

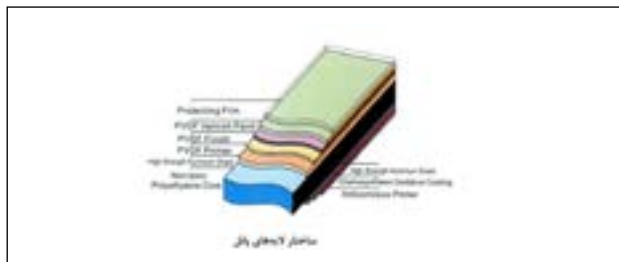
بخش دوم از ضابطه ۷۱۴ (دستور العمل اجرایی نما)

نماهای کامپوزیت



مهندس شهرام علیزاده، مدیر عامل شرکت آلوکد

پانل کامپوزیتی آلومینیومی متشکل از سه قسمت عمده است: دولایه آلومینیوم به ضخامت ۳/۰ تا ۵/۰ میلی متر، یک هسته از جنس پلیمر ترموپلاستیک (معمولاً پلی اتیلن) یا یک ماده معدنی پرکننده به ضخامت ۳ تا ۵ میلی متر که در بین این دو لایه قرار می گیرد و لایه خارجی که دارای یک پوشش آستر از رزین اپوکسی و یک لایه پلی وینیلیدن فلوراید (PVDF) یا پلی استر (PE) جهت تثبیت رنگ می باشد. روی سطح پانل کامپوزیت آلومینیوم با یک لایه فیلم پلیمری محافظت می شود.



مطالب طرح شده در این نوشتار، دستورالعمل اجرایی نما (ضابطه ۷۱۴) می باشد که توسط سازمان برنامه به ارگان های اجرایی از مورخ ۹۵/۱۱/۱۰ ابلاغ گردیده و لازم الاجرا می باشد. این دستور العمل با توجه به اهمیت ویژه آن عیناً نقل می گردد.

در مطالب آینده به قسمت های دیگر نما نیز می پردازیم و در انتها سعی خواهیم کرد نتایج مثبت و منفی هر کدام از فصل ها را بررسی کنیم.

پانل کامپوزیت شامل ترکیبی از لایه های فلز به هم چسپیده است که به ایجاد سازه و ساختاری صلب منجر می گردد. شکل اصلی و اساسی پانل کامپوزیت شامل دو ورق نازک است که به یک مغزه سبک متصل شده و توسط آن از یکدیگر جدا شده اند. فاصله دو ورق تعیین کننده صلبیت کامپوزیت نهایی است و هر چه فاصله بیشتر باشد، توانایی و کارایی پوششی محصول نهایی بالاتر خواهد بود.

پانل های کامپوزیت با توجه به ضخامت و نوع آلیاژ آلومینیوم، لایه ها، نوع رنگ به کار رفته در پوسته بیرونی و نوع و ضخامت مواد به کار رفته در لایه میانی و پوشش سطح آلومینیوم، انواع مختلفی داشته و هر کدام کیفیت و کاربرد معینی دارند.

● انواع پانل کامپوزیت

۱. تقسیم بندی از لحاظ نوع لایه میانی

لایه میانی پانل کامپوزیتی آلومینیومی می تواند از مواد مختلفی تشکیل شود.

(۱) پلی اتیلن

(۲) لایه میانی ضد حریق B1

(۳) لایه میانی ضد حریق A2 که معمولاً از هیدروکسید آلومینیوم یا دیگر مواد معدنی ساخته می شود.

پلی اتیلن استفاده شده در لایه میانی این پانل ها لازم است غیر قابل اشتعال باشد، اما بر حسب حساسیت و وجود مواد اشتعال زا در نزدیکی این پانل ها، از لایه میانی با خاصیت حریق B1 و A2 نیز می توان استفاده کرد.

۲. تقسیم بندی از لحاظ نوع پوشش

بر اساس نوع روش سطح پانل ها به سه دسته تقسیم می شوند.

(الف) پوشش پلی استر (PE)

این پوشش تا حدی در مقابل اشعه ماوراء بنفش مقاوم می باشد. بر حسب میزان درخشش آن، پوشش به دو گروه مات و براق طبقه بندی می شود. ساختار فشرده مولکول ها رنگ سطح را صاف و درخشنده می سازد. توصیه می شود کاربرد این پوشش بر روی بخش آلومینیومی داخلی پانل یا برای دکوراسیون داخلی باشد.

(ب) پوشش پلی وینیلیدن فلوراید (PVDF)

پوشش PVDF به دو گروه پوشش معمولی PVDF و پوشش نانویی PVDF تقسیم بندی می گردد.

● پوشش معمولی PVDF، قابلیت ضد اسیدی، ضد قلیایی و با دوام در محیط و شرایط آب و هوایی خشن داشته و برای روکش دیوارهای خارجی کاربرد دارد. رنگ رویه این پانل ها بخش عمده نور خورشید را بازتاب داده و در نتیجه انرژی تابشی ورودی به ساختمان را کاهش می دهد.

● پوشش نانویی PVDF، به عنوان پوششی روشن محسوب می گردد. شامل موادی با ابعاد نانومتر بوده که پانل را از آلودگی محافظت می کند، همچنین خاصیت "خودتمیزی" داشته و در نتیجه به راحتی از آب و باران و گرد و غبار و آلودگی پاک می گردد.

(ج) پوشش فلئورواتیلن وینیل اتر (FEVE)

پوشش رویه پلیمر - فلئور مقاومت مناسبی در برابر شرایط آب و هوایی دارد. در مقایسه با PVDF، رنگ های زنده تر و تازه تری ضمن حفظ درخشندگی بالا ارائه می کند.

(د) پانل مقاوم در برابر آتش

هسته مرکزی این پانل ها از ترکیب پلی الفینی غیر هالوژنی و پرکننده های معدنی کند کننده سرعت سرایت شعله به سایر نقاط و مواد ضد حریق در اندازه های نانومتری در مرکز کامپوزیت می باشد. در واقع هسته ترموپلاستیکی شامل عنصر ضد آتش و تاخیر اندازی شعله هستند که سبب می گردد این ترکیب آتش گرفته و هنگام آتش سوزی از خود گاز مضر متصاعد نکند. این مواد دارای خاصیت پایداری در برابر شرایط آب و هوایی هستند.

۳. تقسیم بندی از لحاظ نوع مغزه عایق

انواع متنوعی از مواد و فوم های ورق های دارای ضخامت های مختلف را می توان به عنوان مغزه پانل های کامپوزیتی مورد استفاده قرارداد:

● پشم معدنی

● مغزه های کاغذی لانه زنبوری

● ورق های صلب پلی استایرنی لیه دار

● ورق های صلب پلی استایرنی IB

● فوم های پلی یورتانی (پلی ایزو سیانورات یک شکل اصلاح شده از پلی یورتان است که مقاومت بالاتر و آتش گرفتگی کمتری دارد)

ورق های پلی استایرنی که توسط حرارت دادن گرانول های پلی استایرنی و ذوب کردن آنها باهم و به همراه مخلوطی از بخار و پرس تولید می شوند که باعث اعمال هزینه کمتری در مواد اولیه در قیاس با فوم های پلی یورتانی می گردد. با این حال، پلی یورتان عایق بهتری در

مقایسه با پلی استایرن است. (پلی یورتان با ضخامت ۲۵ میلی متر خواص عایقی یکسانی با پلی استایرن های با ضخامت ۴۰ میلی متر دارد و ساخت آنها نیز ساده تر است).

استفاده از هرگونه مغزه با نوع و ضخامت خاص وابسته به سختی مورد نیاز کل پانل و خواص و کارایی حرارتی و صوتی مورد نیاز می باشد. در حالت کلی در موارد فومی، هر چه چگالی بالاتر باشد، پانل مستحکم تر و سخت تر است و هر چه چگالی و تراکم کمتر باشد، خواص عایقی آن بهتر است.

فوم های پلی یورتانی و پلی ایزو سیانورات را می توان در حین تولید به روش های فوم دهی پیوسته، ریزش عمودی و ریزش افقی اجرا کرد.

چسب ها

به منظور جلوگیری از لایه لایه شدن محافظ ها و حمل کننده ها و باتاقان ها، بر اساس فشار و تنش های متحمل شده احتمالی که ممکن است میان لایه ها ایجاد گردد و میزان نیاز به مقاومت حرارتی لازم است از اتصال دهنده و چسب مناسب استفاده شود. برخی از این چسب ها تنش برشی تا ۲۸ مگاپاسکال را تحمل می کنند. هزینه های نسبی استفاده از چسب های مختلف در قیاس با هزینه پانل ها قابل توجه نیست.

سه نوع چسب به طور عمده در تولید پانل های ساندویچی لایه لایه استفاده می شود:

● چسب های اتصالات ثنوپرنی

● پلی یورتان های یک و دو جزئی

● اپوکسی های یک و دو جزئی

روداری ها و مشخصات

ضخامت ۴ میلی متر پانل های کامپوزیتی از متداول ترین ضخامت ها در ایران می باشد. در پانل های با کاربرد خارجی با حداقل ضخامت ۴ میلی متر، ضخامت ورق آلومینیوم روی پانل های با کاربرد خارجی باید حداقل ۰/۴ میلی متر و ضخامت آلومینیوم زیرین باید حداقل ۰/۳ میلی متر باشد.

روداری های ابعادی

اندازه گیری های ابعادی باید بر اساس استاندارد ASTM D638-02 انجام گیرد و مقادیر حداکثر مجاز روداری های ابعادی به شرح جدول زیر می باشد:

حداکثر مجاز روداری های ابعادی	
طول (mm)	±۳
عرض (mm)	±۲
اختلاف قطری (mm)	≤۵
انحراف گوشه ها و لبه ها (mm/m)	≤۱
خمیدگی (mm/m)	≤۵

کیفیت ظاهری سطح

سطوح خارجی پانل باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی باشند. روکش سطح نباید زدگی، نقص و خط و خش داشته باشد. هیچگونه برآمدگی و برجستگی و زدگی در سطوح پانل وجود نداشته باشد.

سطح قابل پذیرش باید فاقد نقص ظاهری مطابق جدول زیر باشد.

مشخصات ظاهری قابل پذیرش	
نقص	شرایط قابل قبول
موج داشتن	-
ورآمدگی	حداکثر ۱ عدد بر متر مربع
زدگی	حداکثر ۲ عدد بر متر مربع
خط کشیده داشتن	≤۱۹۹mm/m ²
خراشیدگی	≤۳۹۹mm/m ² و کمتر از ۴ محل
رنگ سنجی	ΔE ≤ ۱

خواص فیزیکی و مکانیکی

حداقل مشخصات فیزیکی و مکانیکی قابل قبول پانل کامپوزیت در جدول زیر آورده شده است.

حداقل مشخصات فیزیکی و مکانیکی قابل قبول پانل کامپوزیت

ویژگی	حد قابل قبول پانل با کاربرد خارجی
ضخامت روکش ۱۸	≥ 25
براقیت	≥ 70
سختی	$\geq HB$
انحنای پذیری	≤ 2
مقاومت ضربه	≥ 5
مقاومت آب جوش	بدون تغییر
خاصیت چتر پذیری	مقاومت اسیدی
	مقاومت قلیایی
	مقاومت در مقابل روغن
	مقاومت در مقابل محلول
مقاومت در برابر	مقاومت شستشو
	گرمایش
	افت روشنایی
	مقاومت در برابر پاشش نمک
مقاومت خمشی MPa	≥ 100
استحکام برشی KN	≥ 9
مقاومت ورمادگی N/mm	≥ 7
خاصیت اختلاف دمایی	بدون تغییر
ضریب انبساط گرمایی 10^{-5}	≤ 4
دمای تغییر شکل C	≥ 105

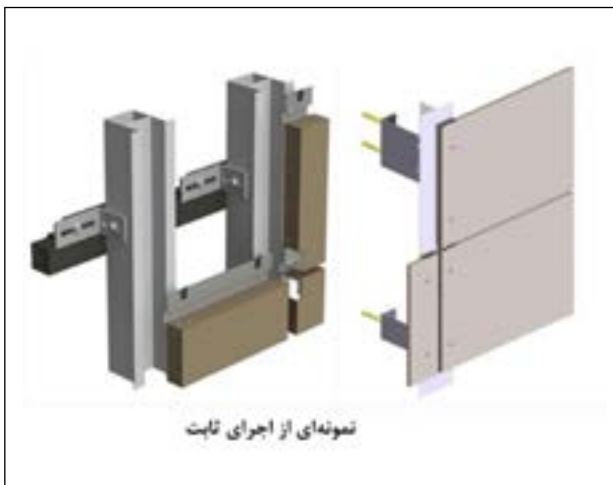
زیرسازی آلومینیومی یا فولادی متصل شده است. در فاصله پانل‌های نصب شده جهت آبنبندی نما از تسمه‌ای از جنس پانل و چسپ‌های پلی‌اورتان استفاده می‌گردد. این روش نصب، ساده‌ترین روش نصب می‌باشد که مراحل نصب آن از سرعت بالایی برخوردار است.

سیستم ثابت با زیرسازی فولادی

در این سیستم جهت اجرای قاب اصلی زیرسازی از پروفیل‌های فولادی با مقطع متناسب با ابعاد و نیروهای باد وارده استفاده می‌شود. همچنین جهت سخت شبکه افقی و عمودی متصل به قاب اصلی که محل نصب پانل‌های کامپوزیت را مشخص می‌کنند از پروفیل‌های فولادی مشابه استفاده می‌گردد. در این نوع سیستم ثابت کلیه اتصالات فولادی به‌وسیله جوش انجام می‌پذیرد و تنها جهت نصب پانل‌های کامپوزیت بر روی پروفیل‌ها از نبشی‌های آلومینیومی استفاده می‌گردد. آبنبندی در این سیستم توسط چسپ سیلیکون یا نوارهای لاستیکی صورت می‌پذیرد. در پروژه‌های بزرگ این سیستم توصیه نمی‌شود، چرا که امکان رگلاژ سیستم وجود ندارد. مزایای این روش صرفه‌جویی در هزینه، امکان آبنبندی کامل، امکان تعویض هر پانل به صورت مجزا، استحکام مناسب در مقابل باد و تنش‌های احتمالی می‌باشد و معایب آن امکان خوردگی فولاد در مناطق اسیدی و با رطوبت بالا است.

سیستم ثابت با زیرسازی آلومینیوم

در این سیستم جهت جلوگیری از خوردگی بین فولاد ساختمان و آلومینیوم از لاستیک دی الکتریکال استفاده می‌گردد. این سیستم دارای قابلیت رگلاژ بیشتری نسبت به سیستم ثابت فولادی است و همچنین به علت استفاده از آلومینیوم، سازنده نگهدارنده آن سبک‌تر می‌باشد. آبنبندی در این سیستم مانند سیستم ثابت فولادی توسط چسپ سیلیکون یا نوارهای لاستیکی صورت می‌پذیرد.



سیستم آویزان (Hanging)

در این روش، پانل‌ها با استفاده از شیارهای تعبیه شده، بر روی پروفیل‌های مخصوص آلومینیومی نصب می‌گردند. در این حالت به دلیل عدم استفاده از پیچ یا پرچ، سرعت کار بالا بوده، امکان جداسازی و تعویض هر یک از قطعات به طور جداگانه وجود داشته و همچنین به دلیل کاربرد پروفیل‌های ناودانی شکل آلومینیومی، نیازی به آبنبندی نما وجود ندارد. در این سیستم، پس از اجرای قاب فولادی جهت شکل گرفتن ساختار زیرسازی، نبشی‌های فولادی با سوراخ لوبیایی روی قاب مطابق با آکس‌بندی ارائه شده در نقشه‌های اجرایی، نصب می‌گردند. در مرحله بعد، ناوانی‌های ریلی آلومینیومی با مقطع مشخص در آکس نبشی‌های فولادی به وسیله براک‌های آلومینیومی با دو سوراخ لوبیایی به زیرسازی متصل می‌شوند. در این سیستم همانند سیستم ثابت آلومینیومی و نبشی فولادی استفاده می‌گردد. پانل‌های کامپوزیت به وسیله اتصالات آلومینیومی به شکل ناودانی که در داخل قطعات آلومینیومی می‌باشند، بر روی آنها نصب می‌گردند. در این روش پانل‌های کامپوزیت بعد از برش و مونتاژ شیارهای چکمه‌ای خورده و بر روی ریل‌های آلومینیومی قابل رگلاژ نصب شده و امکان برداشت هر پانل به صورت جداگانه می‌باشد.

آزمایشات مقاومت چسپندگی، ضربه پذیری، مقاومت سایشی و مقاومت شیمیایی باید مطابق استاندارد AAMA2605 انجام شود. همچنین ضریب انبساط گرمایی باید مطابق استاندارد ASTM D976 اندازه‌گیری شود.

انواع سیستم‌های نصب پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم

سیستم‌های مختلف نصب پانل کامپوزیت آلومینیوم به شرح زیر است:

۱. روش ثابت
۲. روش آویزان
۳. روش H ، L
۴. روش ثابت - ریلی
۵. روش هوک

سیستم ثابت (Fixing)

در این روش، کامپوزیت پس از برش و ایجاد شیار در آن به صورت ثابت یا پرچ بر روی

پروفیل‌های مخصوص H-شکل و L-شکل قرار می‌گیرند. از مزایای این روش به سرعت اجرای بالا و تمیزی اجرا و هزینه کمتر می‌توان اشاره کرد. معایب این روش، عدم آب‌بندی ۱۰۰٪ و همچنین عدم امکان تعویض پانل، در صورت نیاز می‌باشد و در صورتی که پانل‌ها به ابعاد بزرگ اجرا شود، تغییر شکل و سرو صدای پانل در هنگام باد و بارندگی مشکل‌ساز خواهد بود.

در این روش، زیرسازی با استفاده از پروفیل‌های فولادی بر روی نما نصب شده، سپس با استفاده از پروفیل‌های آلومینیومی با سطح مقطع H، پانل‌های کامپوزیت آلومینیومی بدون نیاز به لبه‌های برگشتی، متصل می‌شوند.

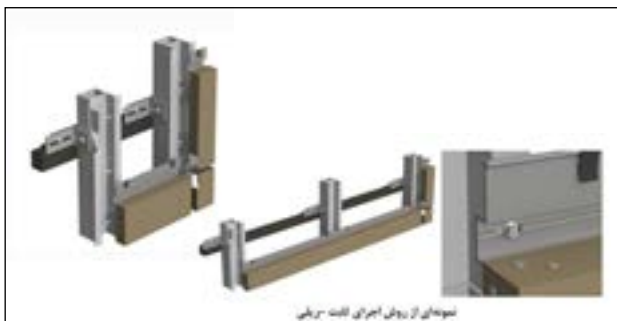
در سیستم هوک پس از اجرای کمربندی‌ها و براکت‌های فلزی، ناودانی‌های ریلی به براکت‌های فلزی توسط پیچ‌های کاسه نم‌دی متصل می‌گردند. در این سیستم با توجه به لوبیایی بودن براکت‌های اتصال‌دهنده ناودانی‌های ریلی به زیرسازی آهنی امکان حرکت ناودانی‌های ریلی در صفحه عمود بر ناودانی‌ها وجود دارد.



سیستم ثابت - ریلی

در این روش جهت جلوگیری از خوردگی بین فولاد و آلومینیوم از زیرسازی آلومینیومی استفاده می‌گردد. این سیستم دارای قابلیت رگلاژ کامل نسبت به روش ثابت فولادی است و به علت استفاده از آلومینیوم، دارای سازه سبک‌تری نسبت به روش ثابت فولادی می‌باشد. آب‌بندی در این سیستم با استفاده تسمه‌ای از جنس پانل در درزهای عمودی و دو لبه برگشته در درزهای افقی صورت می‌پذیرد.

هنگامی که در طراحی ساختمان، کاربرد پانل‌های عریض مد نظر باشد، استفاده از این سیستم مناسب است. این روش جهت ساختمان‌هایی که در آنها از پانل‌های با ابعاد بزرگ استفاده می‌شود و ساختمان‌هایی که در طراحی آنها پانل‌های افقی دیده شده یا ساختمان‌های بلند یا فضاهایی با نیروی فشار باد بالا، مناسب است.



سایر روش‌ها

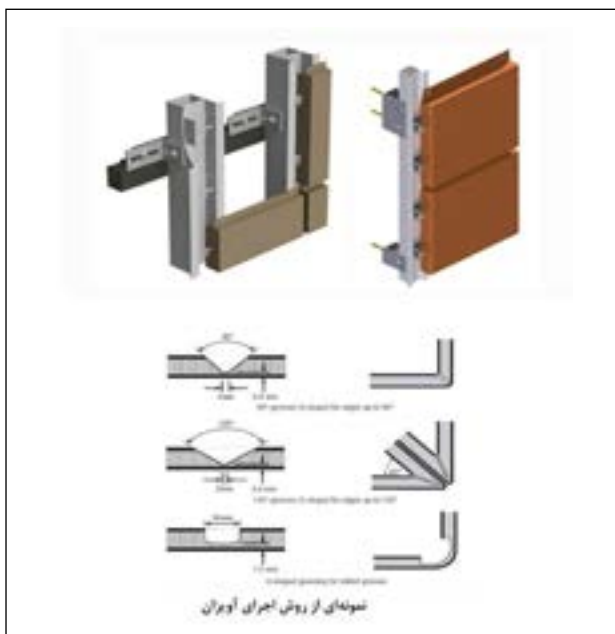
طراحی و اجرای نمای آلومینیوم کامپوزیت، هرگز به استفاده از روش‌های ذکر شده محدود نخواهد بود، بلکه امکان طراحی و اجرا به روش‌های دیگری بسته به نحوه طراحی، حجم پروژه، نحوه کاربری، امکانات منطقه‌ای و خواسته‌های کاربر میسر است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- استفاده از مقاطع پروفیل‌های خاص مانند انواع H و انواع T
- استفاده از مقطع نبشی به جای قوطی در زیرسازی
- نصب مستقیم بر روی سازه موجود (در مقاوم سازی ساختمان)
- طراحی و تولید مقاطع خاص پروفیل با آلیاژ خاص و پوشش رنگ خاص

مراحل اجرای زیرسازی در روش آویزان:

۱. انجام رول بولت و اتصال قوطی‌های فولادی عمودی و افقی
۲. جوش قوطی‌های فولادی
۳. نصب براکت فولادی
۴. نصب نبشی آلومینیومی
۵. نصب ناودانی ریلی
۶. نصب بولت
۷. شیار و برش پانل
۸. خم و مونتاژ پانل

در این روش لبه‌های برگشتی پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم پنج می‌شوند که جهت سهولت نصب باید پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم با دقت بالا صورت گیرد.



در صورت صدمه احتمالی به پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم تعویض پانل‌ها به سهولت امکان‌پذیر است. با توجه به اینکه تمام اجزای زیرسازی و روسازی از جنس آلومینیوم می‌باشند، انقباض و انبساط اجزاء در اثر تغییر دما مشابه هم بوده که این امر از تغییر شکل دادن و خردشدن جلوگیری می‌کند. در صورت نفوذ آب به زیرسازی نمای آلومینیوم کامپوزیت، به دلیل استفاده از آلومینیوم و بولت‌های استیل در زیرسازی، زنگ‌زدگی اتفاق نمی‌افتد. امکان تشکیل پیل الکتریکی وجود ندارد در نتیجه ذرات گرد و غبار بر سطح آلومینیوم کامپوزیت کمتر جذب می‌گردد. این روش مناسب جهت نصب پانل‌های آلومینیومی کامپوزیت عمودی بوده و در آن نیاز به استفاده از چسپ‌های سیلیکون و یا لاستیک آب‌بندی نمی‌باشد، که با توجه به کوتاه بودن عمر چسپ‌های سیلیکون و لاستیک آب‌بندی استفاده نکردن از موارد فوق از نقاط قوت این سیستم به‌شمار می‌آید. به دلیل امکان وجود جریان هوا در پشت پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم، تعریق در پشت پانل‌ها اتفاق نمی‌افتد و قطعات متناسب با وزن خود روی بولت‌ها قرار می‌گیرند.

این روش هزینه بالاتری نسبت به سایر روش‌ها داشته، امکان آب‌بندی کامل در آن وجود ندارد، باید از محصولات مقاوم‌تر و با آلیاژ مناسب استفاده شود و امکان تعویض یک پانل به تنهایی وجود ندارد (جهت تعویض یک پانل، لازم است سایر پانل‌ها از ریل مشخص، خارج گردند)، در پانل‌ها در باد شدید لرزش ایجاد می‌شود و امکان جدا شدن آنها در بادهای خیلی شدید وجود دارد.

سیستم هوک (H, L)

این روش مشابه روش آویزان است با این تفاوت که پانل‌ها بلافاصله بعد از برش در