فصـــل چهارم

انتخاب سنگ‌نما و ملاحظات طراحی سازه‌ای

۴-۱- کلیات

در طرح که به طور وسیع از سنگ نما و مهارها استفاده می‌شود، پیشنهاد می‌شود که مهندس سازه الزامات فنی مورد نیاز طرح را جمع‌آوری کند، تکیه گاهها،نگهدارنده‌ها و بیشترین جابجایی مجاز نما با ویژگیهای حرکتی پیش‌بینی شده قاب ساختمان، شامل محاسبات کاهش طول و مطابقت آن با نما را مد نظر قرار دهد. به علاوه، در چنین طرح‌هایی پیشنهاد می‌شود که با مشورت مهندس سازه، یک جدول از مشخصات فنی که همه جوانب و مشخصات سنگ و یا مهاربندی‌ها را در برمی‌گیرد آماده گردد که در برگیرنده تعریف اجرای چند آزمایش ویژه مورد نیاز در مراحل پیشرفت کار باشد.

دقت در ساخت و اجرای پشت کار، بسیار ضروری است. در غیر این صورت، اتصالات طراحی شده در موقع نصب با مشکل روبرو خواهد شد.

۴-۲- عوامل تعیین کننده در طراحی سیستم‌های مهاربندی

قبل از انتخاب سیستم مهاربندی و سیستم تکیه گاهی باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- عملکرد سنگ مورد نظر با توجه به ساختمانهای موجود در همان محل یا در محیطهایی با شرایط مشابه.
- عملکرد سیستم مهار بندی و تکیه گاهی مورد نظر با توجه به ساختمانهای موجود در همان محل یا محیطهایی با شرایط مشابه.
- رفتار مجموعه سنگ و مهار متصل به یکدیگر
- مشخصات فیزیکی سنگ
- تعیین بار مجاز و ضرایب ایمنی

چ) تعیین بارهای باد و زلزله

چ) پیش‌بینی تغییرات ابعادی ساختمان

یادآوری : به عواملی از جمله نوسان بار باد، تغییرات حرارتی، تغییر شکل ارتجاعی، حرکات ناشی از زلزله، خزش و انقباض باید توجه شود.

ح) ایجاد فضای خالی بین نما و دیوار پشت کار به منظور دستیابی به موارد ذیل

- تطابق مهارها، سرپیچ‌ها، پیچ‌های تنظیم (یا تنظیم کننده‌ها) که مجموعاً می‌توانند ۲۵ میلی‌متر باشند.
- عایقکاری حرارتی دیوار پشت کار در صورت نیاز
- به حداقل رساندن نفوذ آب باران به دیوار پشت کار
- به حداقل رساندن تغییرات حرارتی، (با توجه به اینکه فضای خالی به عنوان عایق حرارتی نیز عمل می‌نماید)

خ) هماهنگی زیرسازه‌های مجاور و اعضا، از قبیل هماهنگی آبچکانها با تکیه گاههای پنجره، مسیرهای شستشوی پنجره و عایقکاری پشت کار.

د) برنامه‌ریزی کنترل رطوبت در درزها، انتخاب درزگیر و جمع‌آوری رطوبت داخلی و سیستم‌های تهویه.

ذ) ارزیابی پتانسیل خوردگی گالوانیکی یا شیمیایی

ر) توجه به اصول کلی زیر در طراحی مهارها و اتصالات مفید هستند :

- ساده‌ترین اتصالات معمولاً بهترین هستند.
- بهتر است اتصالات با کمترین قطعات ساخته شوند.
- استفاده از کمترین انواع اتصال مهاری ممکن در هر طرح خاص
- قابل تنظیم بودن اتصالات با توجه به رواداریهای مصالح و ساختمان
- وزن سنگ فقط باید به تکیه گاهها منتقل شود.
- محل اتصال قابل دسترس برای نصب کننده باشد.
- طراحی قطعات اتصال و سوراخهای سنگ به نحوی انجام گیرد که از حبس شدن رطوبت در آنها جلوگیری شود.
- در اتصالاتی که شیار سنگ موازی با جهت بار بوده و قطعات در معرض اصطکا کبا یکدیگر قرار دارند، در تطبیق پیچ‌های نگهدارنده و واشرها با ابعاد شکاف و نحوه نصب پیچ‌ها دقت

خاص مبذول گردد.

۴-۳- فضاهای خالی

فضای آزاد با عرض کافی باید برای بیرون راندن رطوبت موجود بین سنگ نما و پشت کار ایجاد گردد. عرض فضای خالی باید به گونه‌ای طراحی گردد که فاصله آزاد به پهنای حداقل ۱۰mm مطابق با رواداریهای ساختمان ایجاد کند. در نقاطی که احتمال حبس و جمع شدن آب وجود دارد باید خروجی آب در نظر گرفته شود، مانند ترازهای دارای عایق نم‌بند. وقتی که فضای خالی عریض تراز ۱۰۰ میلی‌متر باشد لازم است قاب‌بندی اضافی یا مهاربندی مخصوص برای نگهداری سنگهای نما ایجاد گردد.

۴-۴- ایجاد موانع آتش در فضاهای خالی

لازم است این موانع برای گسترش آتش به صورت افقی و قائم در فضای خالی پشت سنگها تعبیه گردد و باعث کاهش اثر آتش بر روی مهارها شود. موانع افقی باید در هر طبقه ایجاد شود تا نتوانند از گسترش آتش از طبقه‌ای به طبقه دیگر جلوگیری کنند. موانع قائم هم باید در امتداد دیوارهای تقسیم‌بندی فضاهای ساختمان قرار گیرند.

دقت ویژه باید در جزئیات اجرای موانع آتش در مهاربندی‌ها و درزهای قائم بین سنگها به عمل آید تا از ایجاد شکافهایی در این موانع جلوگیری شود.

موانع باید از مواد غیر قابل احتراق که مدت مقاومت آنها در برابر آتش حداقل $\frac{1}{2}$ ساعت باشد، ساخته شده باشند و به میزان کافی تثبیت و حمایت شوند تا در طول عمر نما دوام بیاورند. جزئیات مربوط به این موانع در نشریه ۱۱۲ سازمان برنامه بودجه و مقررات ساختمانی کشورهای مختلف وجود دارند.

۴-۵- عایقکاری حرارتی پشت نما

در مواقعی که لازم است پشت نما عایق شود، چنین عایقهایی باید به صورت زیر باشند:

- غیر قابل احتراق یا با قابلیت احتراق محدود
- جذب رطوبت نباشد
- فاسد نشدنی و غیر قابل نفوذ توسط حشرات موذی باشد.

یادآوری : عایق باید به روشی تثبیت شود تا فضای خالی پشت سنگ باقی بماند. بعضی از سنگها اگرنتوانند خشک شوند ممکن است آسیب ببینند(م . ش ۴-۳).

۴-۶- هوازدگی و عبور آب باران

سنگ در قسمتهایی از نما که در معرض هوازدگی قرار دارد، تغییرات احتمالی در رنگ و بافت آن باید در نظر گرفته شود. این تغییرات می‌تواند هم روی طرح و هم انتخاب مصالح برای نما تعیین کننده‌باشد. به تغییرات احتمالی در رنگ مصالح بندکشی باید توجه شود. در تغییرات ظاهری نمای یک ساختمان به علت هوازدگی، اساساً جوانبی از قبیل موقعیت ساختمان، طرح‌نما، بخصوص به هنگام ریزش آب باران، درجه آلودگی هوا و اثر یخبندان موثر است. جاری شدن آب باران روی نما به طور یکنواخت می‌تواند باعث لک شدن و زشتی آن گردد. سطوح پرداخت شده کمک‌می‌کند که جریان آب به طور یکنواخت و هموار پخش شود و برجستگی‌های آن می‌تواند به صورتی باشد که آب را هدایت کند. با وجود این باید دقت کرد که این برجستگی‌ها به شستشوی غیر یکنواخت نما کمک نکنند.

بدشکل شدن اندازه‌ها (پاسنگها) می‌تواند به علت رطوبت بالارونده و پاشیده شدن آب باران از کف‌زمین باشد. این مسئله می‌تواند با استفاده مناسب از سنگهای بادوام و حتی‌الامکان تیره به حداقل برسد.

در هر روشی که برای ساخت و اتصال نما استفاده می‌شود باید پیش‌بینی کرد که آب باران یا رطوبت هوا در فضای خالی بین نما و دیوار پشت کار، نفوذ خواهد کرد.لذا در چنین فضاهایی باید به میزان کافی زهکشی و آب‌بندی در نظر گرفته شود. احتمال عبور آب باران و شستشو یا لک شدن قسمتهای زیرین نما نیز باید در مرحله طراحی در نظر گرفته شود.

۴-۷- آلودگی جوی

میزان کثیفی سنگها بر اثر آلودگی جوی در هر محلی باید با بررسی دیگر ساختمانهای موجود در آن ناحیه بویژه موارد مؤثر بر نازیبا شدن این ساختمانها مشخص شود.

۴-۸- اثر یخ‌زدگی

معمولاً سنگ به کار رفته نباید تحت تأثیر یخ‌زدگی قرار گیرد. روشهای مختلف و مناسبی باید برای محافظت سنگ انجام گیرد. استفاده از درزپوشهای فلزی زنگ‌نزن روی قرنیزها، یا دیگر

برجستگی‌های موجود در طرح برای جلوگیری از خیس شدن سطوح افقی و نهایتاً جلوگیری از آسیب و خسارت ناشی از یخ زدگی توصیه می‌شود.

۴-۹- شوره زدگی

شوره زدگی نوعی پوشش سفید است که علت آن مهاجرت نمکهای محلول موجود در بعضی مصالح ساختمانی بر سطح آنهاست که متبلور می‌شوند. و معمولاً مزاحمتی برسطح نما ایجاد نمی‌کنند مگر اینکه سنگهای نمابر روی آجرهای دارای نمک باشد. معمولاً توصیه می‌شود که شوره‌زدگی به حال خود رها شود. هنگام اجرای نما ا گرسنگهای نما و دیوار آجری پشت‌کار هر دو خشک باشند، خسارت ناشی از شوره‌زدگی کاهش می‌یابد. با نم‌بندی دیوار آجری قبل از اجرای نما روی آن می‌توان از مهاجرت نمکها جلوگیری کرد. توصیه می‌شود که فضایی خالی بین سنگهای نما و پشت کار ایجاد شود.

۴-۱۰- لک شدن[1]

برای جلوگیری از لک شدن احتمالی ناشی از خوردگی فلزات به کار رفته بر سطح نما، از مصالح زنگ‌نزن مانند فولاد زنگ‌نزن یا یک فلز غیر آهنی مانند برنز آلومینیومی، برنز فسفری یا برنز آلومینیوم سیلیسیوم استفاده می‌شود: روان کننده‌های به کار رفته در برخی از درزگیرها می‌توانند باعث لک شدن سنگ شوند، لازم است تا با مشورت تولید کنندگان درزگیرها از مناسب بودن آنها اطمینان حاصل شود.

۴-۱۱- انتخاب سنگ[2]

۴-۱۱-۱- کلیات

در انتخاب مصالح طبیعی بسیار عاقلانه است که در مرحله مقدماتی طرح، تخمین محافظه کارانه‌ای از مقادیر احتمالی مورد نیاز به دست آید. طراح باید همه پیش‌بینی‌های لازم برای اطمینان از مقادیر کافی سنگ با ابعاد انتخاب شده، با توجه به رنگ و بافت مورد نظر را در نظر گیرد تا از این طریق بتواند نیازمندیهای طرح ساختمانی را در زمان مشخص برآورد نماید.

---

1 . Staining

۲- اطلاعات بیشتر در این زمینه به راهنمای انتخاب سنگ ساختمانی از انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مراجعه شود.

در مورد هر سنگی که تغییرات طبیعی بافت، رنگ، نشانه‌ها یا کیفیت در آن وجود دارد، توصیه می‌شود که نمونه‌های مختلف دریافت و بررسی شوند تا محدوده هر یک از این تغییرات مشخص شوند. خصوصاً چنانچه علائم بخصوصی نظیر خطوط بافتی روی سنگ وجود داشته باشد، طراح باید قانع شود که این علائم ضعف ساختاری سنگ نیستند.

بسیار مهم است که سنگ انتخاب شده سالم، بادوام و متجانس بوده و از تناسب خوبی برای تهیه پلا کهای نسبتاً نازک بر سطوح خارجی بر خوردار باشد. باید توجه داشت که نمونه سنگها از درزه‌ها، ترکها، شکافهای بزرگ، حفره‌ها ماسه‌ای و رسی و دیگر معایبی که احتمالاً در کاهش دوام موثرند به دور باشد.

۴-۱۱-۲- گرانیت

بیشتر گرانیتها هر پرداختی را، حتی در قسمتهای خارجی ساختمان حفظ می‌کنند.

۴-۱۱-۳- ماربل

وقتی ماربل در نمای ساختمان‌های نواحی مرطوب به کار می‌رود، پرداخت سطح باید مات باشد زیرا ماربل پرداخت شده جلای خود را در این آب و هوا از دست می‌دهد. ماربل‌های پرداخت شده می‌توانند در نواحی خشک و قسمتهای خارجی در جایی استفاده شوند که دسترسی برای محافظت منظم وجود داشته باشد.

۴-۱۱-۴- سنگ لوح و کوارتزیت

علائم و نشانه‌های طبیعی سنگ لوح و کوارتزیت قابل تغییر سنگ لوح را باید متناسب با وضعیت محیطی ارزیابی کرد. سنگ لوح و کوارتزیت ضخامتهای غیر یکنواختی دارند که غیر قابل اجتناب است ولی حداقل ضخامت نباید از مقادیر داده شده در بند ۴-۱۲ کمتر باشد.

۴-۱۱-۵- سنگ آهک و ماسه سنگ

سنگ آهک و ماسه سنگی که قرار است در نما استفاده شوند بهتر است در جهت عمود بر لایه‌بندی در کارخانه برش داده شوند. توصیه می‌شود که سنگهای انتخابی دارای جذب آب پایینی باشند.

۴-۱۲ ضخامت سنگ

۴-۱۲-۱- روش خشک

ضخامت سنگ‌نما را باید با محاسبات سازه‌ای یا آزمایشهای آزمایشگاهی در حد اجرایی (مقاومت خمشی - مدول گسیختگی) به دست آورد، حداقل ضخامت سنگ باید مطابق جدول ۴ باشد[1].

ضخامت پشت شیار در سنگها که قلابها در آنها جای می‌گیرند در جدول ۴ ارائه شده است. حداقل ضخامت لازم می‌باشد و نباید کاهش یابد. شکل ۲ موقعیت این شیارها را نشان می‌دهد. محل این شیارها باید در خط مرکزی سنگ باشد. حداقل ضخامت در جلوی شیار باید ۲۰ میلی‌متر برای سنگ آهک و ماسه سنگ و ۷ میلی‌متر برای انواع سنگهای دیگر باشد. دقت خاص در جایی که سنگ در ارتفاع پایین ساختمان و در معرض ضربه قرار دارد ضروری است.

این مسئله ممکن است با بکارگیری سنگهای ضخیم‌تر در سطوح آسیب‌پذیر یا با درزبندی کردن پشت سنگ قبل از نصب و پر کردن فاصله آزاد پشت سنگ بوسیله دوغاب ریزی یا ملات سیمانی ریزدانه سبک پس از نصب صورت گیرد.

۴-۱۲-۲- روش تر

در این روش نیز انجام دادن آزمایش و نیز محاسبات برای تعیین ضخامت سنگ توصیه می‌گردد. ضخامت سنگ باید در حدی باشد که سنگ از تولید تا اجرا در حین حمل و نقل و نصب دچار شکستگی نشود، به هر حال توصیه می‌شود که کمتر از ۲ سانتی‌متر نباشد.

---

[1] برای تعیین حداقل ضخامت انواع سنگهای ساختمانی برای نصب به روش خشک، اجرای طرح تحقیقاتی روی سنگهای ساختمانی رایج در ایران توصیه می‌گردد.

جدول ۴ – ضخامت سنگ و عمق شکاف برای تسمه دستکی در روش نصب خشک بر گرفته از BS8298:1994 (به شکل ۲ نگاه کنید)

موقعیت سنگ	نوع سنگ											
	ضخامت سنگ[1]، T			حداقل ضخامت سنگ در پشت فاق قلاب، t				حداقل عمق شکاف برای یک صفحه دستکی، d				
	G M_w SL a mm	T L_s H mm	L_s S_s mm	G W_w SL a mm	T L_s H mm	M_b mm	L_s S_s mm	G M_w SL a mm	T L_s H mm	M_b mm	L_s S_s mm
نمای خارجی												
کمتراز ۳/۷ متر روی زمین یا تراز کف و پشت‌بند شده ممتد (شامل لب‌بند)	۲۰	۲۰	۵۰	۷	۷	۷	۷(۳)	۲۵(۳)	غیر قابل استفاده			
لب بندهای کمتر از ۳/۷ متر روی زمین یا تراز کف(شامل لب‌بندها)	۳۰	۳۰	NA	۱۲	۱۲	۵۰	۱۲	۲۰(۳)	NA	۲۰	۲۰	۲۵(۳)
بیشتر از ۳/۷ متر روی زمین یا تراز کف(شامل لب‌بندها)	۴۰	۴۰	NA	۱۵	۱۵	۷۵	۱۵	۳۰(۳)	NA	۲۵	۲۵	۳۷(۳)
سقفها (شامل سقفهای شیبدار)(۴)	۴۰	۴۰	NA	۱۵	۱۵	۷۵	۱۵	۳۰(۳)	NA	۲۰	۲۰	۲۵(۳)
کف پنجره‌ها، درپوشهاو قاب پنجره‌دار پشت‌بند شده	۳۰	۳۰	NA	۱۲	۱۲	۵۰	۱۲	۲۰(۳)	غیر قابل استفاده			
قطعات بتنی بانمای سنگی	۳۰	۳۰	NA	۵۰	غیر قابل استفاده				غیر قابل استفاده			
پوشش داخلی												
کمتر از ۷ متر روی زمین یا تراز کف وپشت بند شده ممتد	۲۰	۲۰	۲۰	۵۰	۷	۷	۷(۳)	۲۰(۳)	غیر قابل استفاده			
کمتر از ۷ متر ولی بیشتر از ۳/۷ متر روی تراز زمین یاکف	۳۰	۳۰	NA	۷۵	۱۵	۱۲	۱۵	۲۰	NA	۲۰	۲۰	۲۵(۳)
بیشتر از ۷ متر روی زمین یا ترازکف (شامل لب‌بندها)	۳۰	۴۰	NA	۷۵	۱۵	۱۲	۱۵	۳۰(۳)	NA	۲۵	۲۰	۳۷(۳)
زیرنماها (شامل سقفهای شیبدار)	۴۰	۴۰	NA	۷۵	۱۵	۱۵	۱۵	۳۰(۳)	غیر قابل استفاده			

NA= غیر قابل استفاده　　G= گرانیت　　LS= سنگ آهک

LSH= سنگ آهک سخت　　Mb= ماربل برشی شده　　Mw= ماربل همگن

Q= کوارتزیت　　SL=سنگ لوح　　SS=ماسه سنگ

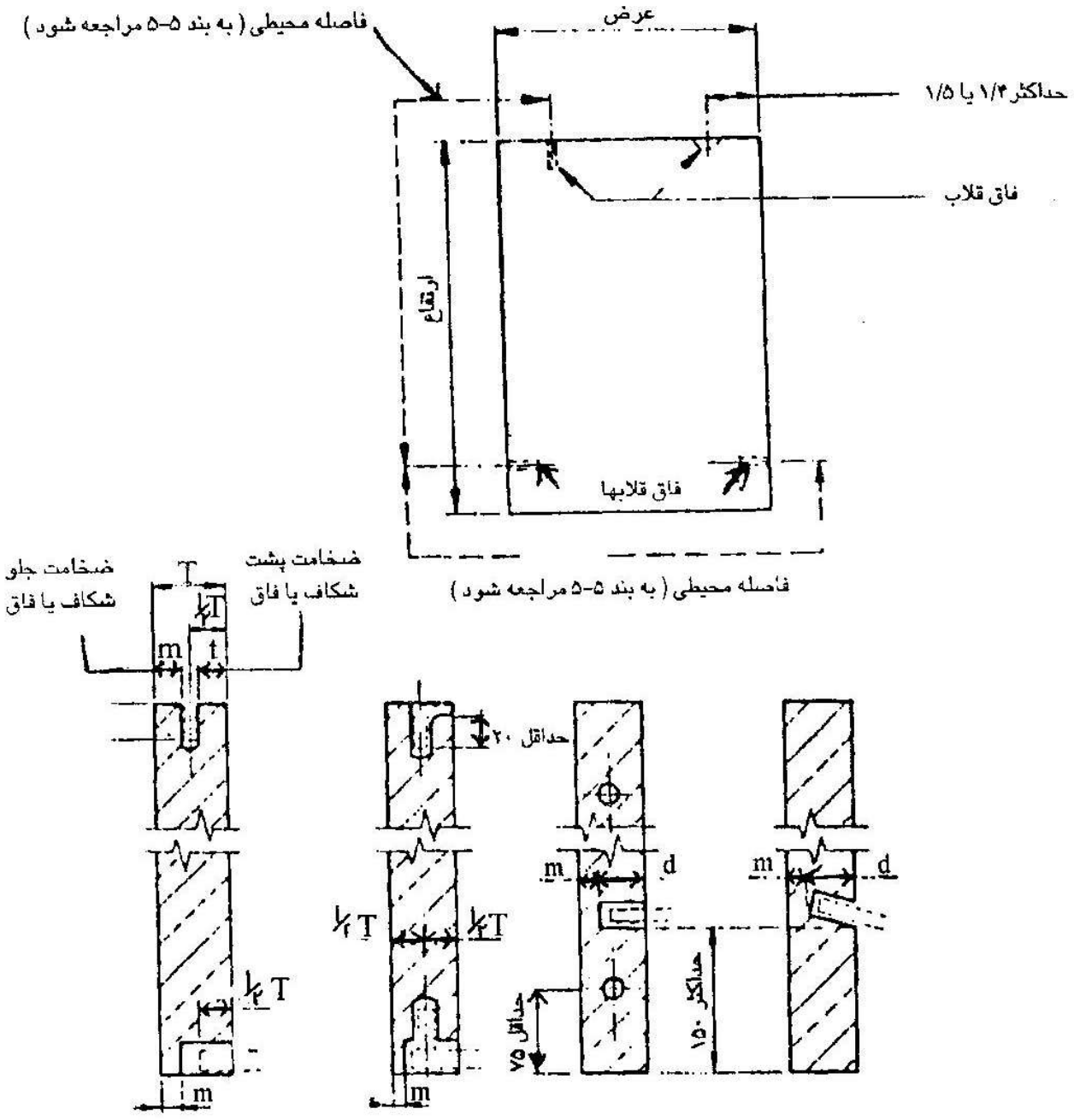
T =تراورتن

(۱) به بند ۴-۱۱ نگاه کنید.

(۲) ماربل برشی شده ممکن است نیاز به تقویت کننده داشته باشد.

(۳) اگر سنگ ضخامتی بیشتر از ۷۵ متر داشته باشد ضخامت نصف می‌شود.

(۴) اگر قطعات سنگ به‌کار رفته در سقف دارای ابعادی بیش از ۶۰۰mm×۹۰۰mm باشد باید از مهارهای اضافی استفاده کرد.



t = حداقل ضخامت سنگ پشت فاق قلاب

d = حداقل عمق شکاف برای صفحه دستکی

m = حداقل ضخامت سنگ در جلو شکاف فاق

L = طول سنگ

T = ضخامت سنگ

شکل ۲ - جزئیات ضخامت و فاق‌های سنگ ارائه شده در جدول ۴ (تمام ابعاد به میلی‌متر است)

فصـــل پنجم

نصب سنگ نما به روش خشک

۵-۱- کلیات

روشهای اتصال سنگ های نما بسیار متنوع است و بستگی به نوع سنگ، اندازه آن و نوع ساختمان دارد. در روش خشک سنگ‌های نما به وسیله مهارهایی به دیوار پشت کار تثبیت می‌شوند و بین سنگ نما و دیوار پشت کار، فضایی خالی در نظر گرفته می‌شود (بند ۴-۲ ح).

در این روش ابزار مهار بندی به پنج گروه تقسیم می‌شوند:

الف) مهارهای باربر

ب) مهارهای نگهدارنده

پ) مهارهای مرکب (ترکیبی از مهارهای باربر و نگهدارنده)

ت) مهار سطحی

ث) مهار سقف

به دلیل جابجایی‌های حرارتی باید در اجزای اتصالی نما امکان حرکت در نظر گرفته شود. باید توجه نمود که امکان دسترسی به مهارها پس از نصب سنگ وجود ندارد، لذا باید از فلزات ذ کرشده در بند ۲-۷ که پایداری مناسبی در برابر خوردگی دارند و نیازی به محافظت ندارند استفاده کرد.

مهارها باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند بارهای مرده و بارهای جانبی (فشار یا مکش باد و نیروی زلزله) را تحمل کنند و همچنین اتصال صحیحی بین سنگ و مهار ایجاد شود. سنگ‌های نما نباید تحت تنش‌های نامطلوبی قرار گیرند که ناشی از اتصال کاملاً صلب سنگ نما به سازه باشد. مهارها ممکن است مستقیماً تحت تأثیر ترکیبی از تنش‌های خمشی، برشی و کششی قرار گیرند و این تنش‌ها باید در هنگام طراحی در نظر گرفته شوند. همچنین سازه‌های پشت کار باید به گونه‌ای طراحی شوند که بار اضافی ناشی از وزن سنگ را تحمل کنند.

ابزارهای مهار بندی در طراحیها و موقعیتهای غیرعادی باید به وسیله آزمایش مورد تأیید

قرار گیرد. ملات به کار رفته برای تثبیت مهار در محل خود شامل یک قسمت سیمان زود گیر یا معمولی و یک قسمت ماسه می‌باشد. ملات باید با یک روانی کم، مخلوط و به خوبی درون سوراخهای اطراف مهار کوبیده شود و قبل از اینکه باری روی آن اعمال شود باید اجازه داد که به مدت ۴۸ ساعت خود را بگیرد.

تعداد، نوع و موقعیت مهارها بستگی به عوامل زیر دارد:

الف) نوع سنگ مورد استفاده

ب) ضخامت و مساحت پلا کهای‌سنگی

پ) ماهیت پشت کار یا لایه زیرین نما (بتنی، آجری و غیره)

ت) بارهای وارده به هر مهار مانند بار مرده، بار تناوبی یا ترکیبی از هر دو

۵-۲- خوردگی دو فلزی

طراحی باید به گونه‌ای باشد که از تماس مضر بین دو فلز جلوگیری شود. ا گرنتوان از فلزات غیر مشابه صرف نظر کرد، مثلاً در جاهایی که اجزای نما باید از طریق پیچ و مهره به اجزای فولادی سازه متصل شود، دو فلز باید به وسیله بطانه‌ها یا واشرهایی از مواد مناسب مجزا شوند. توصیه‌هایی برای جلوگیری از خوردگی تماس دو فلزی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵ ـ توصیه‌هایی برای جلوگیری از خوردگی دو فلزی

فلزات	برنز آلومینیومی و برنز سیلیسیومی	برنزفسفری	مس	فولادضدزنگ	فولادنرم	چدن	آلومینیوم	روی
برنزآلومینیومی و برنز سیلیسیومی		۰	۰	۱	×	×	×	×
برنز فسفری	۰		۰	۱	×	×	×	
مس	۰	۰		۱	×	×	×	×
فولادضدزنگ	۱	۱	۱		×	×	×	۱
فولادنرم	×	×	×	×		۱	×	×
چدن	×	×	×	×	۱		×	×
آلومینیوم	×	×	×	×	×	×	×	۱
روی	×	×	×	۱	×	×	۱	

۰ – می‌توانند در تمام شرایط در تماس باشند

۱ – می‌توانند فقط تحت شرایط خشک در تماس باشند

× – نباید در تماس باشند.

۵ـ۳ـ تنش‌های مجاز

در طراحی مهارهای فولادی ضد زنگ، تنش مجاز باید در نظر گرفته شود. مقادیر تنش‌های مجاز مهارهای فولادی باید با مندرجات مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۰ و یا یکی از آیین نامه‌های معتبر بین‌المللی مطابقت نماید.

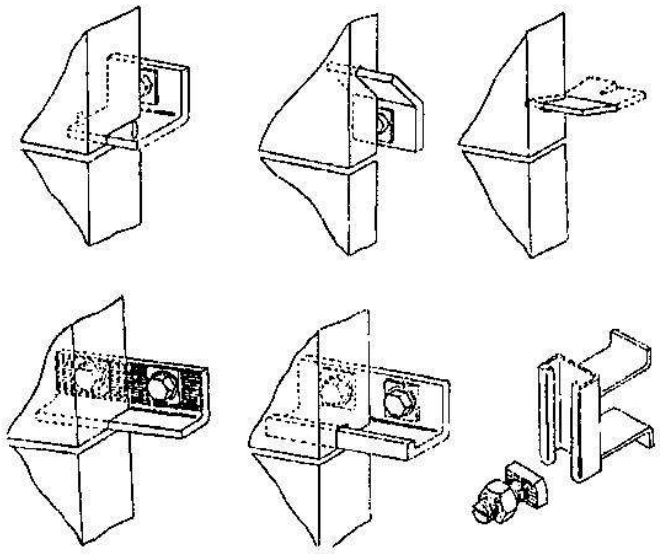
۵ـ۴ـ مهارهای باربر

این مهارها باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند بارهای منتقل شده را تحمل کنند. انتخاب اندازه، تعداد و موقعیت مهارها باید از راه تحلیل یا آزمایش مشخص شود. این مهارها در صورت امکان باید در زیر لبه زیرین پانلها قرار گیرند. نمونه‌هایی از این مهارها در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

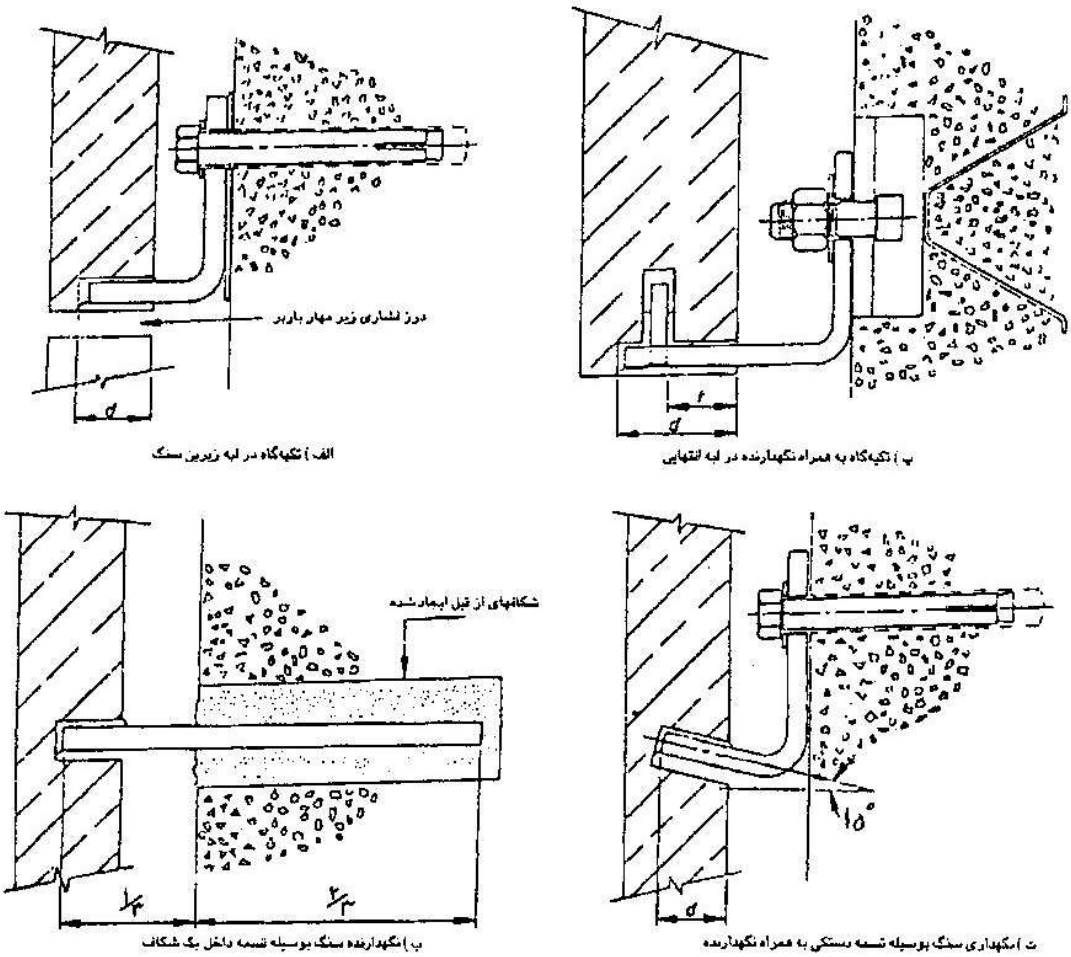
این مهارها به شکلهای مختلف وجود دارد و همهٔ آنها در شکافها یا سوراخهایی درون سنگ قرار می‌گیرند. باید توجه شود که برش ایجاد شده در سنگ برای نشستن دستکهای باربر و غیره آسیبی به مقاومت سنگ نرساند. طول مؤثر شکاف نباید از $\frac{1}{4}$ طول سنگ کار گذاشته شده بیشتر باشد. تکیه گاههای‌دستکی باید دست کم ۳ میلی‌متر داخل عمق کامل d طبق جدول ۴ نفوذ نمایند.

اعضای تکیه گاهی‌باربر، مانند تسمه‌های دستکی (یک سر آزاد) و نبشی‌ها باید در مقابل بارهای وارده مقاومت نمایند. تکیه گاه‌منفرد که دو سنگ را نگه می‌دارد نباید عرضی کمتر از ۷۵ میلی‌متر داشته باشد. در درزهای حرکتی قائم، سنگها باید روی دو تکیه گاه‌جدا گانه‌قرار گیرند، که هر یک در یک طرف درز حرکتی قرار گرفته و هر تکیه گاه‌نباید عرضی کمتر از ۵۰ میلی‌متر داشته باشد. مهار نگهدار باید در تراز تکیه گاههای‌باربر یا همراه با آن پیش‌بینی شود.

صفحات دستکی باید درون شکافهای از قبل ایجاد شده در تکیه گاه‌سازه‌ای کار گذاشته شوند. قسمت درگیر شدهٔ این دستکها با سازه باید به اندازه دو برابر قسمت خارجی دستک از نمای واقعی سازه باشد (شکل ۴). در جایی که نتوان از عهده کارگذاری دستک برآمد باید روش دیگری برای نگهداری تکیه گاه‌در نظر گرفت. صفحات دستکی باید به صورت افقی یا کمی مورب به طرف بالا کار گذاشته شود. مهارهای باربر همچنین می‌توانند به عنوان عامل نگهدارنده نیز عمل نمایند.



شکل ۳ – تعدادی از انواع مهارهای باربر



نکته ۱ – t حداقل ضخامت سنگ در پشت فاق قلاب است. d حداقل عمق شکاف برای صفحات دستکی است.

نکته ۲ – به بند ۴-۱۲ و شکل ۲ که توصیه‌هایی در ارتباط با حداقل ضخامت سنگ در جلو شکاف یا فاق ارائه کرده است توجه کنید.

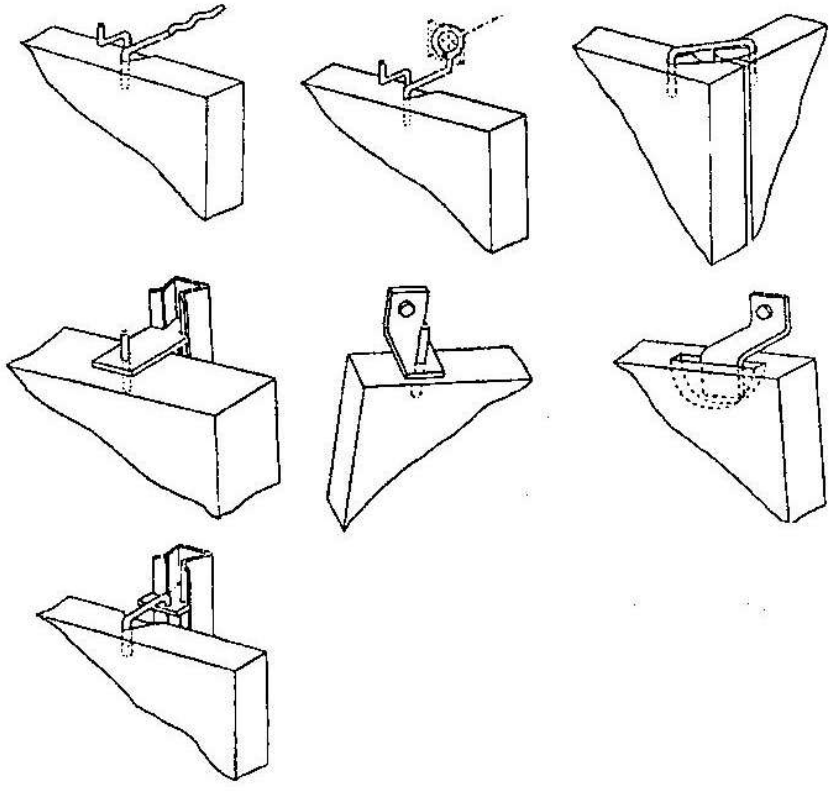
شکل ۴ – جزئیات انواع مهارهای باربر

۵ـ۵ ـ مهار نگهدارنده

مهار نگهدارنده باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر فشار و مکش باد، نیروی زلزله و هر گونه‌نیروی وارده دیگر مقاومت کند. شکافهای مستطیلی ایجاد شده در سنگ برای چنین مهارهایی باید متناسب با نوع مهار به شکل فاق یا شکافهای بسته در نظر گرفته شود. برای رسیدن به بازده سازه‌ای و کاهش آسیب احتمالی، شکافها باید به طور تقریبی در $\frac{1}{5}$ طول سنگ برای سنگهای توده‌ای مترا کمو $\frac{1}{4}$ طول سنگ برای سنگهای مترا کم‌قرار گیرند (شکل ۲).

در صورتی که نتوان در این حدود چنین شکافی را ایجاد نمود معمولاً حداقل باید به فاصله ۷۵ میلی‌متر از لبه‌های سنگ باشد. فاصله محیطی مهارهای نگهدارنده نباید از ۱۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد، غیر از مواردی که با محاسبات سازه‌ای یا آزمایشهای اجرایی بتوان به مقدار آن پی برد(شکل ۲).

حدا کثرچهار مهار نگهدارنده باید در اطراف سنگ باشد. عموماً این مهارها در درزهای بالا و پایین قرار داده می‌شوند، اما بستگی به نحوه طراحی و ترتیب نصب آن دارد. قسمت زیرین سنگ ممکن است به وسیله ترکیبی از مهارهای نگهدارنده و باربر تثبیت شود (بند ۵ـ۶). برای سنگهای کوچکدو مهار کار گذاشته شده در درزهای مقابل هم‌احتمالاً کافی خواهد بود.



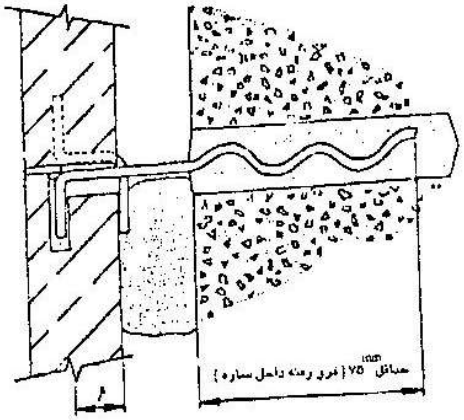
شکل ۵ – انواع مهارهای نگهدارنده

نوع مهار کاملاً بستگی به ضخامت سنگ دارد و در همه مواقع، میزان فرورفتگی در سنگ نباید کمتراز ۲۰ میلی‌متر باشد (جدول ۴). برای مهاربندی‌های پر شده از گروت عمق فرورفتگی (درگیری) مهار در ساختمان نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد.

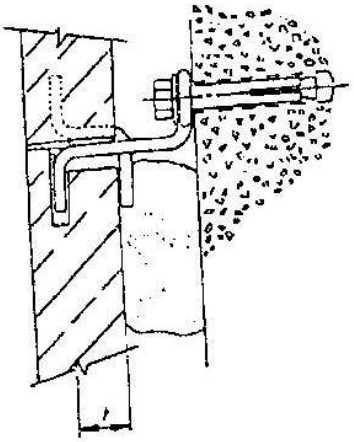
سنگهای با ضخامت تقریبی ۳۰ میلی‌متر و کمتر باید به وسیله مهارهای سیمی یا قلابهایی نگهداری شوند و قطر سیم یا میلگردهای اتصالی حداقل ۳ میلی‌متر باشد (به شکلهای ۶الف، ۶ب، ۶پ، یا ۶ث نگاه کنید).

سنگهای تقریباً با ضخامت ۴۰ میلی‌متر باید به وسیله مهارهای سیمی یا قلابهایی نگهداری شوند و قطر سیم یا میلگردهای اتصالی نباید کمتر از ۵ میلی‌متر باشد (به شکلهای ۶الف، ۶ب، ۶ پ یا ۶ت نگاه کنید).

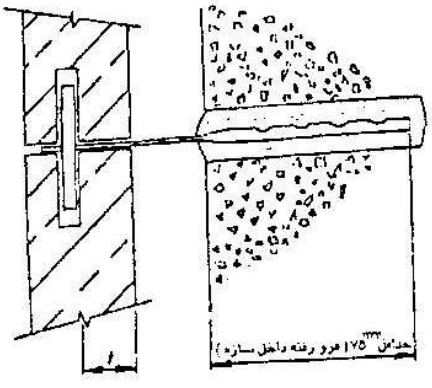
سنگهای با ضخامت تقریبی ۵۰ میلی‌متر باید به وسیله قلابها یا میلگردهای اتصال نگهداری شوند (به شکلهای ۶پ و ۶ت نگاه کنید).



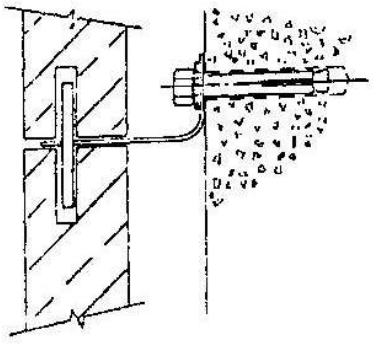
الف) مهار از جنس میلگرد که در داخل سازه دوتاب ریزی شده است



ب) مهار از جنس میلگرد که به داخل سازه پیچ شده است



پ) قلاب یا میلگرد انتظار که در داخل سازه دوتاب ریزی شده است

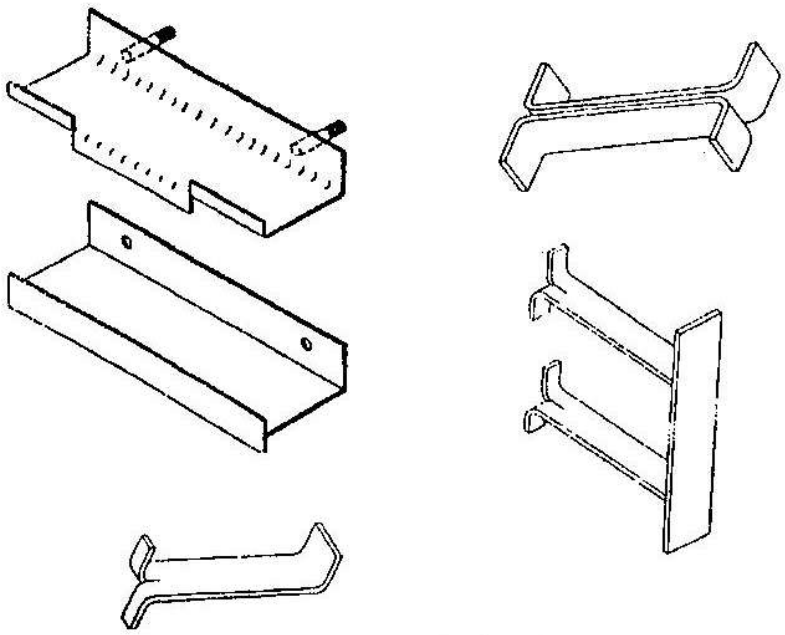


ت) قلاب یا میلگرد انتظار که به داخل سازه پیچ شده است

شکل ۶ - جزئیات انواع مهارهای نگهدارنده

۵ـ۶ـ مهارهای مرکب (ترکیبی از مهارهای باربر و نگهدارنده)

طراحی مهارهای مرکب باید به گونه‌ای باشد که در مقابل نیروهای جانبی و بار مرده سنگ مقاومت کند. این مهارها باید حتی‌الامکان نزدیک به قسمت زیرین سنگ (شکل ۴ ب) و در موقعیتهای نشان داده شده در شکل ۲ قرار گیرند. انواع مهارهای مرکب در شکل ۷ نشان داده شده است.

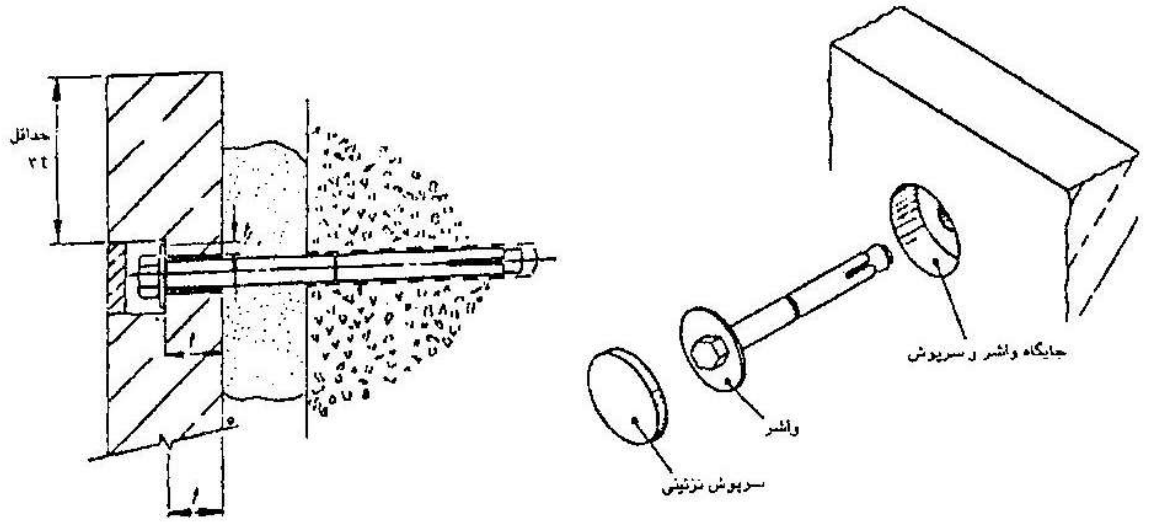


شکل ۷ – انواع مهارهای مرکب

۵ـ۷ـ مهار سطحی

معمولاً مهارهای سطحی در مرمر و گرانیت یا پلا کهای‌سنگی نازک استفاده می‌شوند (شکل ۰ . در این حالت، هر پلا کسنگی‌نما از چهار نقطه سوراخ شده و به کمک پیچ‌های فولادی زنگ‌نزن ـ غیر آهنی به زمینه یکپارچه پشت کار متصل می‌گردد. تمامی وزن پلا کهای‌سنگی توسط پیچ‌ها تحمل می‌شود و این پیچها باید از مقطع کافی جهت تحمل وزن سنگ برخوردار باشند و به شکل ـنیق و محکمی به پشت کار متصل شوند تا از گسیختگی اتصال جلوگیری شود. همچنین می‌توان ـ این روش هنگامی که شکستگی یا جدا شدگی سنگ از دیوار پشت کار اتفاق بیفتد یا هنگام بروز حوادث دیگر برای تثبیت مجدد سنگ استفاده کرد. می‌توان این مهارها را به صورتی استفاده نمود کهشکل تزئینی بر روی سنگ داشته باشند. در این کاربرد، سرپوش تزئینی یا واشر در نمای خارجی سنگ با یک پیچ که یا از این واشر عبور کند و یا به آن جوش داده شود، در معرض دید قرار می‌گیرد. یک پشتبند یا واشر نیز باید در پشت سنگ به صورتی به کار رود که بارهای جانبی را به

سرتاسر پیچ منتقل و سپس توسط پیچ به ساختمان وارد کند. چهار پیچ در یک فاصله مشخص از هم قرار می‌گیرند به طوری که اندازه این فاصله از هر لبه مساوی سه برابر حداقل ضخامت سنگ در پشت پیچ (۳t) طبق جدول ۴ باشد، اما در هیچ حالتی کمتر از ۷۵ میلی‌متر نباشد. در صورتی که مقاومت سنگ به عللی از قبیل ترک خوردن یا آسیب دیدن کاهش یافته باشد، لازم است فاصله پیچ‌ها از لبه افزایش یابد. برای سنگهای کوچک ممکن است کمتر از چهار پیچ کافی باشد. نوع پیچ انبساطی و غلاف به کار رفته نباید نیرویی اعمال کند که باعث تنش اضافی روی سنگ شود. برای کل‌سیستم استفاده شده باید از موادی که در بند ۳-۷ ذکرشده است استفاده کند. در صورتی که تمایلی به نمایان بودن مهارها نباشد باید شکافی روی سنگ ایجاد کرد که فضای کافی از لبه سنگ را داشته باشد و بعد از اتصال سنگ، شکافها را با مصالحی به رنگ سنگ پوشاند. از مزایای مهار سطحی این است که بعد از نصب بازدید و کنترل آن امکان‌پذیر است.



نکته ۱ – t حداقل ضخامت سنگ که پیچ به داخل آن فرو رفته است.

نکته ۲ – به بند ۴-۱۲ و شکل ۲ برای ضخامت توصیه شده سنگ در جلو شکاف یا فاق توجه کنید.

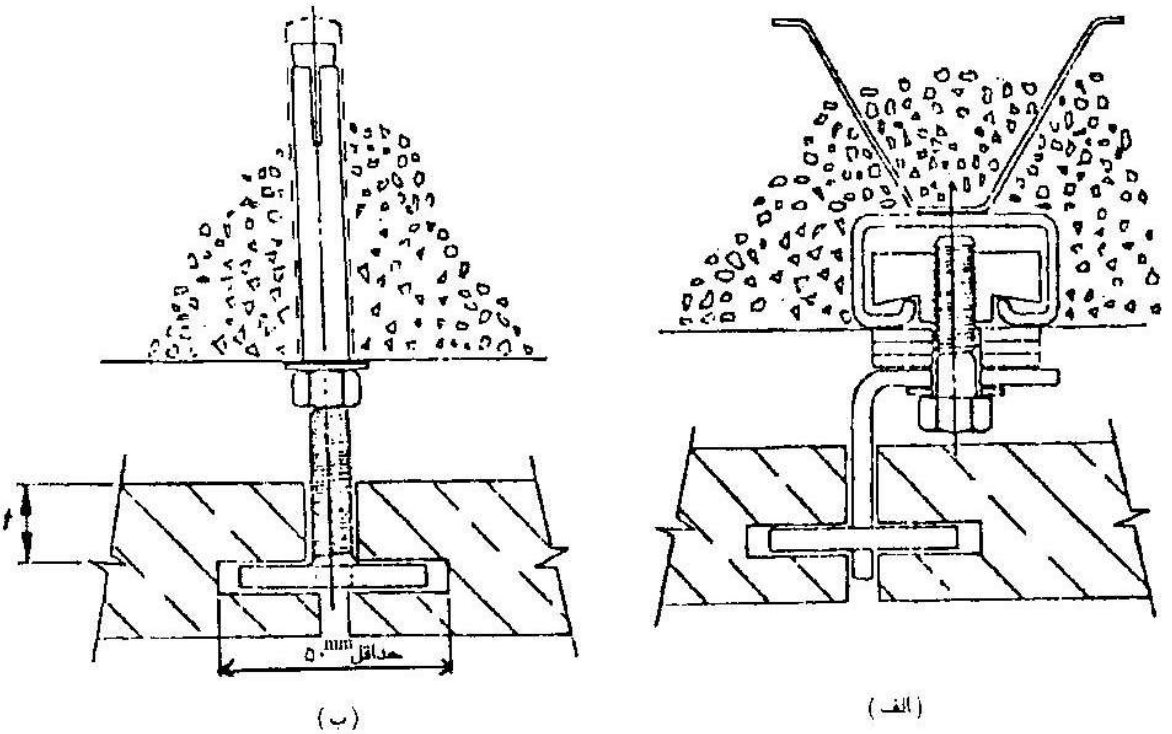
شکل ۸ – مهار سطحی

۵-۸-مهار سقفی (زیرنما)

هر چند در کشور ما استفاده از سنگهای پلا کبرای سقف بسیار محدود است و مرسوم نیست، معهذا در اینجا به طور مختصر به آن پرداخته می‌شود: در اتصال سنگ به سقف یا سطوح شیبدار که‌به طور دائم باری را روی مهار اعمال می‌کنند مشکلات خاصی وجود دارد که باید به آن توجه شود. در این حالت، سیستم مهاربندی در سازهٔ ساختمان تعبیه شده و پلا کهای‌سنگی به وسیله

پیچ‌ها و قلابها در آن جای می‌گیرند. جایی که پیچ‌های انبساطی به کار می‌روند (شکلهای ۹ الف و ۹ ب) حداقل نفوذ مؤثر پیچ باید طبق جدول ۶ باشد. اتصال سنگهای سقف ممکن است مطابق الزامات نشان داده شده در شکل ۸ به صورت مهار سطحی نیز انجام پذیرد.

روش دیگر، استفاده از قلابهایی است که که مطابق شکل ۹ الف در داخل بتن سقف کار گذاشته شده و از سقف آویزان‌اند و در شیارهای پلا کهای‌سنگی قرار می‌گیرند و تمامی وزن نمای سنگی سقف را تحمل می‌کنند. به هنگام نصب نمای سنگی سقف به زمینه یکپارچه پشت کار، در بین پلا کهای‌سنگی و پشت کار، حداقل فضای بازی به عرض ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. این فضا باید خالی از ملات باشد تا اتصال دیگری به جز اتصالات تکیه گاهی‌و اتصالات مهاری در بین پلا ک سنگی و پشت کار وجود نداشته باشد تا امکان حرکات ناهمسان در بین پلا کهاو سازه میسر گردد.

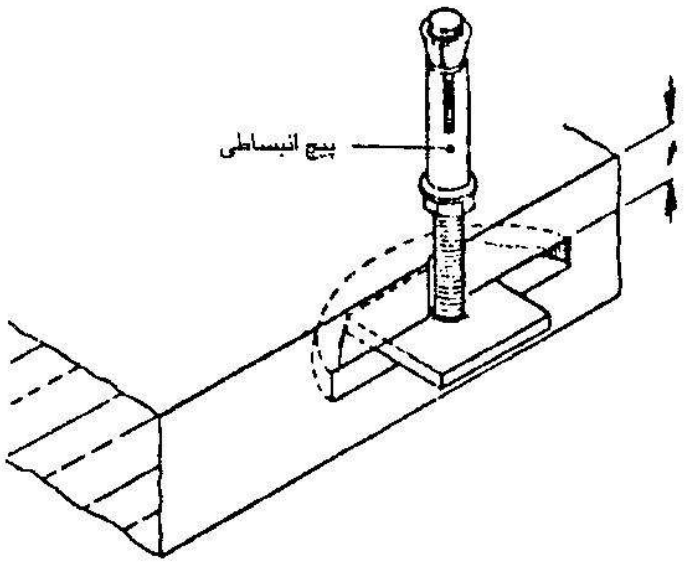


نکته۱ – سقفها ممکن است مانند مهار سطحی نشان داده شده در شکل ۸ باشند.

نکته ۲ – t حداقل ضخامت سنگ پشت مهار سقف

نکته ۳ – بند ۴-۱۲ و شکل ۲ حداقل ضخامت توصیه شده برای سنگ در جلو شکاف یا فاق

شکل ۹ – جزئیات انواع مهارهای سقف



شکل ۱۰ – تصویر دیگری از یک مهار سقفی با پیچ انبساطی

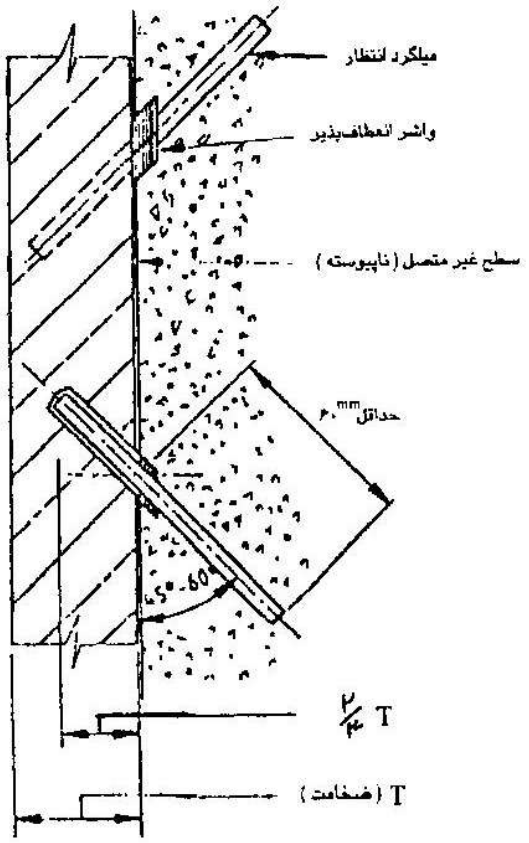
۵ـ۹ـ مهار سنگ به بتن پیش ساخته

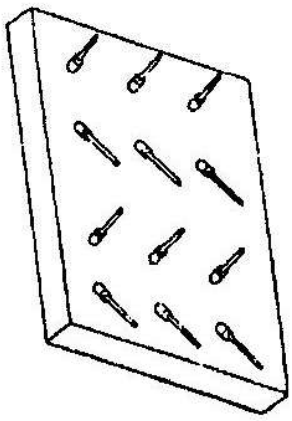
امروزه زمان و سرعت در ساختمان‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از قطعات پیش ساخته بتنی در ساختمان در کشورهای پیشرفته بسیار رایج است. نصب پلا کهای‌سنگی روی این قطعات تقریباً متفاوت از روشهای ذ کرشده است.

قطعات بتنی پیش ساخته طبق اصول صحیح و برنامه‌ریزی شده‌ای طراحی و سپس در کارخانه تولید می‌شود. هنگام طراحی این‌گونه قطعات می‌توان موقعیتهای مناسبی برای مهارهای سنگ در نظر گرفت. این مهارها از نوع میلگردهای انتظار بوده و با زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه در جهات مخالف هم، داخل قطعات بتنی کار گذاشته می‌شود (شکل ۱۱). همچنین متناسب با موقعیتهای تعیین شده، روی این قطعات تورفتگی‌هایی متناسب با قطر میلگردهای انتظار بر روی پلا کهای سنگی در کارخانه تعبیه می‌شود. تعداد و نوع میلگردها با محاسبه یا آزمایش تعیین می‌شود. عمق نفوذ این میلگردها به داخل سنگ باید دست کم $\frac{۲}{۳}$ ضخامت سنگ و در داخل قطعات بتنی حداقل ۶۴ میلی‌متر در نظر گرفته شود. میلگردها به وسیله یک واشر انعطاف‌پذیر به سنگ محکم می‌شوند. برای تغییرات حرکتی در ساختمان لازم است که فضایی خالی بین پلا کهای‌سنگی و قطعات بتنی در نظر گرفته شود. میلگردهای انتظار، مقاومت برشی و کششی خاصی برای هر نوع سنگ و بتن دارند که این مقادیر از آزمایشهای بتن و سنگ مورد نظر تعیین می‌شوند. مقاومت قطعات بتنی بسیار مهم است به طوری که این قطعات باید بتوانند وزن پلا کهای‌سنگی را تحمل کنند بدون اینکه

آسیب ببینند.

با این روش، نصب پلا کهای‌سنگی بسیار سریع صورت می‌گیرد ولی نیاز به یک برنامه‌ریزی صحیح و هماهنگی بسیار دقیق دارد.





میلگردهای انتظار در جهات مخالف هم تعبیه شده‌اند

شکل ۱۱ – جزئیات مهار بندی پلاک سنگی روی قطعه پیش ساخته بتنی

۵ـ۱۰ـ پیچ‌ها

۵ـ۱۰ـ۱ـ کلیات

محل پیچ‌ها در مهاربندی باید با دقت در نظر گرفته شود، بخصوص در سازه‌های بتن مسلح که حفر سوراخها می‌تواند باعث نمایان شدن میلگرد شود. محل میلگردهای بتن می‌تواند با استفاده از یک پوشش سنج[1] (وسیله اندازه گیری‌پوشش بتن از روی میلگرد) تعیین شود. فاصله پیچ‌ها از یکدیگر و همین‌طور از لبه سنگ باید به دقت تعیین شود. در این مورد می‌توان از توصیه تولیدکنندگان پیچ استفاده نمود.

1 . Covermeter

۵ـ۱۰ـ۲ـ پیچ‌های انبساطی

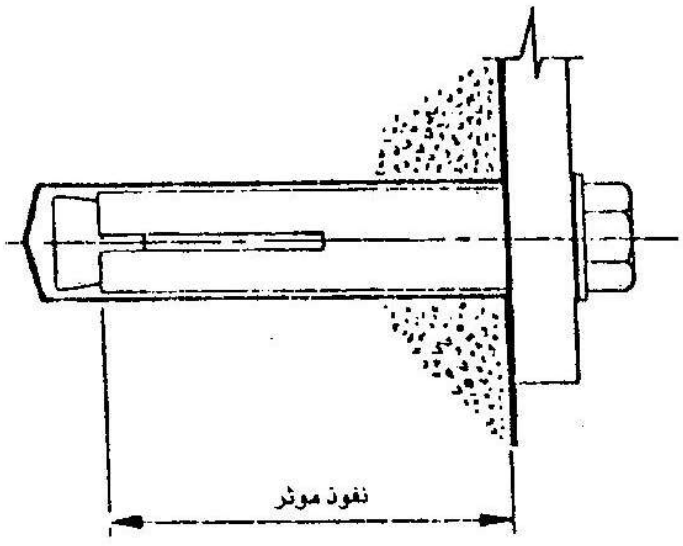
در جایی که این پیچ‌ها به کار برده می‌شوند، میزان نفوذ مؤثر آنها در داخل سازه با توجه به اندازه نیروهای وارده و مناسب بودن سطح پشت کار در نظر گرفته شود. راهنمایی کاربرد باید توسط تولیدکنندگان پیچ یا طراحان متخصص ارائه گردد.

غیر از مواردی که با آزمایش تعیین می‌گردد، حداقل نفوذ مؤثر باید متناسب با نوع مهار و مصالح سازه‌ای طبق جدول ۶ باشد. نفوذ مؤثر پیچ‌های انبساطی متغیر است و همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است برابر با طول کامل فرو رفته در سازه نیست.

جدول ۶ ـ حداقل نفوذ مؤثر(۱) لازم برای پیچ‌های انبساطی

نوع مهار	مصالح سازه‌ای	
	بتنی (mm)	آجری (mm)
باربر	۷۵	۱۰۰
سقف	۷۵	۱۰۰
نگهدارنده	۵۰	۷۵

(۱) به شکل ۱۲ نگاه کنید



شکل ۱۲ – نفوذ مؤثر یک نوع پیچ انبساطی

۵ـ۱۰ـ۳ـ محکم کردن پیچ

پیچ‌های مهاری باید مطابق با عدد گشتاور[1] توصیه شده توسط تولید کننده محکم شود.

۵ـ۱۱ـ درز بندی و بندکشی

۵ـ۱۱ـ۱ـ کلیات

پس از اجرای نمای سنگی، درزهای افقی و قائم میان پلا کهای‌سنگی را باید بندکشی کرد. قبل از بند کشی باید اطمینان حاصل نماییم که درزها کاملاً تمیز و عاری از گرد و غبار هستند. بندکشی درزهای نما با دست یا به کمک قلمهای مخصوص بندکشی که از تسمه‌های نازک فلزی که‌تاحدی حالت انعطاف‌پذیری و فنری دارند انجام می‌شود. بندکشی درزهای نما علاوه بر افزودن زیبایی دیوار، باعث مقاومت بیشتر دیوار و جلوگیری از نفوذ احتمالی حشرات، رطوبت و گرد و غبار می‌شود. نماهای بندکشی شده را به راحتی می‌توان شست و از گرد و غبار پا کنمود. درز میان پلا کهای‌سنگی نما با ملاتی بندکشی شود که علاوه برداشتن تخلخلی تقریباً مشابه با سنگ‌نما، از خصوصیاتی همچون مقاومت کافی جهت تحمل وزن نمای سنگی، آب‌بندی مناسب، بافت و رنگ مناسب جهت برجسته کردن نما و سازگاری نسبی با حرکت ناهمسان برخوردار باشد. به طور کلی نوع بندکشی یا درز بندی بستگی به نوع، اندازه، ضخامت و پرداخت سطح سنگهای نما و همچنین موقعیت سنگها روی ساختمان، شرایط آب و هوایی، ملاحظات زیبایی و عمر مورد نظر در طراحی دارد.

۵ـ۱۱ـ۲ـ درزهای پر نشده (خشک)

۵ـ۱۱ـ۲ـ۱ـ درزهای لب به لب

استفاده از اتصال لب به لب، مانند سنگهایی که بدون هر ماده پرکننده‌ای در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند در بناها مردود است زیرا حرکت اجزای ساختمان به هیچ وجه نمی‌تواند جذب شود، بنابراین به سنگها منتقل می‌شود و موجب آسیب دیدگی آن می‌گردد. به علاوه، هر گونه‌تماس بی‌قاعده و خارج از چارچوب پلا کهای‌سنگی هر چند مختصر، باعث بارگذاری متمرکز شده و در نهایت موجب آسیب‌دیدگی آنها می‌شود.

---

۱. این عدد به وسیله آچارهای مجهز به گشتاورسنج (torquemeter) خوانده می‌شود.

۵ـ۱۱ـ۲ـ۲ـ درزهای باز

بعضی مواقع درزها به صورت باز هستند و در آنها از ملات یا مواد درزگیر استفاده نمی‌کنند. این گونه درزها اغلب به عنوان طرح ظاهری و نمایشی در ساختمان به کار می‌روند، ولی این نوع طرح در خارج از ساختمان، فقط در جایی باید اجرا شود که آب به فضای خالی پشت سنگ نما نفوذ نکند (یا اینکه نفوذ آن به فضای خالی پشت سنگ غیر مضر تشخیص داده شده باشد).

۵ـ۱۱ـ۳ـ درزهای پر شده به غیر از درزهای فشاری و حرکتی

درزها در نمای خارجی بویژه ماسه سنگ و سنگ آهک، معمولاً با ملاتهای ماسه ـ سیمان یا سیمان، آهک و ماسه پر می‌شوند، اما در گرانیت، سنگ لوح و ماربل بیشتر با یک ماده مناسب درزبندی می‌شوند. همه درزهای نما باید در یک مرحله درزبندی و بندکشی شوند تا یکپارچگی حفظ شود. در صورتی که قرار است مواد رنگی در درزها استفاده شود، درزها باید در حین کار، تا عمق حداقل ۱۲ میلی‌متر برای ملات و حداقل تا عمق ۱۰ میلی‌متر برای مواد درزگیر الاستومری ایجاد گردد.

در مورد پوشش داخل نیز می‌توان از مواد مشابه استفاده نمود. در عین حال اگرعرض درزها کم(حدود یک تا دو میلی‌متر) باشد می‌توان از مواد دیگر مانند خمیر سیمان، گروت یا ملات گچ نیز استفاده کرد. در هر مورد از رنگ طبیعی مواد می‌توان استفاده کرد یا آنها را با مواد رنگی مخلوط نمود.

۵ـ۱۱ـ۴ـ مخلوطهای ملات

نوع ملات به کار رفته برای بندکشی و درزبندی سنگها بستگی زیادی به نوع، اندازه، سطح تمام شده نما که در معرض شرایط سخت آب و هوایی است، دارد. ملات بندکشی باید در مقابل یخزدگی مقاوم و مقاومتی بیشتر از خود سنگ نداشته باشد نوع ملات برای سنگ آهک و ماسه سنگ باید از ترکیب ۱: ۱: ۵ تا ۶ سیمان: آهک: ماسه یا ۱: ۲: ۸ تا ۹، سیمان: آهک: پودر سنگ عبور کرده از الک ۱/۴ میلی‌متر به کار رود.

یادآوری: منظور از پودر سنگ، سنگهای آسیاب شده از همان سنگی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد، مثلاً پودر سنگ برای سنگ آهک. در مورد ماسه سیمان استفاده از ماسه معمول می‌باشد.

نوع ملات مورد مصرف برای درزهای باریک گرانیت، سنگ‌لوح یا سنگهای مشابه باید از سیمان و ماسه و پرمایه باشد. درزهای پیش از ۴ میلی‌متر عرض باید با ملات خیلی ضعیف‌تر (کم مایه) پر شود تا امکان‌پیدایش ترکهای انقباضی را کاهش دهد.

۵ـ۱۱ـ۵ـ عرض درزها

حدا کثرعرض درزهای پر شده از ملات باید ۱۳mm باشد، اما درزهای پر شده با مواد درزگیر طبق توصیه تولید کننده می‌توانند تا ۳۰ میلی‌متر عرض داشته باشند. حداقل عرض متداول درزها در جدول ۷ داده شده است. در صورت ضرورت حداقل درز برای پوشش داخلی از جنس گرانیت، ماربل، سنگ آهک سخت و سنگ لوح می‌تواند کاهش یابد، اما این منوط به دقت زیاد در برش و تولید سنگ است.

جدول ۷ ـ حداقل عرض متداول درزها

نوع سنگ	مصالح درزبندی	
	ملات (mm)	درزگیر (mm)
گرانیت، ماربل، سنگ آهک سخت و سنگ لوح	۳	۵(۱)
سنگ آهک نرم و ماسه سنگ	۵	۵

(۱) زیر تراز اولین طبقه درزگیر می‌تواند به ۳ میلی‌متر کاهش یابد.

۵ـ۱۱ـ۶ درزهای فشاری و حرکتی

۵ـ۱۱ـ۶ـ۱ـ کلیات

طراحی درزهای فشاری و حرکتی باید مطابق با بندهای ۵ـ۱۱ـ۶ـ۲ و ۵ـ۱۱ـ۶ـ۳ باشد، اما عامل زمان بین ساخت قاب و نصب نما اهمیت دارد. بنابر این هرچه زمان این دو کوتاهتر باشد، درزها باید بزرگتر باشند.

لازم است مطمئن شویم که به هیچ وجه گروت یا ملات یا مصالح دیگر در درز جمع نشده باشند. قبل از درزبندی همهٔ درزها باید تمیز و مورد بازرسی قرار گیرند.

۵ـ۱۱ـ۶ـ۲ـ درزهای فشاری

اصولاً درز فشاری طوری طراحی می‌شود که کاهش قائم طول قاب را بپذیرد و از انتقال نیروهای فشاری به وجود آمده به نما جلوگیری نماید. درزهای فشاری افقی هستند و معمولاً در هر طبقه باید بلافاصله در زیر تکیه گاه‌نما قرار گیرند.

عرض درز باید طوری محاسبه شود که حدا کثرکاهش طول ستون یا دیوار در تمام حالتها تأمین شود. در محاسبه، ترا کم‌پذیری‌بندکشی یا درزبندی نیز در نظر گرفته شود زیرا اینها هنگامی که به طور کامل مترا کم‌شوند، احتمالاً فشار را منتقل خواهند ساخت. توصیه می‌شود عرض درز کمتر از ۱۵ میلی‌متر نباشد مگر اینکه محاسبه نشان دهد که این عدد می‌تواند قابل تغییر باشد. مصالح درز فشاری باید بآسانی مترا کم‌شوند. در این حالت می‌توان منحصراً از یک نوع ماده درزگیر استفاده کرد، یا اینکه روی یک ماده پشت‌بند را به وسیله مواد درزگیر بندکشی نمود. درز فشاری باید در مقابل آب غیرقابل نفوذ باشد. زمان درزبندی درزهای فشاری بستگی به جزئیات طرح اجزاء و مصالح به کار رفته برای ساخت درز دارد. درز باید تا زمانی که امکان‌پذیر است به صورت باز بماند.

فشردگی درز باعث بیرون‌زدگی مواد درزگیر از بین سنگها می‌شود. این اثر را در هنگام کاربردمواد درزگیر می‌توان با اجرای آنها به صورت مقعر کاهش داد و یا اصلاً به وسیله بندهای گودبرطرف نمود.

۵ـ۱۱ـ۶ـ۳ـ درزهای حرکتی

سنگها و سازه‌ای که تثبیت شده‌اند هر دو در معرض تغییرات ابعادی هستند که غالباً به صورت نامساوی می‌باشند. بنابراین حرکات باید به وسیله درزهای حرکتی گرفته شوند به طوری که‌نما دچار شکستگی نشود.

درزهای فشاری معمولاً باید محل لازم برای حرکات قائم ساختمان را تأمین نمایند. در صورتی‌که لازم است حرکتهای طولی ساختمان به وسیله درزهای حرکتی قائم گرفته شوند.

در بسیاری از ساختمانها یک درز حرکتی سازه‌ای (که‌معمولاً به عنوان درز انبساطی شناخته شده است) را در طراحی به صورتی می‌توان در نظر گرفت تا فاصله لازم برای جابجایی‌های اجزای ساختمان را تأمین نماید. در این صورت درز را باید در هنگام نصب سنگ در نظر گرفت. مقدار حرکتی که در این محل تطبیق داده می‌شود ممکن است قابل توجه باشد. توجه داشته باشیم

که‌مواد درزبندی باید متناسب با آن انتخاب شود.

درز حرکتی باید ۱/۵ تا ۳ متر از هر لبه تعبیه شود و فاصله بین درزها نباید بیشتر از ۶ متر باشد.

عرض درز حرکتی بستگی به چند عامل دارد: فاصله بین درزهای حرکتی، مقدار جابجایی موردانتظار و حدا کثرکرنشی که مواد درزگیر می‌توانند تحمل کنند. حرکت، ناشی از دو جزء اصلی حرارتی و رطوبتی است و مقدار تغییر مکان را می‌توان با استفاده از روش ذ کرشده در بند ۵-۱۴-۲ تخمین زد.

یادآوری : تغییر مکان محاسبه شده برابر با عرض درز نیست، بلکه مقدار کرنشی است که مادهٔ درزگیر باید با آن مطابقت نماید. برای مثال، ا گرتغییر مکان تخمین زده شده، یک میلی‌متر باشد و ماده درزگیر بتواند کرنشی تا ۱۰ درصد داشته باشد. پس، درز حرکتی باید حداقل ۱۰ میلی‌متر عرض داشته باشد.

حدود مجاز برای عرض درز باید حداقل ۱۰ میلی‌متر به ازای هر ۶ متر از طول نما باشد. دقت شود که درزهای حرکتی به میزان کافی در نمای جان پناهها و قرنیزهای درپوش [1] ایجاد شود زیرا از هر دو طرف در معرض شرایط محیطی قرار دارند و بیشتر از دیگر قسمتهای ساختمان تحت‌تأثیر می‌باشند.

۵-۱۱-۷- کنترل امتداد درزها

باید دقت نمود که درزها کاملاً در یک امتداد باشند. در یک نمای ساده، نادرستی امتداد درزها به راحتی قابل تشخیص است. برای ایجاد درزها در یک امتداد یکنواختی اندازه و عدم انحنای پلا کهای‌سنگی و دقت در مهاربندی و محل تکیه گاههاباید وجود داشته باشد.

۵-۱۲- درزپوشها و آبچکانها

۵-۱۲-۱- فلزی

صفحه فلزی برای درزپوشها و آبچکانها باید با درنظر گرفتن شرایط کاربرد، محیط آن و کنش‌شیمیایی ناشی از تماس با سایر مصالح انتخاب شود. آلومینیوم، روی و آلیاژ آنها، وقتی در

---

1. Copings

تماس با سایر فلزات در شرایط مرطوب قرار می‌گیرند ممکن است دچار خوردگی دو فلزی شوند و از برخورد مستقیم آنها با دیگر فلزات استفاده شده در نما مخصوصاً مس یا آلیاژ مس باید اجتناب کرد. در جایی که چنین برخوردی غیرقابل اجتناب باشد، لازم است برای جلوگیری از وا کنش‌شیمیایی، فلزات غیر مشابه از هم مجزا شوند. نباید اجازه داد آب باران جاری شده از درزپوشهای مسی یا از آلیاژ مس با درزپوشها یا اجزای ساخته شده از آلومینیوم، روی یا آلیاژ آنها تماس داشته باشد، مگر اینکه این دسته اخیر با پوششی از قیر یا ماده مناسب دیگر محافظت شود.

۵ـ۱۲ـ۲ـ غیرفلزی

از مصالح غیرفلزی می‌توان برای درزپوشها استفاده کرد. البته عمر بعضی از آنها بستگی زیادی به مدت زمانی دارد که به طور مستقیم در معرض هوازدگی هستند. بعضی مصالح مانند قیر، لازم است که با حرارت نرم و شکل داده شوند. در صورتی که بقیه مانند پلی‌اتیلن یا قیر/پلی‌اتیلن به وسیله چسب مخصوص در موقعیت مورد نظر قرار داده می‌شوند. انتخاب هر ماده‌ای برای درزپوشها باید در مرحله طراحی در نظر گرفته شود.

۵ـ۱۳ـ نفوذ آب

برای جلوگیری از نفوذ آب به پشت سنگ نما باید تدابیری اتخاذ گردد. حتی‌الامکان باید سعی نمود که تمام منافذ و راههای نفوذ آب به پشت‌کار مسدود شوند. همچنین آبچکان و حفاظ در هر طبقه یا هر چند طبقه پیش‌بینی شود. استفاده از آبچکانها حدا کثردرهر دوطبقه از ساختمان توصیه می‌شود. حفاظها معمولاً در بالاترین طبقه (بام ساختمان) به صورت سطوح شیبدار ایجاد می‌شوند. در هنگام بارندگی، آب باران از روی سطوح شیبدار به بیرون هدایت و مانع ریزش آب بر روی نمای سنگی می‌شوند. حفاظها باید کاملاً به ساختمان مهار شوند تا هنگام وزیدن باد از آن جدا نشوند.

۵ـ۱۴ـ تطبیق تغییرات ابعادی

۵ـ۱۴ـ۱ـ کلیات

تغییرات ابعادی ممکن است ناشی از علل مختلفی باشد که بستگی به نوع ساختمان دارد. در

جدول ۸ منشأ حرکت در انواع مختلف سازه‌ها خلاصه شده است.

جدول ۸ ـ منشأ حرکت در سازه‌ها

نوع سازه	منبع حرکت						
	تغییر شکل ارتجاعی	حرکت حرارتی	نشست (ناهمگون)	انقباض خشک‌شدن	حرکت رطوبتی	خزش	انبساط بلندمدت
قاب فلزی	×	×	×				
قاب بتنی	×	×	×	×	×	×	
بتنی و آجری ماسه آهکی	×	×	×	×	×	×	
آجر رسی	×	×	×		×	×	×

لازم است که در هنگام طراحی برای درز بین سنگها در قسمتهایی از ساختمان که دارای نماسازی است، تغییرات ابعادی در نظر گرفته شود. اگر این حرکات پیش‌بینی و تطبیق داده نشوند، تنش‌های اعمال شده روی سنگها با مهار صلب می‌تواند باعث شکست تکیه گاه‌های افقی یا خود سنگها، شکستن مهارها و قوس برداشتن سنگها نسبت به سازه اصلی شود. در طراحی مهارها باید حرکت آزاد افقی و قائم بین سنگ و سازه در نظر گرفته شود. در صورتی که این کار به طور کامل امکان‌پذیر نباشد کلیه نیروهای حاصل از حرکات سازه‌ای، انقباض و حرکات حرارتی و رطوبتی باید در طراحی در نظر گرفته شوند. ارزیابی اندازه این نیروها در ترکیب با یکدیگر بسیار پیچیده است و تنها با تقریب می‌توان تخمین زد.

اطلاعات داده شده در بندهای بعدی به طور کلی قصد دارد که بیشترین عوامل مؤثر حرکت در سازه‌ها و نماهای مهار شده مختلف را معرفی و خواص نمونه‌وار[1] مصالح را ارائه نماید تا خواننده قادر به تشخیص حرکات ایجاد شده باشد. برای جزئیات بیشتر باید به کتب تخصصی مراجعه شود.

۵ـ۱۴ـ۲ـ حرکتهای حرارتی

لازم است به حرکتهای حرارتی اهمیت داده شود. اینها تغییرات نسبی را در طول و ارتفاع

1 . Typical

به وجود می‌آورند که ناشی از اختلاف دما بین نما و سازه متصل شده به آن می‌باشد. اندازه این حرکات بستگی به این دارد که آیا تمام یا قسمتی از قاب، داخل پوشش ساختمان قرار گیرد و همچنین به دمای محیط، ضرایب انبساط حرارتی مواد (جدول ۹) و به دمای اجزای مختلف بستگی دارد. در زیر مثالی از محاسبه حرکتهای حرارتی ارائه شده است.

مثال: دور تا دور یک ساختمان قاب بتنی و نمای آن سنگ گرانیت با رنگ روشن است. دمای محیط در زمان مهاربندی ۱۵°C است. قبل از اجرای نما، قاب می‌تواند به طور کامل نمایان در نظر گرفته شود و دمای حدود ۴۰°C داشته باشد. اگر نما از نور مستقیم خورشید محفوظ بماند حرارت آن ممکن است ۲۰°C باشد. در زمان مهاربندی اختلاف طول بین قاب و نما صفر در نظر گرفته شده است. در روزهای گرم تابستان، ساختمان کامل شده و دارای سکنه است. تغییر مکان نسبی قاب M (به mm/m) نسبت به نما از معادله زیر به دست می‌آید:

$M=1000[(t_{fs}-t_{fe})a_f-(t_{cs}-t_{ce})a_c]$ تغییر مکان نسبی قاب نسبت به نما (mm/m)

که‌در آن:

t_{fs} : دمای قاب در تابستان به درجه سلسیوس

t_{fc} : دمای قاب در موقع نصب نما به درجه سلسیوس

a_f : ضریب انبساط حرارتی قاب

t_{cs} : دمای نما در تابستان به درجه سلسیوس

t_{ce} : دمای نما در هنگام نصب به درجه سلسیوس

a_c : ضریب انبساط حرارتی نما

در این مثال مقادیر به شرح زیر است:

$t_{fs}=۳۰°C$, $t_{fe}=۴۰°C$, $a_f=۱۳\times۱۰^{-۶}/°C$, $t_{cs}=۵۰°C$

$t_{ce}=۲۰°C$, $a_c=(۵\text{-}۱۰)\times۱۰^{-۶}/°C$

اگر $a_c=۵\times۱۰^{-۶}/°C$ باشد، تغییر مکان برابر ۰/۲۸- mm/m است.

اگر $a_c=۱۰\times۱۰^{-۶}/°C$ باشد، تغییرمکان برابر ۰/۴۳- mm/m است.

در زمستان خیلی سرد، تغییرمکان قاب نسبت به نما طبق معادله زیر به دست می‌آید:

$$M = ۱۰۰۰ [(t_{fw} - t_{fe})\, a_f - (t_{cw} - t_{ce})\, a_c]$$

که‌در آن:

t_{fw} : دمای قاب در زمستان به درجه سلسیوس

t_{cw} : دمای نما در زمستان به درجه سلسیوس

با استفاده از مقادیر $t_{cw}=۱۰^{\circ}C$ و $t_{cw}=-۲۰^{\circ}C$

اگر $a_c=۵\times۱۰^{-۶}/^{\circ}C$، تغییرمکان برابر ۰/۱۹ mm/m

اگر $a_c=۱۰\times۱۰^{-۶}/^{\circ}C$، تغییر مکان برابر ۰/۰۱ mm/m

یادآوری : علامت منفی به مفهوم این است که قاب نسبت به نما کوتاهتر شده است، یعنی درزهای بین سنگهای مجاور هم بسته می‌شوند. بنابراین، در بدترین حالت اگرفاصله بین درزهای حرارتی ۳/۵ متر باشد، تغییر مکان ۰/۴۳×۳/۵m=۱/۵mm باید درنظر گرفته شود. ۱/۵ میلی‌متر محاسبه شده در این مثال انبساطی است که انتظار می‌رود مواد درزگیر را تحمل کند.

بنابراین اگرمواد درزگیر به کار رفته بتوانند کرنشی به اندازه ۱۰ درصد داشته باشند، پس یک درز ۱۵ میلی‌متر لازم‌است تا تغییر مکان برابر ۱/۵ میلی‌متر را پاسخگو باشد. اگر۳/۵ متر باشد، تغییر مکان ۰/۴۳×۳/۵m=۱/۵mm باید درنظر گرفته شود. ۱/۵میلی‌متر محاسبه شده در این مثال، انبساطی است که انتظار می‌رود مواد درزگیر را تحمل کند.

جدول ۹ - ضرایب انبساط حرارتی مصالح ساختمان

مصالح	ضریب انبساط خطی ($۱۰^{-۶}K^{-۱}$)
فولاد (و هر بتنی که روی اعضای فولادی پوشش داده می‌شود)	۱۲
بتن	
سنگدانه شنی متراکم	۱۰ تا ۱۴
سنگ خرد شده (به جز سنگ آهک)	۱۰ تا ۱۳
سنگدانه آهکی	۷ تا ۸
سنگدانه سبک	۸ تا ۱۲
مصالح بنایی	
آجرچینی و بلوک چینی بتنی	۶ تا ۱۲
سنگدانه متراکم	۶ تا ۱۲
سنگدانه سبک (اتوکلاو شده)	۸ تا ۱۲
آجر چینی ماسه آهکی	۸ تا ۱۴
آجر چینی چینی با بلوک چینی رسی یا شیلی	۵ تا ۸
سنگهای طبیعی	
سنگ آهک	۳ تا ۱۰
ماسه سنگ	۷ تا ۱۲
گرانیت	۸ تا ۱۵
سنگ لوح	۶ تا ۱۲
ماربل	۳ تا ۱۵
کوارتزیت	۹ تا ۱۲

یادآوری : اعداد مربوط به حداقل و حدا کثردمای محیط در این مسائل به عنوان مثال استفاده شدند و طراح برای آ گاهی‌از محدوده حرارتی در تمام مدت سال باید به اطلاعات هواشناسی منطقه مراجعه نماید. همچنین اطلاع از دمای سطح پشت‌کار سازه‌ای و سنگ که بستگی به شرایط دمایی و رطوبت محیط دارد ضروری است. به عنوان راهنمای کلی به جدول ۱۰ مراجعه شود.

۵-۱۴-۳- نشست ناهمگون

یک فرضیه عمومی در طراحی پی این است که نشست ناهمگون به اندازه $\frac{۱}{۵۰۰}$ فاصله بین ستونهای مجاور قابل قبول است. این عدد مربوط به کل بار است و در بسیاری از موارد تاثیر نشست ناهمگون در ساختمان اندک می‌باشد. در هر صورت مشورت با مهندس سازه لازم و ضروری است. حرکت زاویه‌ای مجاور تیرها در هنگام طراحی نما باید کمتر از این مقدار باشد. این کاهش‌بستگی دارد به اینکه چه مقدار از کل بار در زمان مهاربندی نما به پی اعمال شده است و همین‌طور به نوع خا ک.خا کرسهاکمتر از ماسه‌ها مترا کم‌می‌شوند.

۵-۱۴-۴- تغییر شکل ارتجاعی تحت بار

در این مواقع باید کاهش طول ارتجاعی ستون و خمش تیرها را مورد توجه قرار داد. تغییر شکل ارتجاعی بستگی به نوع ساختمان، ارتفاع و رفتار آن، تنش‌های اعمال شده و ابعاد قطعات به کاررفته دارد. در هنگام طراحی نما میزان تغییر شکل ارتجاعی ساختمان و عکس‌العمل نما تحت بارهای وارده محاسبه و درنظر گرفته شود.

۵-۱۴-۵- انقباض ناشی از خشک شدن، خزش و انتقال رطوبت در بتن

توصیه شده، تا آنجایی که ممکن است نماسازی تا اتمام ساختمان انجام نشود. این روش اجازه می‌دهد که شاغول بودن قاب یا سازه امتحان شود و عیبهای ساختمان مشخص شوند. انقباض واقعی اعضای بتنی بستگی به درصد آب مخلوط، رطوبت نسبی، ضخامت مقطع و درصد فولاد بتن دارد. به طور کلی انقباض ناشی از خشک شدن در بتن در درازمدت را می‌توان حدود ۰/۰۳ درصد درنظر گرفت که البته برای بتن‌های با سنگدانه سبک این مقدار بیشتر است.

خزش در سازه اصلی باعث کوتاه شدن دائمی ستونها و خمش تیرها می‌شود. اندازه خزش بستگی به تنش در بتن، رطوبت نسبی محیط و سن بتن در هنگام بارگذاری دارد. می‌توان فرض

کردکه حدود ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد خزش نهایی بتن به ترتیب در ماه‌های اول، ششم و سی‌ام بارگذاری حاصل می‌شود، به شرطی که بتن تحت شرایط ثابت رطوبت قرار داشته باشد.

جدول ۱۰ ـ دمای تقریبی سطح خارجی سازه یا ساختمان در تابستان و زمستان در سخت‌ترین شرایط اقلیمی تهران

پوشش خارجی	زمستان °C	تابستان °C
دمای محیط در سایه در روز	حدود ۱۰-	۳۵ تا ۴۰
نما با رنگ روشن	۱۵- تا ۲۰-	۵۰ تا ۶۰
نما با رنگ تیره		
اعضای سازه‌ای کاملاً نمایان		
بتن با رنگ روشن	۱۵- تا ۲۰-	۵۰ تا ۶۰
بتن با رنگ تیره	۱۵- تا ۲۰-	۶۰ تا ۷۰
فلز با رنگ روشن	۲۰- تا ۲۵-	حدود ۶۰
فلز با رنگ تیره	حدود ۲۵-	حدود ۷۰

با توجه به شرایط اقلیمی و بتن استفاده شده در ساختمان، میزان انقباض و خزش در بتن باید درنظر گرفته شود، چرا که در ساختمانهای بتنی اگرتطبیق این مقادیر در نظر گرفته نشود، باعث آسیب نما می‌شود. هرگاه نصب نما تا اواخر ساختمان‌سازی یا تا هنگامی که بخش اعظم از بار مرده ناشی از اعضا اجرا شده باشد، به تأخیر افتد این مشکلات کاهش می‌یابند.