

الزامات طراحی و اجرای نمای سنگی

قطعات یا پانل‌های سنگی (پوشش نما) ۱. انواع سنگ‌های نما

از نظر زمین‌شناسی سنگ‌ها به سه دسته سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های آذرین و سنگ‌های دگرگون تقسیم‌بندی می‌شوند که هر سه دسته نیز به‌نوبه خود برحسب خصوصیات سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی، به دسته‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند. عمده سنگ‌های مورد استفاده در نما عبارتند از گرانیت (سنگ آذرین)، سنگ آهک، تراورتن و ماسه سنگ (سنگ رسوبی)، سنگ لوح، ماربل و کوارتزیت (سنگ دگرگون). در ادامه این نوع سنگ‌ها به‌صورت اجمالی معرفی شده است.

۱-۱ گرانیت

گرانیت یا سنگ خارا در پوسته جامد زمین به‌وفور یافت می‌شود و حدود ۵۰ درصد از سنگ‌های آذرین درونی را شامل می‌شود. از نظر ترکیب شیمیایی این سنگ دارای حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد اکسید سیلیسیم، ۱۴ تا ۱۵ درصد اکسید آلومینیوم به‌اضافه اکسیدهای آهن، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و تیتانیوم است. این سنگ به لحاظ ترکیب شیمیایی و وجود کانی‌های مختلف به رنگ‌های سفید، قرمز، سبز، خاکستری و سیاه در بسیاری از نقاط جهان یافت می‌شود. گرانیت‌ها از سنگ‌های سخت محسوب می‌شوند و به این ترتیب جزو مصالح بادوام ساختمانی قرار می‌گیرند. گرانیت‌ها در برابر نفوذ آب و اثر ضربه مقاومند و محیط‌های صنعتی را به‌خوبی تحمل می‌کنند. ظاهراً گرانیت متأثر از کار انجام شده روی سطح نهایی آن است که ممکن است چکشی، کلنگی، تیشه‌ای یا صیقلی باشد. بهترین نمای سنگ گرانیت حالت صیقلی آن است که زیبایی رنگ و انعکاس کریستال‌های آن را نمایش می‌دهد. سطح گرانیت بر اثر حرارت و تفاوت ضریب انبساط و انقباض بین اجزای کریستالی مختلف آن به‌صورت سوخته در می‌آید. سنگ گرانیت به علت هزینه سنگین استخراج، برش و صیقل، نسبتاً گران است به همین دلیل بیشتر در نمای ساختمان‌های مهم به کار برده می‌شود. از دیدگاه تجاری گرانیت، سیسیت، کوارتز، مونزونیت، گرانودیوریت، کوارتز دیوریت که از سنگ‌های آذرین درونی هستند، در اصطلاح تجاری (گرانیت) نامیده می‌شود و به سنگ‌های آذرین تیره رنگ گابرو، بازالت، دیاباز، انورتوزیت و پیروکسینیت (از سنگ‌های اولترامافیک) در اصطلاح تجاری (گرانیت سیاه) گفته می‌شود.

۱-۲ تراورتن

تراورتن نوعی سنگ آهک متخلخل و سبک است که در چشمه‌های معدنی و غارها تشکیل می‌شود. تراورتن‌ها از نظر شیمیایی، کربنات کلسیم هستند که در اثر عبور آب چشمه‌ها از لایه‌های آهکی به وجود می‌آیند. انواع مختلف این سنگ در کشور به‌وفور یافت می‌شود و می‌توان از رنگ‌های قرمز، لیمویی، گردویی، سفید و کرم آن نام برد. تراورتن به دلیل مقاومت قابل قبول، برش‌پذیری و صیقل‌پذیری خوب، شرایط استخراج خوب (به دلیل اینکه اغلب با لایه‌بندی افقی، شیب کم و در نقاط کم ارتفاع و قابل دسترسی تشکیل می‌گردند)، عدم وجود ساختارهای تکنوتیکی بر روی این ذخایر، زیبایی ظاهر، وجود تخلخل جهت تسهیل چسبیدن به ملات، از پرمصرف‌ترین سنگ‌های ساختمانی است. تراورتن گاهی اوقات به‌منظور مقاصد تجاری در گروه سنگ آهک طبقه‌بندی می‌شود (زیرا اساساً از کربنات کلسیم



••• مهندس شهرام عزیزاده
مدیر عامل شرکت آلوکد

اشاره

در ادامه بررسی نماهای متداول و توصیه شده از سوی مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی (ضابطه ۷۱۴) به مشخصات و الزامات اجرای سنگ به روش خشک می‌پردازیم. مطالب ذیل عیناً بر اساس ضوابط و مشخصات پیشنهاد و توصیه شده ذکر گردیده است.

ضمن اینکه سنگ از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی بوده و در عین حال به دلیل زیبایی ظاهری و هزینه نگهداری پایین، از جمله نماهای متداولی است که امروزه نیز توجه ویژه‌ای را به خود معطوف داشته است.

در صورت اجرای صحیح و اصولی، نمای سنگی از دوام بالایی نیز برخوردار است. طراحی و نصب سنگ نما به روشی صحیح و اصولی بر اساس قابلیت‌های سنگ و محدودیت‌های حاکم بر سنگ و سیستم‌های نگهدارنده جهت مقاومت در برابر نیروهای وارده از جمله زلزله ضوابط و مقرراتی از سوی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و امور نظام فنی و اجرایی لازم‌الاجرا شده که به‌صورت اجمالی در دو بخش به بررسی آن می‌پردازیم.

قسمت اول:

بخش‌های مختلف سیستم نمای سنگی

- سیستم نمای سنگی، دارای پنج بخش اصلی مرتبط با هم است که در هنگام طراحی سیستم پوشش باید مد نظر قرار گیرد:
۱. قطعات یا پانل‌های سنگی که پوشش نما هستند.
 ۲. مهار، که پوشش نما را به پشت بند متصل می‌کند.
 ۳. قاب‌های فرعی، که زمانی که مهار مستقیماً به ساختمان متصل نیست، به‌صورت واسطه، نما را به سازه ساختمان متصل می‌کند.
 ۴. درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی.
 ۵. دیوار پشتیبان یا سازه اصلی ساختمان (بسته به نوع سیستم نما) که بارهای وارده به سنگ توسط مهارها یا چسباننده‌ها به آن انتقال داده می‌شود.

از نظر تجاری مرمر شامل کلیه سنگ‌های آهکی اعم از دگرگون یا غیر دگرگون می‌شود که برای صیقل دادن مناسب بوده و جلای خوبی دارند. مرمر را برحسب مقدار کربنات منیزیم یا کلسیم به نام‌های مرمریت کلسیتی، مرمریت منیزیتی (یا دولومیتی) می‌نامند. این سنگ با توجه به وجود ناخالصی‌ها به رنگ روشن و سفید تا رنگی و نهایتاً تیره وجود دارد. سختی کلسیت ۳ ولی سختی کربنات منیزیم ۳/۵ الی ۴ است، از این رو مرمرهای کلسیم‌دار از منیزیم‌دار مقاوم‌تر هستند. مرمرهای متشکل از کلسیت خالص مصرف شده در پله‌ها و کف یا بیرون ساختمان‌ها معمولاً زود خرد می‌شوند. به خاطر تداخل و قفل‌بندی دانه‌های بلور، مرمر دارای تخلخل بسیار کمی است که از حدود ۰/۰۰۲ الی ۰/۵ درصد حجم سنگ را اشغال می‌کند. از این رو قادر به آبیگری زیاد نیست و در مقابل عمل یخ‌زدگی مقاومت بیشتری دارد. این نوع سنگ نیز در کشور ایران فراوان یافت می‌شود و مورد مصرف قرار می‌گیرد. مرمرهای ایران به رنگ‌های بسیار متنوع از سیاه گرفته تا کرم، صورتی، کرم‌گل‌دار، صورتی گل‌دار، گل‌پنبه‌ای، قرمز و طیف‌ها و تلفیق‌های متفاوتی از رنگ‌های فوق‌الذکر وجود دارند. از معادن معروف این نوع سنگ می‌توان به معادن مرمر سیاه نجف‌آباد و لاشر، سفید تا کرم جشقان صورتی، کرم و گل‌پنبه‌ای منطقه خورویابانک در استان اصفهان و کرم دهیید اشاره کرد.

۱-۵ سنگ لوح (اسلیت)

شیل‌ها، ماسه‌سنگ‌های ناخالص و به‌طور کلی همه سنگ‌هایی که دارای مقادیر زیادی کانی رسی هستند، در صورتی که تحت فشار قرار بگیرند متراکم شده و تخلخلشان را از دست می‌دهند. چنین سنگی که به مقدار کمی دگرگون شده است و قابلیت جداشدگی به‌صورت ورقه‌های ضخیم را داراست "سنگ لوح" (اسلیت) نامیده می‌شود. این سنگ دگرگون ریز بلور که غالباً از شیل مشتق شده بیشتر حاوی میکاها، کلریت و کوآرتز است. کانی‌های میکادار جهت یابی شبه موازی دارند و بنابراین رخ جنوبی به سنگ می‌دهند که سبب می‌شود سنگ به‌صورت ورقه‌هایی نازک اما سخت بشکند.

ویژگی‌ها و مشخصات فنی کلی و حدود قابل‌پذیرش سنگ نما

برای ناماسازی ساختمان‌ها باید از سنگ‌هایی استفاده کرد که مشخصات زیر را داشته باشند:

- از نظر بافت و ظاهر سالم بوده و پوسیدگی نداشته باشد. همچنین بادوام و عاری از هوازدگی و رگه‌های سست مارنی، میکایی، الیوین، پیریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی و سایر موادی که در اثر عوامل جوی و هوازدگی تخریب می‌شوند باشد.
- سنگ نما باید فاقد شیار، ترک، درزهای باز، حفره یا دیگر نقص‌هایی که احتمال دارد به انسجام ساختاری آن در زمینه استفاده مورد نظر آسیب وارد کند، باشد. همچنین سطوح و خطوط مرئی سنگ نباید لب‌پریدگی داشته باشد.
- در مقابل عوامل جوی نظیر باران، تابش خورشید، گازهای موجود در هوا، بخار آب و وزش باد مقاوم باشد.
- سنگ باید متراکم و دارای ساخت و بافت یکنواخت بوده و از بلورهای ریز تشکیل شده باشد و درجه خلوص آن تا حد امکان زیاد باشد.
- حداکثر قدرت مکش آب برابر ۸٪ وزن سنگ باشد.
- در برابر یخ‌زدگی و هوازدگی مقاومت کافی داشته باشد.
- آب درون آن نشست نکند به عبارت دیگر در آب از هم پاشیده نشده و با آن ترکیب نشود.
- دارای سختی بیش از ۳ باشد.
- در مورد سنگ‌های نما ضریب انبساط حرارتی کانی‌های مختلف سنگ و همچنین ملات پشت آن باید نزدیک باشد تا از خرد شدن سنگ و جدا شدن آن از ملات جلوگیری به عمل آید. میزان رنگ‌پریدگی سنگ‌های تزئینی نمای خارجی ساختمان در اثر آفتاب و هوازدگی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که باید مورد توجه قرار گیرد.

تشکیل شده) و بعضی مواقع در صورتی که صیقل‌پذیر باشد، در گروه مرمرها (marble) قرار می‌گیرد.

سنگ آهک در سه گروه تقسیم‌بندی می‌شود:

- I- (چگالی کم)، سنگ آهکی که دارای چگالی بین ۱۷۶۰ تا ۲۱۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.
- II- (چگالی متوسط)، سنگ آهکی که دارای چگالی بیشتر از ۲۱۶۰ تا ۲۵۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.
- III- (چگالی زیاد)، سنگ آهکی که دارای چگالی بیشتر از ۲۵۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

۱-۳ ماسه سنگ

از دیدگاه تجاری ماسه سنگ، سنگی رسوبی است که اساساً از قطعات کانی و خرده‌سنگ در اندازه ماسه (از ۰/۰۶ میلی‌متر تا ۲ میلی‌متر) تشکیل شده است. جنس ذرات ماسه عمدتاً از انواع کانی‌های مقاوم و بیشتر از نوع کوآرتز و در مواردی کلسیت یا کانی‌های دیگر است و دارای حداقل ۶۰ درصد سیلیس می‌باشد که توسط موادی همچون سیلیس، اکسیدهای آهن، کربنات‌ها یا رس به درجات کم یا زیاد سیمانی شده باشد. ماسه‌سنگ معمولاً دارای مقاومت فشاری بیش از ۲۸ مگاپاسکال بوده و ممکن است از محل سیمان یا از بین دانه‌های تشکیل‌دهنده بشکند اما به‌طور معمول از محل سیمان می‌شکند. رنگ ماسه‌سنگ‌ها اغلب از سیمان آنها منشأ می‌گیرد. ماسه‌سنگ‌ها متخلخل و نفوذپذیر بوده و تخلخلشان از ۱ تا ۳۰ درصد متغیر است. "ماسه‌سنگ کوآرتزیتی" نوعی سنگ مقاوم و متراکم و معمولاً سفید رنگ است که تقریباً به‌طور کامل از ذرات کوآرتز تشکیل یافته است (حداقل ۹۰ درصد سیلیس آزاد شامل دانه‌های کوآرتز و سیمان سیلیسی). "کوآرتزیت" ماسه‌سنگ به‌شدت سخت شده و دگرگون شده حاوی ۹۵ درصد سیلیس آزاد و دارای سطح ناهمواری است که به‌طور معمول از بین دانه‌ها می‌شکند. این نوع سنگ که اغلب با سنگ گرانیت نیز اشتباه می‌شود دارای ویژگی‌های متفاوتی بوده و از گرانیت سخت‌تر است. این سنگ با ظاهر زبر و بلوری خود قابل شناسایی است. کوآرتزیت به دلیل ظاهر زبر آن بیشتر در ساختمان‌های ارزان قیمت و روستایی به کار برده می‌شود و به رنگ قهوه‌ای سوخته، سرخ، خاکستری و قهوه‌ای نیز یافت می‌شود.

به‌طور معمول انواع ماسه سنگ بر حسب نوع سیمان یا ماده دربرگیرنده آن نام‌گذاری می‌کنند، ماسه سنگ سیسیلی (ماده دربرگیرنده آن عمدتاً سیلیس است)، ماسه سنگ آهکی (ماده دربرگیرنده یا دانه‌های آواری یا هر دو را کربنات کلسیم تشکیل می‌دهد)، ماسه سنگ رسی (دارای مقدار کافی رس برای اتصال جزئی سیلیسی بین دانه‌های کوآرتز بوده و کماکان می‌تواند در این گروه قرار بگیرد)، ماسه سنگ آهن‌دار (ماسه‌سنگی با مقادیر فراوان از کانی‌های اکسید آهن که مشخصاً رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای به سنگ می‌دهد).

ماسه سنگ با توجه به میزان اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد موجود در آنها به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

- I- ماسه سنگ، محتوی حداقل ۶۰ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد
- II- ماسه سنگ کوآرتزی، محتوی حداقل ۹۰ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد
- III- سنگ کوآرتز (کوآرتزیت)، محتوی حداقل ۹۵ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد

۱-۴ مرمر

مرمرها به‌صورت سنگ‌های دگرگون شده سفید، خاکستری و رنگی، درخشندگی و شفافیت و زیبایی خاصی دارند و به همین جهت در صنعت سنگ‌های تزئینی جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند. مرمر درشت بلور، سفید یا خاکستری روشن تا کرم را اصطلاحاً کریستال می‌گویند. مرمر کریستال سفید را اصطلاحاً سنگ چینی می‌نامند.

حداقل ضخامت سنگ مهار شده

ضخامت مورد نیاز سنگ برای پروژه‌های مختلف نمای سنگی از طریق محاسبات سازه‌ای یا آزمایش‌ها عملکردی به‌خصوص مقاومت خمشی و بار گسیختگی در مهار تعیین می‌شود. همچنین ضروری است که هم مقاومت خمشی قطعه در بین نقاط مهاربندی و هم با گسیختگی در نقاط مهاربندی در نظر گرفته شود. حداقل ضخامت قطعات سنگی می‌تواند بر اساس نوع سنگ و مشخصات آن، ابعاد قطعه سنگی، بارهای وارد شده، محل قرارگیری و جهت آن روی ساختمان، رویارویی با شرایط جوی و عمر خدمت مورد انتظار، نوع مهار و سیستم مهاربندی و ترتیب قرارگیری، ملاحظات مربوط به حمل و نقل و سهولت کار با آن و مشخصات معماری نظیر نوع پرداخت تغییر کند.

حداقل ضخامت سنگ نما بر اساس بار باد وارده

حداقل ضخامت نمای سنگی مهار شده (نمای خشک) برای تحمل بار باد در جدول ۲ تا ۴ آمده است. در این جدول بار باد با حداکثر نیروی فشاری یا مکش کمتر از $90 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ بار باد کم (محیط‌های بسته نظیر طبقات پایین ساختمان در نواحی شهری یا شهرهای بار باد کم)، بار بین ۹۰ تا $135 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ بار باد متوسط (نواحی باز نظیر طبقات بالای ساختمان‌های بلند و شهرهای با باد متوسط) و بار بین 135 تا $180 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ بار باد زیاد (نواحی باز ساحلی و شهرهای با باد شدید) در نظر گرفته شده است.

جدول ۲ حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز بر حسب Mpa برای بار باد با شدت زیاد

ضخامت قطعه سنگ بر حسب mm						
حداکثر بعد سنگ یا فاصله بین دو تکیه گاه سنگ (mm)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
۳۰۰	۳/۰۴	۱/۳۵	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۳۴	۰/۲۵
۴۵۰	۶/۸۳	۳/۰۴	۱/۷۱	۱/۰۹	۰/۷۶	۰/۵۶
۶۰۰	۱۲/۱۵	۵/۴۰	۳/۰۴	۱/۹۴	۰/۳۵	۰/۹۹
۷۵۰	۱۸/۹۸	۸/۴۴	۴/۷۵	۳/۰۴	۲/۱۱	۱/۵۵
۹۰۰	۲۷/۳۴	۱۲/۱۵	۶/۸۳	۴/۳۷	۳/۰۴	۲/۲۲

جدول ۳ حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز بر حسب Mpa برای بار باد با شدت متوسط

ضخامت قطعه سنگ بر حسب mm						
حداکثر بعد سنگ یا فاصله بین دو تکیه گاه سنگ (mm)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
۳۰۰	۲/۲۸	۱/۰۱	۰/۵۷	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۱۹
۴۵۰	۵/۱۳	۲/۲۸	۱/۲۸	۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۴۲
۶۰۰	۹/۱۱	۴/۰۵	۲/۲۸	۱/۴۶	۱/۰۱	۰/۷۴
۷۵۰	۱۴/۲۴	۶/۳۳	۳/۵۶	۲/۲۸	۱/۵۸	۱/۱۶
۹۰۰	۲۰/۲۰	۹/۱۱	۵/۱۳	۳/۲۸	۲/۲۸	۱/۶۷

- حداقل ضخامت سنگ‌های نمای ریشه‌دار ۱۵۰ میلی‌متر و سنگ پلاک نمای چسبانده شده ۲۰ میلی‌متر است.

- حداقل عرض و ارتفاع سنگ بادبر در نما به ترتیب باید ۲۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر و حداکثر بار سنگ ۴۰ میلی‌متر باشد.

- در مورد سنگ بادبر سر تراش و بادکوبه‌ای باید حداقل ارتفاع هر سنگ ۱۸۰ میلی‌متر، حداقل تراش سطوح زیری و بالایی سنگ ۱۵۰ میلی‌متر و سطوح جانبی آن ۸۰ میلی‌متر و حداکثر بار آن ۱۵ میلی‌متر باشد.

- در مورد سنگ‌های تمام تراش باید کلیه سطوح سنگ با قلم تراشیده و تیشه‌داری شود به‌نحوی که مسطح و بدون اعوجاج بوده و حداکثر بار آن ۲ میلی‌متر باشد.

- ارتفاع سنگ ریشه‌دار در نما نباید از عرض و ریشه آن بیشتر باشد. - جذب آب، میزان حل شدن در آب، تخلخل، پایداری در برابر هوازگی و مواد شیمیایی باید با استانداردهای مربوطه تطبیق داشته باشد.

- بافت و رنگ مطلوب، در دامنه تغییرات مجاز از طریق کنترل و مقایسه نمونه‌هایی که معرف کل مصالح تولیدی برای پروژه می‌باشد باید تایید شود. نمونه‌های معرف با بررسی تعدادی کافی از نمونه‌ها، قبل از تولید، که نشانگر گستره کاملی از تغییرات در رنگ و بافت رنگ مشخص می‌باشد، انتخاب می‌شود.

سنگ‌های ساختمانی نما باید با الزامات فیزیکی جدول ۱ مطابقت داشته باشد. الف - مقاومت فشاری حداقل، مقاومت خمشی و مدول گسیختگی باید بر پایه حداقل متوسط مقاومت نمونه‌های تست شده در چهار شرایط تر یا خشک و موازی یا عمود بر برش باشد.

ب - مشخصات فیزیکی مفروض در جدول ۱ معرف مشخصات سنگی می‌باشد که تاریخچه‌ای موفق برای استفاده در ساختمان و مقاصد سازه‌ای داشته است. استفاده از سنگ با مقاومت و مقاومت در برابر ساییدگی کمتر از حداقل مقادیر تجویزی در جدول ۱ پیشنهاد نمی‌شود.

جدول ۱ حدود پذیرش و الزامات سنگ‌های مختلف

نوع سنگ	استاندارد	حداکثر جذب آب درصد ISIRI ۵۶۹۹	حداکثر چگالی در صد چگالی kg/m ² ISIRI ۵۶۹۸	حداکثر مقا و مت فشلی Mpa ISIRI ۵۶۹۸	حد اکثر ضریب گسیختگی Mpa ISIRI ۵۶۹۷	حد اکثر مقا و مت خمشی Mpa ISIRI ۸۲۲۹	حداکثر مقاومت در برابر اسید M m ISIRI ۱۳۲۱۵
گرافیت	ISIRI ۵۶۹۴ ASTM C615	۰/۴	۲۵۶۰	۱۳۱	۱۰/۲۴	۸/۲۷	
سنگ آهک	ISIRI ۵۶۹۵ ASTM C568	چگالی کم ۱	۱۲	۱۷۶۰	۲/۹		
		چگالی متوسط ۱	۷/۵	۲۱۶۰	۲/۴		
		چگالی زیاد ۱۱۱	۳	۲۵۶۰	۶/۹		
ملرل	ISIRI ۵۶۹۶ ASTM C503	کلیست	۰/۲	۲۵۹۵	۵۲	۷	۷
		دولومیت	۰/۲	۲۸۰۰	۵۲	۷	۷
سنگ لوح	ISIRI ۱۴۳۱۶ ASTM C629	کاربرد بیرونی	۰/۲۵				در عرض لایه ۶۲/۱ در طول لایه ۴۹/۶
تراورتن	ISIRI ۱۳۳۴۷ ASTM C1527	کاربرد بیرونی	۲/۵	۲۳۰۵	۵۲	۶/۹	۶/۹
پایه کوارتز	ISIRI ۱۴۲۱۳ ASTM C616	ماسه سنگ	۸	۲۰۰۳	۲۷/۶	۲/۴	
		ماسه سنگ کوارتزی	۳	۲۴۰۰	۶۸/۹	۶/۹	
		کوارتزی	۱	۲۵۶۰	۱۲۷/۹	۱۲/۹	

جدول ۵ حداقل مقاومت مورد نیاز در محل اتصال مهار بر حسب نیوتن (N)

مساحت پانل	محیط بارباد زیاد	محیط بار باد متوسط	محیط بارباد کم
۰/۴	۲۴۰۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰
۰/۵	۳۰۰۰	۲۲۵۰	۱۵۰۰
۰/۶	۳۶۰۰	۲۷۰۰	۱۸۰۰
۰/۷	۴۲۰۰	۳۱۵۰	۲۱۰۰
۰/۸	۴۸۰۰	۳۶۰۰	۲۴۰۰
۰/۹	۵۴۰۰	۴۰۵۰	۲۷۰۰

حداقل ضخامت‌های اسمی پیشنهادی برای قطعات سنگی مسطح خارجی قائم با سطح صاف که مشابه نمونه‌های الگوی دارای عملکرد مناسب است، عبارتند از: ۳۰ میلی‌متر برای گرانیت، سنگ لوح، سنگ آهک با چگالی بالا، مرمر گروه A و تراورتن، ۵۰ میلی‌متر برای سنگ‌های با پایه کوارتزی درشت‌دانه و سنگ آهک با چگالی کم. در صورتی که قطعات سنگی کوچک‌تر از ۰/۷۵ مترمربع باشد، ضخامت‌های فوق می‌تواند کاهش یابد و در صورتی که ابعاد آن از ۱/۵ مترمربع بیشتر باشد یا در معرض فشار باد زیاد قرار گیرد، ضخامت‌ها باید افزایش یابد. در صورتی که قطعات سنگی به‌صورت سنگ درپوش، زیر سقف، کتیبه، کف پنجره، پیش‌آمدگی یا بلوک لقمه پشتیبان استفاده شوند، ضخامت آن باید افزایش یابد.

جدول ۴ حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز بر حسب Mpa برای بار باد با شدت کم

ضخامت قطعه سنگ بر حسب mm						
حداکثر بعد سنگ یا فاصله بین دو تکیه‌گاه سنگ (mm)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
۳۰۰	۱/۵۲	۰/۶۸	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۲
۴۵۰	۳/۴۲	۱/۵۲	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۲۸
۶۰۰	۶/۰۸	۲/۷۰	۰/۵۲	۰/۹۷	۰/۶۸	۰/۵۰
۷۵۰	۹/۴۹	۴/۲۲	۲/۳۷	۱/۵۲	۱/۰۵	۰/۷۷
۹۰۰	۱۳/۶۷	۶/۰۸	۳/۴۲	۲/۱۹	۱/۵۲	۱/۱۲

بار گسیختگی مهار

جدول ۵ حداقل مقاومت مورد نیاز در محل اتصال مهار را نشان می‌دهد. ضخامت نمونه‌ها باید بر اساس ضخامت‌های نشان داده شده در جدول ۲ تا ۴ باشد. اگر مهارهای نگهدارنده لبه‌ای مورد استفاده قرار گیرد پیشنهاد می‌شود که ضخامت، حداقل ۵ میلی‌متر نسبت به جداول افزایش یابد.

