NABAK COMPOSITE

نابک کامپوزیت

عرضه‌کننده محصولات کامپوزیتی FRP/GRP

TECHNICAL DATA SHEET

برگه اطلاعات فنی

ورق فایبرگلاس موج دار FRP

FRP / GRP CORRUGATED SHEET

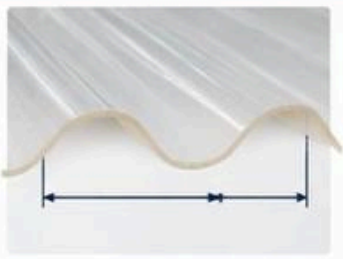


PRODUCT SERIES

FRP/GRP CORRUGATED SHEET



کاربردها



پروفیل و جزئیات



انواع و ابعاد



مشخصات فنی

ورق فایبرگلاس موج دار نابک کامپوزیت (FRP / GRP Corrugated Sheet) یک ورق کامپوزیتی GFRP نیمه‌شفاف از مت الیاف شیشه و رزین پلی‌استر با لایه محافظ UV است؛ ورقی سبک، ضد خوردگی، ضد شکست و پخش‌کننده نور که به‌عنوان نورگیر سقف سوله، پوشش گلخانه، سایبان، پارکینگ و سقف و دیوار سازه‌های صنعتی و کشاورزی به کار می‌رود.

ضخامت ورق فایبرگلاس	عبور نور ورق بی‌رنگ	وزن ورق موجدار FRP	طول یکسره ورق
0.8 – 3.0 mm	≤ 85%	≈ 1.5 – 3.5 kg/m²	≤ 12 m

ورق فایبرگلاس موج دار (ورق FRP موجدار) چیست؟

ورق فایبرگلاس موج دار که با نام‌های **ورق فایبرگلاس**، **ورق FRP موجدار**، **ورق کامپوزیتی موجدار**، **ورق GFRP**، **نورگیر فایبرگلاس** و **ورق سقفی فایبرگلاس** شناخته می‌شود، با فرایند لمینیت پیوسته تولید می‌شود: مت الیاف شیشه خردشده یا روونگ پیوسته روی یک فیلم حامل با رزین پلی‌استر غیراشباع آغشته می‌شود، لایه بالایی محافظ UV روی آن قرار می‌گیرد و ورق کامپوزیتی هنگام عبور از قالب‌های موج‌دهنده و تونل حرارتی، به پروفیل موجی یا ذوزنقه‌ای پخت می‌شود.

FRP نام عمومی پلیمرهای تقویت‌شده با الیاف است و GFRP (یا GRP) کامپوزیت FRP با الیاف شیشه است. در ورق فایبرگلاس موجدار، ضریب شکست رزین و الیاف شیشه به هم نزدیک است؛ به همین دلیل ورق کامپوزیتی نیمه‌شفاف است و نور را به‌صورت پخش و یکنواخت، بدون سایه تند و خیرگی، به داخل سوله، گلخانه و انبار می‌رساند.

مراحل تولید ورق فایبرگلاس موجدار

۱ آماده‌سازی رزین: رزین پلی‌استر با پایدارکننده UV، رنگ‌دانه و در صورت نیاز افزودنی ضد شعله مخلوط می‌شود.

۲ لایه‌گذاری الیاف: مت یا روونگ خردشده الیاف شیشه به‌طور یکنواخت روی فیلم زیرین و بستر رزین ریخته می‌شود.

۳ آغشته‌سازی: الیاف کاملاً با رزین خیس شده و حباب‌های هوا با غلتک گرفته می‌شود.

۴ فیلم محافظ UV: لایه محافظ بالایی (ژل‌کوت یا فیلم UV) برای جلوگیری از زردی و بیرون زدن الیاف اضافه می‌شود.

۵ موج‌دهی و پخت: ورق کامپوزیتی از قالب‌های موجی یا ذوزنقه‌ای و تونل حرارتی عبور کرده و پخت می‌شود.

۶ برش و کنترل کیفیت: ورق FRP به طول سفارش بریده و ضخامت، وزن و عبور نور آن کنترل می‌شود.

مزایای ورق فایبرگلاس موج دار

- **نور طبیعی پخش‌شده:** ورق فایبرگلاس نور روز را بدون سایه تند وارد فضا کرده و مصرف برق روشنایی را کاهش می‌دهد.
- **ضد خوردگی و شیمیایی:** ورق کامپوزیتی در برابر آمونیاک مرغداری، بخارات کود و اسید، نمک و رطوبت زنگ نمی‌زند.
- **مقاوم در برابر ضربه و تگرگ:** ورق FRP موجدار برخلاف شیشه نمی‌شکند و خرد نمی‌شود.
- **سبک و نصب آسان:** وزن ورق فایبرگلاس حدود ۱٫۵ تا ۳٫۵ kg/m²؛ برش با صفحه الماسه و نصب با پیچ و واشر.
- **هم‌خوان با ورق فلزی:** پروفیل ذوزنقه‌ای ورق GFRP هم‌اندازه ورق‌های گالوانیزه و رنگی بازار تولید می‌شود.
- **پایداری ابعادی:** انبساط حرارتی کمتر از ورق پلی‌کربنات و PVC؛ بدون موج‌برداشتن در گرما.

چه زمانی ورق فایبرگلاس موج دار انتخاب شود؟ در سوله‌های صنعتی، مرغداری‌ها، کارخانه‌های کود و مواد شیمیایی، تصفیه‌خانه‌ها و مناطق ساحلی که بخارات خورنده، آمونیاک یا نمک وجود دارد، ورق FRP موجدار از پلی‌کربنات و ورق فلزی دوام بیشتری دارد. هر جا نور پخش و بدون خیرگی مهم است، مانند گلخانه و سالن تولید، ورق کامپوزیتی نیمه‌شفاف بهترین گزینه است.

پروفیل‌های ورق فایبرگلاس موج دار

جدول ۱ — پروفیل‌های رایج ورق FRP موجدار و ذوزنقه‌ای

پروفیل	گام موج p (mm)	عمق موج h (mm)	عرض کل (mm)	عرض مفید (mm)	ضریب طول گسترده k	کاربرد
موجی ریز ۷۶/۱۸	۷۶	۱۸	۸۶۰ – ۱۰۵۰	۷۶۰ – ۹۵۰	۱٫۱۳	گلخانه، سایبان، دیوار
موجی متوسط ۱۳۰/۳۰	۱۳۰	۳۰	۱۰۵۰	۹۲۰	۱٫۱۲	سقف مرغداری و دامداری
موجی بزرگ ۱۷۷/۵۱	۱۷۷	۵۱	۱۱۰۰	۹۲۰	۱٫۱۸	نورگیر سوله با ورق سیمانی و موجی
ذوزنقه‌ای ۲۰۰/۳۵	۲۰۰	۳۵	۱۰۴۰	۱۰۰۰	—	نورگیر سوله با ورق گالوانیزه ذوزنقه‌ای
ذوزنقه‌ای ۲۵۰/۴۰	۲۵۰	۴۰	۱۰۵۰	۱۰۰۰	—	سقف صنعتی با دهانه لاپه بلند

پروفیل ذوزنقه‌ای ورق فایبرگلاس بر اساس پروفیل ورق فلزی پروژه (گام، عمق و تعداد ترک) تولید می‌شود تا در کنار ورق گالوانیزه یا رنگی، نورگیر هم‌خوان ایجاد کند. ضریب k با فرمول ۱ (صفحه ۴) برای پروفیل سینوسی محاسبه شده است.

ضخامت و وزن ورق فایبرگلاس

جدول ۲ — وزن سطحی ورق FRP موجدار بر اساس ضخامت (ρ = 1.45 g/cm³)

ضخامت (mm)	وزن ورق تخت (g/m²)	وزن پروفیل ۷۶/۱۸ (kg/m²)	وزن پروفیل ۱۷۷/۵۱ (kg/m²)	درصد الیاف شیشه	کاربرد پیشنهادی
۰٫۸	۱۱۶۰	۱٫۳۱	۱٫۳۷	۲۵ – ۳۰	گلخانه سبک، دیوار
۱٫۰	۱۴۵۰	۱٫۶۳	۱٫۷۱	۲۵ – ۳۰	سایبان و پارکینگ
۱٫۲	۱۷۴۰	۱٫۹۶	۲٫۰۵	۲۵ – ۳۰	نورگیر سوله استاندارد
۱٫۵	۲۱۷۵	۲٫۴۵	۲٫۵۷	۲۷ – ۳۲	سقف صنعتی، مرغداری
۲٫۰	۲۹۰۰	۳٫۲۷	۳٫۴۲	۲۷ – ۳۲	محیط شیمیایی، بار برف زیاد
۳٫۰	۴۳۵۰	۴٫۹۰	۵٫۱۳	۳۰ – ۳۵	پوشش سنگین و ضربه‌پذیر

در بازار، ورق فایبرگلاس اغلب با «وزن بر متر مربع ورق تخت» (مثلاً ۱۸۰۰ یا ۲۴۰۰ گرم) سفارش داده می‌شود؛ ستون دوم معادل این عدد است. طول ورق کامپوزیتی به سفارش و تا ۱۲ متر یکسره تولید می‌شود.

رنگ و عبور نور ورق فایبرگلاس موج دار

جدول ۳ — عبور نور تقریبی ورق FRP موجدار ضخامت ۱٫۲ mm (ASTM D1003)

رنگ ورق	عبور نور مرئی	ویژگی	کاربرد پیشنهادی
بی‌رنگ / طبیعی	۷۵ – ۸۵٪	بیشترین روشنایی، نور پخش	گلخانه، نورگیر انبار و سوله
شیری (Opal)	۵۰ – ۶۵٪	نور نرم، کاهش حرارت تابشی	سالن تولید، مرغداری، سایبان
زرد	۵۰ – ۶۰٪	نور گرم و تزئینی	پارکینگ، سایبان معماری
آبی	۴۰ – ۶۰٪	نور خنک، دمای کمتر	استخر، سایبان، نما
سبز	۳۵ – ۵۵٪	کاهش تابش مستقیم	پوشش حیاط، گلخانه سایه‌دار، دیوار

کاربردهای ورق فایبرگلاس موج دار

نورگیر سقف سوله و انبار
ورق FRP ذوزنقه‌ای هم‌پروفیل ورق گالوانیزه

گلخانه و کشاورزی
ورق فایبرگلاس بی‌رنگ با نور پخش برای رشد یکنواخت گیاه

مرغداری و دامداری
ورق کامپوزیتی مقاوم در برابر آمونیاک و رطوبت

سایبان و پارکینگ
ورق فایبرگلاس رنگی سبک برای پارکینگ و پیاده‌رو

صنایع شیمیایی و کود
سقف و دیوار ورق FRP در بخارات اسیدی و نمکی

استخر و ورزشی
پوشش نورگیر استخر و سالن ورزشی با نور نرم

خواص مکانیکی و فیزیکی ورق فایبرگلاس موج دار

جدول ۴ – خواص مرجع کامپوزیت GFRP در ورق FRP موجدار

خاصیت	استاندارد آزمون	واحد	مقدار رایج
درصد وزنی الیاف شیشه	ASTM D2584	%	۲۵ – ۳۵
چگالی	ASTM D792	g/cm³	۱٫۴ – ۱٫۵
استحکام کششی	ASTM D638	MPa	۷۰ – ۱۱۰
استحکام خمشی	ASTM D790	MPa	۱۲۰ – ۱۸۰
مدول خمشی	ASTM D790	GPa	۵ – ۷
مقاومت ضربه ایزود (بدون شکاف)	ASTM D256	kJ/m²	۴۰ – ۷۰
سختی بارکول	ASTM D2583	–	۳۵ – ۴۵
ضریب انبساط حرارتی	ASTM D696	C°/ ۱۰⁻⁶	۲۵ – ۳۵
رسانایی حرارتی	–	W/m·K	۰٫۱۸ – ۰٫۲۵
جذب آب ۲۴ ساعته	ASTM D570	%	≤ ۰٫۳
محدوده دمای کاری	–	C°	-۴۰ تا +۹۰

مقایسه ورق فایبرگلاس با سایر ورق‌های نورگیر

جدول ۵ – ورق FRP موجدار در برابر پلی‌کربنات، PVC و شیشه

ویژگی	ورق فایبرگلاس GFRP	پلی‌کربنات	PVC موجدار	شیشه
چگالی (g/cm³)	۱٫۴ – ۱٫۵	۱٫۲	۱٫۴	۲٫۵
ضریب انبساط حرارتی (۱۰⁻⁶ /C°)	۲۵ – ۳۵	۶۵ – ۷۰	۶۰ – ۸۰	۹
پخش نور	عالی (بدون سایه تند)	کم (شفاف)	متوسط	کم
مقاومت شیمیایی و آمونیاک	عالی	ضعیف	خوب	عالی
ضربه و تگرگ	خوب، بدون خرد شدن	عالی	شکننده در سرما	شکننده
دمای کاری بالا	تا ≈ ۹۰ C°	تا ≈ ۱۲۰ C°	تا ≈ ۶۰ C°	بالا
رفتار در آتش	گرید ضد شعله موجود	خودخاموش	خودخاموش	نسوز

جدول ۶ – دوام، آتش و استانداردهای مرجع ورق فایبرگلاس موج دار

موضوع	استاندارد مرجع	رفتار ورق کامپوزیتی
ورق‌های نورگیر پروفیل‌دار	EN 1013 / ASTM D3841	طبقه‌بندی ورق FRP از نظر عبور نور، مکانیکی و هوازدگی
هوازدگی و UV	ISO 4892 / ASTM G154	با فیلم یا ژل‌کوت UV، تغییر رنگ و افت عبور نور کم
زردی	ASTM E313	کنترل شاخص زردی (YI) پس از پیرسازی
گسترش شعله	ASTM E84 / BS 476	گرید معمولی کلاس C؛ گرید ضد شعله تا کلاس A

مقادیر جداول ۳ تا ۶ محدوده‌های مرجع رایج صنعت کامپوزیت FRP و GFRP هستند و نتایج آزمایشگاهی اختصاصی ناباک کامپوزیت نیستند.

نگهداری: ورق فایبرگلاس موج دار را سالی یک بار با آب و شوینده ملایم و برس نرم بشویید؛ از حلال‌ها، سنباده و واترجت فشار بالا استفاده نکنید. حفظ لایه محافظ UV، عبور نور ورق کامپوزیتی را سال‌ها ثابت نگه می‌دارد و از بیرون زدن الیاف شیشه جلوگیری می‌کند.

فرمول‌های پروفیل و ماده ورق کامپوزیتی

۱. ضریب طول گسترده پروفیل موجی (سینوسی)

$$y = \frac{h}{2}\sin\left(\frac{2\pi x}{p}\right), \quad k = \frac{1}{p}\int_0^p \sqrt{1 + (dy/dx)^2}\, dx$$

k نسبت طول ورق تخت لازم به طول پروفیل شده. ۷۶/۱۸ → k ≈ 1.13؛ ۱۷۷/۵۱ → k ≈ 1.18. یعنی برای ۱ متر عرض پروفیل‌شده، ۱٫۱۳ تا ۱٫۱۸ متر ورق تخت مصرف می‌شود.

۲. وزن سطحی ورق موجدار FRP

$$w = \rho \cdot t \cdot k \quad [\text{kg/m}^2]$$

ρ بر حسب g/cm³ و t بر حسب mm. ۷۶/۱۸ با t = 1.2: 1.45 × 1.2 × 1.13 ≈ 1.96 kg/m²

۳. چگالی کامپوزیت از درصد وزنی الیاف

$$\rho_c = \frac{1}{W_f/\rho_f + (1 - W_f)/\rho_m}$$

$W_f = 0.28$، $\rho_f = 2.55$، $\rho_m = 1.20$: $\rho_c \approx 1.41$ g/cm³؛ پرکننده‌ها آن را به ≈ ۱٫۴۵ می‌رسانند.

۴. ممان اینرسی ورق موجی در هر متر عرض

$$I_w \approx \frac{t \cdot h^2 \cdot k}{8} \times 1000$$

۱۷۷/۵۱ با 5.76×10^5 mm⁴/m ≈ 1000 × 8 / 1.18 × 51² × 1.5 :t = 1.5. سفتی با توان دوم عمق موج زیاد می‌شود.

۵. خیز و تنش ورق بین دو لاپه

$$\delta = \frac{5\,q\,L^4}{384\,E\,I_w} \le \frac{L}{150}, \quad \sigma = \frac{q\,L^2\,h}{16\,I_w}$$

q بار برف یا باد (N/mm در یک متر عرض)، E ≈ 6 GPa، $\sigma \le \sigma_u/3$

جدول فاصله لاپه ورق فایبرگلاس موج دار

جدول ۷ — حداکثر فاصله لاپه (mm) روی دو تکیه‌گاه برای حد خیز L/150 و تنش مجاز $\sigma_u/3$

پروفیل / ضخامت	بار ۰٫۷۵ kPa	بار ۱٫۰ kPa	بار ۱٫۵ kPa
۷۶/۱۸ — ۱٫۰ mm	۵۷۰	۵۱۰	۴۵۰
۷۶/۱۸ — ۱٫۵ mm	۶۵۰	۵۹۰	۵۱۰
۱۳۰/۳۰ — ۱٫۲ mm	۸۵۰	۷۷۰	۶۷۰
۱۳۰/۳۰ — ۲٫۰ mm	۱۰۱۰	۹۱۰	۸۰۰
۱۷۷/۵۱ — ۱٫۲ mm	۱۲۳۰	۱۱۲۰	۹۸۰
۱۷۷/۵۱ — ۱٫۵ mm	۱۳۳۰	۱۲۰۰	۱۰۵۰
۱۷۷/۵۱ — ۲٫۰ mm	۱۴۶۰	۱۳۳۰	۱۱۶۰

محاسبه با فرمول‌های ۴ و ۵، E = 6 GPa و σ_u = 130 MPa. ورق یکسره روی سه لاپه یا بیشتر حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد دهانه بیشتری مجاز است. برای ورق ذوزنقه‌ای، فاصله لاپه ورق فلزی هم‌پروفیل ملاک قرار گیرد و ورق فایبرگلاس با ضخامت ≥ ۱٫۲ mm انتخاب شود. جدول مثال محاسباتی است.

بار برف و تگرگ: در مناطق برف‌گیر، فاصله لاپه ورق فایبرگلاس را بر اساس بار برف آیین‌نامه (مبحث ششم مقررات ملی ساختمان) از ستون ۱٫۵ kPa جدول ۷ انتخاب کنید. ورق FRP موجدار با ضخامت ۱٫۵ mm و بیشتر، در برابر تگرگ معمولی بدون سوراخ شدن و خرد شدن مقاومت می‌کند.

فرمول‌های نورگیری، انبساط و نصب

۶. روشنایی داخلی با نورگیر فایبرگلاس

$$E_{in} \approx E_{out} \cdot \tau \cdot \frac{A_s}{A_f} \cdot \eta$$

آسمان ابری τ = 0.75، E_{out} ≈ 10 000 lux، نسبت نورگیر به کف ۱۰٪، $\eta \approx$ 0.6 → E_{in} ≈ 450 lux؛ کافی برای انبار و سالن تولید.

۷. انبساط حرارتی و قطر سوراخ پیچ

$$\Delta L = \alpha \, L \, \Delta T \,, \quad d_h \geq d_s + \frac{\Delta L}{2}$$

ورق ۴ متری، ΔT = 60 °C → ΔL = 7.2 mm؛ $\alpha = 30\times10^{-6}$؛ پیچ ۶٫۳ mm → سوراخ ≤ ۱۰ mm (ورق از وسط مهار شده).

۸. نیروی برکنش باد روی هر پیچ

$$F = C_p \cdot \tfrac{1}{2}\rho \, V^2 \cdot s_p \cdot s_f$$

C_p = 1.5، V = 31 m/s ($q \approx$ 0.59 kPa)، لاپه ۱٫۲ m، پیچ هر ۳۵۴ mm: F ≈ 0.38 kN؛ واشر EPDM-فلزی Ø19 الزامی است.

۹. شیب حداقل سقف و ارتفاع آن

$$\Delta h = L \cdot \tan\theta \,, \quad \theta \geq 5^\circ - 10^\circ$$

سقف ۸ متری با شیب ۷°: $\Delta h = 8000 \times \tan 7^\circ \approx$ 982 mm. شیب کمتر از ۵ درجه با ورق فایبرگلاس موج دار توصیه نمی‌شود.

۱۰. تعداد ورق در عرض سقف

$$n = \left\lceil \frac{B - w_{lap}}{w_{eff}} \right\rceil$$

عرض ۲۰ m، ورق ۱۷۷/۵۱ با عرض مفید ۹۲۰ و هم‌پوشانی ۱۸۰ mm: n = ⌈(20000 − 180)/920⌉ = 22 ورق

۱۱. سطح نورگیر لازم

$$A_s = \frac{E_{req} \cdot A_f}{E_{out} \cdot \tau \cdot \eta}$$

سوله ۱۰۰۰ m² برای ۳۰۰ lux: A_s = 300 × 1000 / (10 000 × 0.75 × 0.6) ≈ 67 m² (حدود ۷٪ سقف)

راهنمای نصب ورق فایبرگلاس موج دار

۱ جهت نصب: ورق‌ها را از پایین شیب و خلاف جهت باد غالب شروع کنید؛ رویه محافظ UV رو به آفتاب باشد.

۲ هم‌پوشانی: هم‌پوشانی کناری ۱٫۵ موج (پروفیل ریز) یا ۱ موج (پروفیل بزرگ) و طولی ۱۵۰ تا ۲۰۰ mm.

۳ سوراخ‌کاری: سوراخ را با مته روی تاج موج و قطر فرمول ۷ ایجاد کنید؛ هرگز پیچ را در گودی موج نزنید.

۴ پیچ و واشر: پیچ خودکار با واشر فلزی-EPDM و درپوش؛ سفت کنید تا واشر فشرده شود اما ورق تاب برندارد.

۵ نوار آب‌بند: در هم‌پوشانی‌ها نوار بوتیل و در لبه‌ها فوم پرکن (Filler) هم‌پروفیل نصب کنید.

۶ ایمنی: روی ورق فایبرگلاس راه نروید؛ از تخته پخش بار روی لاپه‌ها استفاده و ورق را با صفحه الماسه برش دهید.

آیا ورق فایبرگلاس زرد می‌شود؟

ورق فایبرگلاس موج دار بدون لایه محافظ UV به‌مرور زرد و کدر می‌شود؛ ورق‌های نابک کامپوزیت با ژل‌کوت یا فیلم UV تولید می‌شوند تا عبور نور و رنگ آن‌ها پایدار بماند.

آیا می‌توان ورق FRP را خم کرد؟

ورق فایبرگلاس موجدار در جهت موج‌ها تا شعاع حدود ۳ تا ۵ متر به‌صورت قوسی در سایبان و گلخانه تونلی قابل نصب است؛ خم کردن عرضی توصیه نمی‌شود.

استعلام قیمت ورق فایبرگلاس موج دار: پروفیل (یا پروفیل ورق فلزی پروژه)، ضخامت یا وزن بر متر مربع، رنگ، طول و تعداد ورق، گرید ضد شعله و محیط کاری را اعلام کنید.
نابک سازه گستر | nabakcomposite.com | 021 4881 2124 | موبایل 0912 396 3078 | اینستاگرام @nabak.composite

سلب مسئولیت: اطلاعات این برگه فنی بر پایه داده‌های عمومی و رایج صنعت کامپوزیت FRP و GFRP تهیه شده و جنبه راهنما دارد. نابک کامپوزیت حق اصلاح مشخصات فنی ورق فایبرگلاس موج دار را بدون اطلاع قبلی محفوظ می‌دارد.