



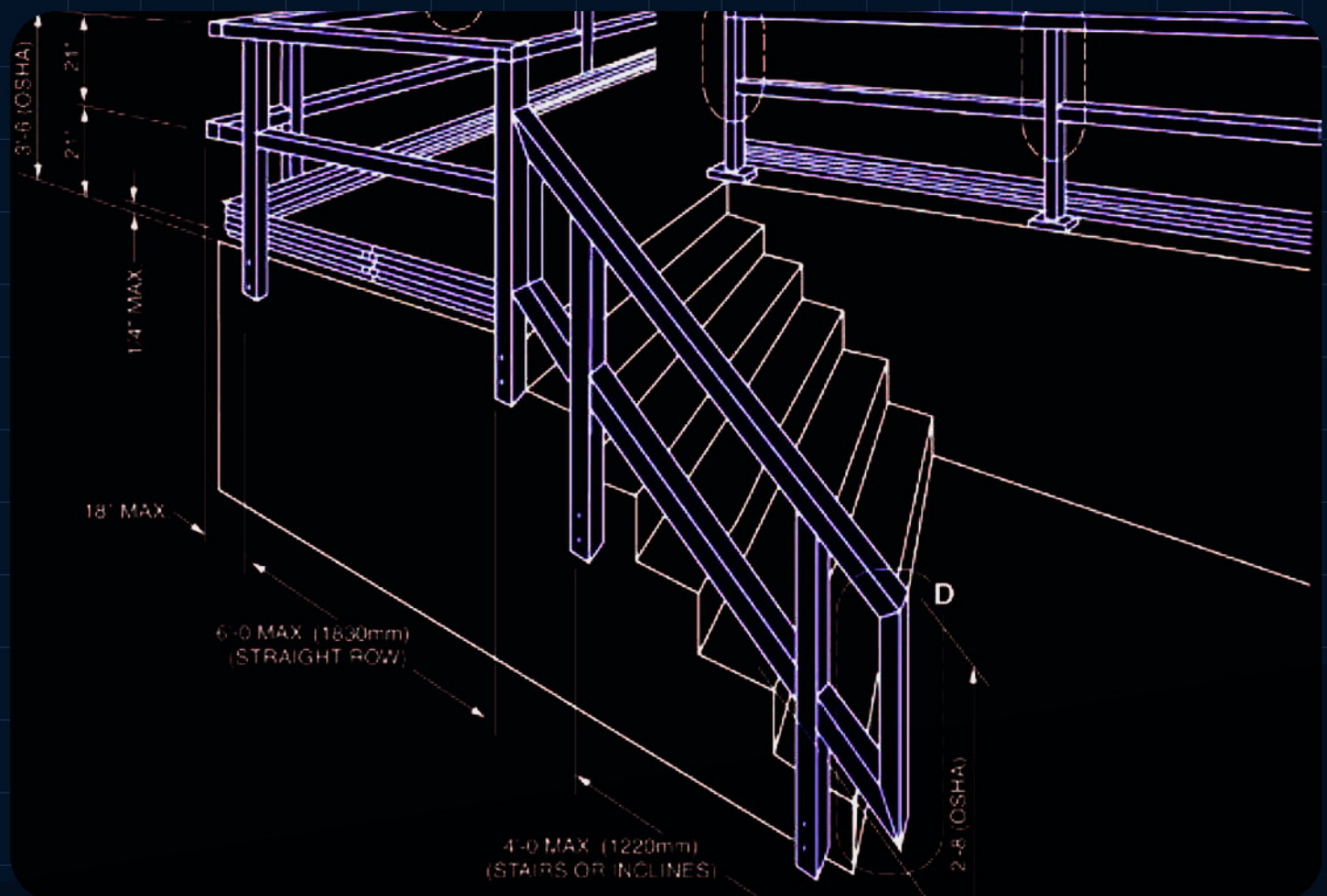
**NABAK COMPOSITE CO.**

ENGINEERED FRP / GRP SYSTEMS

کتابچه فنی، طراحی و اجرای

## سیستم هندریل کامپوزیتی FRP / GRP

مرجع مهندسی انتخاب، طراحی، نصب، بازرسی و نگهداری



● مقاوم در برابر خوردگی

● عایق الکتریکی

● سیستم مدولار

● نگهداری حداقلی

(Cost) پایین‌تر این سیستم‌ها نسبت به فولاد گالوانیزه یا استنلس استیل در بسیاری از محیط‌های خورنده است.

هدف این سند فراهم‌کردن یک زبان مشترک فنی برای مهندسان طراح، دستگاه نظارت، کارفرمایان و پیمانکاران است: شناخت مبانی مهندسی و استانداردهای مرجع، درک سیستم تیپ‌بندی و کدگذاری محصولات (سری HR)، آشنایی با الزامات ابعادی و بارگذاری، آشنایی با فرآیند صحیح اجرا و بازرسی، و فراهم‌کردن مبنایی برای تهیه اسپک فنی، متره و ارزیابی پیشنهادهای فنی پیمانکاران.

#### یادآوری مهندسی

ارقام و الزامات کمی ارائه‌شده در این سند از استانداردهای مرجع (ASTM F1092، ISO 14122-3، EN 13706) و رویه‌های متداول صنعت پالترژن استخراج شده و باید در هر پروژه با نسخه رسمی و به‌روز استاندارد و مشخصات فنی خاص پروژه (Project Specification) تطبیق داده شوند. این سند جایگزین محاسبات مهندسی پروژه‌محور و تأیید مهندس ناظر/طراح نیست.

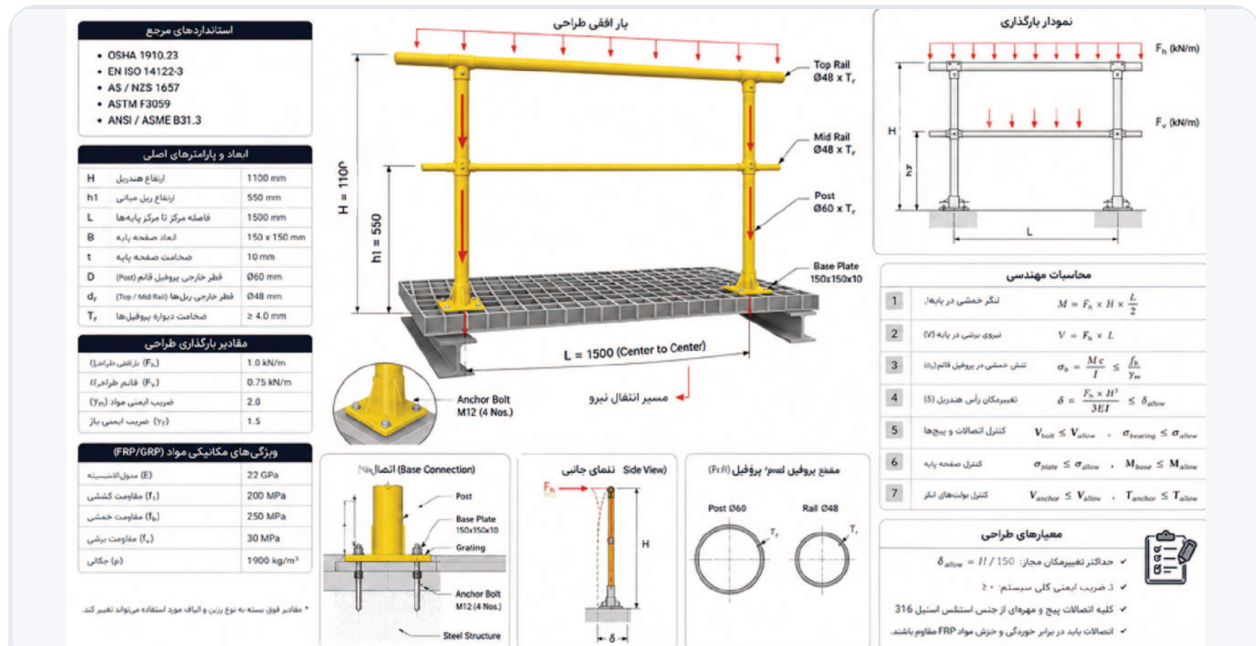
## فهرست فصل‌ها

|    |                                     |    |                                         |
|----|-------------------------------------|----|-----------------------------------------|
| ۱۶ | خانواده HR-T – پایه لوله            | ۰۱ | مقدمه و دامنه کاربرد سند                |
| ۱۷ | خانواده HR-V – عمودی                | ۰۲ | مزایای مهندسی هندریل کامپوزیتی FRP      |
| ۱۸ | مقایسه فنی لوله‌ای / قوطی           | ۰۳ | هندریل به‌عنوان سیستم حفاظتی مهندسی‌شده |
| ۱۹ | فرآیند اجرا – گام‌به‌گام            | ۰۴ | کاربردهای هندریل FRP/GRP در صنایع       |
| ۲۰ | اتصال به کف – Floor Mounted         | ۰۵ | نگاه ناباک کامپوزیت به هندریل کامپوزیتی |
| ۲۱ | اتصال جانبی – Side Mounted          | ۰۶ | روش تولید (پالترژن و قالب‌گیری)         |
| ۲۲ | نگهداری و بازرسی دوره‌ای            | ۰۷ | استانداردها و مبانی طراحی               |
| ۲۳ | برش، سوراخ‌کاری و ماشین‌کاری        | ۰۸ | الزامات ایمنی و ابعاد عمومی             |
| ۲۴ | هندریل پیش‌مهندسی‌شده               | ۰۹ | اجزای اصلی هندریل کامپوزیتی             |
| ۲۵ | طراحی و تولید سفارشی                | ۱۰ | خواص مکانیکی و فیزیکی پروفیل‌ها         |
| ۲۶ | رنگ‌بندی و پوشش سطحی                | ۱۱ | پاخور / قرنیز (Toe Board)               |
| ۲۷ | مبانی قیمت‌گذاری                    | ۱۲ | اتصالات و جزئیات مهاری                  |
| ۲۸ | جمع‌بندی مهندسی                     | ۱۳ | تیپ‌بندی و سیستم کدگذاری HR             |
| ۲۹ | پیوست الف – جدول تطبیقی استانداردها | ۱۴ | مشخصات مقاطع مورد استفاده               |
| ۳۰ | پیوست ب – واژه‌نامه فنی دوزبانه     | ۱۵ | خانواده HR-S – پایه قوطی                |

#### برگه مرجع سریع مهندسی

## Engineering Quick Reference Data Sheet

خلاصه استانداردهای مرجع، ابعاد، بارگذاری طراحی، خواص مکانیکی مواد و مسیر محاسبات هندریل کامپوزیتی – برای مرور سریع پیش از ورود به جزئیات هر فصل.



**شکل ۱- خلاصه استانداردهای مرجع:** OSHA 1910.23 · EN ISO 14122-3 · AS/NZS 1657 · ASTM F3059 · ANSI/ASME B31.3  
 طراحی:  $F_h = 1.0 \text{ kN/m}$ ,  $F_v = 0.75 \text{ kN/m}$ ، خواص مکانیکی FRP/GRP تفسیر محاسبات مهندسی سیستم – سند مرجع NABAK COMPOSITE CO.

## مزایای مهندسی هندریل کامپوزیتی FRP

### ۲.۱ مقاومت در برابر خوردگی و محیط‌های شیمیایی

یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از هندریل FRP در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، پالایشگاه و صنایع شیمیایی، عملکرد مناسب آن در محیط‌هایی است که فلزات در معرض رطوبت، بخارات خورنده، پاشش مواد، نمک و مواد شیمیایی قرار دارند. ماتریس پلیمری و ساختار تقویت‌شده با الیاف شیشه، امکان طراحی پروفیل‌هایی با مقاومت مناسب در برابر شرایط محیطی مختلف را فراهم می‌کند؛ با این حال، مقاومت شیمیایی نهایی تابع نوع رزین، ساختار کامپوزیت، غلظت ماده شیمیایی، دما، زمان تماس و شرایط واقعی سرویس است.

| نوع رزین                | کاربرد نمونه                                | مقاومت شیمیایی نسبی |
|-------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| پلی‌استر ایزوفتالیک     | کاربرد عمومی صنعتی، سکو و پلتفرم            | متوسط تا خوب        |
| وینیل‌استر              | پالایشگاه، واحدهای اسیدی/قلیایی، تصفیه‌خانه | خوب تا عالی         |
| رزین مقاوم به شعله (FR) | فضای بسته، اتاق کنترل، الزام ایمنی حریق     | بسته به افزودنی     |

این موضوع به‌ویژه در طراحی هندریل برای Wastewater Treatment و Chemical Plants، Refinery، Petrochemical Units اهمیت دارد.

### ۲.۲ وزن پایین و سهولت اجرا

پروفیل‌های پالترئون FRP در مقایسه با سیستم‌های فلزی مشابه، وزن بسیار پایین‌تری دارند؛ چگالی متداول در محدوده ۱.۶ تا ۱.۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است در حالی که چگالی فولاد حدود ۷.۸ است – یعنی حدود یک‌چهارم تا یک‌پنجم وزن هم‌ارز فولادی. این ویژگی حمل، برش، مونتاژ و نصب را با تجهیزات ساده‌تر و نیروی انسانی کمتر ممکن می‌کند و در پروژه‌های با طول زیاد، بر لجستیک، زمان نصب و هزینه اجرا تأثیر مستقیم دارد.

## ۲.۳ عایق الکتریکی

هدایت الکتریکی بسیار پایین FRP، آن را در محیط‌های نزدیک تجهیزات الکتریکی، کابل، تابلو و پتانسیل الکتریکی به گزینه‌ای قابل بررسی تبدیل می‌کند؛ کاربرد ویژه در پست‌های برق، نیروگاه‌ها و مسیرهای کابل. عایق بودن FRP به معنی حذف الزامات ایمنی الکتریکی پروژه نیست.

### نکته اجرایی

در صورت استفاده از پیچ و مهره فلزی در اتصالات، خاصیت عایق کلی سیستم محدود می‌شود؛ برای الزام عایق کامل باید از واشر/بوش عایق در محل اتصالات فلزی استفاده شود.

## ۲.۴ عملکرد مناسب در محیط‌های مرطوب و دریایی

رطوبت دائمی، پاشش آب و نمک و شرایط دریایی از عوامل اصلی خوردگی گالوانیک، خوردگی حفره‌ای و زنگ‌زدگی زیر پوشش در سیستم‌های فلزی هستند. هندریل FRP در اسکله‌ها، بنادر، سکوها، صنعتی، تأسیسات ساحلی، تصفیه‌خانه‌ها و مناطق پررطوبت گزینه‌ای قابل اتکا برای پروژه‌هایی با دسترسی دشوار و تعمیرات پرهزینه است.

## ۲.۵ کاهش نیاز به رنگ‌آمیزی و نگهداری دوره‌ای

در هندریل FRP رنگ در فرآیند تولید و با پیگمنت در توده رزین لحاظ می‌شود؛ بنابراین نیاز به رنگ‌آمیزی دوره‌ای مشابه سیستم‌های فولادی کاهش می‌یابد — موضوعی با اهمیت اقتصادی در تحلیل Life Cycle Cost پروژه‌های گسترده.

## ۲.۶ پایداری در شرایط محیطی و مقاومت UV

در کاربردهای فضای باز، مقاومت در برابر اشعه UV یکی از پارامترهای کلیدی انتخاب مواد است. برای کاهش تخریب سطحی (Fiber Blooming/Chalking) از افزودنی UV Stabilizer در رزین، تور سطحی (Surface Veil) و در صورت نیاز پوشش نهایی Gel Coat استفاده می‌شود.

## هندریل، یک سیستم حفاظتی مهندسی‌شده — نه صرفاً یک نرده

۳

در پروژه‌های صنعتی، هندریل نباید صرفاً به‌عنوان یک نرده یا مجموعه‌ای از پروفیل‌ها دیده شود. یک سیستم هندریل مهندسی‌شده شامل مجموعه‌ای از اجزای مرتبط با یکدیگر است:

+ Connectors + Toe Protection + Mid Rail + Top Rail + Posts + FRP Profiles  
Fixing System + Base Plates

عملکرد نهایی سیستم تنها به مقاومت پروفیل وابسته نیست؛ هندسه سیستم، فاصله پایه‌ها، نوع اتصالات، نحوه مهار به سازه و شرایط بارگذاری پروژه نیز نقش دارند. بنابراین انتخاب هندریل باید بر اساس شرایط سرویس و الزامات پروژه انجام شود، نه صرفاً بر مبنای ابعاد ظاهری یا قیمت هر متر.

از دیدگاه مهندسی سازه، هندریل یک **سیستم قاب نیمه‌صلب** است که مسیر انتقال بار آن به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

→ Base Plate / Bracket → اتصال Post-to-Base → Post → Top Rail → بار کاربر / باد / ضربه  
سازه نگهدارنده

ضعف در هر یک از این حلقه‌ها – حتی با مقاومت کافی خود پروفیل – می‌تواند عملکرد کل سیستم را مخدوش کند؛ بنابراین ارزیابی طراحی و بازرسی باید در سطح سیستم انجام شود، نه صرفاً در سطح قطعه.

## کاربردهای هندریل FRP/GRP در صنایع مختلف

۴

### پلکان و پلتفرم صنعتی

Safety Handrail & Guardrail  
اطراف راه‌پله  
و سطوح مرتفع

### پالایشگاه و واحدهای فرآیندی

حفاظت پیرامونی مسیرها و سطوح عملیاتی با  
اولویت خوردگی

### نفت، گاز و پتروشیمی

اطراف تجهیزات، سکوها، مسیرهای دسترسی  
و پلتفرم‌های عملیاتی

### محیط دریایی و ساحلی

Marine Facilities · Ports · Jetties ·  
Offshore Structures

### صنایع شیمیایی

انتخاب رزین متناسب با ماده شیمیایی محیط

### تصفیه‌خانه و آب‌شیرین‌کن

حفاظت حوضچه، کانال، مخزن در محیط  
مرطوب و خورنده

### سایر کاربردها

معادن، صنایع غذایی، تصفیه فاضلاب،  
پارکینگ، انرژی‌های تجدیدپذیر

### تأسیسات برق

Power Plants · Substations · Cable  
Access Areas

## نگاه ناباک کامپوزیت به هندریل کامپوزیتی

۵

در یک پروژه صنعتی، هندریل صرفاً یک محصول آماده برای نصب نیست؛ بلکه بخشی از سیستم ایمنی و دسترسی سازه محسوب می‌شود. از این رو، انتخاب صحیح هندریل باید با در نظر گرفتن محیط بهره‌برداری، شرایط خوردگی، الزامات ایمنی، هندسه محل، روش مهار، نوع زیرسازی و شرایط بارگذاری انجام شود.

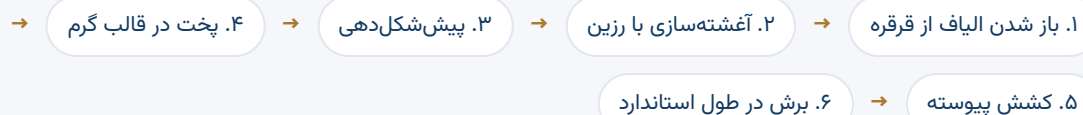
هدف **NABAK COMPOSITE CO.** از طراحی سیستم FRP، دستیابی به ترکیبی متوازن از ایمنی، دوام، قابلیت اجرا، وزن پایین و هزینه چرخه عمر مناسب است؛ ترکیبی که هندریل کامپوزیتی را به یک راهکار مهندسی قابل اتکا برای محیط‌های صنعتی تبدیل می‌کند.

## روش تولید هندریل کامپوزیتی FRP/GRP

۶

### ۶.۱ ساخت پروفیل‌های کامپوزیتی به روش پالتروژن

پروفیل‌های اصلی مورد استفاده در ساخت هندریل، عموماً به روش **Pultrusion – پالتروژن** تولید می‌شوند. در این فرآیند، الیاف تقویت‌کننده (عمدتاً الیاف شیشه، به صورت Roving پیوسته و Continuous Filament Mat) به همراه سیستم رزین پلیمری، از میان قالب فولادی گرم‌شده با مقطع ثابت عبور داده می‌شوند و پروفیل کامپوزیتی به صورت پیوسته تولید می‌شود:



درصد وزنی الیاف شیشه در پروفیل‌های پالترژن ساختاری معمولاً در محدوده **۵۵ تا ۶۵ درصد وزنی** است که ترکیب مناسبی از مقاومت مکانیکی، وزن پایین، پایداری محیطی و قابلیت ماشین‌کاری فراهم می‌کند.

در کنار پروفیل‌های پالترژن، پایه‌ها، اتصالات فرم‌دار (Elbow، Tee، Cross) و برخی قطعات مونتاژی با فرآیندهای قالب‌گیری مناسب از جمله **Compression Molding** یا Hand Lay-up برای هندسه‌های پیچیده‌تر تولید می‌شوند. بنابراین هندریل FRP باید یک **سیستم مهندسی‌شده و مونتاژی** دانسته شود، نه صرفاً مجموعه‌ای از لوله یا پروفیل کامپوزیتی.

## ۶.۲ مشخصات مواد اولیه و افزودنی‌های تولید ناباک کامپوزیت

|                                                                                                                                         |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>رزین سفارشی</b><br>وینیل‌استر – بنا به سفارش تولید می‌شود و هزینه آن نسبت به رزین استاندارد پلی‌استر ایزوفتالیک تقریباً دو برابر است | <b>رزین پایه</b><br>پلی‌استر ایزوفتالیک مقاوم در برابر اشعه خورشید (Anti-UV)                                         | <b>الیاف تقویت‌کننده</b><br>الیاف شیشه نوع E (E-Glass) – درصد وزنی الیاف تقریباً ۶۵٪                                                                                                     |
|                                                                                                                                         | <b>روش تولید قطعات فرم‌دار</b><br>بیس پلیت، زانویی، سهراهی و چهارراهی – به روش قالب‌گیری فشاری (Compression Molding) | <b>مقاومت در برابر آتش</b><br>افزودنی خودخاموش‌شونده (Self-extinguishing) به صورت استاندارد در فرآیند تولید؛ برای مقاومت بالاتر، تولید سفارشی با رزین‌های تخصصی ضدآتش نیز امکان‌پذیر است |

ترکیب الیاف شیشه E-Glass با رزین پلی‌استر ایزوفتالیک Anti-UV، مبنای استاندارد تولید پروفیل‌های ناباک کامپوزیت است و تعادل مناسبی میان مقاومت مکانیکی، پایداری در برابر اشعه فرابنفش و صرفه اقتصادی فراهم می‌کند. برای پروژه‌هایی با الزامات ویژه مقاومت شیمیایی یا آتش، امکان تولید سفارشی با رزین وینیل‌استر یا رزین‌های تخصصی ضدآتش وجود دارد.

## استانداردها و مبانی طراحی هندریل FRP/GRP

۷

### یادآوری

ارقام زیر خلاصه‌ای فنی و آموزشی است و جایگزین متن رسمی و به‌روز هر استاندارد نمی‌شود. پیش از طراحی، متره، مناقصه یا تأیید ساخت، نسخه رسمی استاندارد از مرجع ناشر (ASTM، ISO/CEN) ملاک عمل قرار گیرد.

### ASTM F1092 ۷.۱

#### – Standard Specification for Fiberglass (GRP) Pultruded Open-Weather Storm and Guard, Square Railing Systems

مرجع تخصصی سیستم‌های نرده/گاردریل GRP پالترژن با مقطع قوطی. الزامات مواد، ساخت، نصب و آزمون را پوشش می‌دهد و دو گرید ستون **Type 1F** و **Type 2F** را متمایز می‌کند. آزمون سیستم نصب‌شده معمولاً شامل اعمال بار افقی به حداقل یک ستون انتهایی و یک ستون میانی هر بخش است.

های طراحی متداول صنعتی (مطابق رویه IBC / 1910.29 OSHA اسناد فنی FRP آمریکای شمالی نیز بر مبنای آن تنظیم می‌شوند)

| نوع بار                                | مقدار متداول                             | یادداشت                                   |
|----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| بار متمرکز (Concentrated)              | $\approx 890$ نیوتن (۲۰۰ پوند)           | در هر جهت، هر نقطه از Top Rail            |
| بار گسترده خطی (Uniform)               | $\approx 730$ نیوتن بر متر (۵۰ پوند/فوت) | غیرهمزمان با بار متمرکز                   |
| ضریب اطمینان طراحی                     | حداقل ۲.۰                                | نسبت مقاومت نهایی به بار طراحی            |
| فاصله متداول پایه‌ها (رویه بین‌المللی) | حداکثر ۱.۸۳ متر                          | سیستم ناباک با ۱ متر محافظه‌کارانه‌تر است |

## ۷.۲ ISO 14122-3 (معادل EN ISO 14122-3)

– Safety of machinery – Permanent means of access to machinery – Part 3: Stairs, stepladders and guard-rails  
مرجع اصلی الزامات ایمنی، ابعاد، جانمایی و عملکرد گاردریل و هندریل راه‌های دسترسی دائمی صنعتی.

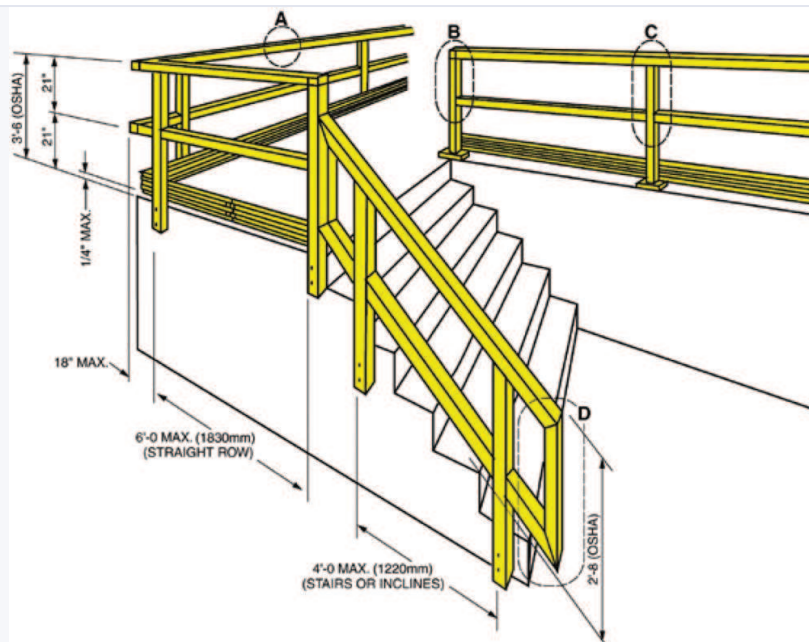
| پارامتر                        | الزام متداول                                                    |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| حداقل ارتفاع گاردریل           | ۱۱۰۰ میلی‌متر از سطح راه رفتن                                   |
| حداکثر فاصله آزاد بین ریل‌ها   | $\sim 500$ میلی‌متر                                             |
| حداقل ارتفاع پاخور (Toe Board) | $\sim 100$ میلی‌متر                                             |
| آزمون مقاومت سازه‌ای کلی       | بار خطی $\sim 3000$ N/m، تغییرشکل مجاز $\sim 30$ mm             |
| آزمون مقاومت موضعی             | بار متمرکز $300$ تا $1000$ نیوتن روی سطح محدود ( $\sim 250$ mm) |

## ۷.۳ EN 13706 – سری استاندارد پروفیل‌های پالتروژن

برای کنترل مشخصات محصولات پالتروژن، کیفیت مواد اولیه، فرآیند تولید و خواص محصول نهایی، **EN 13706** در سه بخش به کار می‌رود: **Part 1** سیستم نام‌گذاری، **Part 2** روش‌های آزمون و الزامات عمومی کیفیت، **Part 3** الزامات عملکردی و تعریف دو گرید مکانیکی اصلی:

| پارامتر                   | گرید E17       | گرید E23       |
|---------------------------|----------------|----------------|
| مدول خمشی مقطع کامل       | حداقل ۱۷ GPa   | حداقل ۲۳ GPa   |
| مدول کششی محوری           | $\sim 17$ GPa  | $\sim 23$ GPa  |
| مدول کششی عرضی            | $\sim 5$ GPa   | $\sim 7$ GPa   |
| مقاومت کششی محوری         | $\sim 170$ MPa | $\sim 240$ MPa |
| مقاومت خمشی محوری         | $\sim 170$ MPa | $\sim 240$ MPa |
| مقاومت خمشی عرضی          | $\sim 70$ MPa  | $\sim 100$ MPa |
| مقاومت اتکایی پین (محوری) | $\sim 90$ MPa  | $\sim 150$ MPa |

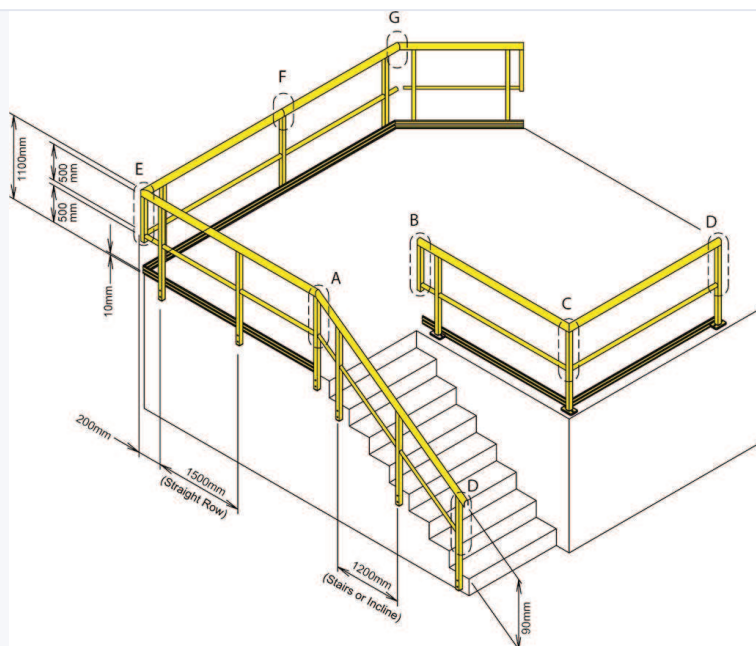
گرید **E23** برای اعضای اصلی سازه‌ای و باربر و گرید **E17** برای اعضای ثانویه مناسب‌تر است؛ گرید مصرفی باید در اسپیک فنی پروژه قید شود.



شکل ۱۱: گرام مرجع بین‌المللی هندسه گاردریل و راه‌پله (واحد اینچ، مطابق رویه OSHA) برای مقایسه تطبیقی با سیستم متریک ناباک کامپوزیت.

## الزامات ایمنی و ابعاد عمومی هندریل

در طراحی سیستم حفاظتی، ابعاد هندریل مستقیماً با ایمنی کاربران ارتباط دارد. پارامترهای زیر باید در مرحله طراحی و پیش از اجرا مشخص شوند: ارتفاع هندریل، فاصله بین ستون‌ها، فاصله ریل‌های افقی، آرایش اعضای عمودی، وجود یا عدم پاخور، نحوه اتصال به کف/سازه، و شرایط محل نصب.



شکل ۱۲: ابعادی متریک هندریل کامپوزیتی در پاگرد و راه‌پله: ارتفاع کل ۱۱۰۰mm فاصله ریل‌ها ۵۰۰/۵۰۰mm فاصله از دیوار ۱۰۰mm فاصله پایه‌ها در مسیر مستقیم ۱۵۰۰mm در پله/شیب ۱۲۰۰mm.

دول خلاصه ابعاد مرجع سیستم HR ناباک کامپوزیت

مقدار

پارامتر

| پارامتر                                       | مقدار                               |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| ارتفاع تمام شده هندریل                        | ۱۱۰۰ میلی‌متر                       |
| فاصله محور تا محور ستون‌ها                    | ۱۰۰۰ میلی‌متر                       |
| حداکثر فاصله آزاد قائم بین ریل‌ها (توصیه شده) | ۵۰۰ میلی‌متر                        |
| ارتفاع پاخور در تیپ‌های K                     | مطابق مقطع پاخور — عرض ۱۰۰ میلی‌متر |

## اجزای اصلی هندریل کامپوزیتی

۹

|                                                                                                    |                                                                                |                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>۱ — Top Rail (ریل بالایی/دستک)</b><br>سطح تماس دست کاربر؛ بحرانی‌ترین عضو از نظر بار خمشی موضعی | <b>۲ — Intermediate Rail (ریل میانی)</b><br>کنترل فضای باز بین اعضای حفاظتی    | <b>۳ — Toe Board / Kick Plate</b><br>کاهش سقوط ابزار و اجسام کوچک از لبه سکو |
| <b>۴ — Vertical Post (ستون قائم)</b><br>انتقال بار افقی به پایه؛ نقطه بحرانی طراحی در اتصال        | <b>۵ — Base Plate (صفحه پایه)</b><br>انتقال نیرو و اتصال ستون به کف/سازه زیرین | <b>۶ — Vertical Members</b><br>در تیپ کاهش فضای باز و کنترل عبور اجسام کوچک  |

انتخاب ابعاد، ضخامت، نوع مقطع و آرایش هر یک از این اعضا باید متناسب با کاربرد و شرایط کاری پروژه انجام شود.

## خواص مکانیکی و فیزیکی پروفیل‌های FRP

۱۰

ارزیابی پروفیل کامپوزیتی تنها بر اساس ابعاد مقطع انجام نمی‌شود. پارامترهای Tensile Strength، Flexural Strength، Shear Strength، Density و Water Absorption در کنار نوع الیاف، سیستم رزین، ساختار مقطع و فرآیند تولید، بر رفتار و دوام پروفیل اثرگذارند.

مقادیر متداول (Typical Values) پروفیل پالتروژن FRP الیاف شیشه/رزین پلی‌استر یا وینیل‌استر

| خاصیت                   | بازه متداول | واحد              |
|-------------------------|-------------|-------------------|
| مقاومت کششی محوری       | ۲۰۰ تا ۵۰۰  | MPa               |
| مقاومت خمشی محوری       | ۲۴۰ تا ۴۰۰  | MPa               |
| مدول الاستیسیته محوری   | ۱۷ تا ۴۵    | GPa               |
| مقاومت برشی بین‌لایه‌ای | ۲۰ تا ۳۵    | MPa               |
| چگالی                   | ۱.۶ تا ۱.۹  | g/cm <sup>3</sup> |
| جذب آب (۲۴ ساعت)        | کمتر از ۱   | % وزنی            |
| درصد وزنی الیاف شیشه    | ۵۵ تا ۶۵    | %                 |

این پارامترها معمولاً طبق ASTM D638 (کشش)، ASTM D790 (خمش سه نقطه‌ای)، ASTM D2344 (برش بین‌لایه‌ای) و ASTM D570 (جذب آب) یا معادل اروپایی در چارچوب EN 13706-2 اندازه‌گیری می‌شوند. توصیه می‌شود گواهی آزمون کارخانه‌ای (Test Certificate) برای هر بچ یا هر سفارش از تولیدکننده اخذ و بایگانی شود.

## پاخور یا قرنیز هندریل (Toe Board / Kick Plate)

۱۱

Toe Board / Kick Plate یکی از اجزای مهم سیستم حفاظتی است که در لبه سکوها، پلتفرم‌ها و مسیرهای دسترسی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ وظایف اصلی آن: کاهش سقوط ابزار و تجهیزات کوچک، تکمیل حفاظت پایینی هندریل، جلوگیری از عبور پا از زیر سیستم، و افزایش سطح حفاظت در لبه سکو.

در جزئیات فنی ناباک کامپوزیت، برای Kick Plate یک پروفیل/صفحه با **عرض ۱۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر** در نظر گرفته شده که با حداقل ارتفاع پاخور توصیه‌شده در ISO 14122-3 هم‌راستا است. از نظر اجرایی، پاخور معمولاً با فاصله جزئی (۵ تا ۱۰ میلی‌متر) از سطح کف نصب می‌شود تا امکان زهکشی و شست‌وشوی کف فراهم باشد.

## اتصالات و جزئیات مهاری هندریل

۱۲

عملکرد هندریل تنها به مقاومت پروفیل وابسته نیست؛ مسیر انتقال نیرو باید به‌صورت مهندسی‌شده در نظر گرفته شود:

Supporting Structure



Base Plate / Bracket



Connection



Post

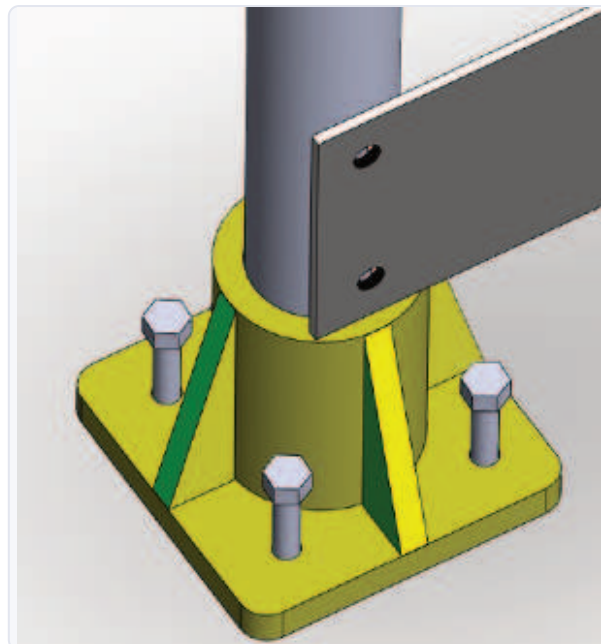


Rail

- **جنس اتصال‌دهنده‌ها:** استنلس استیل گرید ۳۱۶ (محیط خورنده/دریایی) یا ۳۰۴ (عمومی)؛ در الزام عایق کامل، پیچ/مهره FRP یا پلیمری.
- **رزوه و گشتاور نصب:** سفت‌کردن با گشتاور کنترل‌شده طبق دستورالعمل سازنده؛ گشتاور بیش از حد باعث ترک موضعی یا Bearing Failure می‌شود.
- **فاصله لبه و سوراخ‌ها:** برای جلوگیری از Edge Shear-out، فاصله سوراخ تا لبه آزاد پروفیل حداقل ۳ تا ۴ برابر قطر سوراخ.
- **نوع زیرسازی:** بتن درجا/پیش‌ساخته، سازه فولادی یا گریپتینگ FRP – باید پیش از اجرا مشخص و در نقشه اجرایی درج شود.
- **مهار در بتن:** ظرفیت باربری بولت باید با توجه به مقاومت بتن، عمق نفوذ، فاصله از لبه دال و فاصله بین بولت‌ها طبق ضوابط مهار (مانند ACI 318 Ch.17 یا معادل) بررسی شود.



شکل ۵- جزئیات اتصال جانبی به دیوار/سازه (Side Mounted).



شکل ۴- جزئیات اتصال Post-to-Base به کف (Floor Mounted).

## تیپ‌بندی هندریل‌های کامپوزیتی – سیستم کدگذاری HR

۱۳

هندریل‌های FRP/GRP بر اساس نوع پایه، نوع پروفیل، تعداد ریل‌های افقی، تعداد اعضای عمودی، وجود یا عدم پاخور و روش نصب به تیپ‌های مختلف تقسیم می‌شوند. سه خانواده اصلی: S – پایه/ستون قوطی، T – پایه/اعضای لوله‌ای، V – آرایش اعضای عمودی. کدگذاری: 2R = دو ریل، 3R = سه ریل، 6V = شش عضو عمودی، K = با پاخور، N = بدون پاخور.

جدول تیپ‌بندی هندریل کامپوزیتی (HR) – Technical Type Schedule

| کد تیپ    | خانواده       | ساختار        | باخور    | توصیف مختصر                          |
|-----------|---------------|---------------|----------|--------------------------------------|
| HR-S-3R-N | پایه قوطی (S) | ۳ ریل         | بدون (N) | هندریل پایه قوطی سه‌ردیفه بدون باخور |
| HR-S-3R-K | پایه قوطی (S) | ۳ ریل         | با (K)   | هندریل پایه قوطی سه‌ردیفه با باخور   |
| HR-S-2R-N | پایه قوطی (S) | ۲ ریل         | بدون (N) | هندریل پایه قوطی دو‌ردیفه بدون باخور |
| HR-S-2R-K | پایه قوطی (S) | ۲ ریل         | با (K)   | هندریل پایه قوطی دو‌ردیفه با باخور   |
| HR-T-2R-N | پایه لوله (T) | ۲ ریل         | بدون (N) | هندریل پایه لوله دو‌ردیفه بدون باخور |
| HR-T-2R-K | پایه لوله (T) | ۲ ریل         | با (K)   | هندریل پایه لوله دو‌ردیفه با باخور   |
| HR-V-6V-N | عمودی (V)     | عمودی ۶ ردیفه | بدون (N) | هندریل عمودی ۶ ردیفه                 |

**توضیحات:** پایه قوطی (S): Square سایز ۵۰×۵۰ میلی‌متر، یا پایه لوله (T): Tube سایز ۲×۴۲ میلی‌متر. ساختار: سه‌ردیفه (۳R)، دو‌ردیفه (۲R) یا شش‌ردیفه عمودی (۶V). ارتفاع تمام‌شده تمامی هندریل‌ها ۱۱۰۰ میلی‌متر و فاصله محور به محور ستون‌ها ۱۰۰۰ میلی‌متر است.

## نکته متره و برآورد

در اسناد مناقصه و صورت وضعیت، علاوه بر کد تیپ، طول کل هندریل، تعداد گوشه/تغییر جهت، تعداد نقاط اتصال (Floor/Side Mounted)، رنگ نهایی و گرید مکانیکی پروفیل (E17/E23) نیز باید به صورت مجزا درج شوند.

## مشخصات مقاطع مورد استفاده

۱۴

## اجزای تشکیل دهنده هندریل کامپوزیتی



شکل اجزای تشکیل دهنده هندریل کامپوزیتی: پروفیل ارگونومیک دستک، Kick Plate، لوله، اتصالات فرم دار (زانویی، سه راهی، چهارراهی)، پروفیل قوطی و لوله، پاخور/قرنیز.

| نوع پروفیل                | مقطع                    | کاربرد                             |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| پروفیل قوطی (ستون/پایه S) | mm 4 × 50 × 50          | ستون قائم و برخی ریل های خانواده S |
| پروفیل لوله (پایه T)      | Ø50 × 4 mm              | ستون قائم و ریل اصلی خانواده T     |
| ریل لوله ای میانی         | Ø25.4 mm                | ریل میانی/دستک در برخی آرایش ها    |
| پروفیل دستک (Top Rail)    | عرض حدود 50 mm          | ریل بالایی با مقطع ارگونومیک       |
| Kick Plate                | عرض 100 mm × ضخامت 3 mm | پاخور/قرنیز                        |

انتخاب مقطع نهایی باید با توجه به تیپ هندریل، شرایط بهره برداری، دهانه بین پایه ها، بارگذاری و جزئیات اتصال انجام شود. در دهانه های بزرگتر از ۱۰۰۰ میلی متر یا بار طراحی بالاتر، ممکن است افزایش ضخامت جداره، تعویض گرید مکانیکی (E17 به E23) یا کاهش فاصله پایه ها لازم باشد.

## هندریل کامپوزیتی پایه قوطی — خانواده HR-S

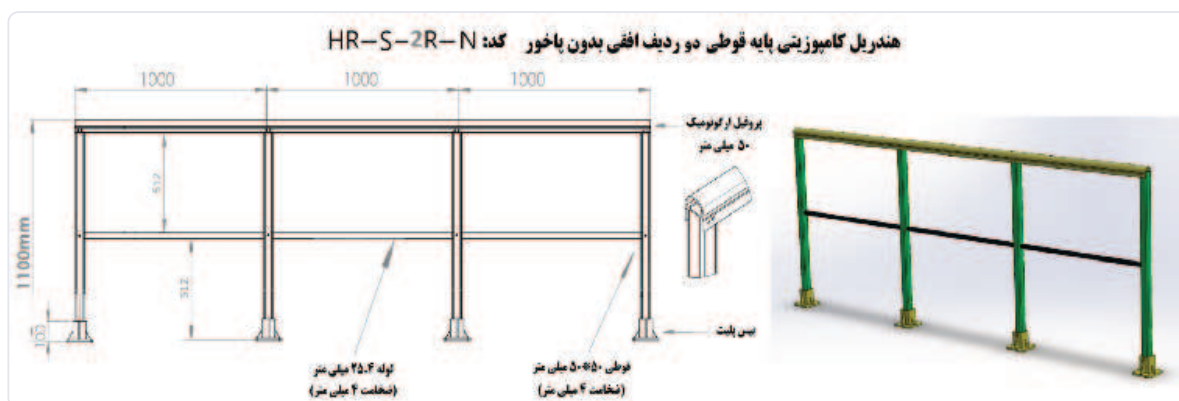
۱۵

این خانواده یکی از متداول‌ترین آرایش‌های هندریل FRP است. ستون‌های اصلی از پروفیل قوطی 50×50 میلی‌متر با ضخامت 4 میلی‌متر ساخته می‌شوند؛ برای ریل بالایی از پروفیل دستک ارگونومیک استفاده شده و ریل‌های میانی مطابق تیپ انتخابی قرار می‌گیرند. این خانواده در آرایش‌های 2R/3R و با/بدون Kick Plate قابل ارائه است — مناسب برای پلتفرم‌ها، سکوها و مسیرهای صنعتی که نیاز به سیستمی ساده، تکرارپذیر و قابل مونتاژ دارند.

### HR-S-2R-N

دو ردیف • بدون پاخور

ستون‌های قوطی FRP + یک ریل بالایی + یک ریل میانی. ارتفاع کل 1100 mm، فاصله ستون‌ها 1000 mm. فضای باز قسمت پایینی حفظ می‌شود؛ برای کاربردهایی که نیاز به Kick Plate ندارند.

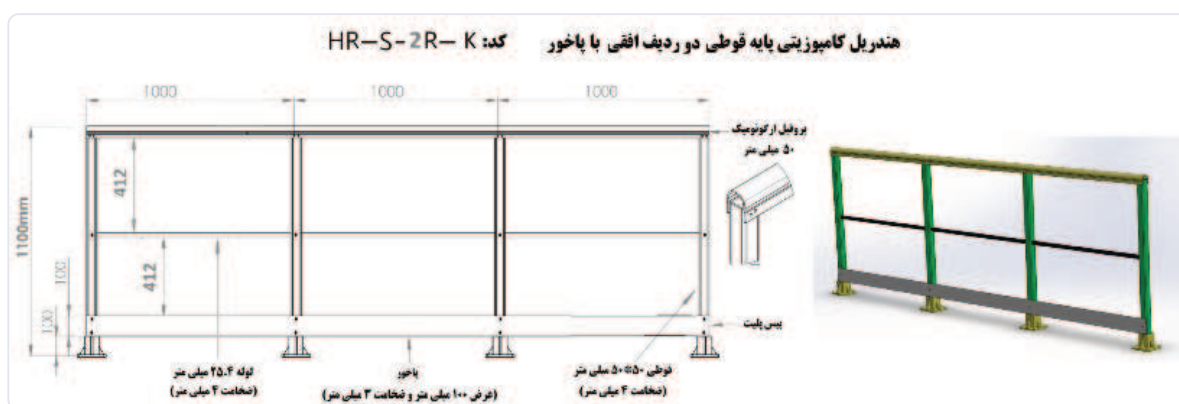


شکل ۷- نقشه ابعادی و رندر سه‌بعدی تیپ HR-S-2R-N.

### HR-S-2R-K

دو ردیف • با پاخور

مشابه HR-S-2R-N با افزودن Kick Plate در قسمت پایین سیستم که با ایجاد مانع پیوسته در لبه پایین، سطح حفاظت را افزایش می‌دهد. محل قرارگیری پاخور باید در ارتباط با کف، ستون‌ها و جزئیات اتصال در نقشه اجرایی کنترل شود.

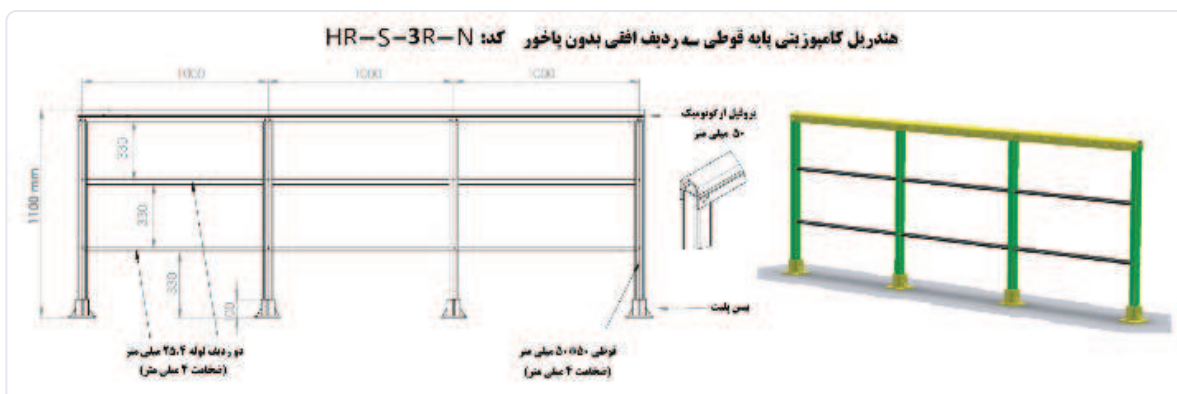


شکل ۸- نقشه ابعادی و رندر سه‌بعدی تیپ HR-S-2R-K.

سه ردیف • بدون پاخور

HR-S-3R-N

یک ریل میانی اضافه نسبت به سیستم دو ردیفه؛ کاهش فضای باز بین اعضای حفاظتی و تطبیق بهتر با محدودیت فاصله آزاد ۵۰۰ میلی‌متری. ارتفاع ۱۱۰۰ mm، فاصله پایه‌ها ۱۰۰۰ mm، سه ردیف ریل، بدون Kick Plate.

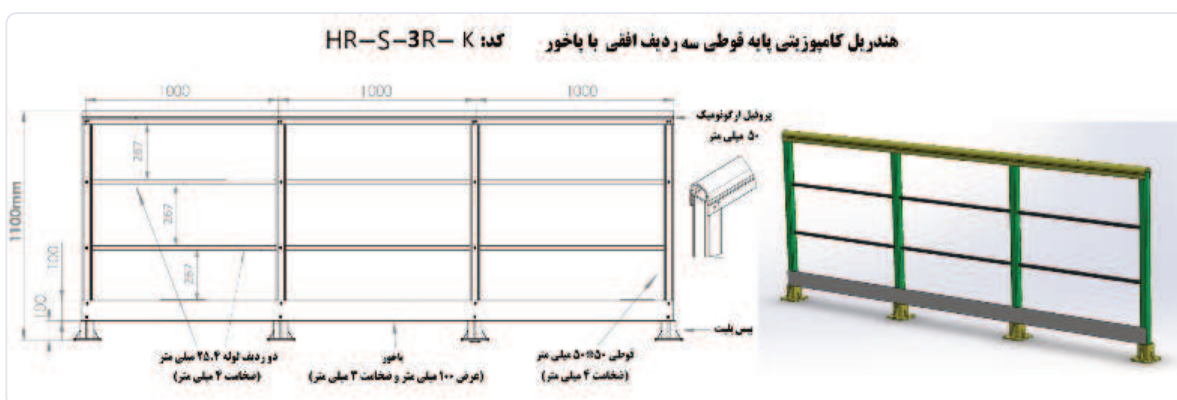


شکل ۹- نقشه ابعادی و رندر سه بعدی تیپ HR-S-3R-N.

سه ردیف • با پاخور

HR-S-3R-K

ترکیب آرایش سه ردیفه و پاخور پایینی؛ کامل‌ترین سطح حفاظت در خانواده S – مناسب شرایطی که کنترل سقوط اجسام کوچک از لبه سکو نیز اهمیت دارد.



شکل ۱۰- نقشه ابعادی و رندر سه بعدی تیپ HR-S-3R-K.

## هندریل کامپوزیتی پایه لوله – خانواده HR-T

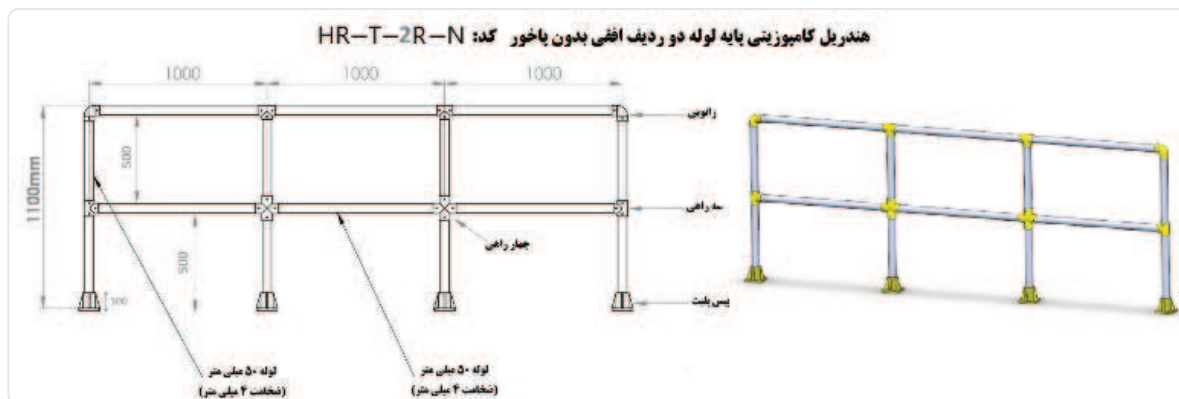
۱۶

پایه‌ها و ریل‌های اصلی از پروفیل‌های لوله‌ای (Tube Ø50 mm × 4 mm) GRP تشکیل می‌شوند. اتصال اجزا با اتصالات فرم‌دار شامل Elbow (زانویی)، Tee (سه‌راهی)، Cross (چهارراهی) و سایر اتصالات متناسب با هندسه مسیر انجام می‌شود؛ این روش مونتاژ ظاهری یکپارچه‌تر ایجاد کرده و برای سیستم‌های با اولویت سرعت مونتاژ و فرم نرم لوله‌ای مناسب است.

**HR-T-2R-N**

دو ردیف - بدون پاخور

پایه ها و ریل ها از پروفیل لوله ای؛ دو ردیف ریل، بدون پاخور. ارتفاع ۱۱۰۰ mm، فاصله پایه ها ۱۰۰۰ mm.

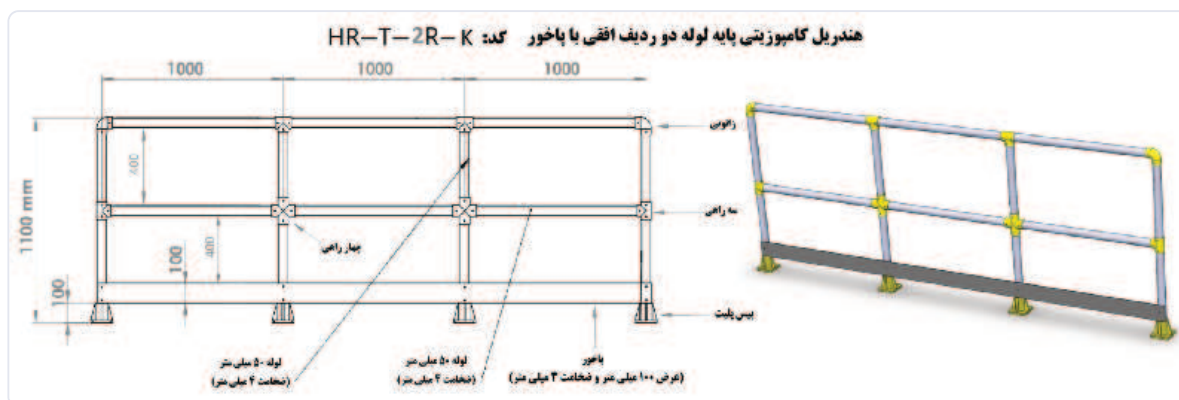


شکل ۱۸ نقشه ابعادی و رندر سه بعدی تیپ HR-T-2R-N.

**HR-T-2R-K**

دو ردیف - با پاخور

مشابه HR-T-2R-N با افزودن Kick Plate؛ مزیت این خانواده استفاده از اتصالات فرم دار برای تغییر مسیر، گوشه ها و اتصال اعضای افقی/عمودی است.



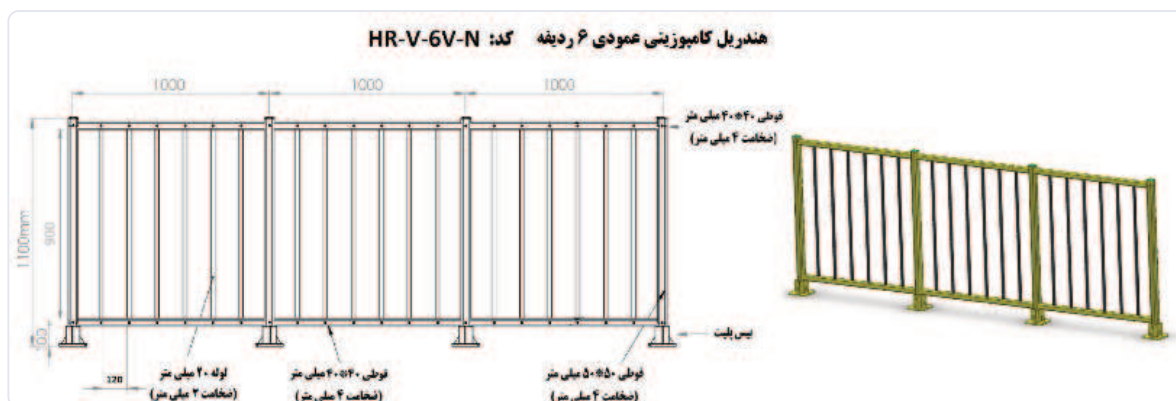
شکل ۱۹ نقشه ابعادی و رندر سه بعدی تیپ HR-T-2R-K.

**هاندریل کامپوزیتی عمودی – خانواده HR-V**

۱۷

به جای اتکا به ریل های افقی متعدد، مجموعه ای از اعضای عمودی در فضای حفاظتی قرار می گیرند تا فضای خالی کاهش یابد و امکان عبور افراد، تجهیزات، قطعات و ابزار از میان سیستم محدود شود.

آرایش عمودی، بدون پاخور، ارتفاع ۱۱۰۰ mm و فاصله پایه‌ها ۱۰۰۰ mm. کاربرد بیشتر در مکان‌های با تردد کودکان/حیوانات یا الزام کنترل سخت‌گیرانه فضای باز.



شکل ۱۳ نقشه ابعادی و رندر سه بعدی تیپ HR-V-6V-N.

## ۱۸ مقایسه فنی هندریل لوله‌ای و قوطی

انتخاب بین هندریل Tube و Square نباید صرفاً بر اساس شکل ظاهری انجام شود؛ شرایط بهره‌برداری و نوع کاربری باید در انتخاب تیپ مؤثر باشد.

| معیار                 | هندریل لوله‌ای (T)         | هندریل قوطی (S)               |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| ارگونومی تماس دست     | عالی                       | خوب                           |
| سادگی اتصال پاخور     | متوسط (نیاز به قطعه واسط)  | ساده (سطح تخت)                |
| مسیرهای منحنی/چندجهته | مناسب (با اتصالات فرم‌دار) | نیازمند اتصالات گوشه اضافی    |
| کاربرد نمونه          | راه‌پله، رمپ، مسیر عبور    | سکو، پلتفرم صنعتی، تصفیه‌خانه |
| ظاهر یکپارچه          | بالا                       | متوسط تا بالا                 |

## ۱۹ فرآیند اجرای هندریل کامپوزیتی

اجرای هندریل باید بر اساس نقشه اجرایی و پس از کنترل شرایط واقعی محل انجام شود.

### مرحله ۱ – بررسی محل نصب

تراز بودن محل، وضعیت کف و سازه زیرین، محل دقیق استقرار ستون‌ها، مسیر عبور، موانع موجود، محل‌های تغییر جهت.

## مرحله ۲ – جانمایی نقاط اتصال

تعیین محل پایه‌ها مطابق نقشه اجرایی؛ کنترل فاصله پایه‌ها و موقعیت دقیق Base Plate/براکت‌ها با نقشه‌برداری یا ریسمان‌کشی و تراز لیزری.

## مرحله ۳ – نصب پایه‌ها

نصب و مهار صفحات پایه، براکت‌ها و اجزای اتصال در موقعیت تعیین‌شده.

## مرحله ۴ – نصب ستون‌های قائم

استقرار و تثبیت ستون‌ها؛ کنترل قائم‌بودن با تراز حبابی یا لیزری.

## مرحله ۵ – مونتاژ ریل‌ها

مونتاژ Top Rail و Intermediate Rail با اتصالات مناسب و پیچ و مهره.

## مرحله ۶ – نصب Kick Plate

در تیپ‌های دارای K، نصب پاخور در قسمت پایین سیستم.

## مرحله ۷ – کنترل نهایی

راستای هندریل، قائم بودن ستون‌ها، هم‌ترازی ریل‌ها، استحکام اتصالات، وضعیت پایه‌ها، کیفیت نصب، انطباق با نقشه اجرایی.

### چک‌لیست پذیرش

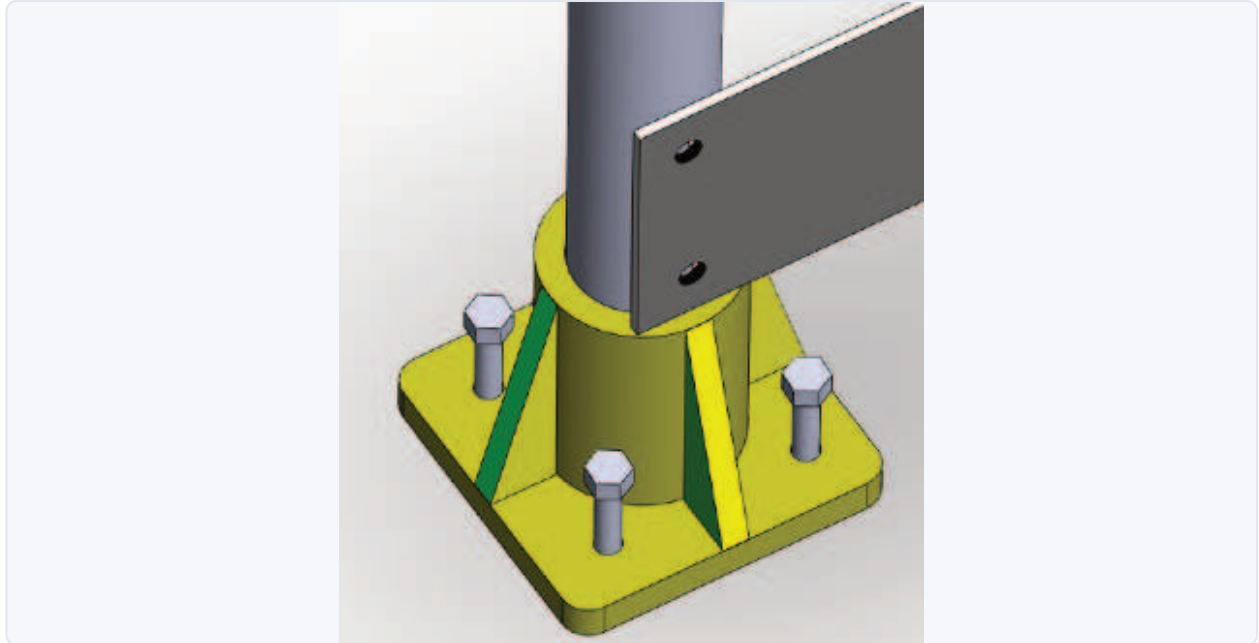
توصیه می‌شود پیمانکار اجرا برای هر بخش از مسیر هندریل، فرم بازرسی مرحله‌ای (تاریخ، شماره تیپ، طول اجراشده، نتیجه کنترل تراز/راستا، نام مسئول QC) را تکمیل و به دستگاه نظارت تحویل دهد.

فایل مرجع دو روش اصلی اتصال را نشان می‌دهد: **Floor Mounted** (اتصال به کف) و **Side Mounted** (اتصال به دیوار/سازه جانبی) – شرح تفصیلی در بخش‌های ۲۰ و ۲۱.

## اتصال به کف – Floor Mounted

۲۰

ستون هندریل توسط Base Plate به سطح زیرین متصل می‌شود؛ قابل استفاده برای کف بتنی، سکو، پلتفرم و سازه فلزی، مشروط به بررسی نوع اتصال و ظرفیت زیرسازی برای شرایط واقعی پروژه.



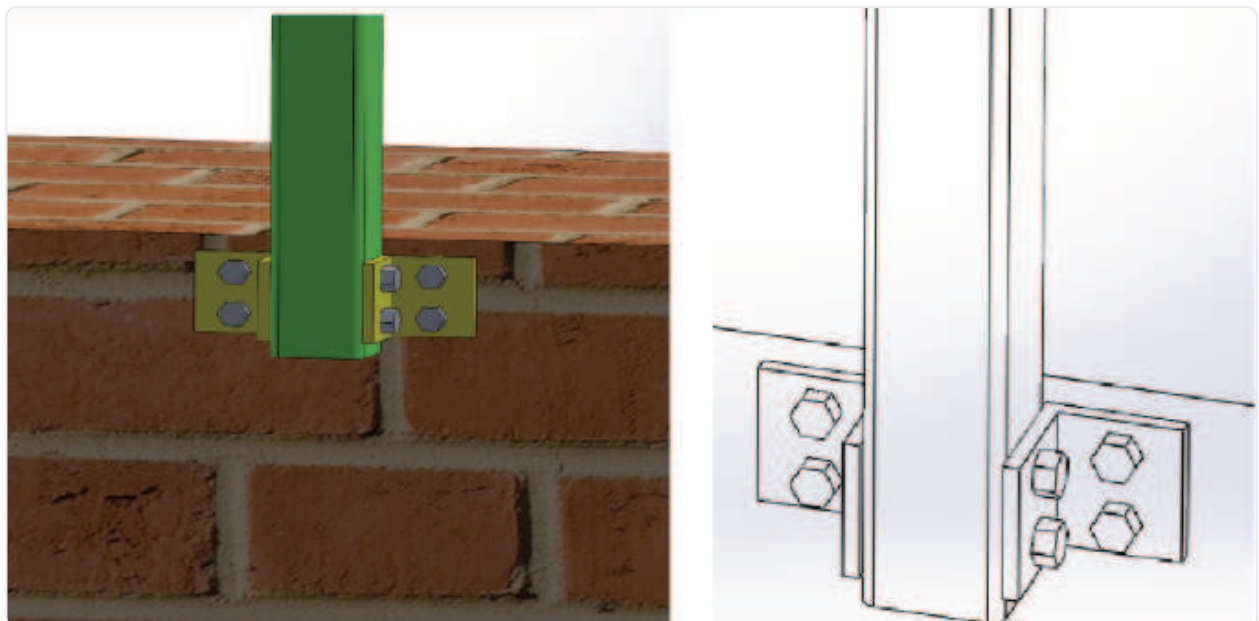
شکل ۱۴- جزئیات Base Plate پایه ستون و بولت‌های مهاری در اتصال Floor Mounted.

- بولت شیمیایی (Chemical/Epoxy Anchor) در بتن سخت‌شده — پروژه‌های بازسازی/الحاقی.
- بولت پیش‌نصب (Cast-in Anchor Bolt) هم‌زمان با بتن‌ریزی — پروژه‌های نوساز.
- پیچ به فلنج/صفحه فولادی موجود در سازه‌های فلزی از پیش نصب‌شده.

## اتصال جانبی – Side Mounted

۲۱

پایه هندریل به صورت جانبی به لبه یا وجه سازه متصل می‌شود؛ کاربرد در شرایطی که فضای کافی برای Base Plate روی سطح افقی وجود ندارد یا لازم است مسیر عبور آزاد باقی بماند (مانند لبه پله یا کف‌سازی با عرض محدود).



شکل ۱۵- جزئیات اتصال جانبی ستون به دیوار/سازه با براکت و پیچ و مهره (رندر سه‌بعدی و نمای خطی).

## نکته مهندسی

به دلیل ایجاد گشتاور خروج از مرکز (Eccentric Moment) در محل اتصال براکت به لبه سازه، طراحی براکت و بولت‌های آن باید با دقت بیشتری نسبت به حالت Floor Mounted بررسی شود، به‌ویژه از نظر ظرفیت لبه بتن (Edge Breakout Capacity).

## نگهداری و بازرسی دوره‌ای

۲۲

نیاز پایین‌تر FRP به نگهداری در مقایسه با سیستم‌های فلزی به معنی حذف بازرسی نیست. در بازرسی‌های دوره‌ای باید کنترل شوند: اتصالات، پیچ‌ها، مهره‌ها، بست‌ها، Base Plate، محل اتصال به سازه اصلی، ترک‌های احتمالی، ضربه‌خوردگی، سایش و آسیب‌های موضعی پروفیل. تمیزکاری با آب و شوینده ملایم (بدون حلال قوی) به حفظ سطح کمک می‌کند.

در بسیاری از موارد، در صورت آسیب یک قطعه، امکان تعویض موضعی همان قطعه بدون تعویض کل مسیر هندریل وجود دارد — یکی از مزیت‌های کلیدی سیستم مونتاژی.

## دوره پیشنهادی

بازرسی بصری اتصالات و پایه‌ها حداقل هر ۶ تا ۱۲ ماه، و بازرسی تفصیلی (کنترل گشتاور پیچ‌ها و نشانه‌های خستگی) سالانه؛ دوره باید بر اساس شدت محیط بهره‌برداری و سیاست PM کارفرما تنظیم شود.

## برش، سوراخ‌کاری و ماشین‌کاری در کارگاه

۲۳

پروفیل‌های FRP به دلیل وزن پایین و ماهیت غیرفلزی، قابلیت مناسبی برای Assembly، Cutting، Drilling دارند. برش با اره‌های الماسه/کاربید مخصوص کامپوزیت و سوراخ‌کاری با مته‌های کاربید یا الماسه انجام می‌شود.

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (عینک، ماسک تنفسی مناسب گردوغبار الیاف شیشه، دستکش)
- کنترل گردوغبار (ترجیحاً مکش موضعی یا برش مرطوب)
- استفاده از ابزار مخصوص کامپوزیت — نه ابزار عمومی برش فلز یا چوب
- بررسی و پرداخت لبه‌های برش پس از عملیات برای جلوگیری از Delamination موضعی
- اجرای سوراخ‌کاری مطابق نقشه و الگوی اتصال (Drilling Template)

## هندریل پیش‌مهندسی‌شده (Pre-Engineered Modular System)

۲۴

هندریل FRP را می‌توان به صورت یک سیستم مدولار پیش‌مهندسی‌شده طراحی کرد که در آن Post + Top Rail + Intermediate Rail + Kick Plate + Connectors از ابتدا به صورت هماهنگ تعریف می‌شوند. مزایا: سرعت بالاتر نصب، کنترل بهتر کیفیت، کاهش خطای مونتاژ، تعمیر ساده‌تر، امکان تعویض موضعی، توسعه مسیر و اصلاح در آینده — با اهمیت ویژه در تعمیرات واحدها (Turnaround/Shutdown) و توسعه سایت.

## طراحی و تولید سفارشی

۲۵

همه پروژه‌ها با هندسه یکسان قابل اجرا نیستند. در پروژه‌های خاص ممکن است نیاز به تغییر باشد: تیپ هندریل، ارتفاع، ابعاد مقطع، تعداد ریل، آرایش اعضا، وجود/عدم Kick Plate، نوع اتصال و نصب، رنگ، جزئیات اجرایی و هندسه مسیر (قوس، شیب، پله غیراستاندارد). شرایط شیمیایی محیط و محل واقعی نصب باید در انتخاب سیستم لحاظ شود.

## رنگ‌بندی و پوشش سطحی

۲۶

هندریل‌های FRP معمولاً در رنگ‌های صنعتی و ایمنی تولید می‌شوند: **Safety Yellow** – **زرد ایمنی** و **Grey** – **طوسی/خاکستری**. رنگ زرد در محیط‌های صنعتی، سکوها، نیروگاه‌ها و تصفیه‌خانه‌ها دیدپذیری سیستم حفاظتی را افزایش می‌دهد.

### ۲۶.۱ رنگ‌های استاندارد موجود

رنگ محصول تحویلی، منطبق بر آنچه در پیش‌فاکتور ذکر می‌شود خواهد بود. در اکثر موارد، رنگ‌های **زرد** و **طوسی** از موجودی انبار قابل تحویل هستند.

### ۲۶.۲ رنگ‌بندی سفارش‌های تولید جدید

برای سفارش‌هایی که در محدوده تولید جدید (New Production Run) قرار می‌گیرند، مشتری می‌تواند از میان چهار رنگ زیر انتخاب کند. رنگ‌های خارج از این مجموعه نیز برای مترژهای بالا و به‌صورت اختصاصی قابل تولید است.

| ردیف        | رنگ                  | نوع تأمین                     |
|-------------|----------------------|-------------------------------|
| ۱           | زرد (Yellow)         | موجودی استاندارد              |
| ۲           | طوسی (Grey)          | موجودی استاندارد              |
| ۳           | سفید (White)         | سفارشی – تولید جدید           |
| ۴           | مشکی (Black)         | سفارشی – تولید جدید           |
| سایر رنگ‌ها | بنا به درخواست مشتری | اختصاصی – مشروط به مترژ سفارش |

تمامی رنگ‌های فوق به‌صورت **خودرنگ (In-mass Coloring)** هستند؛ یعنی پیگمنت رنگ در حین فرآیند تولید به توده رزین افزوده می‌شود که نسبت به رنگ‌آمیزی رویه‌ای، مقاومت سایشی و پایداری رنگ بالاتری دارد.

### ۲۶.۳ پوشش‌های سطحی ویژه و طرح‌دار

علاوه بر رنگ‌های استاندارد خودرنگ، امکانات زیر نیز بنا به سفارش مشتری قابل ارائه است:

- **طرح چوب (Wood-look Finish):** تولید محصول با سطح پوششی طرح چوب برای کاربردهای معماری و نما.
- **پوشش رویه‌ای با رال دلخواه (RAL Top Coat):** اعمال رنگ پوششی مخصوص قطعات کامپوزیتی مطابق کد رال مورد نظر مشتری، با چسبندگی کامل به سطح؛ این پوشش علاوه بر بهبود ظاهر، مقاومت در برابر اشعه UV در محیط‌های بیرونی را نیز افزایش می‌دهد.

## الزام استاندارد

بر اساس مفاد استاندارد هندریل‌های کامپوزیتی، استفاده از پوشش محافظ پلی‌یورتان (Polyurethane) مقاوم در برابر اشعه خورشید (UV) برای هندریل‌های نصب‌شده در محیط‌های بیرونی (Outdoor) الزامی است.

## مبانی قیمت‌گذاری هندریل کامپوزیتی

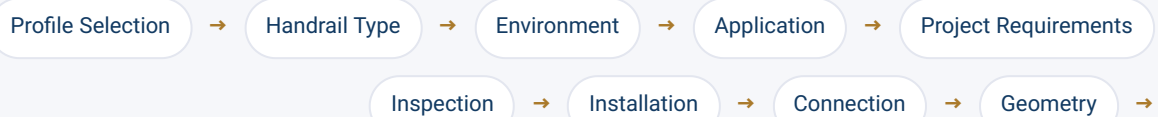
۲۷

قیمت هندریل FRP را نمی‌توان صرفاً بر اساس «قیمت هر متر» ارزیابی کرد؛ قیمت نهایی به مجموعه‌ای از عوامل وابسته است: نوع پروفیل، ابعاد مقطع، تیپ هندریل، تعداد ریل‌ها، وجود/عدم Kick Plate، نوع اتصالات و رزین، رنگ، شرایط محیطی، روش نصب، تعداد و نوع برش‌ها، سوراخ‌کاری، میزان سفارشی‌سازی و حجم سفارش. فروش بر مبنای متر طول انجام می‌شود و پروفیل‌ها می‌توانند از قبل برش و سوراخ‌کاری شوند (Pre-cut & Pre-drilled) تا در محل پروژه عمده‌تاً عملیات مونتاژ انجام شود.

## جمع‌بندی مهندسی و زنجیره تصمیم‌گیری

۲۸

هندریل FRP/GRP یک سیستم حفاظتی کامپوزیتی مهندسی‌شده، مدولار و قابل سفارشی‌سازی است که عملکرد آن حاصل همکاری چند جزء مختلف است. انتخاب صحیح باید بر اساس یک زنجیره مشخص انجام شود:



در طراحی و اجرای حرفه‌ای، سه موضوع باید هم‌زمان کنترل شوند: ایمنی سیستم + عملکرد مکانیکی + قابلیت اجرای واقعی — همان نقطه‌ای که هندریل FRP را از یک «نرده آماده» به یک سیستم مهندسی‌شده برای حفاظت صنعتی تبدیل می‌کند.

## پیوست الف — جدول تطبیقی استانداردهای مرجع

۲۹

| استاندارد                    | حوزه پوشش                                                | پارامترهای کلیدی                                                                                                |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM F1092                   | مشخصات نرده/گاردریل قوطی پالتروژن GRP، ساخت، نصب و آزمون | Type 1F/2F، آزمون بار افقی روی ستون‌ها                                                                          |
| ISO 14122-3 / EN ISO 14122-3 | الزامات ایمنی راه دسترسی دائمی، ابعاد و بارگذاری گاردریل | ارتفاع $\leq 1100\text{mm}$ ، فاصله آزاد $\geq 500\text{mm}$ ، پاخور $\leq 100\text{mm}$ ، آزمون بار خطی/متمرکز |
| EN 13706 (بخش ۱ تا ۳)        | نام‌گذاری، آزمون و الزامات عملکردی پروفیل پالتروژن       | گریدهای E17 و E23، خواص کششی/خمشی/مدول                                                                          |

این جدول جهت مرور سریع تهیه شده و باید همراه با متن کامل و به روز هر استاندارد استفاده شود.

## پیوست ب – واژه نامه فنی دوزبانه

۳۰

| اصطلاح انگلیسی           | معادل فارسی       |
|--------------------------|-------------------|
| Pultrusion               | پالتروزن          |
| Top Rail                 | ریل بالایی / دستک |
| Intermediate / Knee Rail | ریل میانی         |
| Toe Board / Kick Plate   | پاخور / قرنیز     |
| Vertical Post            | ستون قائم         |
| Base Plate               | صفحه پایه         |
| Vertical Members         | اعضای عمودی       |
| Floor Mounted            | اتصال به کف       |
| Side Mounted             | اتصال جانبی       |
| Concentrated Load        | بار متمرکز        |
| Uniform / Line Load      | بار گسترده خطی    |
| Anchor Bolt              | بولت مهار         |
| Flexural Modulus         | مدول خمشی         |
| Delamination             | لایه لایه شدن     |
| Life Cycle Cost          | هزینه چرخه عمر    |

## NABAK COMPOSITE CO.

هندبوک فنی و اجرایی هندریل کامپوزیتی FRP/GRP — مرجع مهندسی طراحی، تیپ‌بندی و اجرا برای پروژه‌های صنعتی ایران.

وبسایت

[nabakcomposite.com](http://nabakcomposite.com)

ایمیل

[nabakcomposite@gmail.com](mailto:nabakcomposite@gmail.com)

تلفن

09123963078

همه حقوق محفوظ است. این سند صرفاً جهت راهنمایی فنی تهیه شده و جایگزین محاسبات مهندسی پروژه محور و تأیید مهندس ناظر/طراح نیست.

NABAK COMPOSITE CO©

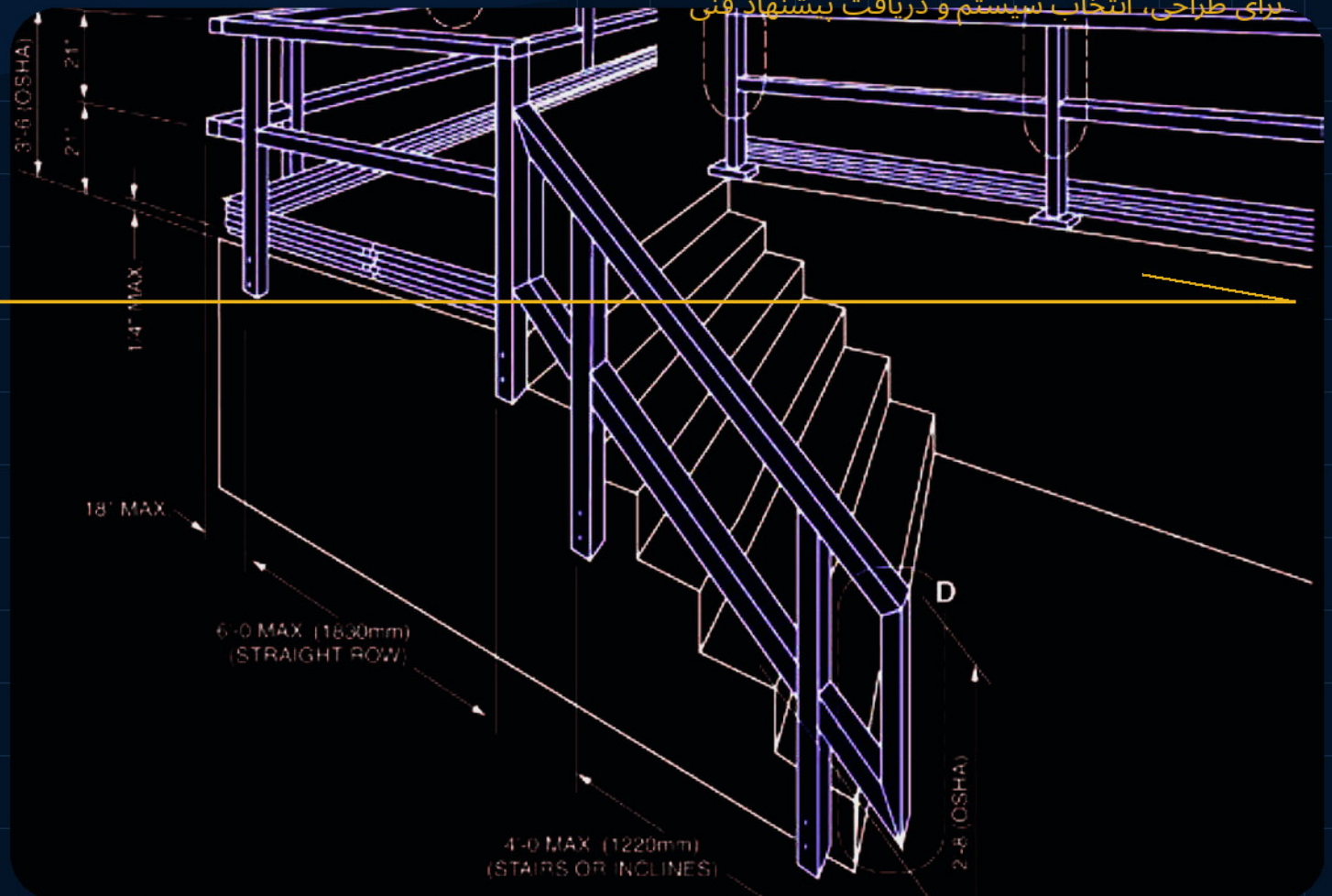


# NABAK COMPOSITE CO.

ENGINEERED FRP / GRP SYSTEMS

## اطلاعات تماس و پشتیبانی مهندسی

برای طراحی، انتخاب سیستم و دریافت پیشنهاد فنی



02148812124

دفتر مرکزی

+98 912 396 3078

تماس مستقیم

nabakcomposite.com

وبسایت

sales@nabakcomposite.com

فروش

nabakcomposite@gmail.com

پشتیبانی فنی

ناباک کامپوزیت؛ راهکارهای مهندسی کامپوزیت برای صنایع