت المثل‌ها و زمان‌های تلف شده در دادگاه‌ها را صرف برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه نمود.

## معایب استفاده از روش تاپ‌دان

روش تاپ‌دان هم مانند روش‌های دیگر پایدارسازی گود معایب مخصوص به خود را دارد که خوشبختانه بیشتر آن شامل مسائل فنی می‌باشد که راه حل‌های فنی آن‌ها نیز وجود دارد؛ یعنی به راحتی می‌توان معایب را به مزایا و تهدید را به فرصت تبدیل نمود.

۱- عملیات خاکبرداری و حفاری زیر دال سقف مشکل است که این موضوع می‌تواند برای کارگران به دلیل شرایط کاری سخت، ایجاد فشار نماید، البته می‌توان راهکارهای فنی مناسبی برای آن پیدا کرد.

۲- دراین روش، اگر کار با هرگونه شرایط پیش بینی نشده همچون پی مدفون یا لایه‌های خاک سخت مواجه شود، کار حفاری به مشکل برخورد خواهد کرد.

۳- انجام عملیات خاکی کندتر از روش های متداول است ولی در مجموع، مدت زمان اجرای کل سازه کاهش می‌یابد.

٤- باید بین مدیر پروژه و کارگران هماهنگی بسیار خوبی وجود داشته باشد. مصالح ساختمانی، انبار کردن، حمل و نقل، انتقال و تمامی فعالیت‌های دیگر باید برنامه‌ریزی شده باشند.

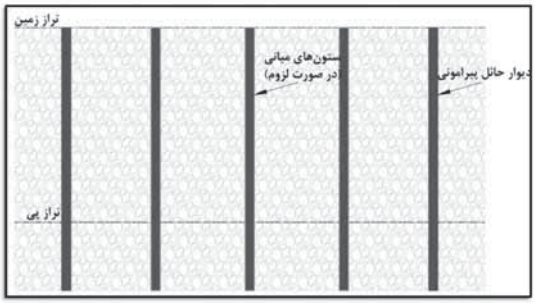
۵- در صورت استفاده از زمین به عنوان قالب، پس از تکمیل بتن ریزی دال طبقات نمی‌توان بلافاصله حفاری را آغاز نمود، زیرا نمی‌توان خاک زیر دال را پیش از آنکه بتن به مقاومت مورد نیاز برسد خارج کرد.

٦- تنها از پی‌های متکی بر شمع برای روش ساخت از بالا به پایین می‌توان استفاده کرد. از این رو تصمیم برای استفاده از روش ساخت از بالا به پایین، انتخاب نوع پی و ستون‌های زیر زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

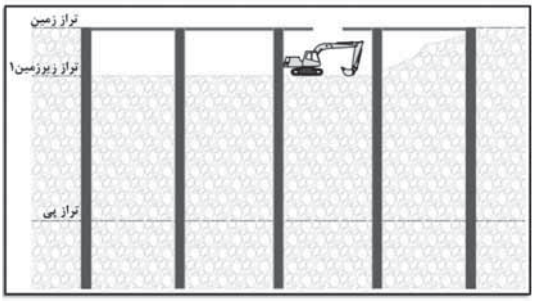
## مراحل اجرای گودبرداری به روش تاپ‌دان

مراحل ساخت سازه به روش بالا به پایین به طور خلاصه به پنج مرحله ذیل تقسیم می‌شود که بایستی با مشاوره و نظارت دقیق، ارتباط بین مراحل برقرار گردد.

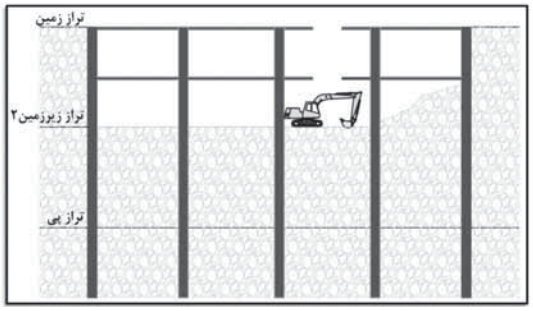
مرحله ۱- نصب ستون‌ها و یا دیوار حایل بتنی پیرامونی و ستون‌های میانی سازه اصلی در صورت لزوم



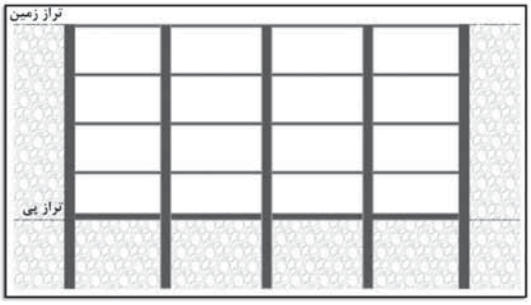

مرحله۲- اجرای دال سقف تراز زمین و سپس خاکبرداری اولین زیرزمین (بازشدگی داخل سقف امکان انتقال خاک به بیرون را می دهد.)



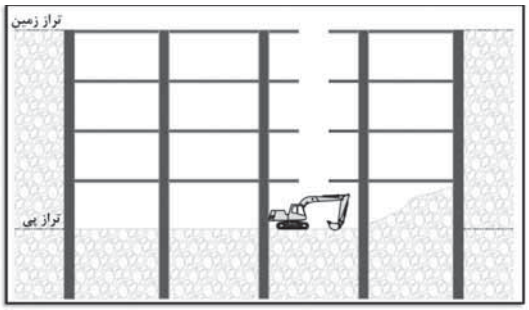

مرحله ۳- اجرای دال سـقف زیرزمین ۱ و سـپس خاکبرداری زیرزمین دوم (همزمان اجرای دیوار حایل تراز پایین)




مرحله ٤- ادامه اجرای دال سقف و خاکبرداری طبقات زیرزمین طبـق گام‌های قبلی و اجرای دال سـقف زیرزمین آخر و سـپس خاکبرداری آخرین زیرزمین و رسـیدن به تراز پی (همزمان اجرای دیوارهای حایل)




مرحله ۵- اجرای فونداسیون و بستن بازشدگی‌های سقف‌ها و تکمیل سازه زیرزمین




لازم به ذکر اسـت که در عمل هر یک از مراحل مذکور با توجه به شرایط ویژه یک سایت انجام می‌شود و ممکن است نحوه اجرا از یک سایت به سایت دیگر متفاوت باشد. لذا شرایط ژئوتکنیکی سـاختگاه، ملاحظات طراحی و مسائل اجرایی و همجواری پروژه اسـت که تعیین می‌کند از چه روشـی برای اجرا استفاده شود. در مواردی که امکان اخذ رضایت از همسـایه‌های مجاور گودبرداری وجود ندارد، این روش تنها روش مطمئن و قابل اجرا می‌باشد.

**منابع:**

Chew yit Lin. (2012), Construction Technology for Tall Bulding, World Scientific Publishing

Towhata, I. (2008), Geotechnical Earthquake Engineering, Springer

علی طاش، م؛ امین، ح؛ خوشدل مفیدی، ح؛ (۱۳۹٤)؛ روش‌های نوین اجرای زیرزمین سازه‌ها در گودبرداری‌های عمیق شهری، مجله پیام نظام مهندسی استان تهران، ۷ (۱)، ٤٥-۳٦.

# مقاوم سازی با استفاده از الیاف پلیمری

ابوالفضل مهران‌پور
کارشناس مقاوم‌سازی

## مقدمه

یکی از روش‌های مقاوم‌سـازی برای انواع ساختمان‌ها استفاده از الیاف پلیمری می‌باشد. این روش به لحاظ اقتصادی با روش‌های سـنتی قابل رقابت بوده و همچنین دارای قابلیت اجرای سـریع و آسان می‌باشـد. در مواردی که استفاده از ماشین آلات سنگین و یا توقف کاربری سـاختمان در هنگام اجرا امکان پذیر نیست، مقاوم‌سازی با الیاف پلیمری نسـبت به روش‌های سنتی تداخل کمتری در کاربری ساختمان در حین اجرا ایجاد می‌نماید. از دیگر مزایای مصالح پلیمری، نسبت بالای مقاومت به وزن و همچنین سـختی به وزن می‌باشد. هم اکنون استفاده از این روش در مورد ساختمان‌ها، پل‌ها و کلیه اجزای بتنی متداول می‌باشد. روش سنتی استفاده از صفحات فولادی در مقاوم‌سازی تیرها، ستون‌ها و عرشه پل دارای مشکلاتی از جمله افزایش وزن سازه، صعوبت دسترسی و زمان بالای اجرا می‌باشد.

FRP نوعی ماده کامپوزیت متشکل از دو بخش فایبر یا الیاف تقویتی است که به وسیله یک ماتریس رزین از جنس پلیمر احاطه شده است. این مواد به دو شـکل ورق‌های FRP و میلگردهای FRP وجود دارد.

رزین اصولاً به عنوان یک محیط چسباننده عمل می کند که فایبرها را در کنار یکدیگر نگاه مـی‌دارد. ماتریس (رزین) را می‌توان از مخلوط‌های ترموست و یا ترموپلاستیک انتخاب کرد. ماتریس‌های ترموسـت با اعمال حرارت سخت شده و دیگر به حالت مایع یا روان در نمی‌آیند؛ در حالی‌که رزین‌های ترموپلاستیک را می‌توان بـا اعمال حرارت، مایع نموده و با اعمال برودت به حالت جامد درآورد. از جمله رزین‌های ترموست می‌توان از پلی استر، وینیل استر و اپوکسـی و رزین‌های ترموپلاستیک از پلی وینیل کلراید (PVC)، پلـی اتیلن و پلی پروپیلن (PP)، نـام برد. نقش اصلی ماتریس رزین عبارت است از:

- انتقال برش از فیبر تقویتی به ماده مجاور
- محافظت از فیبر در شرایط محیطی
- جلوگیری از خسارات مکانیکی وارد بر الیاف
- کنترل کمانش موضعی الیاف تحت فشار

فایبرها که اصولاً الاسـتیک، ترد و بسیار مقاوم هستند، جزء