

بسمه تعالی

گزارش طرح پروژه

شهریور ۱۴۰۱

گزارش فنی پروژه تولید بار اول

عنوان: طراحی و ساخت سامانه تست سقوط

شرکت متقاضی			سازمان انرژی اتمی		
شرکت دانش-بنیان			شرکت اندیشه عمران محیط		
مدت زمان قرارداد			۱۲ ماه		
تاریخ تنظیم			۱۴۰۱/۰۶/۰۵		
تعداد/حجم محصول			یک عدد		
مبلغ قرارداد			پرداخت ارزی	پرداخت ریالی	معادل ریالی کل قرارداد (بر مبنای ارزش نیمایی با نرخ ریال در تاریخ ...)
			۷۶۱۰۰۰ (دلار)	۴۵۷ میلیارد ریال	۶۸۵ میلیارد ریال

نمایندگان دستگاه متقاضی و شرکت دانش بنیان در تکمیل گزارش و پیشبرد مباحث فنی پروژه

سازمان متقاضی	جناب آقای ...، مدیر بخش مهندسی و ...، شماره تماس
شرکت دانش بنیان	جناب آقای مرتضی سپهوند، مدیر عامل شرکت دانش بنیان اندیشه و عمران محیط، شماره تماس ۰۹۱۲۶۸۳۶۸۳۷

نماینده دستگاه متقاضی	نماینده شرکت دانش بنیان (مجری پروژه)	نماینده دبیرخانه کارگروه تولید بار اول
نام و نام خانوادگی	دکتر روح اله حسینی	

سمت سازمانی	سرطراح گروه مکانیک	
تاریخ و امضاء		

امضای کلیه صفحات الزامی است

مشخصات طرح بومی سازی

عنوان طرح: طراحی، ساخت سامانه تست سقوط

بهره‌برداران و کاربران محصول و محل کاربرد
سازمان انرژی اتمی به منظور تست مخازن حمل

مبنای بومی سازی محصول: □ مهندسی معکوس / ■ طراحی داخلی / □ انتقال فناوری (در صورتی که مبنای بومی سازی مهندسی معکوس است مشخص شود که نمونه‌ی خارجی توسط کدام یک از طرفین قرارداد تامین خواهد شد و در صورتی که طرح بر اساس انتقال فناوری صورت می‌گیرد، سناریوی انتقال فناوری شامل مراحل اکتساب دانش فنی و زمان‌بندی آن ثبت شود)

مشخصات فنی کالا

نام شرکت‌ها و تولیدکنندگان نمونه خارجی
صنایع سنگین میتسوبیشی، موسسه BAM آلمان

مدل و نام تجاری نمونه خارجی
سایت تست BAM در کشور آلمان

تفاوت‌های نمونه بومی سازی شده و نمونه خارجی (در صورتی که به دلایلی نظیر تمایل متقاضی، اقتضایات بومی سازی، محدودیت واردات و ... نمونه بومی سازی تفاوت‌هایی با نمونه اصلی دارد)

مشخصات فنی محصول و استانداردهای ضروری (به همراه مستندات: پیوست شماره ۱)

استانداردهای مرتبط با NISA/METI

NISA/METI (Nuclear and Industrial Safety Agency, Ministry of Economy, Trade and Industry) of the Japanese government

IAEA TS-R-1

شرح عملکرد و موارد کاربرد محصول (حد اکثر در دو صفحه)

برای انجام تست سقوط مخزن فولادی ۱۵۰ تنی، مطابق استانداردهای موجود، ستاپ آزمایش با ارتفاع سقوط ۹ متر مطلوب است. هدف از تست‌های سقوط، ارزیابی ایمنی مخازن حمل و نگهداری مواد هسته‌ای می‌باشد. بر اساس اهداف و استانداردهای مورد نظر،

ارتفاع و شکل‌های سقوط مختلفی برای تجهیزات در نظر گرفته می‌شود. تاسیسات انجام تست سقوط در کشور آلمان با ارتفاع ۳۶ متر در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل ۲ چند نمونه از سناریوهای تست سقوط مخازن نمایش داده شده است.

مجموعه آزمایش سقوط آزاد مخزن از سازه برج به همراه فنداسیون، جرثقیل، رهاساز و سطح هدف تشکیل شده است. در بالای این برج یک کابین وجود دارد که در آن یک هویست با ظرفیت ۲۰۰ تن قرار دارد. حداکثر ارتفاع هوک این وینچ ۳۰ متر است. در تراز پایین این سازه تاسیسات اندازه‌گیری و انجام آزمایش قرار دارد که به مساحت تقریبی ۵۰۰ متر مربع (۲۰ در ۲۴ متر) که سازه ای فلزی است و از برج سقوط مستقل طراحی و اجرا شده است. سقف سازه آزمایشگاه قابل جابجایی است و در هنگام بلند کردن استوانه جهت آزمایش کنار می‌رود و یک جرثقیل سقفی به ظرفیت ۸۰ تن نیز برای این سازه پیش‌بینی شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۱. آزمایشگاه سقوط آزاد BAM آلمان

Drop height, m	Schematic view	Remarks
9:0		Evaluation of the analytical tools and assumptions used for the structural analysis.
0:3 9:0 1:0		Maximum possible damage and maximum acceleration of the lid end (secondary impact) and the cask body.
9:3		Bolts of the lids are subjected to maximum stress. Contents have a maximum effect on seal region.

شکل ۲. انواع سناریوهای سقوط و در آزمایش Constor V/TC و MSF-69BG

مطابق اطلاعات موجود، در آزمایشگاه سقوط آزاد BAM محل برخورد استوانه از یک دال بتنی ۱۴ در ۱۴ متر به ضخامت ۵ متر و یک صفحه فلزی به ضخامت ۲۲ سانتی متر و ابعاد ۱۰ در ۴/۵ متر بر روی این دال، تشکیل شده است. این صفحه فلزی روی این دال بتنی به وسیله اتصالات مکانیکی ثابت شده است. مشخصه اصلی محل سقوط استوانه در این است که نباید در اثر برخورد تغییر شکل داشته باشد و این امر به وسیله اندازه‌گیری سنجیده می‌شود. جدا شدن استوانه از هوک جرثقیل به وسیله تجهیز خاصی انجام می‌شود که از ایجاد مومنتوم در هنگام سقوط جلوگیری می‌کند.

دلایل توجیهی ساخت بار اول (به همراه مستندات)

دلایل متقاضی برای پیشبرد بومی‌سازی محصول از طریق مصوبه تولید بار اول (در این بخش به این سوال پاسخ داده شود که چرا پیش برد این پروژه از طریق قانون برگزاری مناقصات ممکن نیست یا دشوار است). این پروژه در این مقیاس برای بار اول در کشور طراحی و پیاده سازی می‌گردد و با توجه به موانع تحریمی و دانش فنی بالای این سامانه، پیشبرد این پروژه از طریق قانون برگزاری مناقصات دشوار است. لازم بذکر است مشابه این پروژه در مقیاس کوچک (یک تن) توسط تیم طراح در دانشگاه جامع امام حسین(ع) پیاده‌سازی شده است.

دلایل متقاضی برای عدم تامین کالا از تولیدکننده اصلی (در صورتی که مبنی بومی‌سازی مهندسی معکوس نمونه خارجی است)

عدم امکان ایجاد زیرساخت با تکیه به توان خارج از کشور به دلیل تحریم صنایع دیگری که در صورت بومی‌سازی از این محصول استفاده خواهند کرد صنایع مرتبط با نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع خودروسازی و ...

میزان تقریبی نیاز سالانه کشور به محصول

انجام تستهای سقوط آزاد بصورت مکرر در سایت آزمایشگاه (تا ۲۴ مورد در سال)

میزان صرفه‌جویی ارزی سالانه ناشی از تولید این محصول در دستگاه متقاضی (صرفاً صرفه جویی ناشی از کاربرد محصول در شرکت متقاضی مدنظر است) در حدود ۲۲ میلیون دلار

سایر مزیت‌های ناشی از بومی‌سازی محصول (عدم وابستگی به واردات، ارتقاء بهره‌وری، ملاحظات پدافند غیر عامل و ...)

کسب دانش فنی در داخل کشور و بومی سازی دانش فنی، ارتقاء بهره‌وری با استفاده از

تجهیزات سنسورینگ مدرن، کلیات توجیه مالی بومی‌سازی (مطابق جدول ۱)

ردیف	موضوع	هزینه ارزی (دلار/یورو)	هزینه ریالی (میلیارد ریال)	معادل ریالی (بر مبنای ارزش نیمایی)
۱	قیمت خرید یک محصول از خارج کشور (به همراه مستندات: پیوست شماره ۲)	<u>عدم امکان خرید</u>	---	---
۲	قیمت خرید یک محصول از شرکت دانش بنیان با احتساب هزینه بومی سازی		۶۸۵	
۳	قیمت خرید یک محصول از شرکت دانش بنیان پس از بومی سازی		۵۵۰	
۴	ارزش کل قرارداد بومی سازی محصول (تعداد نمونه محصولی که در طی قرارداد بومی سازی تحویل می شود نیز ذکر شود)		۶۸۵	

چارچوب کلی قرارداد ساخت بار اول

مراحل طی شده و دلایل متقاضی برای انتخاب شرکت دانش بنیان

شیوه تامین مالی پروژه در دستگاه متقاضی

شیوه نامه تست و احراز صحت عملکرد محصول به گونه ای که برای کاربر نهایی مورد قبول باشد (مستندات فرآیند تست محصول: پیوست شماره ۳)

تست در شرایط بارگذاری افقی، مایل و عمودی

شکست اجزاء و مازول های اصلی محصول و تقسیم کار میان شرکت سازنده و همکاران شرکت در داخل و خارج کشور

جدول ۲- شکست اجزاء و مازول های اصلی محصول

ردیف	نام مازول اصلی / جزء اصلی	شیوه تامین/تولید	درصد ارزش مازول از کل
۱	طراحی و ساخت سازه عمرانی و بتن فوق مسلح	<input type="checkbox"/> توسط شرکت طراحی و تولید می شود <input checked="" type="checkbox"/> توسط شرکت داخلی دیگری تامین می شود <input type="checkbox"/> از سازندگان خارجی تامین می شود <input type="checkbox"/> سایر (توضیحات ذکر شود):.....	۳۵٪
۲	طراحی و ساخت سیستم بالابر (الکتروموتور و گیربکس و ...)	<input checked="" type="checkbox"/> توسط شرکت طراحی و تولید می شود <input type="checkbox"/> توسط شرکت داخلی دیگری تامین می شود <input type="checkbox"/> از سازندگان خارجی تامین می شود <input type="checkbox"/> سایر (توضیحات ذکر شود):.....	۳۵٪
۳	طراحی و خرید، نصب و اجرای سیستم اندازه گیری	<input checked="" type="checkbox"/> از سازندگان خارجی تامین می شود <input type="checkbox"/> توسط شرکت داخلی دیگری تامین می شود <input type="checkbox"/> از سازندگان خارجی تامین می شود <input type="checkbox"/> سایر (توضیحات ذکر شود):.....	۳۰٪

ارزبری پروژه (شامل بخشی از منابع طرح که صرف خرید اقلام خارجی می شود)

جدول ۳- جدول ارزبری پروژه

ردیف	موضوع خرید خدمات و کالا به صورت ارزی	میزان ارزبری	درصد از کل پروژه
۱	خرید گیربکس	۳۷۶۰۰۰ دلار	۲۰٪
۲	خرید سنسورها، دوربین سرعت بالا و سایر ادوات الکترونیکی مورد نیاز	۳۸۵۰۰۰ دلار	۲۲٪
جمع کل ارزبری پروژه		۷۶۱۰۰۰ دلار	۴۲٪

مراحل انجام پروژه، نتایج قابل اندازه گیری، درصد پیشرفت (مطابق جدول ۴)

جدول ۴- مراحل پروژه بومی سازی

ردیف	مرحله پروژه	زمان (ماه)		درصد پیشرفت (سهم از کل)	نتیجه قابل ارزیابی در پایان مرحله	پرداخت ارزی (درصد)	پرداخت ریالی (درصد)
		از ابتدای ماه	تا انتهای ماه				
۱	طراحی و ساخت سازه	۱	۶	۳۰٪		---	۳۵٪
۲	ساخت تجهیزات سنسورینگ و اندازه گیری	۱	۸	۳۰٪		۲۲٪	۷٪
۳	ساخت سیستم بالابر	۶	۸	۳۰٪		۲۰٪	۱۵٪
۴	تست و اعتبارسنجی انجام کار	۸	۱۰	۱۰٪		---	---

• پیش پرداخت: ۳۰٪ از قرارداد به منظور تهیه تجهیزات مورد نیاز و هزینه نیروی انسانی لازم بصورت پیش پرداخت واریز می گردد.

شرح خدمات و اقلام قابل تحویل قرارداد (محصولاتی که باید تحویل کارفرما شود، اقلامی که باید تولید و ارائه شود، تست-های اجباری در کارخانه، تاییده ها با معرفی مراکز صدور آن، تجهیزاتی که برای تست باید ساخته شود، خرید یا تامین نمونه اولیه و مالکیت نهایی آن، مستندات و اسناد و ... در این بخش قید شود.)

الف. سایت تست سقوط مخزن

ب. سامانه بالابر و مکانیزم سقوط

ت. سیستم های اندازه گیری

ث. گارانتی

ج. آموزش

ح. خدمات پس از فروش

خ. اسناد، مستندات، گزارشات و تاییده ها

فعالیت‌های قبلی شرکت که مرتبط با این پروژه بوده است (مستندات: پیوست شماره ۴)

ساخت دستگاه تست دراپ یک تن و سیستم اندازه‌گیری در دانشگاه جامع امام حسین(ع)

مهم‌ترین موانع پیشبرد پروژه و راهکارهای پیشنهادی (موانع فنی، مالی، حقوقی و... قید شود)

در صورت نداشتن محدودیت زمانی، و امکان بررسی بیشتر مطالعاتی می‌توان کار را با کیفیت بالاتر و احتمالاً هزینه کمتری به سرانجام رساند.

خلاصه مدیریتی پروژه

جدول ۵- خلاصه مدیریتی پروژه

ردیف	عنوان	توضیح	مقدار
۱	ظرفیت تولید ایجاد شده در طی انجام پروژه تولید بار اول چقدر است؟ به عبارت دیگر پس از اتمام این پروژه، شرکت برای تولید چه میزان از محصول در سال آمادگی خواهد داشت؟	واحد محصول	یک عدد
	نیاز کشور به این محصول در سال تقریباً چقدر است؟	واحد محصول	---
	نیاز دستگاه متقاضی به این محصول در سال تقریباً چقدر است؟	واحد محصول	حداکثر ۲۴ تست
۴	قیمت (هزینه) تأمین یک واحد از محصول، از خارج کشور در حال حاضر چقدر است؟ (با احتساب هزینه حمل، گمرک، انتقال پول و...)	پوند/یورو/دلار/ین به ازای هر واحد محصول	۲۲ میلیون دلار در حدود ۶۶۰ میلیارد تومان
	قیمت (هزینه) تأمین یک واحد در طی قرارداد بومی سازی تقریباً چقدر است؟	ریال	۵۶ میلیارد تومان (۱/۸ میلیون دلار)
۶	قیمت (هزینه) تأمین یک واحد از محصول، پس از انجام قرار داد بومی سازی تقریباً چقدر است؟	پوند/یورو/دلار/ین/ریال	حدود ۳۸ میلیارد تومان
	درصد کاهش هزینه تأمین برای هر واحد پس از بومی سازی در قیاس با نمونه خارجی تقریباً چقدر است؟	درصد	۵/۷
۸	میزان تولید محصول در طی قرارداد بومی سازی چقدر است؟ به عبارت دیگر، در طول قرارداد چه میزان از محصول تولید خواهد شد؟	واحد محصول	یک عدد

زمانبندی بررسی طرح (توسط کارگزار و در انتهای فرایند تدوین گزارش تکمیل شود)

ردیف	عنوان	تاریخ
۱	دریافت تقاضای رسمی بررسی طرح در کارگروه تولید بار اول	
۲	دریافت نسخه نهایی گزارش فنی از کارفرما	
۳	جمع‌بندی و نهایی‌سازی گزارش فنی توسط کارگزار	
۴	جلسه فنی اول با کارفرما و شرکت دانش‌بنیان	
۵	جلسه فنی دوم با کارفرما و شرکت دانش‌بنیان	
۶	جلسه دفاع در وزارت صمت	
۷	بررسی طرح در کارگروه تولید بار اول	
۸	تایید و امضای گزارش فنی توسط کارفرما، مجری و دبیرخانه تولید بار اول	

پیوست‌های گزارش

پیوست شماره ۱: مستندات مربوط به قیمت خرید یک محصول از خارج کشور (در این قسمت، مرجع استعلام قیمت نمونه خارجی و تاییدکننده آن با جزئیات قید شود و اسناد آن در پیوست ارائه شود)

پیوست شماره ۲: مشخصات فنی و استانداردهای ضروری محصول

پیوست شماره ۳: مستندات مربوط به فرآیند تست محصول

پیوست شماره ۴: سایر مستندات

پیوست فنی

۱ - سازه عمرانی

۱-۱- سیستم‌های تست سقوط:

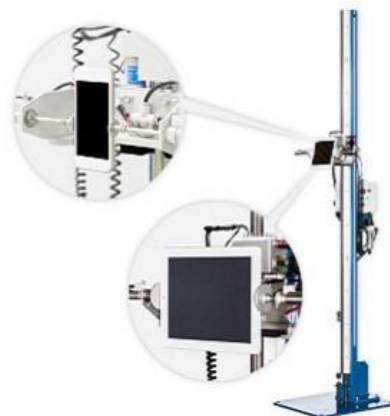
سیستم‌های تست سقوط در بسیاری از رشته‌های صنعتی و نظامی و غیره کاربرد دارند و به فراخور هدفی که دنبال می‌کنند، طراحی می‌شوند. این آزمایش‌ها و تحلیل و ارزیابی‌هایی که در فرایند چندین بار تکرار آزمایش سقوط انجام می‌گیرد به صاحبان محصول کمک می‌کند تا بهترین کیفیت و استاندارد را به مشتریان خود ارائه نمایند و همچنین تاییدیه‌های معتبر بر روی محصولات نیز بر اعتماد مشتریان می‌افزاید.

آسیب‌های مکانیکی که به محصولات وارد می‌شود، به دو نوع تقسیم می‌شوند. اول آسیبهایی که در فرایند تولید ممکن است ایجاد شود و دوم آنهایی که در مدت استفاده امکان شکل‌گیری دارد. با توجه به نوع محصول ممکن است احتمال هر کدام تغییر کند. مثلاً لوازم خانگی همچون یخچال به ندرت پیش می‌آید که در زمان استفاده توسط یک مشتری دچار آسیب‌های مکانیکی شود چون در جای خود ثابت است ولی وسایلی همچون دوربین و موبایل و از این قبیل محصولات که قابل جابجایی هستند با درصد بالایی احتمال سقوط و آسیب دارد که این احتمال بالا تولید کننده را مجاب می‌کند که محصولات خود را بر اساس مدل‌های مختلف آسیب آزمایش کند و نتایج این آزمایش‌ها را برای مطلوب‌تر کردن محصول نهایی خود استفاده کند.

نکته حائز اهمیت این است که هر محصول بر اساس مشخصات خود نیاز به طراحی سیستم آزمایشی خاص خود دارد که شرکت‌های معتبر گوناگونی بر اساس تحقیقات انجام گرفته شده هستند که می‌توانند بر اساس استاندارد‌های ویژه این آزمایشات را انجام و نتایج آن را در اختیار تولید کنندگان بگذارند.



شکل ۱: تست سقوط جعبه



شکل ۲: تست سقوط گوشی موبایل

همانطور که گفته شد، هنگام نصب، حمل و نقل یا تعمیر، بسیاری از محصولات در معرض خطر افتادن هستند. در حالی که متخصصان آموزش می بینند تا با این موارد با احتیاط رفتار کنند، حتی برای با تجربه ترین متخصصان نیز حوادث ناگوار رخ می دهد .



شکل ۳: برج سقوط برای تجهیزات محافظ از سقوط مربوط به شرکت Gravitec Systems

بسیاری از محصولات در طول عمر خود در معرض خطر افتادن یا جابجایی هستند. تست سقوط تضمین می کند که محصول از زمان ساخت تا اجرا در شرایط اولیه خود باقی بماند. این محصولات شامل دستگاه ها و ابزارهای دستی، تجهیزات آزمایشگاهی، رایانه های شخصی، تجهیزات اندازه گیری میدانی، ابزار ساخت و ساز و حتی محصولات بسیار بزرگ و سنگین و استراتژیک است. در چنین مواردی، ممکن است برای اطمینان از اینکه ابزار یا تجهیزات گران قیمت می توانند از خطرات استفاده و سوء استفاده مورد انتظار، جان سالم به در ببرند، آزمایش سقوط لازم می باشد .

برج سقوط به عنوان زیرساخت اصلی در سیستم یک آزمایش سقوط است و وظیفه اصلی آن این است که یک نمونه آزمایشی یا یک وزن مشخص متصل به یک بالابر را به یک سطح ارتفاع منتقل کند، آن را به صورت کنترل شده در آنجا رها کند تا بر روی یک نمونه آزمایشی یا سطح ضربه رها کند. تأثیر کوتاه مدت حاصل، ارزیابی نحوه جذب انرژی توسط مواد، طرح ها، اجزا و سازه ها در صورت تصادف و ایجاد سیگنال های تصادف (فرکانس پایین و بالا) را ممکن می سازد .

۱-۲- نمونه موردی:

تحلیل سایت بم: (موسسه فدرال تحقیقات و آزمایش مواد BAM، برلین، آلمان [1]) یکی از سایت هایی که در آن تست سقوط محصولات انجام می گیرد موسسه فدرال تحقیقات و آزمایش مواد (BAM)، در برلین، آلمان می باشد. در BAM نمونه های با مقیاس واقعی از مخازن حمل و نقل مواد هسته ای و همچنین ظروف ذخیره سازی تست می شود.

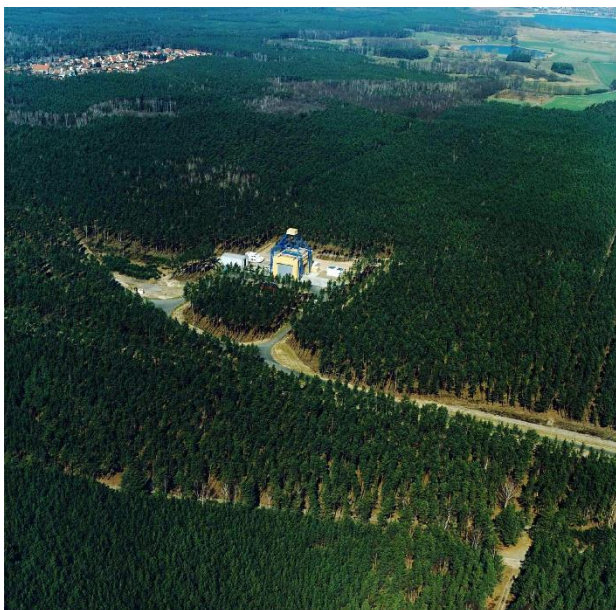
این سایت در سال ۲۰۰۴ در برلین آلمان ایجاد شد. این تاسیسات در محوطه ای به مساحت ۱۲ هکتار ایجاد شده و بخش سایت تست سقوط آن شامل یک برج ۳۶ متری از لوله های فولادی با سیستم خرابایی است که بر روی یک سالن تست به ابعاد ۲۴ متر در ۲۰ متر قرار گرفته است. بر بالای این برج تست سقوط به بالا بر (هوئست) ۲۰۰ تنی در اتاقکی قرار گرفته که طول کابل قلاب آن ۳۰ متر است. سالن تست در زیر این برج با سازه فلزی و به صورت مستقل از سازه برج طراحی شده و در آن یک جرثقیل دروازه ای ۸۰ تنی نصب شده است. پد ضربه سقوط در این سالن شامل یک فونداسیون بتنی مسلح به ابعاد ۱۴ متر در ۱۴ متر و به عمق ۵ متر که در قسمت تماس ضربه حاصل از سقوط یک پد فولادی به ابعاد ۱۰ متر در ۴٫۵ متر و به ضخامت ۲۲ سانتیمتر که بوسیله اتصال پیچی به بولتهایی در فونداسیون متصل شده است. این مجموعه در نقش هدف تسلیم ناپذیر ساخته شده است. این تاسیسات در سال ۲۰۰۴ با تست مجموعه با بار بیش از ظرفیت ۲۵۰ تن آزمایش و تحویل داده شد.

۳-۱- برج تست سقوط اولیه:



شکل ۱: برج تست سقوط اولیه

۴-۱- دید پرنده از سایت تست سقوط BAM :



شکل ۲: دید پرنده سایت BAM



شکل ۳: سایت BAM

۶-۱- درب متحرک روی سقف سالن :



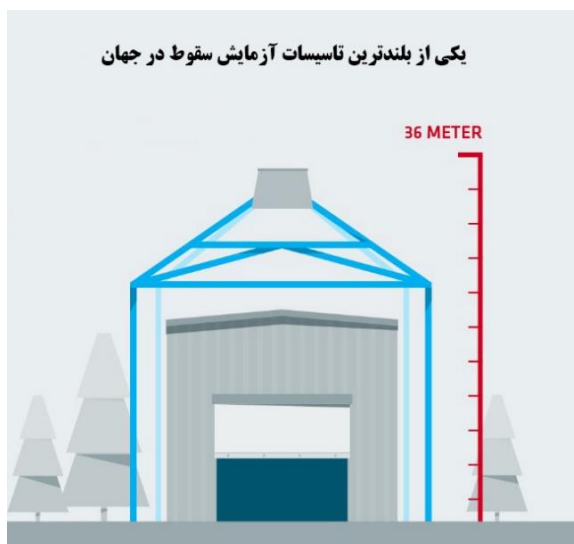
شکل ۴: درب متحرک بر روی سقف سالن تست

۶-۱- برج سقوط با سالن تست:

- ارتفاع برج ۳۶ متر .
- بالابر ۲۰۰ تنی در اتاقکی به ابعاد ۶ در ۶ متر و طول قلاب ۳۰ متری.
- جرثقیل متحرک دروازه ای ۸۰ تنی.
- سالن تست با ابعاد ۲۰ متر در ۲۴ متر.



شکل ۱: مجموعه برج سقوط



شکل ۵: ارتفاع برج سقوط



شکل ۶: هوست ۲۰۰ تنی برج سقوط



شکل ۷: جرثقیل دروازه ای ۸۰ تنی سالن تست



شکل ۸: انتقال هویست ۲۰۰ تنی به بالای برج



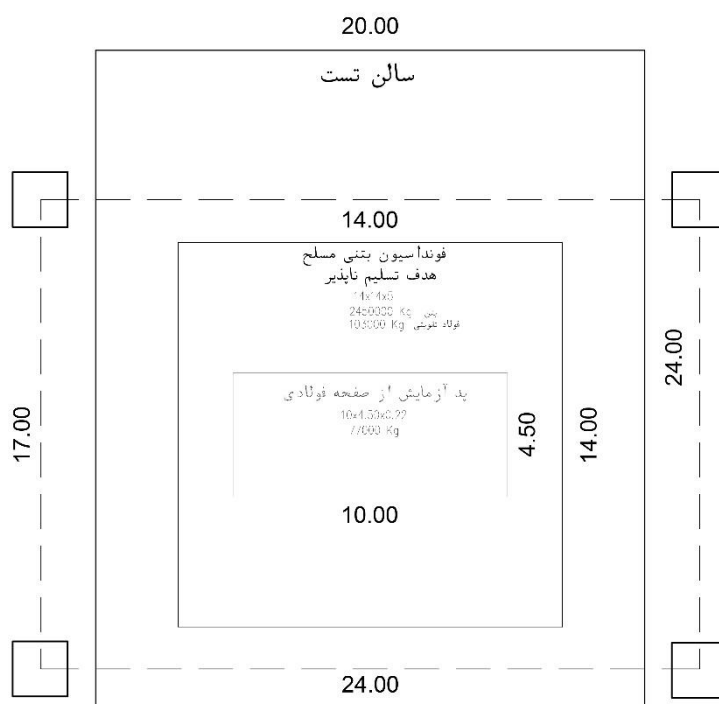
شکل ۹: قلاب هویست با طول قلاب ۳۰ متر

۷-۱- تست بالاتر از ظرفیت برج سقوط و هویست ۲۰۰ تنی با جرم ۲۵۰ تنی:



شکل ۱۰: آزمایش بالاتر از ظرفیت مجموعه به وزن ۲۵۰ تن

۸-۱- پلان سایت تست سقوط:



شکل ۱۱: پلان سایت برج سقوط

۹-۱-ابعاد و اندازه های تاسیسات تست سقوط:



شکل ۱۲: ابعاد عمودی برج سقوط



شکل ۱۳: ابعاد افقی برج سقوط



شکل ۱۸: بخشی از اجرای صفحه برخورد تاسیسات بزم



شکل ۱۹: بخشی از مراحل اجرای صفحه برخورد برج سقوط بزم

۱۰-۱- موضوع طرح:

در مسیر طراحی و اجرای برج سقوط تأسیسات تست سقوط مخزن فولادی، تیم طراحی از نمونه موردی "موسسه فدرال تحقیقات و آزمایش مواد (BAM)، برلین، آلمان" استفاده کرده است که مورد تأکید کارفرما نیز می‌باشد. این مرکز یکی از مناسب‌ترین مراکز آزمایش سقوط بوده و پس از حدود ۱۸ سال فعالیت از اعتبار ویژه‌ای برخوردار گردیده است. این مرکز و مشخصات کلی آن آورده شده است و تیم طراحی سعی کرده از مشخصات فنی و استانداردهای این مرکز استفاده نموده و بازطراحی‌ای را نسبت به موضوع پروژه تهیه کرده و همچنین در طراحی‌های خود از نتایج بررسی‌های سازه اصلی برج سقوط بم آلمان که در دوره‌های مختلف توسط تیم‌های متخصص صورت گرفته نیز بهره کافی ببرد.

۱۱-۱- نیاز طرح:

در این مورد حداکثر وزن مخزن مورد آزمایش ۱۵۰ تن می‌باشد. این مخزن از ارتفاع ۹ متر بر روی سطح هدف، سقوط آزاد می‌نماید. ارتفاع ۹ متر از پایین‌ترین سطح مخزن فولادی تا سطح هدف می‌باشد. به منظور فراهم نمودن ارتفاع مورد نظر برای انجام تست سقوط، نیاز به طراحی برج سقوط می‌باشد. با توجه به وزن بالای مخزن فولادی، تحت فرایند سقوط آزاد مخزن فولادی، تکانه شدیدی به مجموعه وارد خواهد آمد. برج سقوط باید قابلیت تحمل تکانه‌های شدید حاصل از رهاسازی مخزن فولادی را داشته باشد. سطح هدف در تست سقوط، بلوک بتنی تقویت شده می‌باشد. بدیهی است که برج سقوط می‌بایست با سطح مورد نظر متناسب باشد. علاوه بر قابلیت تحمل تکانه شدید، تحت سقوط مخزن فولادی و پس از برخورد مخزن فولادی به سطح هدف، ارتعاشات بستر برج سقوط قابل پیش بینی می‌باشد که این امر نیز در طراحی لحاظ می‌گردد. در قسمت بالای برج سقوط، می‌بایست یک هویست با ظرفیت ۲۰۰ تن قرار داده شود. همچنین مسیری به منظور دسترسی به قسمت بالای برج سقوط در طراحی لحاظ می‌گردد.

۱۲-۱- مکان یابی:

مطالعات مکان‌یابی یکی از اقدام‌های کلیدی در فرایند احداث واحدهای صنعتی یا خدماتی محسوب می‌شود که توجه به این مهم در موفقیت آن، نقش بسزایی دارد. اهمیت آن به این دلیل است که انتخاب اصولی یا غیر اصولی و ناصحیح مکان ایجاد یک طرح، می‌تواند آن را از سایر جنبه‌های بازار، فنی، مالی و اقتصادی نیز تحت تأثیر قرار دهد. به گونه‌ای که اگر در هنگام انتخاب محل اجرای طرح، بررسی‌های لازم صورت نگیرد این امر می‌تواند حیات پروژه را در بلند مدت و حتی امکان اجرای آن را تحت تأثیر قرار دهد.

مسائل مکان‌یابی، هدف‌های مختلفی را دربردارند. هدفها در شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری در یک مساله مکان‌یابی و زیر معیارهای آنها، اهمیت و نقش مهمی دارند. برخی از آنچه که در یک مکان یابی مطلوب، نقش بسزایی داشته و باید مورد توجه قرار بگیرد در ذیل آورده می‌شود.

۱-۱۳- فاصله تا مرکز هدف:

آنچه که در مکان‌یابی تاسیسات تست سقوط مهم است نزدیکی آن به مراکزی است که جزو مشتریان دائمی این مجموعه آزمایشگاهی می‌باشند. فاصله مناسب هم از نظر امکان حمل و نقل و هم از نظر هزینه‌های آن حائز اهمیت می‌باشد.

۱-۱۴- مشخصات ژئو تکنیک خاک:

با توجه به تناژ بالای مخازن و نیروهایی که به سازه و متعاقبا به زمین وارد می‌شود؛ مشخصات ژئوتکنیک خاک سایت مورد نظر کمک شایانی در کاهش هزینه‌های ساخت دارد. ممکن از این مشخصه اولویت انتخاب یک سایت را نسبت به دیگر سایت‌ها بالا ببرد که باید به آن توجه داشت.

۱-۱۵- دسترسی‌های سایت:

فرض شود که مخزنی با ابعاد بزرگ و وزنی زیاد قرار است در این مجموعه تست شود. حتما انتقال این مورد آزمایش به سایت مربوطه خود پروژه‌ای سخت می‌باشد. لذا بدیهی است که انتخاب سایتی با دسترسی‌های مشخص و تعریف شده برای چنین جابجایی‌هایی از اهمیت بالایی برخوردار است. مضافا داخل سایت باید به گونه‌ای باشد که امکان حرکت محموله‌های ترافیکی بزرگ وجود داشته باشد.

۱-۱۶- بررسی‌های شاخص‌های پدافند غیر عامل:

مطالعات پدافند غیر عامل و به کارگیری اقدامات آن، موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقاء پایداری و تداوم فعالیت‌های ضروری و تسهیل مدیریت بحران در برابر تهدیدات می‌گردد. بنا به اهمیت این طرح که باید طی مطالعاتی به آن دست یافت، انجام اقدامات پدافندی مورد توجه قرار می‌گیرد. مکان‌یابی مناسب یکی از مهمترین شاخص‌های پدافند غیر عامل است که باید برای هر نوع اجرای تاسیسات و سازه‌های خاص مد نظر قرار گیرد. در طرح مذکور ممکن است علاوه بر اینکه خود طرح از اهمیت بالایی از نظر معیارهای پدافند غیر عامل برخوردار باشد؛ خود سازه نیز به جهت خطر سازه برای بافت پیرامون خود مورد بررسی قرار بگیرد.

۱-۱۷- امکان توسعه آتی:

مطالعات انجام گرفته شده در سایت‌های مختلف این نکته را مشخص کرده است که چنین پروژه‌هایی در دوره‌هایی توسعه یافته و تاسیسات آزمایشگاهی جدیدی به آن اضافه شده و باعث شده تا کل مجموعه یک فرایند تکمیلی را سپری کند. لذا این امر باعث می‌شود در انتخاب سایت به امکان توسعه آتی دقت شود.

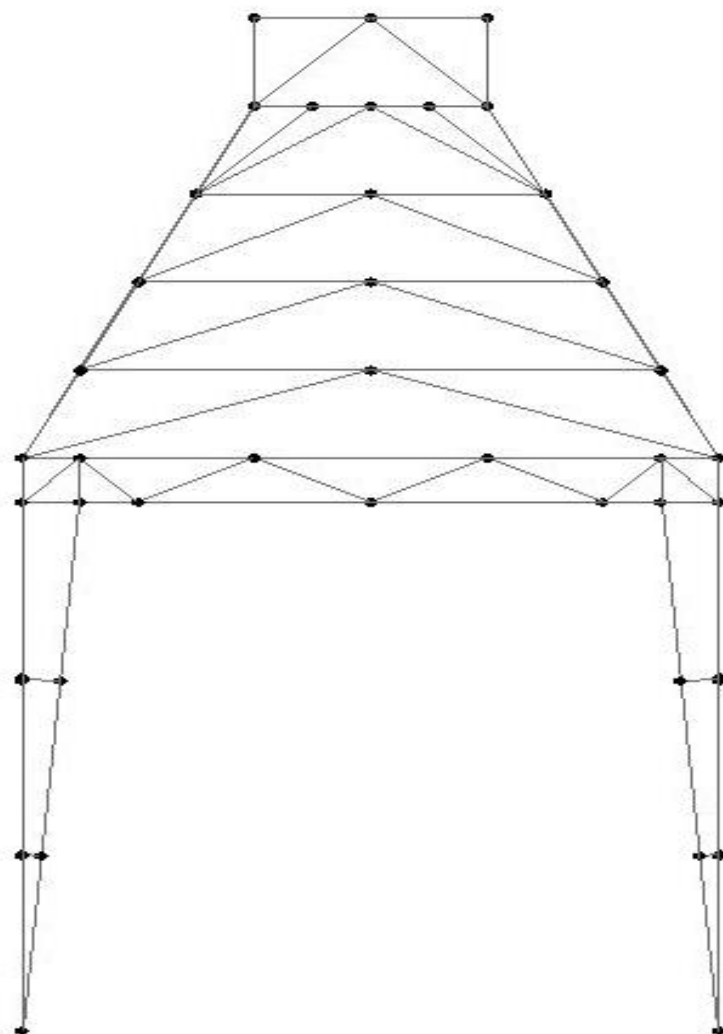
۱-۱۸- شاخص‌های توسعه پایدار:

توسعه پایدار را فرآیندی تعریف کرده اند که طی آن نیازهای کنونی تامین می شود، بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده برای تامین نیازهایشان تحت تاثیر قرار گرفته باشد. طبق تعریف توسعه پایدار دارای چهار بعد می‌باشد. ۱- توسعه زیست‌محیطی ۲- توسعه اقتصادی ۳- توسعه اجتماعی ۴- توسعه حقوقی. هر یک از این ابعاد دارای شاخص‌هایی می‌باشند. استقرار بجا و متناسب فعالیت‌های تولیدی و صنعتی با رعایت مسائل زیست محیطی بخصوص در زمینه انواع آلودگی ضروری به نظر می‌رسد.

در حال حاضر و با تعریفی که برای ماموریت‌های برج سقوط دیده شده است؛ آلودگی صوتی از برخورد مخازن و اجسام مختلف بر روی صفحه تسلیم ناپذیر از فاصله‌های متفاوت مشکل اولیه و آشکار این تاسیسات بوده که باید برای حل این آلودگی و کاهش آن تمهیداتی در نظر گرفت. این امر با یک مکان‌یابی اصولی و صحیح قابل کنترل است.

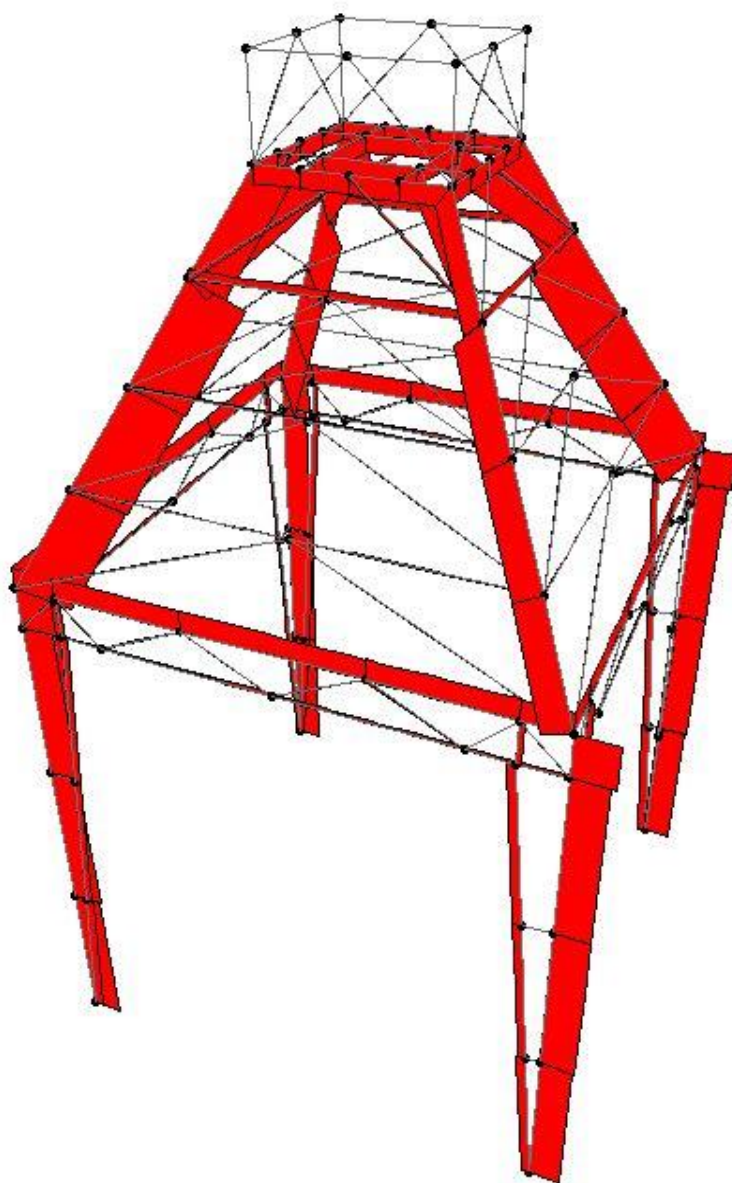
۱-۱۹- طراحی اولیه سازه خرپایی برج سقوط:

برای مدل‌سازی نرم افزاری و طراحی اولیه این برج، از نرم افزار SAP2000 استفاده شده است. مشخصات کلی این مدل‌سازی نرم افزاری و طراحی، از جمله بار در نظر گرفته شده برای طراحی، ابعاد، شکل کلی و ... شبیه به مشخصات برج سقوط موسسه فدرال تحقیقات و آزمایش مواد ب‌م در برلین آلمان می باشد که از ابتدا به صورت کامل مدل سازی و طراحی شده است. در این طرح از پروفیل‌های لوله ای (Pipe)، که دارای مشخصات مکانیکی بهتری نسبت به سایر مقاطع می باشد استفاده شده است. اتصالات در مدل سازی همگی مفصلی بوده و به کمک اتصالات فلنجی پیچی اجرا می شود. طراحی اتصالات در فاز بعدی طراحی انجام خواهد شد. این مدل‌سازی به صورت سه بعدی انجام شده است اما در شکل ۲۰ نمای دو بعدی این مدل‌سازی، که در نرم افزار انجام شده است به نمایش گذاشته شده است. این طرح اولیه نسبت به طرح برج سقوط ب‌م آلمان تغییراتی داشته است از جمله اضافه کردن چند مهاربند برای اقتصادی شدن طرح صورت گرفته است. بارگذاری هم شامل وزن اعضا، بار ۱۵۰ تنی که قرار است توسط هویست تحمل شود و همچنین وزن خود هویست در نظر گرفته شده و البته ضرایب اطمینان لحاظ شده است و طراحی طوری صورت گرفته که در حین چرخه‌های متعدد بارگذاری، اعضا از ناحیه خطی خارج نشده، دچار تغییر شکل دائمی نشود و سازه کاربری خود را حفظ کند.



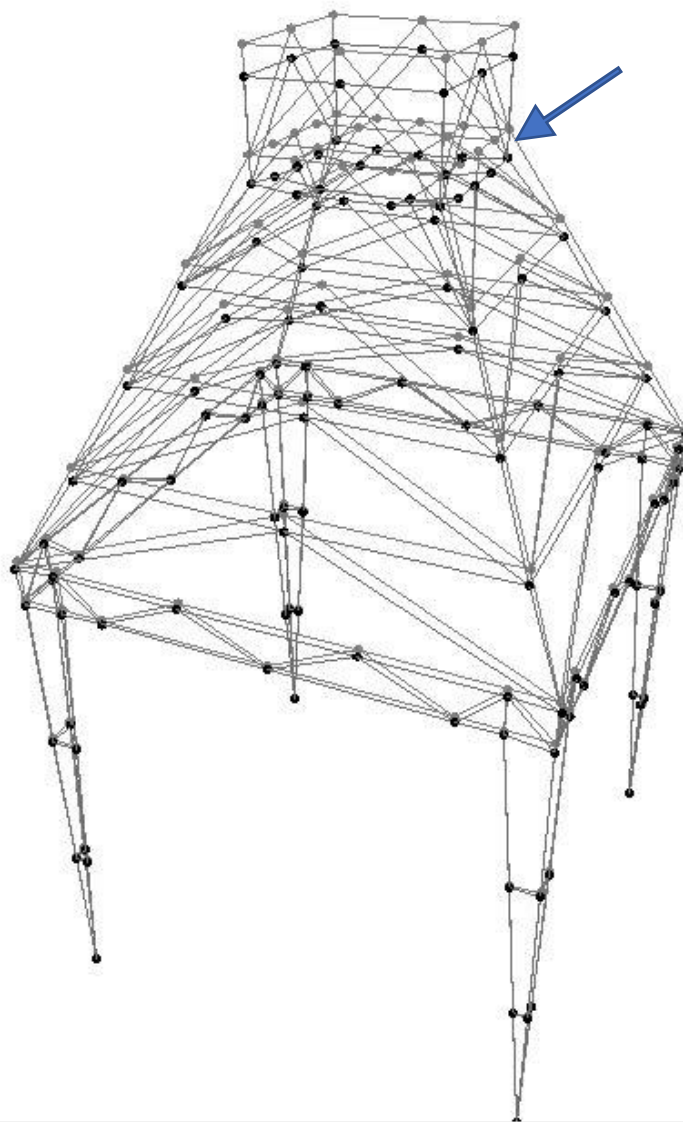
شکل ۱۴: نمایش دوبعدی مدل سازی سازه خرپایی

پس از اعمال بارگذاری‌های توضیح داده شده و تحلیل نرم افزاری مدل در شکل ۲۱، نمودار نیروی محوری در مدل سه بعدی را مشاهده می‌نمایید. در خرپاها نیروی غالب نیروی محوری است و نیروی خمش و برش قابل صرف نظر کردن هستند.



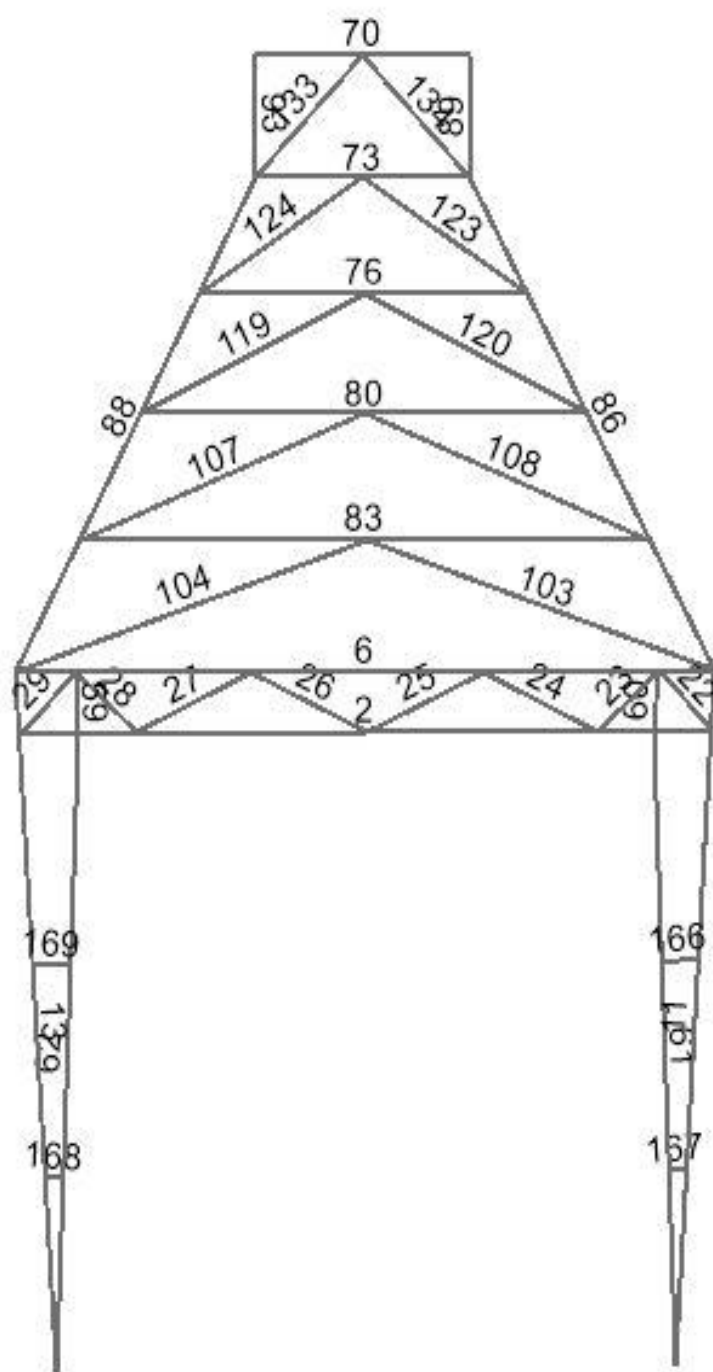
شکل ۱۵: نمایش سه بعدی نمودار نیروی محوری در سازه خرپایی مدل شده

در شکل ۲۲ هم تغییر شکل سازه مشاهده می‌شود. همانطور که در شکل نشان داده شده است، تغییر شکل سازه در نقطه مشخص شده حدود ۰/۹ سانتی متر است که با توجه به ابعاد سازه این تغییر شکل قابل قبول است. با توجه به تقارن سازه، این تغییر شکل‌ها نیز به صورت متقارن در سازه اتفاق می‌افتد.



شکل ۱۶: تغییر شکل ایجاد شده در اثر بارگذاری حداکثر (تغییر مکان نقطه‌ی مشخص شده با پیکان، ۰/۹ سانتی‌متر می‌باشد).

پس از مدل‌سازی نرم‌افزاری سازه و انجام تحلیل و طراحی به کمک نرم‌افزار، مقاطع لوله ای (Pipe) در نظر گرفته شده به اعضای مختلف اختصاص پیدا کرد. در جدول ۱ مقاطع لوله ای شکل اختصاص یافته به هر عضو نشان داده شده است. با توجه به شماره عضو در شکل ۲۳ و مراجعه به جدول ۱ می‌توان مقطع تخصیص داده شده به هر عضو را پیدا کرد. همچنین در جدول ۱ مشخصات هر مقطع از جمله قطر قارجی مقطع لوله ای، ضخامت جداره ی مقطع، وزن واحد طول، طول هر عضو در سازه و در نهایت مجموع وزن آن المان وجود دارد.



شکل ۱۷: شماره گذاری اعضای سازه از یک جهت سازه

جدول ۶: مقاطع اختصاص یافته به هر عضو و مشخصات هر مقطع

شماره المان	نوع مقطع	اسم مقطع	قطر خارجی cm	ضخامت جداره cm	مساحت cm ²	وزن واحد طول Kg/m	طول المان m	وزن کل المان Kg
۲	Pipe	HSS۱۶X۳۱۲	۴۰.۶۴	۰.۷۹۳۸	۹۲.۹	۷۲.۹	۱۸.۰	۱,۳۱۳
۶	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۱۸.۰	۲,۵۹۸
۱۱	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۱۹.۵	۲,۸۱۴
۱۳	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۱۹.۵	۲,۸۱۴
۲۱	Pipe	PIPE۱SCH۴۰	۳.۳۴۰۱	۰.۳۳۷۸	۲.۹۷	۲.۳	۲.۱	۵
۲۲	Pipe	PIPE۱SCH۴۰	۳.۳۴۰۱	۰.۳۳۷۸	۲.۹۷	۲.۳	۲.۱	۵
۲۳	Pipe	PIPE۳/۴SCH۴۰	۲.۶۶۷	۰.۲۸۷	۲	۱.۶	۲.۱	۳
۲۴	Pipe	HSS۲.۸۷۵X.۱۲۵	۷.۳۰۲۵	۰.۳۱۷۵	۶.۵۲	۵.۱	۳.۴	۱۷
۲۵	Pipe	PIPE۱-۱/۴SCH۴۰	۲۷.۳۰۵	۱.۲۷	۹۶.۷۷	۷۶.۰	۳.۴	۲۵۵
۲۶	Pipe	PIPE۱-۱/۴SCH۴۰	۲۷.۳۰۵	۱.۲۷	۹۶.۷۷	۷۶.۰	۳.۴	۲۵۵
۲۸	Pipe	PIPE۳/۴SCH۴۰	۲.۶۶۷	۰.۲۸۷	۲	۱.۶	۲.۱	۳
۲۹	Pipe	PIPE۱SCH۴۰	۳.۳۴۰۱	۰.۳۳۷۸	۲.۹۷	۲.۳	۲.۱	۵
۶۰	Pipe	HSS۶۶۲۵X.۱۲۵	۱۶.۸۲۷۵	۰.۳۱۷۵	۱۵.۲۹	۱۲.۰	۱.۵	۱۸
۶۱	Pipe	HSS۱۶X.۲۵۰	۴۰.۶۴	۰.۶۳۵	۷۴.۱۹	۵۸.۲	۱۸.۱	۱,۰۵۲
۶۲	Pipe	HSS۱۶X.۲۵۰	۴۰.۶۴	۰.۶۳۵	۷۴.۱۹	۵۸.۲	۱۸.۱	۱,۰۵۲
۶۹	Pipe	HSS۳.۵۰۰X.۱۲۵	۸.۸۹	۰.۳۱۷۵	۷.۹۴	۶.۲	۶.۰	۳۷
۷۰	Pipe	HSS۳.۵۰۰X.۱۲۵	۸.۸۹	۰.۳۱۷۵	۷.۹۴	۶.۲	۶.۰	۳۷
۷۳	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۶.۰	۸۶۶
۷۶	Pipe	HSS۶۶۲۵X.۱۸۸	۱۶.۸۲۷۵	۰.۴۷۶۳	۲۲.۷۷	۱۷.۹	۹.۰	۱۶۱
۸۰	Pipe	HSS۷X.۱۲۵	۱۷.۷۸	۰.۳۱۷۵	۱۶.۱۹	۱۲.۷	۱۲.۰	۱۵۲
۸۳	Pipe	HSS۸.۶۲۵X.۱۸۸	۲۱.۹۰۷۵	۰.۴۷۷۵	۲۹.۸۱	۲۳.۴	۱۵.۰	۳۵۱
۸۶	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۱۴.۷	۲,۱۲۱
۸۸	Pipe	HSS۲۰X۵۰۰	۵۰.۸	۱.۲۷	۱۸۳.۸۷	۱۴۴.۳	۱۴.۷	۲,۱۲۱
۹۳	Pipe	HSS۱.۹۰۰X.۱۲۰	۴.۸۲۶	۰.۳۰۴۸	۴.۰۳	۳.۲	۳.۰	۹
۹۸	Pipe	HSS۵.۵۶۳X.۱۳۴	۱۴.۱۳	۰.۳۴۰۴	۱۳.۶۸	۱۰.۷	۹.۶	۱۰۳
۱۰۳	Pipe	HSS۵.۵۶۳X.۱۳۴	۱۴.۱۳	۰.۳۴۰۴	۱۳.۶۸	۱۰.۷	۹.۶	۱۰۳
۱۰۴	Pipe	HSS۵.۵۶۳X.۱۳۴	۱۴.۱۳	۰.۳۴۰۴	۱۳.۶۸	۱۰.۷	۹.۶	۱۰۳
۱۰۷	Pipe	HSS۵X.۱۲۵	۱۲.۷	۰.۳۱۷۵	۱۱.۴۸	۹.۰	۸.۲	۷۴
۱۰۸	Pipe	HSS۵X.۱۲۵	۱۲.۷	۰.۳۱۷۵	۱۱.۴۸	۹.۰	۸.۲	۷۴
۱۱۹	Pipe	HSS۴X.۱۲۵	۱۰.۱۶	۰.۳۱۷۵	۹.۱۶	۷.۲	۶.۹	۴۹
۱۲۰	Pipe	HSS۴X.۱۲۵	۱۰.۱۶	۰.۳۱۷۵	۹.۱۶	۷.۲	۶.۹	۴۹
۱۲۳	Pipe	HSS۵.۵۶۳X.۱۳۴	۱۴.۱۳	۰.۳۴۰۴	۱۳.۶۸	۱۰.۷	۵.۶	۶۰
۱۲۴	Pipe	HSS۵.۵۶۳X.۱۳۴	۱۴.۱۳	۰.۳۴۰۴	۱۳.۶۸	۱۰.۷	۵.۶	۶۰
۱۳۳	Pipe	HSS۲.۵۰۰X.۱۲۵	۶.۳۵	۰.۳۱۷۵	۵.۶۱	۴.۴	۴.۲	۱۹
۱۳۴	Pipe	HSS۲.۵۰۰X.۱۲۵	۶.۳۵	۰.۳۱۷۵	۵.۶۱	۴.۴	۴.۲	۱۹
۱۶۶	Pipe	HSS۴X.۱۲۵	۱۰.۱۶	۰.۳۱۷۵	۹.۱۶	۷.۲	۱.۰	۷
۱۶۷	Pipe	HSS۶X.۱۲۵	۱۵.۲۴	۰.۳۱۷۵	۱۳.۸۱	۱۰.۸	۰.۵	۵
۱۶۸	Pipe	HSS۶X.۱۲۵	۱۵.۲۴	۰.۳۱۷۵	۱۳.۸۱	۱۰.۸	۰.۵	۵
۱۶۹	Pipe	HSS۴X.۱۲۵	۱۰.۱۶	۰.۳۱۷۵	۹.۱۶	۷.۲	۱.۰	۷

در محاسبه وزن المان، از وزن اتصالات فلنجی، پیچ، مهره و ... صرف نظر شده است. همچنین ذکر این نکته لازم است که با توجه به تقارن این سازه، این اعضا در سایر جهت‌های سازه هم به همین شکل می‌باشد.

با استفاده از همین مدلسازی نرم افزاری و جدول ۱ می توان تقریبی از وزن فولاد مورد نیاز برای کل سازه خریایی برج سقوط را به دست آورد. وزن فولاد استفاده شده برای این قسمت سازه، حدود ۵۷ تن می باشد. همچنین می دانیم آلیاژهای فولاد دارای کربن بیشتر و مقاومت بالاتر، اما رفتار خشک تر و انعطاف پذیری کمتری دارند. با توجه به لرزش های وارد شده بر سازه در اثر سقوط منبع مورد آزمایش در این مجموعه، بهتر است از فولاد با مقاومت کمتر و در عوض انعطاف پذیری بیشتر استفاده شود تا اثر لرزش ها کمتر شود.

۱-۲۰- مشخصات پنل هدف سقوط:

همانطور که گفته شد با توجه به کاربری سایت تست برج سقوط، ظرفیت طراحی شده برای این برج سقوط برای اجسامی با جرم ۱۵۰ تن می باشد. سقوط از ارتفاع ۹ متری و با توجه به وزن زیاد جسم مورد آزمایش، ضربه و نیروی زیادی را به پنل هدف وارد می کند. از آنجا که صلب بودن و غیر قابل تسلیم بودن سطح هدف از شرایط انجام تست می باشد، در طراحی این پنل هدف سقوط باید تدابیر خاص و نیروهای ویژه ای لحاظ شود.

با توجه به مطالعات، تحقیقات و باز طراحی های محدود انجام شده در مورد سایت تست سقوط ساخته شده در بم آلمان، که در این گزارش توجه ویژه ای به این سایت تست سقوط شده است، از یک صفحه ی فولادی با ضخامت ۲۲ سانتی متر و طول و عرض ۱۴ و ۴٫۵ متر استفاده شده است. این سطح مورد ضربه مستقیم جسم تحت آزمایش سقوط قرار می گیرد. برای حفظ صلیبیت و جلوگیری از تغییر شکل و یا نشست این صفحه فولادی، از بتن مسلح با عمق ۵ متر و ابعاد ۱۴ در ۱۴ در زیر این صفحه استفاده شده است.



شکل ۲۴: آرماتوربندی خاص استفاده شده در بتن مسلح به عمق ۵ متر و بولت های موجود در بالای قسمت بتنی برای اتصال صفحه ی فولادی

با توجه به عمق ۵ متری بخش بتنی زیر صفحه فولادی و حجیم شدن بتن ریزی و برای جلوگیری از ترک و تحمل بار، مقاومت در برابر ضربه لازم است این قسمت بتنی با میلگرد مسلح شود و با توجه به این عمق از بتن ریزی لازم است تدابیر خاصی برای آرماتور بندی در نظر گرفته شود. در شکل ۲۴ بخشی از شکل آرماتوربندی دیده می شود. همچنین برای اطمینان از اتصال مناسب صفحه فولادی به بخش بتن مسلح زیرین لازم است میلگردهایی با مقاومت و تعداد لازم به صورت بولت از بتن زیرین در حالت انتظار قرار داده شود تا هنگام سوار کردن صفحه فولادی و با استفاده از سوراخ هایی که در این صفحه ایجاد شده، صفحه به درستی و بدون جابجایی در هنگام وارد شدن

ضربه، در جای صحیح خودش قرار گیرد. با توجه به مطالعات، تحقیقات و باز طراحی های محدود انجام شده در مورد سایت تست سقوط ساخته شده در بم آلمان، در جدول ۲ خلاصه ای از مشخصات پنل هدف سقوط آورده شده است. ورق فولادی به کار رفته به سه بخش مرکزی با عرض ۲٫۵ متر و دو ورق هر کدام به عرض ۱ متر در سمت راست و چپ این ورق مرکزی نصب می شود. طول هر کدام از این سه ورق ۱۰ متر می باشد. جرم مجموع این سه ورق با در نظر گرفتن جرم مخصوص فولاد برابر ۷۷ تن می باشد. بتن مسلح زیر این ورق نیز دارای جرم ۲,۴۵۰,۰۰۰ کیلوگرم است و ۱۰۳ تن میلگرد برای مسلح کردن این بتن مورد نیاز است.

جدول ۲: مشخصات سازه ای پنل هدف سقوط

ردیف	بخش	جنس	ابعاد	مقدار کل
۱	ورق فولادی	مرکزی	۲۲/۵×۲/۱۰متر	۷۷ تن
		راستی	۲۲/۱×۱۰متر	
		چپی	۲۲/۱×۱۰متر	
۲	بتن مسلح زیرین	بتن	۵×۱۴×۱۴متر	۹۸۰ مترمکعب یا ۲,۴۵۰ تن
		میلگرد	فولاد AIII	۱۰۳ تن

۲۱-۱-سیستم ساختاری پایش سلامت:

یکی از این ارزیابی ها تحقیقات انجام گرفته شده در مقاله ای با عنوان "پیاده سازی سیستم ساختاری پایش سلامت سازه با استفاده از مدل های دیجیتالی تست سقوط بزرگ بم" [2] می باشد. در این مقاله سازه اصلی برج را پس از ۱۶ سال فعالیت مورد پایش قرار داده و نتایج آن را منتشر کرده اند. در این مقاله عنوان شده است که در این مرکز آزمایشات انجام گرفته شده نه تنها بر روی مورد آزمایش، بلکه بر ساختار برج فولادی نیز فشار زیادی وارد می کند و تمرکز مانیتورینگ بر روی اتصالات پیچی اتصالات فلنجی است. اتصالات پیچی سازه اصلی به صورت پیش تنیده بوده و پس از بررسی ۷ عدد از آنها تعداد ۴ عدد از آنها بعد از محاسبه و اندازه گیری، حاکی از شل شدن آنها دارد. لذا پس از اصلاح این نقایص به این نتیجه رسیدند که سازه باید پیوسته زیر نظر پایش سلامت بوده و طبق پروتکل هایی این نظارت در دوره های خاصی انجام پذیرد.

در این پایش های مستمر از سنسورهایی در محل های مختلف استفاده شده تا رفتار سازه در هر آزمایش و در مدت فعالیت نظارت شود. این سنسورها می توانند تاثیر عواملی چون باد و تابش اشعه خورشید و تفاوت دمای مقاطع فولادی و نیروهای ایجاد شده حاصل از ارتعاشات بعد از سقوط و غیره را مورد مطالعه و پایش دایم قرار دهند. لذا گروه طراحی بر این باورند که در فاز بعد از طراحی و اجرا نیاز است برنامه ریزی برای سیستم های پایش سلامت سازه برج سقوط ایجاد شود که این هدف بسته به نظر کارفرما دارد.

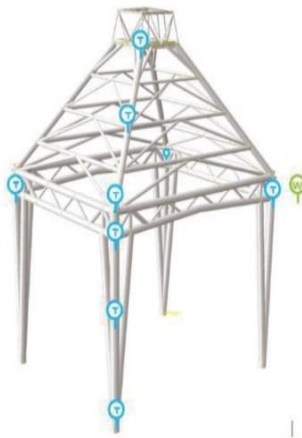
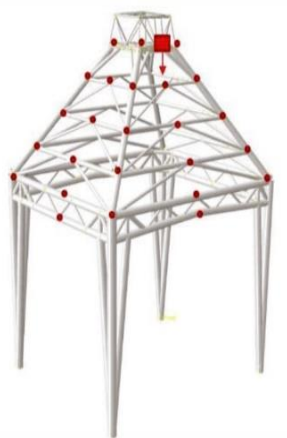

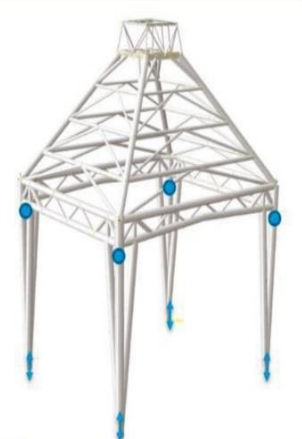
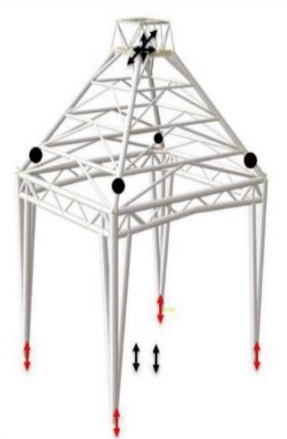



شکل ۲۵: اتصالات در سازه برج (شکل چپ)، شل شدن پیچ در اتصال (شکل راست)

جدول ۳: اهداف شناسایی شده برای طرح پایش [2]

1	global static behavior
1-a	static deflection behavior of the structure under load
1-b	influence of the temperature distribution on thermal stress
2	pretension losses of the bolts
2-a	long term pretension losses
2-b	pretension losses due to drop tests
2-c	transient bolt prestress force variation during a drop test
3	dynamic vibration characteristics
3-a	structural damage detection based on ambient vibration behavior
3-b	transient vibration pattern of tower and tower foundation during a drop test
4	comparison to FE models

جدول ۴: نمای کلی برای استقرار و تنظیم حسگرها برای وظیفه پایش سلامت [2]

monitoring task M (meteorology)	monitoring task G (global deformation)	monitoring task SVD (dynamic bolt pretension)
		
<ul style="list-style-type: none"> temperature sensor wind speed / direction 	<ul style="list-style-type: none"> position captured by 3D point cloud displacement sensor 	<ul style="list-style-type: none"> force washer
1-a, 1-b, 2-a, 3-a, 4	1-a, 4	2-a, 2-b, 2-c, 4
monitoring task RF (thermal stress)	mon. task SSDD & BD (dynamics & damage detection)	monitoring task SVS (static bolt pretension)
		
<ul style="list-style-type: none"> strain gauges setup of 4 single strain gauge 	<ul style="list-style-type: none"> biaxial accelerometer uniaxial accelerometer uniaxial geophone 	<ul style="list-style-type: none"> ultra-sonic force transducer
1-b, 2-a, 3-b, 4	3-a, 3-b, 4	2-a, 2-b, 4

۲- بالابری و رهائش

۲-۱- مقدمه:

هویست یا کشنده به سیستمی گفته می‌شود که در آن به وسیله نیروی محرکه ایجاد شده توسط الکتروموتور یا هیدروموتور یا موتور احتراقی و بعد از انتقال نیرو به گیربکس سرعت آن را کم کرده و به قدرت آن می‌افزاید و از خروجی گیربکس یک شفت رابط به درام یا قرقره متصل شده و در عمل گردش درام سیم بکسل را به دور آن پیچیده و منجر به حرکت رفت و برگشتی می‌شود و به وسیله این سیستم و سیم بکسلی که به آن متصل است اجسام و سایر موارد را به صورت افقی و عمودی حرکت می‌دهد.

۲-۲- اجزاء هویست:

در کل اجزای تشکیل‌دهنده یک هویست شامل نیروی محرکه، گیربکس کاهنده دور و افزایشنده گشتاور دستگاه، درام دستگاه با سیم بکسل، سیستم های کنترلی شامل سویچ حفاظتی و کنترل حرکت هویست می باشد.

۲-۲-۱- گیربکس:

گیربکس‌های هویست و جرثقیل با کاهش دور خروجی امکان کشش و بلند کردن بارهای مختلف را بر اساس توان ورودی هویست فراهم می‌کنند که در این زمینه متداول ترین نوع گیربکس گیربکس حلزونی می‌باشد.



شکل ۲۶: نمونه‌ای از گیربکس مورد استفاده در هویست

۲-۲-۲- درام :

چنانچه در شکل زیر دیده می‌شود درام با یاتاقان‌بندی مناسب امکان کشش و حمل را برای محصولات مختلف با وزن متفاوت فراهم می‌کند. نکته قابل توجه این است که استفاده از درام با قطر بالا از نگاه فنی برای سیم بکسل طول عمر بیشتری ایجاد می‌کند. قطر درام در سرعت خطی هویست تاثیر مستقیم داشته و با افزایش قطر سرعت خطی کشش بالاتر خواهد رفت.



شکل ۲۷: نمونه ای از درام مورد استفاده در هویست

۳-۲-۲ سیم بکسل:

سیم بکسل به قطرهای مختلف در دسته های طناب و فولادی و غیره با نمره های معروف ۶، ۸، ۱۰ که بیشترین استفاده را دارند در هویست ها استفاده می شوند که در مکان ها و مورد های خاص از طناب های کنفی و نواری و تسمه ای استفاده می شود که در اصطلاح به هویست تسمه ای^۱ و هویست های نواری هم شناخته می شود.



شکل ۲۸: نمونه ای از سیم بکسل های مورد استفاده در هویست

۳-۲-۳ انواع مختلف هویست:

^۱ fatal winch

دسته‌بندی انواع مختلف هویست با توجه به نیروی محرکه هویست انجام می‌گیرد که بر این اساس به انواع الکتریکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی و دیزلی بنزینی تقسیم می‌شود. با توجه به اینکه در کاربردهای مرتبط با محموله‌های سنگین انواع الکتریکی و هیدرولیکی متداول هستند، در ادامه به شکل مختصر به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- هویست برقی (هویست الکتریکی):

هویست‌های برقی که به الکتروهویست هم معروف می‌باشد، بیشترین کاربرد را در هویست‌های کشنده دارند. نمونه‌ای از این نوع الکتروموتور در شکل ۲۹ دیده می‌شود. در این سیستم نیروی محرکه با استفاده از الکتروموتورها تامین می‌شود که می‌توان در هویست‌ها با توان کم از الکتروموتور تک فاز و در هویست‌های قدرتمند از الکتروموتورهای توان بالای ۳ فاز استفاده نمود. این الکتروموتور ها قابلیت داشتن ترمز را هم دارند که باعث می‌شود در لحظه توقف الکتروموتور به هیچ عنوان شفت آن حرکت نداشته باشد.



شکل ۲۹: نمونه ای از هویست برقی

۲-۳-۲- هویست هیدرولیک:

در هویست‌های هیدرولیکی در قسمت تولید نیروی محرکه از یونیت هیدرولیک استفاده می‌شود. یونیت هیدرولیک شامل مخزن روغن هیدرولیک و پمپ روغن هیدرولیک، اتصالات (شیلنگ هیدرولیک - لوله هیدرولیک و رابط‌ها) شیرهای فشارشکن، فلوکنترل‌ها، شیرهای کنترل جهت و در آخر یک هیدروموتور که یک عملگر دورانی است. تمامی این مجموعه در نهایت باعث دوران شفت هیدروموتور و تولید گشتاور می‌شود. شفت خروجی از هیدروموتور بعد از اتصال به گیربکس و انتقال نیرو به وسیله آن درام یا قرقره سیم بکسل رابه حرکت درآورد و می‌توان به وسیله شیرهای کنترل میزان دبی را تغییر داده و قدرت موتور را پایین یا بالا برد.



شکل ۳۰: نمونه ای از هویست هیدرولیک

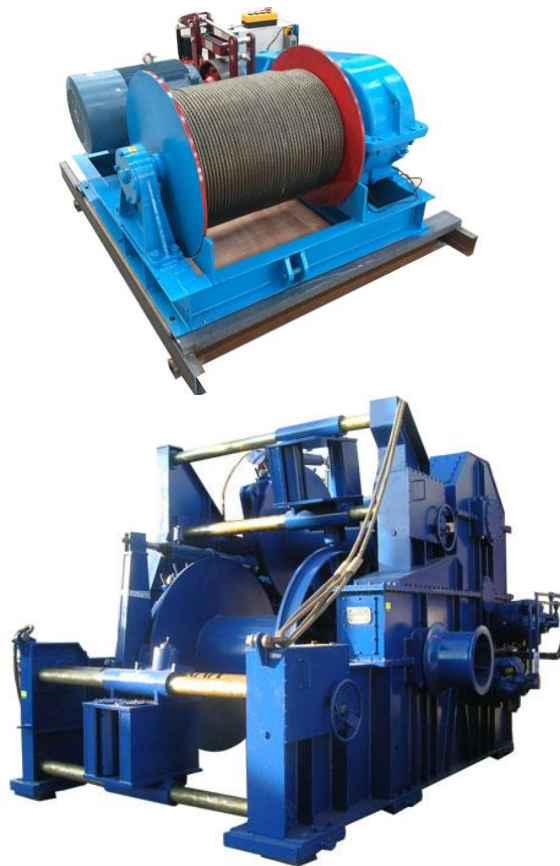
۲-۴- انتخاب هویست:

از جمله مهم‌ترین پارامترها در انتخاب هویست، قدرت، سرعت و مکان مورد استفاده می باشد. برای مثال در مکانی که گازهای قابل اشتعال وجود دارد، نمی‌توان از الکتروهویست یا موتور هویست استفاده کرد و بنا به صلاحدید از هویست‌های هیدرولیکی یا پنوماتیکی استفاده کرد و یا در صنایع دریایی باید از هویست‌هایی استفاده شود که در مقابل رطوبت مقاومت بالایی داشته باشند. در هویست های بالابری اغلب از نسبت تبدیل ۱:۴۸ الی ۱:۵۶ در گیربکس‌ها استفاده می‌شود که میانگین سرعت زیر بار حدود ۲۰ متر بر دقیقه می باشد. در مورد بالابر مورد نیاز برای انجام تست درآپ عملاً امکان استفاده از هر دو نوع هویست الکتریکی و هیدرولیکی وجود دارد. هر دو هویست الکتریکی و هیدرولیک تجهیزات قدرتمندی هستند که به طور گسترده در ساخت و ساز، معدن و کاربردهای دریایی یافت می‌شوند. هر کدام از آنها مزایا و معایب خاص خود را دارند. هر دو نوع هویست الکتریکی و هیدرولیکی در بلند کردن و کشیدن بارهای سنگین بسیار موثر هستند. دانستن کارکردها و محدودیت های آنها برای تصمیم‌گیری درست بسیار مفید است. هنگام انتخاب بین هویست‌های الکتریکی و هیدرولیک، باید سوالات زیر در نظر گرفته شوند:

کدام منبع تغذیه را برای تغذیه هویست ترجیح می دهید؟

کجا از هویست استفاده خواهید کرد و کار چقدر سخت است؟

چه مدت از هویست استفاده می شود؟



شکل ۳۱: نمونه ای از هویست های الکتریکی و هیدرولیکی با کاربردهای سنگین

در ادامه مقایسه‌ای اجمالی بین جنبه‌های مختلف هویست های الکتریکی و هیدرولیکی ارائه می‌شود:

الف-منبع انرژی

هویست برقی: معمولاً از برق برای تغذیه موتور هویست استفاده می‌کند. استفاده از آن بسیار قابل اعتماد و ایمن است. نصب و راه‌اندازی هویست برقی نیز آسان است.

هویست هیدرولیک: همانطور که از نامش پیداست از یک سیستم هیدرولیک نیرو می‌گیرد. این سیستم می‌تواند قدرت زیادی را برای انجام یک کار بزرگ ارائه دهد. با این حال، نصب سیستم هیدرولیک چندان آسان نیست.

ب-کاربردها

هویست برقی: اگر برق در محل کار در دسترس باشد یا به راحتی می‌توان آن را تامین کرد، هویست برقی به علت هزینه عملیاتی پایین، قابلیت اطمینان و ایمنی بالا مطلوب‌ترین گزینه محسوب می‌شود. هویست‌های برقی در طیف وسیعی از ظرفیت‌ها و اندازه‌ها متناسب با نیازهای مختلف مشتریان در دسترس هستند. آنها به طور گسترده در سایت‌های ساخت و ساز و نصب، کارخانه‌ها، انبارها، مناطق معدنی و دریایی استفاده می‌شوند.

هویست هیدرولیک: این نوع برای کارهای سخت در خشکی و دریا مناسب‌تر است. کارآمدتر از این نوع هویست سنگین معمولاً برای کاربردهای سنگین با ساعات کاری مداوم در قایق‌ها، اسکله‌ها و در ساحل برای انجام تعدادی از وظایف مختلف استفاده می‌شود.

پ-ماندگاری

هویست هیدرولیک استحکام بیشتری نسبت به هویست برقی دارد و دوام بیشتری دارد. با این حال، برای استفاده از هویست هیدرولیک باید تجهیزات اضافی مانند موتور هیدرولیک، لوله‌ها و اتصالات نصب شوند، بنابراین نیاز به نگهداری بیشتری دارد.

ت-هزینه

هویست هیدرولیک تا حدودی ارزان‌تر از هویست الکتریکی است، زیرا دومی با اعمال توان کمتر، نیاز به نصب گیربکس قوی‌تری دارد.

ث-ملاحظات مالی

هویست الکتریکی یک انتخاب مقرون به صرفه و کم مصرف برای کاربردهای معمولی است. در مقابل برای استفاده طولانی مدت و سخت استفاده از هویست‌های هیدرولیکی در دراز مدت مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. برای کاربردهای خاص با تناژ بالاتر، هزینه موتور الکتریکی بصورت نمایی افزایش یافته و چندان مقرون به صرفه نیست. در جدول زیر مقایسه‌ای اجمالی در مورد ویژگی‌های اصلی هر کدام از این دو نوع هویست ارائه شده است.

جدول ۶: مقایسه بین هویست های الکتریکی و هیدرولیکی

Criteria	Electric Drive	Electro-Hydraulic Drive	Hydraulic Drive
Size & Weight	Good	Bad	Satisfactory
Energy Consumption	Very Good	Good	Bad
Reliability	Very Good	Very Good	Very Good
Maintainability	Satisfactory	Very Good	Very Good
Acquisition Cost	Bad	Good	Very Good
Installation Cost	Very Good	Very Good	Bad
Maintenance Cost	Good	Bad	Satisfactory
Tension, Speed & Payout Control	Very Good	Very Good	Satisfactory
Heating & Cooling	Good	Good	Very Good
Environmental Impacts	Very Good	Bad	Satisfactory

شکل زیر هویست الکتریکی ۲۰۰ تن مورد استفاده در آزمایشگاه BAM را نشان می‌دهد. هر چند استفاده از موتور الکتریکی مزایای زیادی را در پی خواهد داشت، اما هزینه‌های بالای بهره‌برداری از این نوع موتور، منجر به انتخاب موتور هیدرولیک می‌گردد. در جمع‌بندی موارد ذکر شده برای تست دراپ با توجه به شرایط کاری بالابر استفاده از یک هویست هیدرولیک انتخاب نهایی خواهد بود.



شکل ۳۲: هویست ۲۰۰ تن مورد استفاده در آزمایشگاه BAM

۲-۵- بررسی عوامل موثر بر طراحی و انتخاب تجهیزات بالابر:

در ادامه به بررسی مهمترین عوامل موثر بر طراحی و انتخاب تجهیزات مربوط به بالابر پرداخته خواهد شد.

۲-۵-۱- عوامل محیطی:

ارتفاع محل نصب از سطح دریا، دمای محیط کارکرد، وجود گازها و یا غبارات قابل اشتعال، سرعت باد، میزان رطوبت و عواملی که باعث تشدید خوردگی می شوند از عواملی هستند که می توانند تاثیر بسزایی در عملکرد صحیح جرثقیل داشته باشند که طی جدول ذیل باختصار به آنها پرداخته می شود.

جدول ۷: تاثیر عوامل محیطی بر طراحی و انتخاب تجهیزات بالابر

ردیف	عامل محیطی	شرح و دلیل تاثیر آن	شیوه برخورد با آن
۱	میزان ارتفاع از سطح دریا	با افزایش ارتفاع از سطح دریا هوا شروع به رقیق شدن کرده و تبادل حرارتی موتورهای جرثقیل با آن محدود تر می گردد که این امر منجر به بالا رفتن دمای موتور می شود	مطابق استاندارد متناسب با افزایش ارتفاع، باید از موتورهای در توان کمتری مورد استفاده قرار گیرند و یا از موتور مجهز به فن خارجی یا کلاس عایقی بالاتر استفاده شود
۲	دمای محیط	در صورتیکه دمای محیط کارکرد اعلام نگردد شرکتهای سازنده مطابق استاندارد مکلف به در نظر گرفتن محدوده دمایی 10°C to -40°C می باشند	در صورتیکه حداقل و یا حداکثر دمای محیط کارکرد خارج از محدوده اعلام شده باشد، علاوه بر موارد ردیف ۱ از طرق مختلف می توان نسبت به کنترل دمای موتور اقدام نمود برای اطلاع از آنها با شرکت تیتان مشورت نمایید
۳	سرعت باد	باد با سرعت بالا باعث جلوگیری از رسیدن جرثقیل به حداکثر سرعت آن گردیده و در پاره ای از موارد نیز امکان واژگونی وجود خواهد داشت	• از ارتفاع ۱۰۰۰ متر به میزان هر ۵۰۰ متر یک پله افزایش در توان موتور از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بعد اضافه نمودن فن خارجی
۴	میزان رطوبت و عوامل تشدید کننده خوردگی	خوردگی یکی از عواملی است که می تواند منجر به کاهش عمر مفید تجهیزات گردد	متناسب با محیط کارکرد می توان از روشهای مختلف پاکسازی و رنگ آمیزی استفاده نمود که در ادامه به آنها اشاره شده است
۵	وجود گازها و غبارات قابل اشتعال	جرقه یا افزایش دما ناشی از کارکرد تجهیزات برقی منجر به بروز انفجار و اشتعال می گردد	از تجهیزات متناسب که قابلیت کار در مجاورت گاز و یا غبارات قابل اشتعال دارند استفاده شود. این تجهیزات در استانداردهای Explosion proof معروف می باشند. جهت آشنایی بیشتر با شرکت تیتان مشورت نمایید

۲-۵-۲- شرایط بهره برداری:

مهمترین عاملی که در انتخاب تجهیزات نقش ایفا می کند شرایط و انتظارات مورد نظر بهره برداری می باشد. به شکلی که رعایت درست آن تضمین کننده بهره برداری با حداقل توقف و تعمیرات مورد نیاز خواهد بود و در استانداردهای طراحی در نظر گرفتن شرایط بهره برداری و فشار کاری که به آنها وارد می شود رکن اصلی انجام طراحی و انتخاب تجهیزات تعیین گردیده است. در ادامه سعی با ارائه دو مثال از شرایط مختلف بهره برداری به اختلاف موجود در نحوه انتخاب تجهیزات اشاره شده است.

جدول ۸: تعیین بالابر مورد نیاز با توجه به شرایط بهره برداری

B	A	
۱۰ تن	۱۰ تن	ظرفیت اسمی
کارخانه تولید مقاطع فلزی	کارگاه ماشین کاری	نوع کار
بندر عباس	تهران	محل نصب جرثقیل
۱۲۰۰ تن	۱۵ تن	مجموع وزن بار مورد انتظار برای جابجایی در یک شیفت ۸ ساعته
<ul style="list-style-type: none"> ۷۰٪ مواقع بار ۱۰ تن ۲۰٪ مواقع بار از ۵ تا ۷ تن ۱۰٪ مواقع بار زیر ۵ تن 	<ul style="list-style-type: none"> ۷۰٪ مواقع بار زیر ۵ تن ۲۰٪ مواقع بار از ۵ تا ۷ تن ۱۰٪ مواقع بار ۱۰ تن 	در صد وزنی بارهایی که باید جابجا شوند

در جدول فوق اگر تجهیزات متناسب با مثال A را برای شرایط مثال B استفاده شوند باید به سرعت در انتظار خرابی‌های پی در پی و توقف‌های طولانی در خط تولید ناشی از سوختگی تجهیزات برقی و یا ایرادهای مکانیکی باشید و اگر تجهیزات متناسب با مثال B را برای شرایط مثال A استفاده نمائید، مطمئناً هزینه تعمیرات بسیار ناچیز خواهد بود، ولی هزینه خرید اولیه آن بقدری بالاست که خرید تجهیز غیراقتصادی خواهد بود.

۲-۵-۳- تعیین کلاس کاری:

کلاس کاری تجهیزات بالابری و جابجایی مواد مبتنی بر دو شاخص زیر است:

الف) میزان کارکرد کلی تجهیزات

ب) طیف بارگذاری

میزان کارکرد کلی تجهیزات براساس جمع تعداد سیکل‌های بارگذاری در دوره عمر انتظاری تجهیزات تعیین می شود و به عواملی نظیر تعداد روزهای کاری، تعداد شیفت کاری در روز، تعداد ساعات کاری در هرشیفت و تعداد سیکل بارگذاری در هر ساعت مرتبط است. طیف بارگذاری معرف متوسط میزان استفاده از حداکثر ظرفیت تجهیزات است. بر همین اساس تجهیزات بالابر را می توان به شکل زیر دسته بندی کرد:

تجهیزات دارای کلاس کاری سبک^۲: تجهیزاتی که به ندرت در معرض حداکثر بار قرار میگیرند.

تجهیزات دارای کلاس کاری متوسط^۳: تجهیزاتی که گه گاه در معرض حداکثر بار قرار میگیرند.

تجهیزات دارای کلاس کاری سنگین^۴: تجهیزاتی که اغلب در معرض حداکثر بار قرار میگیرند.

تجهیزات دارای کلاس کاری بسیار سنگین^۵: تجهیزاتی که تقریباً همیشه در معرض حداکثر بار قرار می گیرند

^۲ Light duty

^۳ Medium duty

^۴ Heavy duty

^۵ Very heavy duty

جدول ۹: تعیین کلاس کاری بالابر

کلاس کاری	نامگذاری قدیمی طبق FEM 9.511			
	3m	2m	1Am	1Bm
	M6	M5	M4	M3
	50%	40%	30%	25%
	Duty factor (ED)			
	300	240	180	150
	تعداد استارت / استاپ در ساعت			

۲-۶- بررسی عوامل موثر بر انتخاب تجهیزات جانبی:

پس از انتخاب صحیح و متناسب تجهیزات اصلی، اهمیت انتخاب تجهیزات جانبی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در این بخش سعی شده است به مواردی مانند برق رسانی به جرثقیل و سیستمهای کنترل و هشدار آن اشاره شود.

۲-۶-۱- سیستمهای برق رسانی:

تامین برق مورد نیاز جرثقیلها در طول سالن محل نصب آنها از طرق مختلف می تواند صورت پذیرد که هریک مزایا و معایب و کاربردهای ویژه خود را دارا می باشد. در جدول زیر به اختصار به آنها اشاره شده است.

جدول ۱۰: سیستم های برق رسانی مورد استفاده در بالابرها

ردیف	نام روش	مزایا	معایب	توصیه شده برای
۱	کابل تخت و قرقره سیم بکسلی	پایین ترین هزینه	<ul style="list-style-type: none"> غیر قابل توصیه در مسیرهای با طول بیش از ۳۰ متر امکان استفاده تنها یک جرثقیل در مسیر عدم امکان برق رسانی به جرثقیل های با توان مصرفی بالا 	دهانه ها و کارگاه های کوچک
۲	کابل تخت و قرقره ریلی	هزینه پایین	<ul style="list-style-type: none"> غیر قابل استفاده در مسیرهای با طول بیش از ۶۰ متر امکان استفاده تنها یک جرثقیل در مسیر عدم امکان برق رسانی به جرثقیل های با توان مصرفی بالا 	کارگاه های متوسط که نیاز به یک دستگاه جرثقیل با ظرفیت پایین دارند
۳	کابل جمع کن	تعیین برق ورودی از یک نقطه	<ul style="list-style-type: none"> نیاز به آماده سازی مسیری جهت قرارگیری کابل روی زمین آسیب پذیر بودن کابل نیاز به کابل مخصوص منعطف و تقویت شده با هزینه بالا 	جرثقیلهای دروازه ای که امکان استفاده از شین مسی برای آنها مقدور نباشد
۴	شین مسی	<ul style="list-style-type: none"> امکان برق رسانی در سالنهای با طول بلند امکان برق رسانی به جرثقیلهای با توان مصرفی بالا امکان استفاده از چند جرثقیل در یک مسیر 	<ul style="list-style-type: none"> هزینه اجرای بالا نیاز به نگهداری بیشتر وجود قطعات استهلاکی در سیستم نیاز به تغذیه بیش از یک نقطه برای طول زیاد 	<ul style="list-style-type: none"> صنایع سنگین سالنهای با طول بلند سالنهایی که نیاز به قرار گرفتن چند جرثقیل بر روی یک مسیر وجود دارد

۲-۶-۲- سیستمهای هشدار:

اعلام بروز شرایط غیر عادی در عملکرد جرثقیل ها گاهی می تواند از بروز اتفاقات جبران ناپذیر مالی یا جانی جلوگیری نماید و در جدول زیر به برخی از سیستمهای هشدار قابل استفاده در بالابرها اشاره شده است که کارفرمایان می توانند با استفاده از آن هشدارهای مورد نیاز خود را انتخاب و سفارش نمایند.

جدول ۱۱: سیستم‌های هشدار عملکرد بالابر

ردیف	نام روش	نوع هشدار
۱	قطع عملکرد	در این روش در صورت بروز مواردی که نیاز به هشدار وجود دارد مانند باربرداری بیش از ظرفیت و یا کار در سرعت باد بیش از میزان توصیه شده، سیستم های برقی مربوطه اجازه بهره برداری را نخواهند داد
۲	صوتی	در این روش به وسیله هشدارهای صوتی به اپراتور اطلاع رسانی می گردد که به برخی از آنها در زیر اشاره می شود. <ul style="list-style-type: none"> اعلام شروع حرکت بار بیش از ظرفیت و بالارفتن دمای موتورها نوسان در سطوح ولتاژ سرعت باد بیش از حد
۳	نوری	در این روش جهت افزایش ایمنی در هنگام شروع بهره برداری اطلاع رسانی توسط هشدارهای نوری صورت می گیرد که برخی از آنها شامل موارد زیر می باشد. نوع هشدار می تواند روشن شدن دائمی چراغ یا به صورت چشمک زن باشد. <ul style="list-style-type: none"> وصل برق بروز خطا در سیستمهای برقی شروع حرکت
۴	پیام رسان	در این روش که در جرثقیل های خاص با ظرفیت سنگین استفاده می شود به وسیله سیستمهای کنترلی پیشرفته، تمامی عملکرد جرثقیل کنترل و مدیریت شده و مواردی که نیاز به اعلام دارند به مسئول یا واحد نظارتی مربوطه گزارش می گردند، مانند: <ul style="list-style-type: none"> بروز خطا در سیستمهای کنترلی مانند اینورترها باربرداری بیش از حد ساعات کار کرد

۲-۶-۳- سیستم های کنترلی:

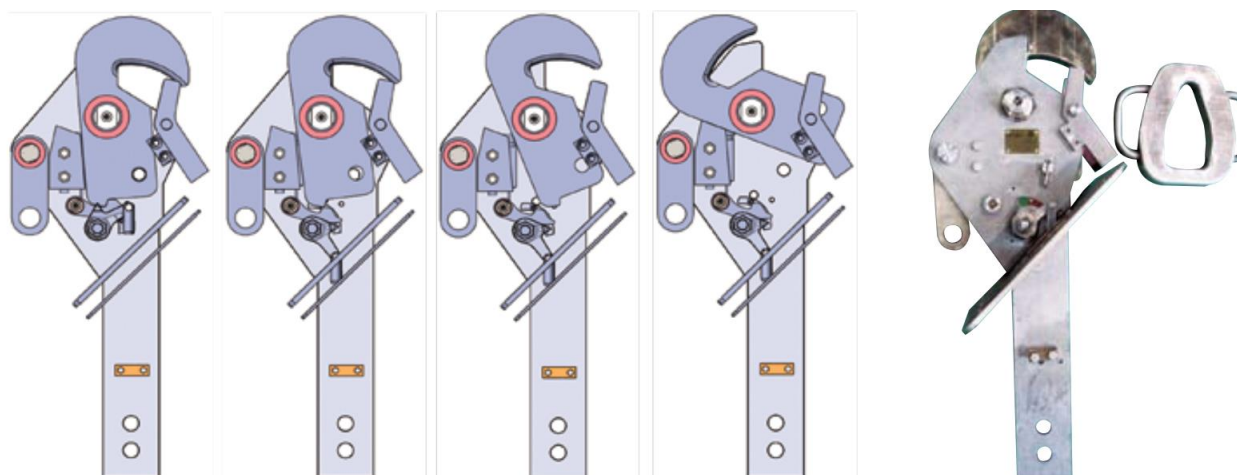
برای برخی از کاربردهای خاص روش کنترل جرثقیل اهمیت ویژه ای پیدا می کند. به عنوان مثال جرثقیلی را که جهت حمل یک پاتیل مذاب در یک کارخانه ریخته گیری فولاد مورد استفاده قرار می گیرد را نمی توان به وسیله سیستم هدایت کابلی و از زیر بار کنترل کرد. برای آشنایی بیشتر در این خصوص در جدول ذیل به برخی از روشهای کنترل جرثقیل اشاره شده است.

جدول ۱۲: سیستم های کنترل مورد استفاده در بالابرها

ردیف	نام روش	مزایا	معایب	توصیه شده برای
۱	کنترل کابلی متصل به جرثقیل	<ul style="list-style-type: none"> آماده به کاری و قابلیت اعتماد بالا هزینه پایین 	<ul style="list-style-type: none"> غیر قابل استفاده در ارتفاع های بیش از ۱۵ متر عدم امکان فاصله گرفتن از بارهای خطرناک نیاز به حرکت اپراتور به همراه جرثقیل و بار ایجاد مشکل بهره برداری در سالنهایی که بارهای یا طول بلند و ارتفاع زیاد وجود دارد امکان آسیب دیدگی در صورت برخورد به اجزاء برنده مانند لپه ورق امکان آسیب رسانی به قطعات ظرفیت و گرافیک ناشی از حرکت پاندولی دسته کنترل 	سالنهای کوچک با ارتفاع کم که امکان تردد در فضای سالن به راحتی قدور باشد
۲	رادیویی	<ul style="list-style-type: none"> امکان کنترل جرثقیل از هر نقطه از سالن عدم نیاز به حرکت اپراتور یا بار عدم نیاز به کابل کشی جهت برق رسانی به آن امکان استفاده در ارتفاع های مختلف 	<ul style="list-style-type: none"> نیاز به تعویض یا شارژ باطری هزینه اجراء اولیه بالا نسبت به سیستم کنترل دستی 	برای تمامی کاربردها
۳	کابین	<ul style="list-style-type: none"> تسلط بیشتر اپراتور بروی بار ایمنی بیشتر اپراتور امکان کنترل جرثقیل در محیطهای آلوده 	<ul style="list-style-type: none"> هزینه بالا 	<ul style="list-style-type: none"> مناسب برای جرثقیلهای با ظرفیت بالا و سالنهای عریض جرثقیلهایی که در محیط باز و محیط سرد یا گرم کار می کنند محیط های آلوده یا خطرناک مانند صنعت فولادسازی
۴	از طریق اتاق کنترل	<ul style="list-style-type: none"> عدم نیاز به اپراتور حاضر در محیط بهره برداری امکان کنترل و برنامه ریزی کارکرد جرثقیل امکان استفاده از جرثقیل در محیطهایی که غبار یا آلودگی خطرناک وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> هزینه بسیار بالا نیاز به نیروی متخصص برای نگهداری و تعمیرات 	محیط های آلوده به غبار خطرناک مانند صنایع شیمیایی و هسته ای خطوط تولیدی که ماشین آلات در اتاق کنترل تحت نظارت و فرمان قرار دارند

۲-۷- مکانیزم رهایش^۶:

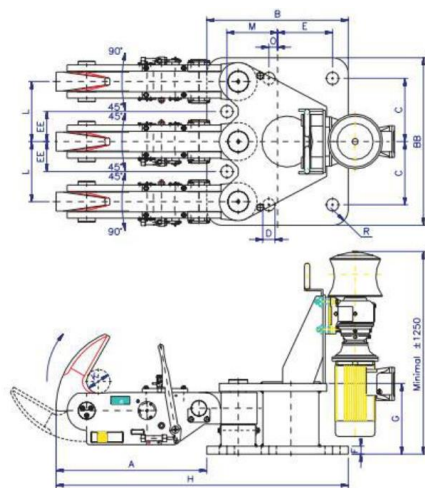
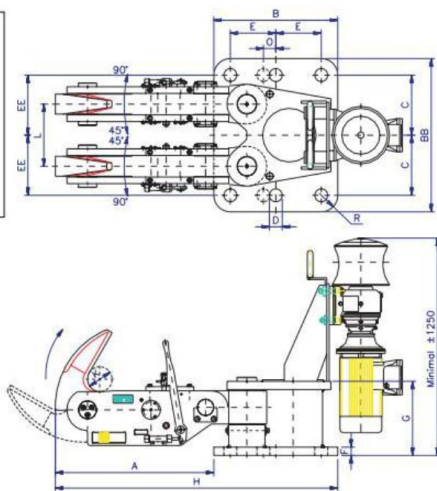
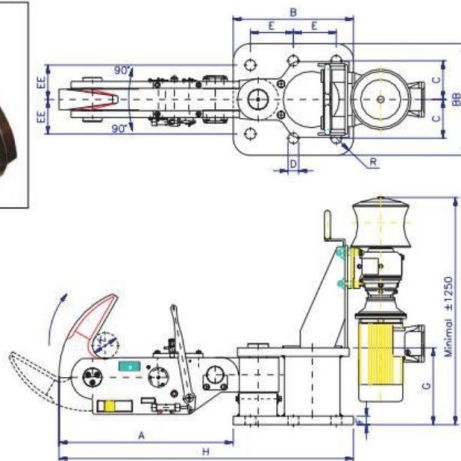
یکی از بخش‌های کلیدی در موفقیت تست دراپ^۷ عملکرد صحیح مکانیزم رهایش می‌باشد. انواع مختلفی از مکانیزم‌های رهایش در صنایع مختلف به ویژه صنایع دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل‌های زیر نمونه‌ای از مکانیزم‌های رهایش مورد استفاده در صنایع دریایی دیده می‌شود.



شکل ۳۳: نمونه ای از یک مکانیزم رهایش مورد استفاده در صنایع دریایی

^۶ Release mechanism

^۷ Drop



شکل ۳۴: مکانیزم‌های رهایش مورد استفاده در صنایع دریایی

در مورد تست‌های دراپ نکته قابل توجه در طراحی مکانیزم رهایش علاوه بر بحث ایمن بودن و قابلیت اطمینان بالای مکانیزم برای انجام صحیح تست، رهایش کل محموله باید به نحوی رخ دهد که رهایش بدون اعمال مومنتوم انجام گیرد که در اصطلاح رهایش عاری از مومنتوم^۸ نامیده می‌شود. در شکل زیر دو نمونه مکانیزم رهایش برای تست دراپ تا ۲۵ تن مشاهده می‌شود.



شکل ۳۵: مکانیزم رهایش مورد استفاده برای تست دراپ سبک

برای انجام تست‌های با تناژ بالاتر به مکانیزم‌های پیچیده‌تر با قابلیت اطمینان بالاتر مورد نیاز است. دو نوع مکانیزم الکترومکانیک و استفاده از بولت‌های انفجاری^۹ در حال حاضر مورد توجه قرار دارند. شکل زیر مکانیزم رهایش الکترومکانیک مورد استفاده برای انجام تست با ظرفیت ۱۵۰ تن در تجهیزات BAM آلمان دیده می‌شود.

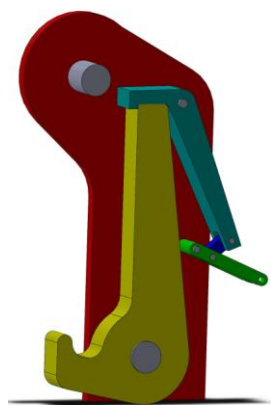
^۸ Momentum free release

^۹ Detonation bolt

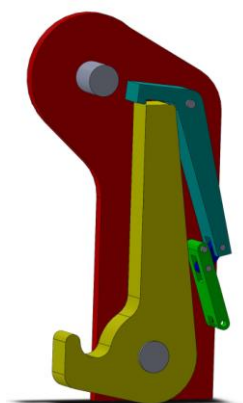


شکل ۳۶: مکانیزم رهایش الکترومکانیک مورد استفاده در آزمایشگاه BAM

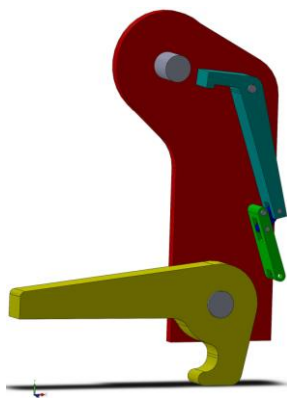
در ادامه سه نوع مکانیزم پیشنهادی برای رهایش عاری از مومنتوم در تست دراپ شامل یک مکانیزم مکانیکی، مکانیزم رهایش سیلندر و پیستون و مکانیزم رهایش با بولت انفجاری ارائه شده است:



(الف)

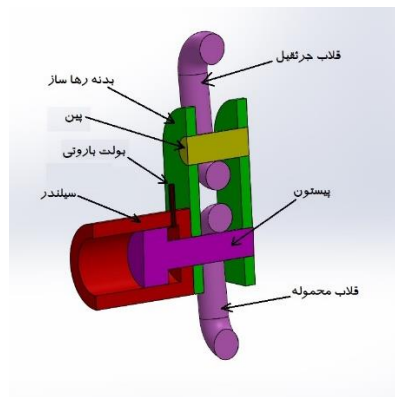


(ب)

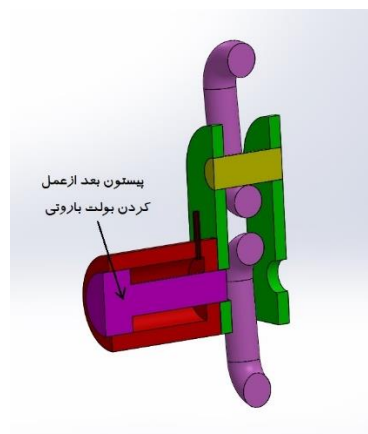


(ج)

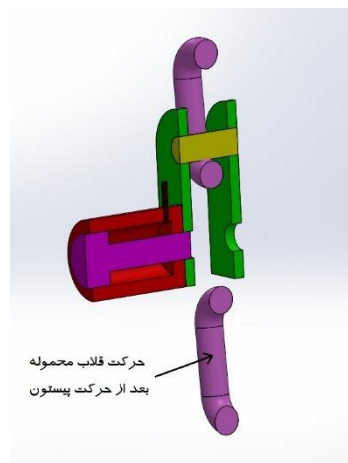
شکل ۳۷: نمونه ای از مکانیزم مکانیکی پیشنهادی تست دراپ: الف) حالت قفل ب) حالت آزاد شدن ضامن ج) رهایش محموله به علت گشتاور ناشی از وزن



(الف)

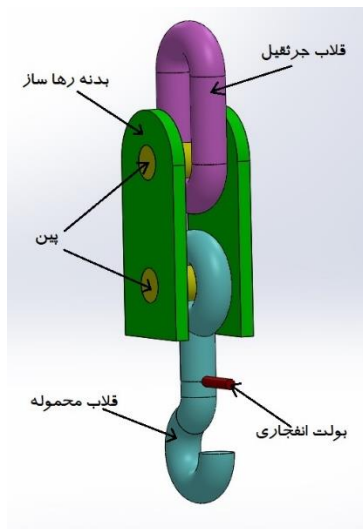


(ب)

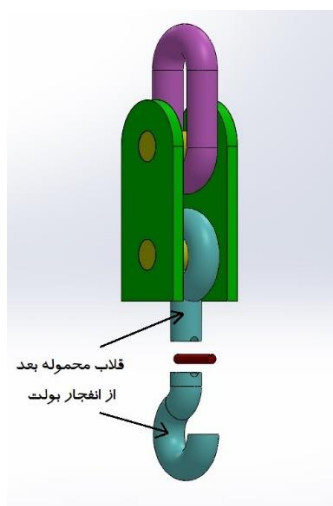


(ج)

شکل ۳۸: نمونه ای از مکانیزم رهائش سیلندر پیستون با چاشنی باروتی: (الف) حالت قفل (ب) حرکت پیستون بر اثر فشار گاز (ج) رهائش محموله



(الف)



(ب)

شکل ۳۹: نمونه ای از مکانیزم رهایش با بولت انفجاری: (الف) قبل از انفجار بولت (ب) بعد از انفجار

۳- سنسورینگ و اندازه گیری

۳-۱- سنسور شتاب سنج:

۳-۱-۱- تعداد شتابسنج‌های مورد نیاز:

تعداد و محل نصب شتابسنج‌ها بطور طبیعی بستگی به تیم ارزیاب تست و چگونگی صحت‌سنجی شبیه‌سازی با داده‌های واقعی دارد. اما برای درک یک مقدار تقریبی از تعداد سنسورها می‌توان به تست‌های گزارش شده ارجاع داد.

برای مثال در تست دراپ مخزن که با 1/3 scale انجام شده است [۳]، تعداد سنسورهای شتابسنج استفاده شده به شرح زیر است:

۴ سنسور سه-محوره و ۷ سنسور یک-محوره روی درپوش اول (lid A)

۴ سنسور سه-محوره و ۳ سنسور یک-محوره روی درپوش دوم (lid B)

۴ سنسور سه-محوره روی cask

۳ سنسور یک-محوره روی basket

در مجموع: ۱۲ سنسور سه-محوره و ۱۳ سنسور یک-محوره

بدین ترتیب برای داده برداری تمامی این سنسورها بصورت همزمان (SYNC) نیاز به ۴۹ کانال فقط برای شتاب سنج است، که البته خروجی سنسورهای کرنش سنج باید به آن اضافه شود.

۳-۱-۲- نوع شتاب سنج:

شتاب سنج‌هایی که برای اندازه گیری شوک و ارتعاش در این نوع تست دراپ استفاده می‌شوند عموماً از نوع پیزومقاومتی (piezoresistive) بوده و در انتخاب آن باید دقت کرد که رنج اندازه‌گیری سنسور در محدوده رنج ماکزیمم شتاب تست باشد.

در تست نمونه‌های scaled شده باید به این نکته توجه داشت که میزان شتاب و کرنشی که این نمونه‌ها احساس می‌کنند نسبت به نمونه مقیاس واقعی متفاوت است. در جدول زیر این تفاوت برای نمونه‌های 1/3 scaled و مقیاس واقعی آورده شده است.

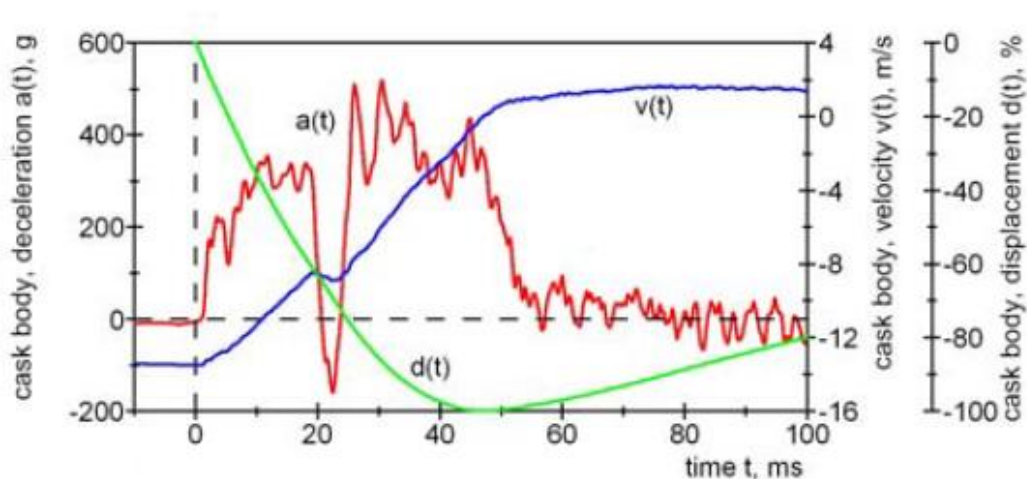
Rigid body impact response of the scaled model

- Maximum translation $\uparrow +9\%$
 - Impact duration $\uparrow +24\%$
 - Maximum and average deceleration $\downarrow -17\%$
- The scaled model tends to represent the impact of the prototype model as softer

Structural impact response of scaled model

- cask body axial strain $\downarrow -26\%$
 - primary lid bending strain $\downarrow -80\%$
 - primary lid bolt axial strain $\downarrow -94\%$
- The scaled model undervalues the response of the prototype

بر اساس نمودارهای استخراج شده از تست دراپ مخزن در مقیاس واقعی و از ارتفاع ۹ متر، ماکزیمم شتابی که مخزن (دارای impact limiter) در فرایند برخورد تجربه می‌کند کمتر از 600 g است.



به دو نوع از این شتاب سنج ها در زیر اشاره شده است:

شتاب سنج یک-محوره piezoresistive مدل 7270A از شرکت ENDEVCO.



Specifications

All specifications are referenced at +75°F (+24°C) and 10 Vdc, unless otherwise noted. Calibration data, traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST), is supplied.

Dynamic characteristics	Units	2K	6K	20K	60K	200K
Linear range	g	2,000	6,000	20,000	60,000	200,000
Sensitivity min/typ [1]	µV/g	50/100	15/30	5/10	1.5/3	.5/1
Frequency response +/-5%	Hz	0 to 10,000	0 to 20,000	0 to 50,000	0 to 100,000	0 to 150,000
Natural frequency (typ)	kHz	90	180	350	700	1200
Shock limit [max]	g	10,000	18,000	60,000	180,000	200,000
Zero measureand output (max at 10V)	mV	+/-100	+/-100	+/-100	+/-100	+/-100
Transverse sensitivity (max)	%	5	5	5	5	5
Thermal zero shift [2]	mV	10	10	10	10	10
-30°F to +150°F (-34°C to +66°C)						
Thermal sensitivity shift	%/C	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12

TE connectivity سنسور شتاب سه محوره EGCS-D5-5000 متعلق به شرکت



PARAMETERS

DYNAMIC

Range (g)	±50	±100	±250	±500	±1000	±2500	±5000	±10000
Sensitivity (mV/g) @15Vdc	4	2	0.8	0.4	0.2	0.08	0.04	0.016
Frequency Response, Hz								
+5% / -10%	0-360	0-540	0-780	0-1050	0-1500	0-2100	0-2400	0-3000
+5% / -20%	0-600	0-900	0-1300	0-1750	0-2500	0-3500	0-4000	0-5000
Min Resonance Freq, Hz	1200	1800	2600	3500	5000	7000	8000	10000
Transverse Sensitivity	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Non-Linearity	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%
Damping Ratio	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Shock Limit (g)	±5000	±10000	±10000	±10000	±10000	±10000	±10000	±12500

هزینه اعلام شده برای هر مدل 5000g معادل ۱۵۰۰ دلار اعلام شده است.

۲-۳- سنسور کرنش سنج:

در برخی از گزارش‌های تست دراپ بر روی نمونه‌های scaled شده، عنوان شده است که داده‌های سنسورهای کرنش‌سنج برای این نمونه‌ها فاقد اعتبار کافی است و زیرا اجزای dummy assembly که بجای میله‌های سوخت جایگذاری می‌شوند، با نمونه‌های واقعی سوخت در مقیاس واقعی متفاوتند. لذا بحث کرنش فقط باید در مقیاس واقعی بررسی شوند.

با این حال در تست‌های گزارش شده دیگر بر روی نمونه‌های scaled، از سنسور کرنش‌سنج استفاده شده است. برای مثال در تست دراپ نمونه ۱۴,۵ تنی CASTOR که یک نمونه 1/2 scaled است از ۱۳۱ سنسور کرنش‌سنج سه-محوره برای داخل و بیرون محفظه استفاده شده است. همچنین از ۴ سنسور کرنش‌سنج یک-محوره برای اندازه‌گیری کرنش در چهار پیچ درپوش استفاده شده است.

Series Y

With three measuring grids / strain gauge rosettes

RY81

0°/45°/90° rectangular rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

RY83

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

RY8x

Temperature response matched to customer's choice
see page 16

Illustrations show actual size
(indicated: grid length in mm)



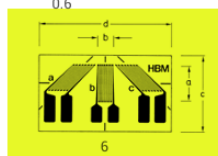
1.5



0.6



3



6

Types available from stock		Variants	Noml. resistance	Dimensions (mm)				Maximum excitation voltage ⁽⁴⁾	Sldr. term-inal ⁽¹⁾
Steel	Aluminum			Other	Ω	Measuring grid			
		a	b			c	d	V	
		1-RY8x-0.6/120 ⁽⁴⁾	120	0.6	1.1	4.8	8.7	1.6	LS 7
1-RY81-1.5/120		1-RY8x-1.5/120	120	1.5	1.2	8.2	14.6	2.5	LS 7
1-RY81-3/120	1-RY83-3/120	1-RY8x-3/120	120	3	1.1	9.7	14.6	3	LS 7
1-RY81-6/120		1-RY8x-6/120	120	6	3	13	22.9	7.5	LS 7
		1-RY8x-1.5/350 ⁽⁴⁾	350	1.5	1.6	8.2	14.6	5	LS 7
		1-RY8x-3/350	350	3	1.2	9.7	14.6	5.5	LS 7
1-RY81-6/350		1-RY8x-6/350	350	6	2.8	13.1	22.9	13	LS 5

^(*) Maximum excitation voltage for ferritic steel. For other temperature response matchings, the corresponding value is printed on the data sheet included with delivery.

⁽¹⁾ Solder terminals are not mandatory

^(*) Types are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

قیمت هر کرنش‌سنج سه-محوره برابر ۱۷۵ دلار اعلام شده است. با احتساب ۱۳۱ کرنش‌سنج، هزینه صرفاً سنسورهای کرنش‌سنج حدود ۳۰۰۰۰ دلار خواهد بود.

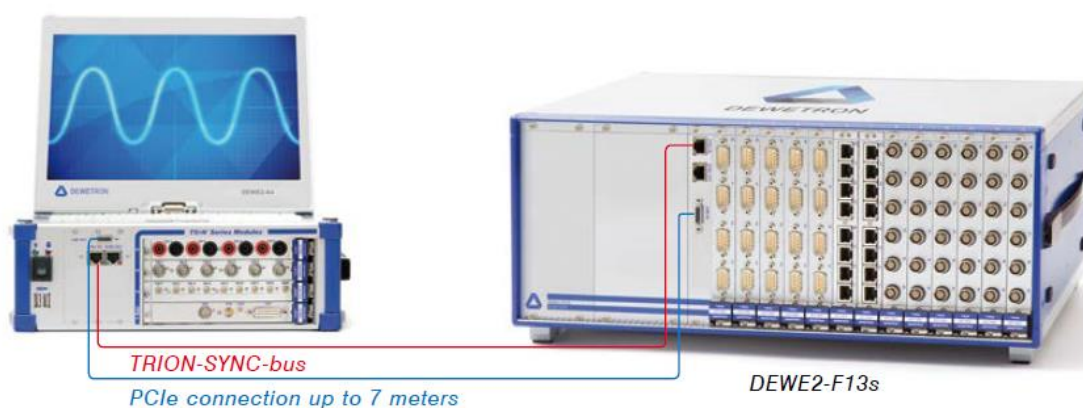
۳-۳- دستگاه داده‌بردار DAQ :

دستگاه داده‌بردار باید به تعداد خروجی قابل خوانش سنسورها دارای کانال بوده و بتواند بطور همزمان و با سرعت داده برداری مناسبی اقدام به داده برداری کند. با توجه به اینکه کل فرآیند حدود ۱۲ میلی‌ثانیه به طول می‌انجامد، سرعت داده‌برداری 200 ksample/s برای این تست مناسب است.

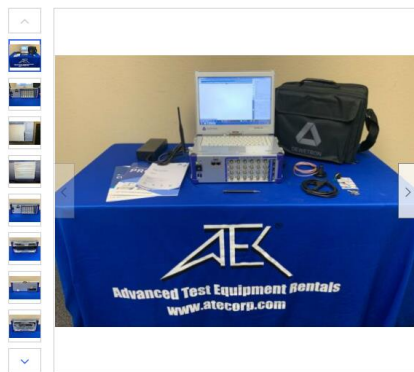
یکی از دستگاه‌های مناسبی که برای این تست معرفی شده است دستگاه‌های شرکت DEWETRON است. دستگاه‌های این شرکت در سه سری کلی شامل: سری A (All-in-one)، سری M (Mainframes) و سری F (Trionet front-ends) ارائه می‌شوند. کاملترین آنها سری All-in-one است که کارت‌های DAQ، مبدل‌های ADC، کامپیوتر پردازش‌کننده و مانیتور را یکجا در خود دارد. (سرعت داده‌برداری نیز در این دستگاه 2 Msample/s می‌باشد.)



با این حال تعداد کانال‌های سری A محدود است. در صورتی که ۱۳۰ کرنش‌سنج سه‌محوره و ۱۲ شتاب‌سنج سه‌محوره و ۱۳ شتاب‌سنج یک‌محوره بر روی نمونه نصب شود، برای داده‌برداری آن به حدود ۷۵۰ کانال داده‌بردار نیاز داریم. خوشبختانه می‌توان با دو کابل SYNC و PCIe سری A را به سری F که شامل تعداد زیادی کارت DAQ است، متصل کرده و داده‌ها را بطور همزمان ثبت نمود.



قیمت اعلام شده برای هر دستگاه داده‌بردار DEWETRON سری A مدل DEWE2-A4 در سایت ebay برابر ۳۹۹۹۰ دلار است که البته هزینه شippینگ و انتقال به داخل کشور به این هزینه اضافه می‌شود. تعداد مورد نیاز از این دستگاه به علاوه تعداد دستگاه‌های سری F به تعداد سنسورهای مورد استفاده در تست و تعداد کانال‌های مورد نیاز برای آن بستگی دارد.



Dewetron DEWE2-A4 TRION Portable Data Acquisition System w/ 24 Channel Input

Condition: **Used**
Unit is complete with all accessories and fully functional as specified by the Manufacturer.

Price: **US \$39,990.00**

Buy It Now

Add to cart

Best Offer:

Make Offer

Add to Watchlist


Shipping: May not ship to France. Read item description or [contact seller](#) for shipping options. | [See details](#)
Located in: San Diego, California, United States

Delivery: Varies


Returns: Seller does not accept returns | [See details](#)

Payments:     

Shop with confidence

 **eBay Money Back Guarantee**
Get the item you ordered or get your money back.
[Learn more](#)

Seller information

[advancedtestequipment](#) (272 )
100% Positive feedback

 [Save this seller](#)

[Contact seller](#)

[Visit store](#)

[See other items](#)

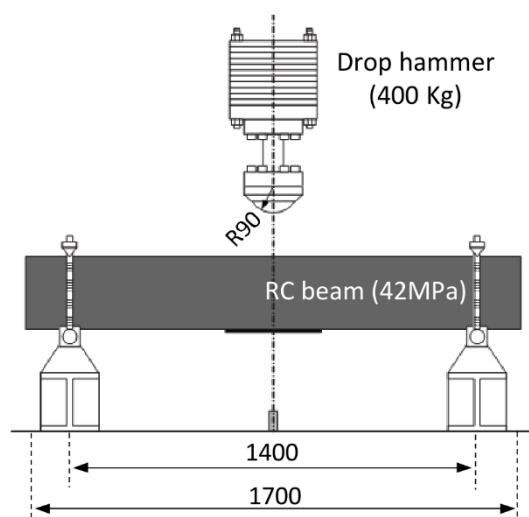
 Have one to sell? [Sell now](#)

۴- شبیه‌سازی برخورد جسم سخت به بلوک بتنی

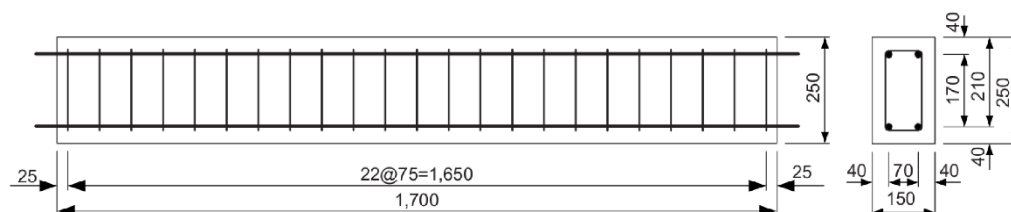
۴-۱- شبیه‌سازی برخورد جسم سخت به بلوک بتنی مسلح

در این تحقیق برای اطمینان از قابلیت نرم‌افزار LS-DYNA در شبیه‌سازی برخورد یک جسم سخت به بلوک بتنی مسلح شده، تست تجربی انجام شده توسط فوجیکاکه و همکارانش [۴] مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج عددی با نتایج تجربی مقایسه خواهد شد. نمایی از تست تجربی انجام شده توسط فوجیکاکه و همکارانش [۴] در شکل ۴۰، نشان داده شده است. همچنین شکل ۴۱، چیدمان آرماتور بکار رفته در بلوک بتنی را نشان می‌دهد. در اینجا یک جسم سخت (ضربه زن) با وزن ۴۰۰ kg از ارتفاع ۱/۵m بر روی بلوک بتنی سقوط می‌کند.

شبیه‌سازی عددی در سه مرحله کلی انجام شده است. در مرحله اول ساخت مدل هندسی مساله شامل جسم سخت، بلوک بتنی و میلگردهای آن با استفاده از نرم افزار LS-Prepost 4.3 انجام شده است. در مرحله دوم شبیه‌سازی عددی به منظور تخمین میزان صدمه وارد شده به بلوک بتنی صورت می‌گیرد. سرانجام، پس‌پردازش نتایج با استفاده از نرم افزار LS-Prepost 4.3 برای تفسیر نتایج بدست آمده انجام شده است.



شکل ۴۰- تست تجربی انجام شده توسط فوجیکاکه و همکارانش [۴]



شکل ۴۱- چیدمان آرماتور بکار رفته در بلوک بتنی [۴]

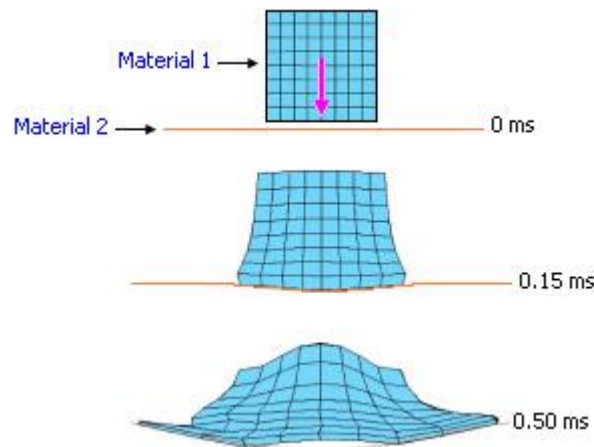
۴-۲- روش حل مساله:

شیوه‌های المان محدود مختلفی برای مدل‌سازی پدیده‌های دینامیکی در نرم افزار LS-DYNA موجود است که از آن جمله می‌توان به روش لاگرانژ، اویلری، لاگرانژ- اویلری انتخابی^{۱۰}، هیدرودینامیک ذره ای هموار شده^{۱۱} و DEM^{۱۲} اشاره کرد. کاربر می‌تواند با توجه به نوع مساله خود، یکی یا کویل بین آنها را انتخاب کند. در این تحقیق از روش حل لاگرانژی برای شبیه سازی عددی مساله برخورد جسم سخت به یک بلوک بتنی استفاده شده است.

در روش حل لاگرانژی، گره‌های شبکه لاگرانژ به اجزای ماده مورد نظر متصل اند و لذا هر گره، یک جز از ماده را دنبال می‌کند، در نتیجه مش مسئله همراه با ماده تغییر شکل می‌دهد. شکل ۴۲ شبیه سازی برخورد دو جسم با روش لاگرانژی را نشان می‌دهد. در اینجا تفاوت سختی دو ماده، منجر به اعوجاج در المان‌ها می‌شود. از آنجا که اندازه گام زمانی با کوچکترین بعد کوچکترین المان نسبت مستقیم دارد، اعوجاج المانها اندازه گام زمانی را به سمت صفر میل می‌دهد و حل متوقف می‌شود.

برای اجتناب از این موضوع، المان‌های دچار اعوجاج زیاد را از شبیه سازی حذف می‌کنند. این امر منجر به از دست رفتن مقداری از جرم می‌شود. از دست رفتن جرم، ممکن است که مقدار نیروهای وارده به سطح هدف را به اشتباه کاهش دهد. بهمین خاطر این روش مناسب مسائلی با تغییر شکلهای بزرگ نمی‌باشد.

با این وجود استفاده از روش حل لاگرانژ برای فرمولاسیون مواد جامد، مفید است. زیرا اعمال شرایط مرزی در آن آسان است، چرا که گره‌های مرزی روی مرزهای ماده باقی می‌مانند. همچنین بررسی پیشینه هر جز از ماده نیز آسان است، چرا که برای بررسی پیشینه هر ذره کافیهست که پیشینه زمانی نزدیکترین گره به آن بررسی شود.



شکل ۴۲- شبیه سازی برخورد دو جسم با روش لاگرانژی

¹⁰ Arbitrary lagrangian eulerian

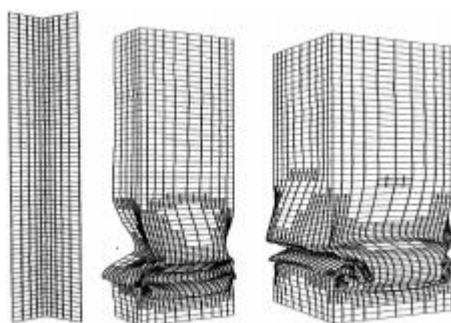
¹¹ Smooth particle hydrodynamic (SPH)

¹² Discrete element method

همانطور که اشاره شد بزرگترین اشکال روش لاگرانژ، امکان بوجود آمدن نتایج نادقیق در صورت تغییر شکل های خیلی بزرگ است. یکی از فنونی که در روش لاگرانژی برای جلوگیری از اعوجاج المانها در طی تغییر شکل های بزرگ پیشنهاد شده روش **Adaptively** می باشد که در آن بدون تغییر در نحوه تشریح المانها اقدام به بازسازی المانها می شود. این روش برای مسائلی که تغییر شکل های بزرگ در طی شبیه سازی باعث غیر متعادل شدن نسبت ابعادی المانها می شود، بسیار مناسب است.

زیرا در این حال هم اندازه گام زمانی کوچک می شود و هم اینکه مقارمت مجازی در جهاتی خاص ایجاد می شود. همچنین برای المانهای پوسته، زمانی که نسبت شعاع خمیدگی پوسته به ابعاد المان از حدی کوچکتر شود، از اعتبار نتایج کاسته می شود. در چنین حالتی نیاز به المانهای کوچکتر وجود دارد. بهمین خاطر الگوریتمهایی طراحی شده اند که با توجه به پارامترهای مشخصی اقدام به ریز کردن المانها و یا تطبیق نمودن المانهای تغییر شکل یافته با حالت متعادل می کنند.

در کد LS-DYNA برای بازسازی المانها تنها از تقسیم بندی آنها استفاده نمی شود بلکه هر زمان که لازم است المانهای هندسی جدیدی بر روی المانهای تغییر شکل یافته قبلی تولید می شود و اطلاعات میدانهای المانهای قبلی به گره های جدید با روش تخمین زنی **Least Squares** منتقل می شوند. در شکل ۴۳ نمونه ای از بازسازی المانها برای یک تیوب تحت بارگذاری نشان داده شده است.



شکل ۴۳- بازسازی المانها در روش لاگرانژی

۴-۳- مدل های مادی:

مواد ژئومتریال، رفتاری بسیار متفاوت با فلزات دارند. برای یک فلز می توان با استفاده از تست کشش، نمودار تنش- کرنش را که در حقیقت بیان کننده رفتار آن فلز هست را براحتی بدست آورد. ولی این مواد بخاطر داشتن رفتاری کاملاً متفاوت با فلزات، نیاز به انجام تستهای دیگری خواهند داشت.

تفاوت رفتار ژئومتریال با فلزات را می توان بصورت زیر بیان کرد:

۱- مقاومت کششی این مواد در مقایسه با مقاومت فشاری آنها، بسیار پایین می باشد.

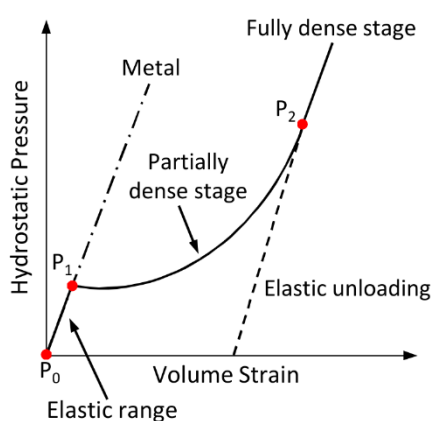
۲- این مواد برخلاف فلزات، بسیار تراکم پذیر هستند و یک رفتار فشار- کرنش حجمی مخصوصی را از خود نشان می دهند.

همانطور که در شکل ۴۴، نشان داده شده می توان این رفتار را به سه ناحیه تقسیم کرد (در این شکل، برای مقایسه رفتار یک فلز نیز نشان داده شده است).

۱-۲ در ناحیه $P_0 < P < P_1$ ، ماده بصورت الاستیک رفتار کرده و شیب منحنی در این ناحیه، مدول بالک نامیده می شود.

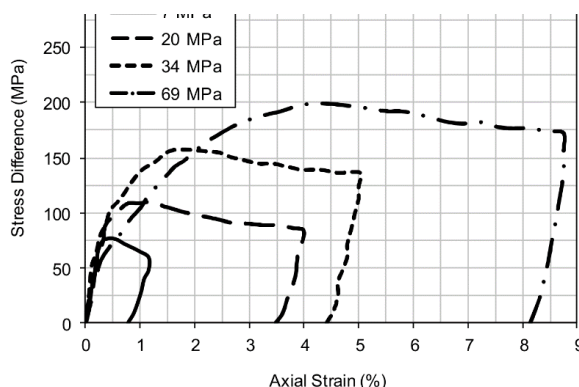
۲-۲ در ناحیه $P_1 < P < P_2$ ، حجم عظیمی از تخلخل ها و منافذ درون ماده فرو می ریزد.

۳-۲ در ناحیه $P_2 < P$ ، تمام تخلخل ها از بین رفته و ماده بصورت یک جسم سخت رفتار می کند.



شکل ۴۴- پاسخ فشار- کرنش حجمی بتن

۳- بر خلاف فلزات، مقاومت این مواد وابسته به مقدار تنش میانگین اعمال شده به آنها خواهد بود. به عبارت دیگر، وجود فشار جانبی^{۱۳} باعث افزایش مقاومت فشاری آنها خواهد شد.



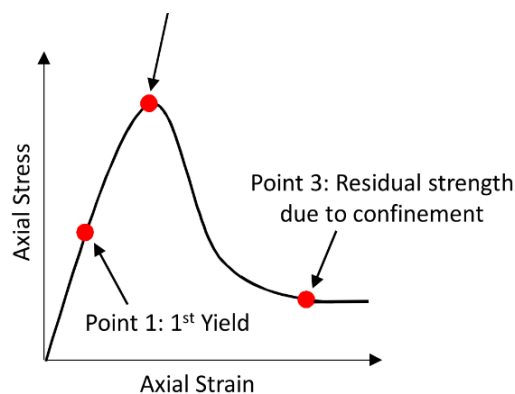
شکل ۴۵- افزایش مقاومت فشاری بتن با افزایش فشار جانبی اعمال شده به آن

۴- مقاومت کششی و فشاری این مواد، با افزایش نرخ کرنش بصورت غیر خطی افزایش خواهد یافت که باید در هنگام بررسی رفتار این مواد تحت بارگذاری دینامیکی (نفوذ و انفجار) در نظر گرفته شود.

مدلهای مادی که برای شبیه سازی رفتار مواد ژئوتکنیک استفاده می شوند بایستی بتوانند تمام رفتارهای ذکر شده را با دقت خوبی بیان کنند. بعضی از این مدلها مانند Pseudo Tensor, Soil and Foam و Geologic Cap Model تنها توانایی پیش بینی چند رفتار را دارند درحالیکه مدلهای دیگر مانند Concrete Damage, CSCM و RHT توانایی پیش بین رفتار بتن یا صخره را تنها با تعریف مقاومت فشاری ماده مورد نظر دارند. در تحقیق حاضر، برای بیان رفتار بتن از مدل مادی Concrete Damage استفاده شده است.

مدل مادی Concrete Damage Rel3 که توسط شرکت Karagozian & Case توسعه پیدا کرده، تاکنون بطور گسترده ای برای بررسی رفتار بتن مسلح تحت بارگذاری دینامیکی (بلست و ضربه) مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود، این مدل توانایی خوبی در پیش بینی رفتار بتن در شرایط شبه استاتیکی دارد [۵]. همچنین این مدل، توانایی پیش بینی رفتار بتن را تنها با تعریف مقاومت فشاری آن دارد.

در این مدل مادی، رفتار بتن تحت بارگذاری فشاری با استفاده از سه نقطه تعریف می شود. نقطه اول که اصطلاحاً نقطه Yield نامیده شده، نقطه دوم که بیشینه مقدار تنش قابل تحمل توسط بتن بوده و نقطه سوم که اصطلاحاً Residual نام دارد مقاومت کاهش یافته بتن بعد از نقطه تسلیم شدن آن است (شکل ۴۶). به عبارت دیگر، این مدل اثر Stress Softening در بتن را با دقت مناسبتری نسبت به سایر مدلها در نظر می گیرد.



شکل ۴۶- منحنی تنش- کرنش محوری بتن تحت فشار [۵]

در این مدل مادی، رفتار ماده در تست TCT (تغییرات مقاومت فشاری بتن نسبت به فشار جانبی) بصورت سه منحنی مجزا مربوط به نقاط Yield, Maximum و Residual در نظر گرفته می شود. در نقطه

Maximum، تغییرات بیشینه تفاوت بین مقاومت فشاری ماده و فشار جانبی (S1-S2) نسبت به فشار هیدرواستاتیک با رابطه زیر بیان می شود،

$$\sigma_m = a_0 + \frac{P}{a_1 + a_2 P} \quad (۱)$$

در حالیکه در نقطه Residual، مقدار کاهش یافته این تغییرات نسبت به فشار هیدرواستاتیک با رابطه زیر بیان می شود،

$$\sigma_r = \frac{P}{a_{1f} + a_{2f} P} \quad (۱۶)$$

در نقطه Yield نیز تغییرات بصورت زیر بیان می شود،

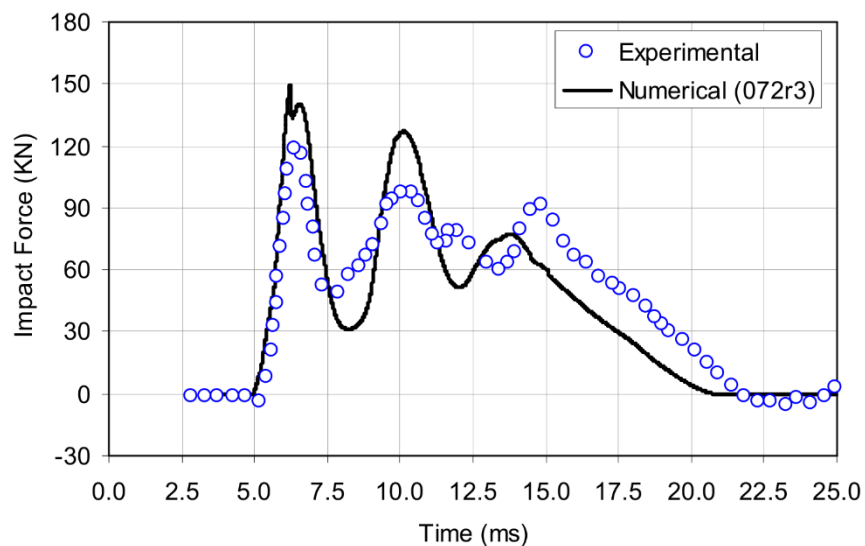
$$\sigma_y = a_{0y} + \frac{P}{a_{1y} + a_{2y} P} \quad (۲)$$

۴-۴- نتایج عددی:

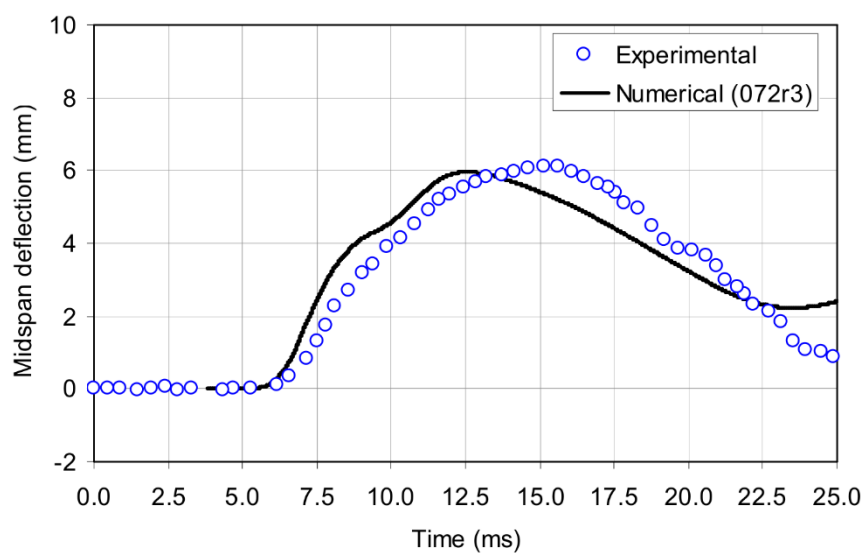
تغییرات نیروی وارد شده به بلوک بتنی نسبت به زمان در شکل ۴۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، نتایج عددی توانسته اند بخوبی تغییرات نیرو به زمان را پیش بینی کنند. البته دلیل اختلاف مشاهده شده این است که به علت در دسترس نبودن ضرایب واقعی بتن، از ضرایب پیش فرض مدل مادی Concrete Damage Rel3 استفاده شده است.

شکل ۴۸، بیشینه تغییرات جابجایی بلوک بتنی ناشی از برخورد ضربه زن (جنس سخت) را نسبت به زمان نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، نتایج عددی بخوبی توانسته اند مقدار بیشینه جابجایی بلوک بتنی را تخمین بزنند.

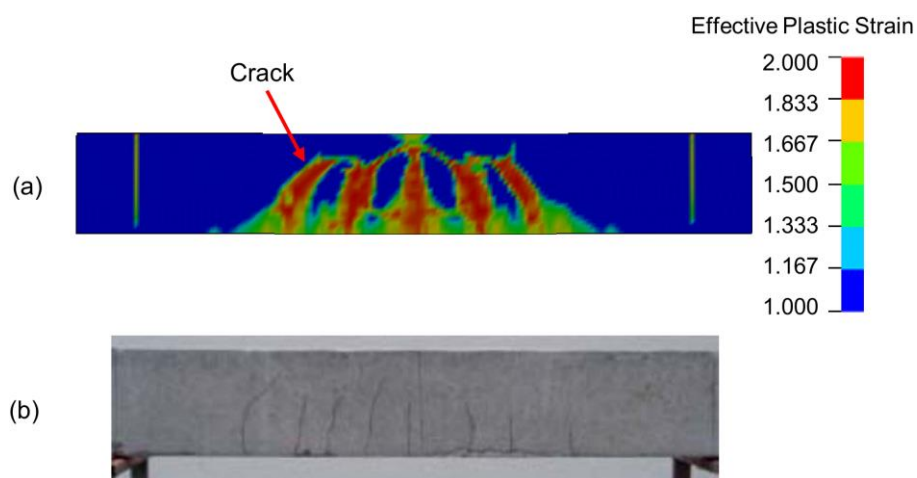
ترکهای ایجاد شده در بلوک بتنی ناشی از برخورد ضربه زن به آن، در شکل ۴۹ نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که نتایج عددی بخوبی توانسته اند شکل و توزیع ترک ها را بخوبی پیش بینی کنند.



شکل ۴۷- تغییرات نیروی وارد شده به بلوک بتنی نسبت به زمان



شکل ۴۸- بیشینه تغییرات جابجایی بلوک بتنی نسبت به زمان

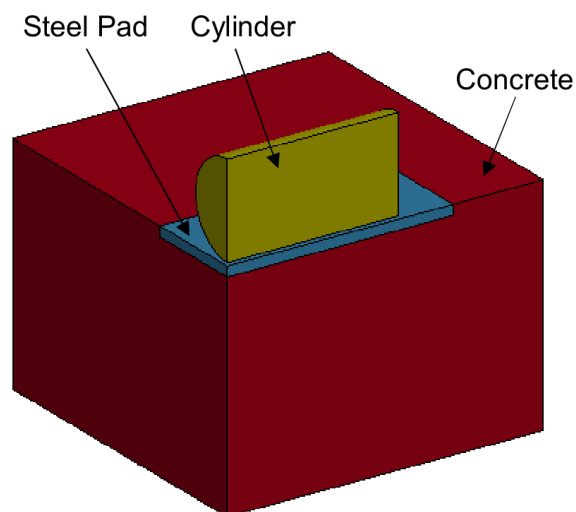


شکل ۴۹- ترکهای ایجاد شده در بلوک بتنی ناشی از ضربه وارده به آن

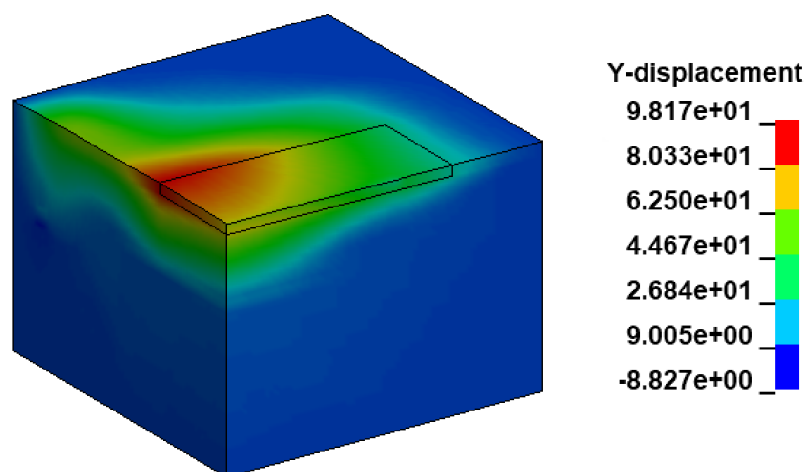
۴-۵- شبیه سازی تست BAM:

بعد از اطمینان از دقت روش انتخاب شده در شبیه سازی برخورد یک جسم سخت به بلوک بتنی مسلح شده، در این قسمت تست تجربی انجام شده در تاسیسات تست سقوط شرکت BAM آلمان با اطلاعات موجود شبیه سازی شده است [۶]. در این تست، یک استوانه فولادی به قطر بیرونی $2/3m$ و ارتفاع $7/6m$ متر (200 تن) از پهلوی و از ارتفاع 9 متری به یک بلوک بتنی با ابعاد $5*14*14$ (عمق بلوک بتنی 5 متر) برخورد می کند. در سطح بالای این بلوک تقویت شده بتنی، یک پد فولادی به ضخامت $0/22m$ و ابعاد $4/5*10$ متر قرار گرفته و به آن فیکس شده است. شکل 50 ، مدل سه بعدی در نظر گرفته شده در شبیه سازی عددی را برای حالت برخورد از پهلوی نشان می دهد. بعلاوه تقارن بارگذاری و هندسی مساله، تنها یک چهارم مساله مدل شده است. در اینجا مدل نسبت به صفحات X-Y و Y-Z تقارن دارد. برای آلمان بندی مدل از المانهای لاگرانژی Solid هشت گرهی استفاده شده است.

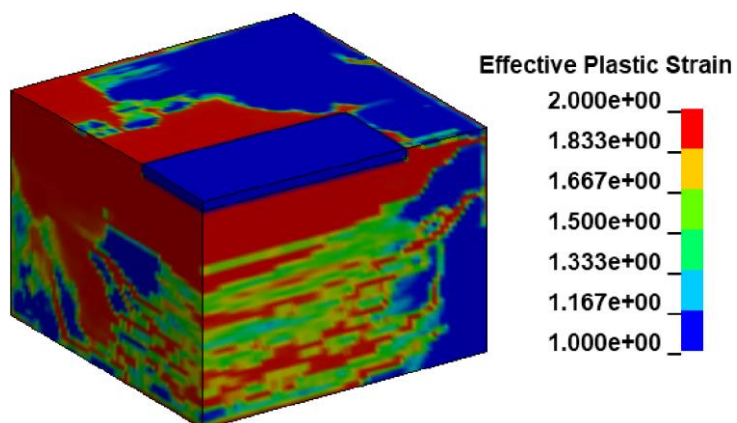
شکل 51 ، کانتور جابجایی ایجاد شده در بلوک بتنی و پد فولادی در راستای برخورد را نشان می دهد (ابعاد بر حسب میلیمتر). کانتور تخریب ایجاد شده در بلوک بتنی در شکل 52 نمایش داده شده است. این شکل نشان می دهد که به علت نیروی شدید برخورد، بلوک بتنی به شدت تخریب خواهد شد. توجه کنید که در شبیه سازی انجام شده به علت موجود نبودن داده های مربوط به هندسه آرماتوربندی، از مدلسازی آن صرف نظر شده بود.



شکل ۵۰- مدل المان محدود مساله



شکل ۵۱- کانتور جابجایی بلوک بتنی و پد فولادی در راستای برخورد



شکل ۵۲- کانتور تخریب ایجاد شده در بلوک بتنی

مراجع:

- [1] K. M. M. M. Bernhard Droste, "THE NEW BAM 200 TON DROP TEST FACILITY - CONSTRUCTION AND OPERATION EXPERIENCES-", in هفتمین کنفرانس بین المللی حمل و نقل مواد رادیو اکتیو، کالج چرچیل دانشگاه کمبریج انگلستان، ۲۰۰۵.
- [2] R. H. H. S. S. M. Q. F. W. P. M., "IMPLEMENTING A STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM USING DIGITAL MODELS OF THE BAM LARGE DROP TEST FACILITY IN HORSTWALDE," در یازدهمین کنفرانس دینامیک سازه، آتن - یونان، ۲۰۲۰.
- [3] E. Kalinina, 2019, Horizontal 30 cm Drop Test of 1/3 Scale ENSA ENUN 32P Dual Purpose Cask
- [4] K. Fujikake, B. Li, S. Soeun, Impact response of reinforced concrete beam and its analytical evaluation, Journal of Structural Engineering, 135 (8) (2009)
- [5] J. E. Crawford et al., Use and validation of the release iii K&C concrete material model in LS-DYNA, Technical report, TR-11-36.5
- [6] B. Droste, et al. Drop and fire testing of spent fuel and HLW transport casks at 'BAM Test Site Technical Safety'. Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material 2011 VOL 22 NO 4 205