



شماره: ۹۹-۳۱-۱۴۳۸۲ تاریخ: ۹۹/۸/۱۹ پیوست: دارد

جناب آقای مهندس پورصدر  
مدیر عامل محترم شرکت پویا تدبیر ویرا

با سلام و احترام؛

در پاسخ به درخواست ثبت شده در سامانه خدمات الکترونیک این مرکز به شماره پرونده ۱۰۲۸۷ پیرامون دریافت نظریه فنی "مهاربندهای کمانش تاب BRB با نام تجاری ویرا بریس (VIRA BRACE)" به استحضار می‌رساند، سیستم یاد شده به شرط رعایت الزامات مندرج در گزارش فنی شماره 99-60-ELE27 پیوست که جزء لاینفک این نظریه فنی است، با دامنه ذکر شده در این گزارش، قابل استفاده می‌باشد.

لازم به ذکر است، این نظریه صرفاً در برگیرنده شرایط استفاده از محصول است و بر نحوه طراحی، کیفیت تولید و اجرای محصول دلالت ندارد، همچنین اعتبار این نظریه فنی ۱۸ ماه از تاریخ صدور آن می‌باشد.

سعید بختیاری  
معاون تحقیقات و فناوری



## گزارش ارزیابی و الزامات

### "مهاربندهای کمانش تاب BRB با نام تجاری ویرا بریس (VIRA BRACE)"

کاربرد مورد بررسی: مهاربندهای کمانش تاب (Buckling Restrained Brace)

متقاضیان: شرکت پویا تدبیر ویرا

رده مورد بررسی: سیستم‌های سازه‌ای

ویژگی‌های مورد بررسی:

مصالح (اجزا تشکیل دهنده و ویژگی‌ها)

سازه (کفایت عملکرد سازه‌ای و جزئیات اتصال)

\*در تمامی مراحل طراحی، تولید و اجرا، مسئولیت نظارت عالی و کنترل کیفی برعهده شرکت پویا تدبیر ویرا می‌باشد.

\*این نظریه صرفاً در برگیرنده ضوابط طراحی و شرایط استفاده از محصول است و بر طراحی، کیفیت تولید و اجرای محصول دلالت ندارد.

\*این نظریه بر اساس پرونده نظریه فنی به شماره ۱۰۲۸۷ در سامانه خدمات الکترونیک صادر شده است.

\*این نظریه بر اساس آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های مختلف مهاربند ساخته شده توسط شرکت پویا تدبیر ویرا در مرکز تدوین شده است.

\*این نظریه بر اساس نامه شماره ۱۴۳۸۲-۳۱-۹۹ مورخ ۱۳۹۹/۰۸/۱۹ صادر شده است.



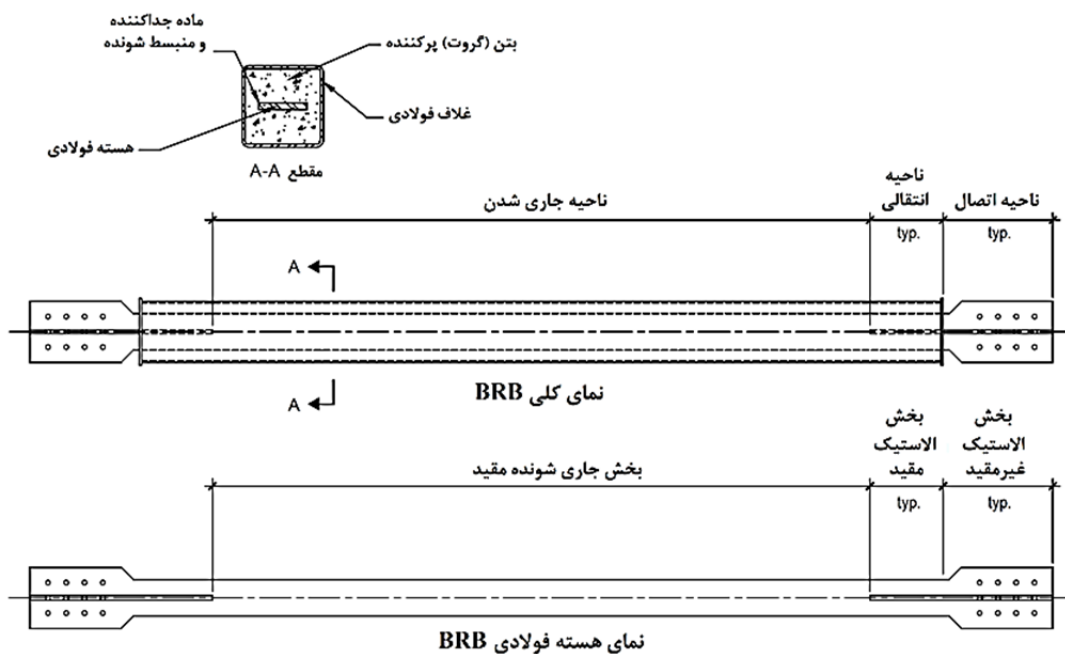
## ۱- کلیات

سیستم مهاربندی کمانش تاب (کمانش‌ناپذیر) نوع ویژه‌ای از سیستم‌های مهاربندی همراه با شکل‌پذیری و اتلاف انرژی قابل توجه هستند که با هدف بهبود رفتار لرزه‌ای مهاربندهای متداول طراحی شده‌اند. شکل‌پذیری و قابلیت جذب انرژی بالای این قاب‌ها نسبت به قاب‌های مهاربندی ویژه که نتیجه محصور بودن هسته فولادی مهاربندها در مقابل کمانش است از ویژگی‌های این نوع مهاربند می‌باشد. به منظور بررسی کارایی و عملکرد رفتاری مهاربندهای کمانش تاب تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE)، مطالعات عددی و آزمایشگاهی جامعی بر روی این محصولات در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شده است. قاب فولادی دارای مهاربند کمانش تاب با استفاده از نرم‌افزار المان محدود آباکوس مدل‌سازی شده و نمونه‌هایی از مهاربند براساس آیین‌نامه AISC 341-16 تحت آزمایش بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفته است. نتایج آزمایشات با ابعاد واقعی بر روی این اعضا نشان می‌دهد که قاب‌های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب تولید شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE) عملکرد مناسبی در برابر بارهای چرخه‌ای داشته، و رفتار پایدار و مقارنی تحت فشار و کشش از خود به نمایش می‌گذارند.

## ۲- معرفی محصول/سیستم

این نوع مهاربندها دارای یک هسته فولادی هستند که درون غلافی از جنس فولاد قرار گرفته و درون این غلاف باگروت یا بتن پر می‌شود. هسته فولادی می‌تواند مقاطعی همچون ورق مسطح یا صلیبی شکل باشد. مهاربندهای کمانش تاب بگونه‌ای ساخته و طراحی می‌شوند که هسته بتواند در راستای طولی مستقل از ساز و کار جلوگیری از کمانش عمل کند. به بیان دیگر، تمام نیروی محوری که به مهاربند وارد می‌شود توسط هسته تحمل می‌شود. با جلوگیری از کمانش هسته، این المان می‌تواند در فشار همانند کشش جاری شده و بدین ترتیب توانایی جذب انرژی آن افزایش می‌یابد.





شکل ۱- مقطع متداول BRB

### ۳- دامنه کاربرد

از این نوع مهاربند می‌توان در سازه‌های جدید و همچنین به منظور مقاوم سازی سازه‌های موجود با هدف تامین شکل پذیری سازه، اتلاف انرژی و ارتقای سطح عملکرد سازه در برابر نیروهای جانبی زلزله بهره گرفت.

### ۴- ویژگی‌های مورد بررسی

- مشخصات مصالح
- عملکرد سازه‌ای و اتصالات

### ۵- آئین‌نامه‌های و استانداردهای مورد استناد

- 1- NIST (2015), Seismic Design of Steel Buckling-Restrained Braced Frames: A guide for practicing engineers, NIST GCR 15-917-34, NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 11, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.



- 2- AISC (2016), Specification for structural steel buildings, ANSI/AISC 360-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
- 3- AISC (2016), Seismic provisions for structural steel buildings, ANSI/AISC 341-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
- 4- ASCE. (2017), Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE/SEI 7-16, Reston, VA.
- 5- ASCE (2017), Seismic rehabilitation of existing buildings, ASCE/SEI 41-17, American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- 6- NEHRP (2020), Recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures, FEMA P-2082, Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences, Washington, DC.

۷- استاندارد ۲۸۰۰ ایران، آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۴.

#### ۶- بررسی انطباق خواص محصول و اجزاء تشکیل‌دهنده آن با الزامات

مهاربندهای تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE) ضوابط پذیرش استاندارد AISC 341-16 را به شرح زیر ارضاء می‌کنند:

الف) منحنی‌های نیرو - تغییرشکل حاصله به صورت پایدار و تکرار شونده با سختی مثبت افزایشی می‌باشند.

ب) هیچگونه گسیختگی یا ناپایداری در مهاربند رخ نداده و اتصالات انتهایی مهاربند بدون عیب و نقص هستند.

ج) در هر چرخه بارگذاری که در آن تغییرشکل از  $\Delta_{by}$  بزرگتر است، نیروهای کششی و فشاری حداکثر از مقاومت اسمی هسته بیشتر می‌باشند.

د) در هر چرخه بارگذاری که در آن تغییرشکل از  $\Delta_{by}$  بزرگتر است، نسبت نیروی فشاری حداکثر به نیروی کششی حداکثر از ۱/۵ کوچکتر می‌باشد.

مقدار ضریب  $\beta$  (ضریب تعدیل مقاومت فشاری) و ضریب  $\omega$  (ضریب تعدیل سخت‌شدگی کرنشی) در این مهاربندها بر اساس نمونه‌های تست شده شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE) در تغییرمکان جانبی نسبی مختلف بر اساس جدول ۱ می‌باشد.



جدول ۱- مقادیر ضرایب تعدیل نیروی مهاربندهای کمانش تاب

Drift (%)	۱/۰	۱/۵	۲/۰	۳/۰	۴/۰
$\beta$	۱/۰۹	۱/۱۷	۱/۱۹	۱/۲۱	۱/۲۳
$\omega$	۱/۱۳	۱/۲۷	۱/۴۳	۱/۵۷	۱/۶۰

#### ۷- بررسی کفایت عملکرد

##### ۷-۱- سازه

استفاده از مهاربندهای کمانش تاب به عنوان یک سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی مطابق آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) مجاز است.

##### ۷-۲- تغییرشکل

۷-۲-۱- قاب‌های دارای مهاربند کمانش تاب از آنجایی که به عنوان سیستم مقاوم لرزه‌ای عمل می‌کنند، کنترل‌کننده تغییرشکل‌ها و متعاقباً حافظ پایداری سازه در هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌باشند. طراحی این سیستم باید به گونه‌ای انجام شود تا در تغییر شکل‌های غیرالاستیک بزرگ ایمنی جانی ساکنین حفظ شود و از فروریزی سازه در زلزله‌های شدید جلوگیری کند.

۷-۲-۲- مقدار تغییرشکل مورد انتظار مهاربند کمانش تاب ( $2\Delta_{bm}$ ) باید بزرگترین مقدار بین ۲٪ ارتفاع طبقه و دو برابر تغییرمکان نسبی طرح طبقه باشد.

#### ۸- الزامات طراحی و اجرا

۸-۱- ضرایب طراحی سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی دارای مهاربند کمانش تاب باید مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه ASCE 7-16 به شرح جدول ۲ مد نظر قرار گیرد.



جدول ۲- مقادیر ضرایب طراحی سیستم‌های باربر جانبی مجهز به مهاربندهای کمانش تاب

$H_m$ (m)	$C_d$	$\Omega_0$	R	سیستم سازه
۵۰*	۵	۲٫۵	۷	قاب ساختمانی + مهاربند کمانش تاب
۲۰۰	۵	۲٫۵	۸	سیستم دوگانه (قاب خمشی + مهاربند کمانش تاب)

\* ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با مهاربند کمانش تاب، در صورتیکه شرایط زیر موجود باشد، می‌تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

الف) زمین ساختگاه از نوع I، II یا III جدول ۲-۴ استاندارد ۲۸۰۰ باشد.

ب) ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.

ج) ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

۲-۸- زمان تناوب تجربی ساختمان‌های متعارف مجهز به سیستم مهاربند کمانش تاب را می‌توان از رابطه تجربی  $T=0.0731H^{0.75}$

محاسبه نمود. تبصره بند ۳-۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ در مورد حد بالای زمان تناوب اصلی نوسان سازه در محاسبه نیروی جانبی زلزله باید رعایت گردد.

۳-۸- این مهاربندها باید برای ترکیبات بار مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ایران طراحی شوند.

۴-۸- طراحی مهاربندهای کمانش تاب باید برای سطح نیروی لرزه‌ای کاهش یافته انجام شود به گونه‌ای که به حد تسلیم برسند و تغییرشکل‌های غیر ارتجاعی را در طول زلزله طرح تحمل نمایند. در حالی که سایر اجزای سیستم که براساس ظرفیت مهاربندها طراحی شده‌اند در محدوده الاستیک باقی بمانند.

۵-۸- سه روش تحلیل شامل روش تحلیل استاتیکی معادل، روش تحلیل طیفی پاسخ مودال و روش تحلیل تاریخچه زمانی برای تحلیل پاسخ لرزه‌ای سازه‌های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب و همچنین استفاده از روش‌های تحلیل غیرخطی مطابق با ضوابط آیین‌نامه ASCE 41-17 در تحلیل پاسخ لرزه‌ای سازه‌های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب نیز مجاز می‌باشد.

۶-۸- مهاربند کمانش تاب با انواع مختلف اتصال مفصلی (جوشی، پیچی، پینی یا وصله‌ای) به ورق اتصال (گاست پلیت) مجاز می‌باشد.

۷-۸- مقاومت مورد نیاز ستون‌ها، تیرها و اتصالات در قاب‌های مجهز به مهاربند کمانش تاب باید براساس نیروی زلزله‌ای مطابق با مقاومت تعدیل شده مهاربندها تعیین شود. در محاسبه این نیروی جانبی باید فرض شود که تمام مهاربندها به مقاومت تعدیل شده خود در کشش یا فشار رسیده‌اند. مقاومت تعدیل شده مهاربند در فشار به مقدار  $\beta \omega R_y P_{ySC}$  می‌باشد که  $\omega$  ضریب تعدیل سخت‌شدگی



کرنشی و  $\beta$  ضریب تعدیل مقاومت فشاری و  $P_{ySc}$  مقاومت تسلیم محوری هسته بر حسب (MPa) است. مقاومت کششی مهاربند نیز برابر با  $\omega R_y P_{ySc}$  است.

در صورتی که مقدار  $P_{ySc}$  به طور دقیق از آزمون کشش فولاد مصرفی در هسته مهاربند به دست آید نیازی به اعمال پارامتر  $R_y$  نمی‌باشد. ۸-۸- ضریب تعدیل مقاومت فشاری،  $\beta$ ، برابر با نسبت بیشترین نیروی فشاری به بیشترین نیروی کششی نمونه آزمون است که از آزمون‌های تایید عملکرد مهاربند برای تغییر شکل مورد انتظار بدست می‌آید. مقادیر حاصله از آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE) در جدول ۱ ارائه شده است.

۸-۹- ضریب تطبیق سخت‌شدگی کرنشی،  $\omega$ ، برابر با نسبت بیشترین نیروی کششی اندازه‌گیری شده از آزمون‌های تایید عملکرد مهاربند (برای تغییر شکل‌های مورد انتظار) به نیروی تسلیم اندازه‌گیری شده  $R_y P_{ySc}$  از نمونه آزمون می‌باشد. مقادیر حاصله از آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (VIRA BRACE) در جدول ۱ ارائه شده است.

۸-۱۰- اعضای تیر و ستون باید الزامات اعضای با حداقل شکل‌پذیری متوسط را تامین نمایند.

۸-۱۱- تست کشش (کوپن) ورق‌های فولادی به کار رفته در هسته مهاربند باید براساس ضوابط یکی از استانداردهای ASTM A6، ASTM A370 یا ASTM E8 باشد. در صورتی که ضخامت ورق مصرفی ۵۰ میلی‌متر یا بیشتر باشد، باید حداقل الزامات سختی را برآورده نمایند. استفاده از وصله در منطقه جاری شدن هسته فولادی مهاربندها ممنوع است.

۸-۱۲- سیستم مهاربند کمانش تاب (غلاف پیرامونی هسته مهاربند، تیرها و ستون‌های قاب مهاربندی و ورق اتصال (گاست پلیت)) باید از کمانش موضعی و کلی هسته فولادی برای تامین تغییر شکل‌های مورد نیاز جلوگیری کند.

۸-۱۳- هسته فولادی برای مقاومت در برابر نیروی محوری مهاربند طراحی می‌شود. مقاومت محوری طراحی مهاربند  $\phi P_{ySc}$  (LRFD) و مقاومت محوری مجاز  $P_{ySc}/\Omega$  (ASD) در کشش و فشار مطابق با حد تسلیم از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_{ySc} = F_{ySc} A_{Sc}$$

$$\phi = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 1.67 \text{ (ASD)}$$

$A_{Sc}$  سطح مقطع قطعه تسلیم شده هسته فولادی بر حسب  $\text{mm}^2$

$F_{ySc}$  تنش تسلیم مشخصه حداقل هسته فولادی یا تنش تسلیم واقعی هسته فولادی که از آزمون کوپن بدست می‌آید (MPa)

ترکیبات بار محاسبه شده براساس مقاومت‌های تعدیل شده مهاربند نباید با ضریب اضافه مقاومت تشدید شوند.

۸-۱۴- نواحی حفاظت شده شامل هسته فولادی مهاربند و سایر اجزایی که هسته فولادی را به تیرها و ستون‌ها متصل می‌کنند بوده و هرگونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب در آن ناحیه ممنوع می‌باشد.





۸-۱۵- جوش‌های زیر از نوع جوش‌های بحرانی مورد نیاز هستند و باید الزامات مربوطه را مطابق با آیین‌نامه (AWS D1.8/D1.8M) برآورده نمایند.

- جوش‌های شبیاری در وصله ستون
- جوش‌های اتصال ستون به ورق پای ستون
- جوش‌های اتصالات ستون‌ها به تیرها

۸-۱۶- در اتصالات تیر به ستون وقتی که مهاربند یا گاست پلیت به هر دو عضو تیر و ستون متصل می‌شوند الزامات زیر باید رعایت شود.

۱) در حالتی که مقدار دوران مورد نیاز در اتصال تیر به ستون به اندازه  $0.25/r$  رادیان باشد، اتصال باید از نوع ساده منظور شود (اتصال ساده تیر به ستون قاب آزمایش شده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به همراه مهاربندهای تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا، این مقدار دوران را تامین کرده است).

۲) اتصال تیر به ستون باید توانایی مقاومت در برابر لنگر خمشی به اندازه کمترین دو مقدار زیر را داشته باشد.

- لنگر خمشی متناظر با  $(\alpha_s/1)$  برابر مقاومت خمشی مورد انتظار تیر،  $R_y M_p$
- لنگر خمشی متناظر با  $(\alpha_s/1)$  برابر مجموع مقاومت‌های خمشی مورد انتظار ستون،  $\sum(R_y F_y Z)$
- $\alpha_s$  ضریب تعدیل نیرو بوده و در روش LRFD برابر با ۱ و در روش ASD برابر با ۱/۵ می‌باشد.

۸-۱۷- مقاومت مورد نیاز اتصالات مهاربند در کشش و فشار باید برابر با مقاومت تعدیل یافته مهاربند تقسیم بر ضریب  $\alpha_s$  باشد.

۸-۱۸- طراحی صفحات اتصال (گاست پلیت) باید شامل ملاحظات کمانش موضعی و کلی باشد. مهار جانبی سازگار با آنچه که در آزمون‌ها به کار رفته و طراحی بر آن اساس انجام شده مورد نیاز می‌باشد. صفحه اتصال در هر دو انتهای مهاربند باید برای جلوگیری از کمانش موضعی و کلی طراحی شده باشند.

۸-۱۹- در قاب‌های با مهاربندهای V و V معکوس، تیرها باید بین ستون‌ها پیوسته باشد. مهار لازم برای تیرها مطابق با الزامات تیرهای با شکل پذیری متوسط باید انجام شود. حداقل یک سری مهارهای جانبی در محل تقاطع مهاربندی‌های V یا V معکوس باید ایجاد گردد، مگر این‌که تیر مقاومت خارج از صفحه و سختی کافی برای ایجاد پایداری بین دو نقطه مجاور مهار را داشته باشد.

۸-۲۰- استفاده از مهاربندهای کمانش تاب در قاب‌های مهاربندی K شکل مجاز نمی‌باشد.

۸-۲۱- مهاربند کمانش تاب نباید در باربری ثقلی نقشی داشته باشد.