شرکت توزیع نیروی برق استان
چهارمحال و بختیاری

نام طرح:

طراحی و ساخت کراس آرم های خطوط ۲۰ کیلوولت توزیع با استفاده از مقاطع فولادی سرد نورد شده

اطلاعات محقق

نام: مهران

نام خانوادگی: زینلیان دستجردی

میزان تحصیلات: دکتری عمران، سازه

دانشیار دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه اصفهان

شرکت توزیع نیروی برق استان چهارمحال و بختیاری

تصاویر محصول

شرح مشکل

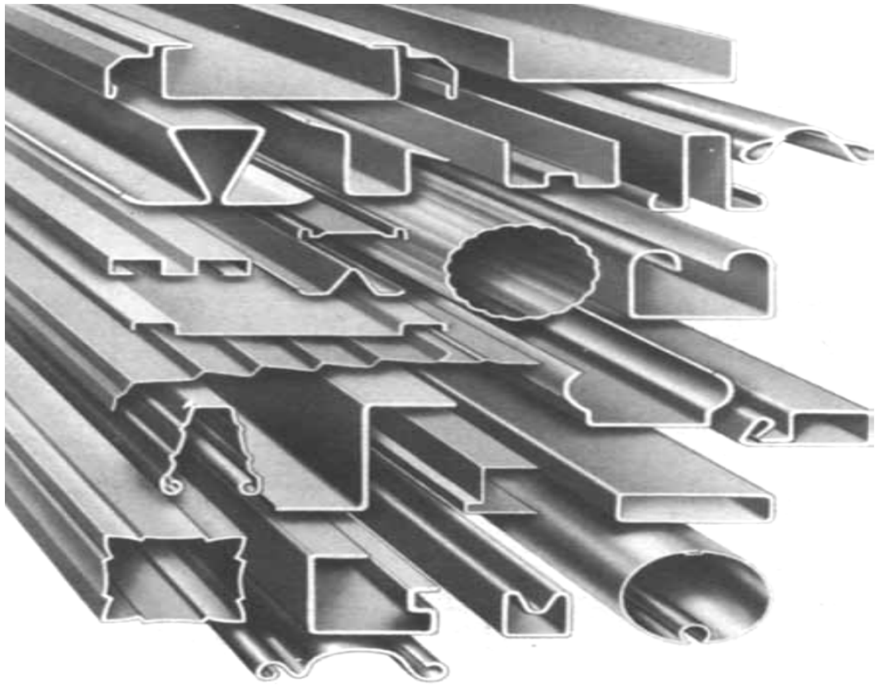
خطوط توزیع بر ق به عنوان یکی از زیرساخت های حیاتی کشور همواره از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است و نقش موثری را در پایداری شبکه برق ایفا می کند. این خطوط از نظر اقتصادی همواره نیازمند سرمایه گذاری ویژه ای از طرف شرکت های توزیع برق سراسر کشور بوده است. تنوع خطوط توزیع برق از لحاظ شکل کاربری و شرایط بارگذاری، طراح را ملزم به ابتکار عمل در طراحی مینماید. امروزه با پیشرفت صنعت و لزوم گسترش شبکه های توزیع در اقصی نقاط کشورمان و همچنین هزینه های قابل توجهی که عموما شبکه های توزیع به خود اختصاص می دهند، لزوم و اهمیت مسئله طراحی اصولی و تلاش در کاستن هزینه های اضافی طراحی بر کسی پوشیده نیست.

سیستم سازه های سبک فولادی (LSF) از مقاطع سرد نورد شده فولادی (CFS) ساخته می شود و در سال های اخیر به شکل گسترده در تولید صنعتی انواع ساختمان های اداری، تجاری و مسکونی به کار می رود و به عنوان جایگزین مناسبی برای روش های سنتی ساخت، جایگاه ویژه ای در صنعت ساخت و ساز کشورهای پیشرفته یافته است. نتایج بررسی ها نشان می دهد استفاده از مقاطع سرد نورد شده علاوه بر این که سرعت اجرا را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد، منجر به کاهش زیاد وزن فولاد مصر فی در سازه خواهد شد. این سیستم به دلیل مزایای فراوان از جمله سرعت و کیفیت بالای ساخت و عملکرد لرزه ای مناسب، در سالهای اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا رواج قابل توجهی یافته است.

معرفی سیستم سازه های سرد نورد شده فولادی

✓ مزیت ها

- سبکی
- مقاومت و سختی بالا
- سادگی در پیش ساختگی آنها و تولید انبوه
- نصب سریع و آسان
- امکان تولید مقاطع هندسی مختلف
- اقتصادی و با صرفه بودن



معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

دلیل اصلی این استقبال را میتوان در محاسن این نوع سازه ها از جمله سبک وزن بودن، راحتی و سرعت نصب بالا، و مهمتر از همه اقتصادی بودن آنها جستجو کرد. در این تحقیق تلاش می شود بر اساس آخرین دستورالعمل ها و استاندارد های موجود نسبت به طراحی سازه کراس آرم ها با استفاده از مقاطع سرد نورد شده فولادی اقدام شود و نتایج با سیستم سنتی (فولاد های گرم نورد شده معمولی) در حال استفاده مقایسه گردد.

در حال حاضر کراس آرم های خطوط ۲۰ کیلوولت با استفاده از مقاطع گرم نورد شده و مطابق با استاندارد های موجود طراحی و اجرا می گردند. از سوی دیگر، استفاده از سازه های سبک فولادی سرد نورد شده بعنوان اعضای باربر سازه ای در سال های اخیر با استقبال قابل توجه جامعه مهندسی ساختمان روبرو شده است.

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

معرفی آیین نامه ها

- نشریه ۳۷۴: مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط

  جلد اول: معیارهای طراحی و جداول کاربردی

  جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده

  جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرم های چوبی به کار رفته در شبکه توزیع

  جلد چهارم: مقره های به کار رفته در شبکه توزیع

  جلد پنجم: هادی ها و مفتول های خطوط هوایی توزیع

  جلد ششم: کراس آرم ها و آرایش پایه های به کار رفته در شبکه توزیع

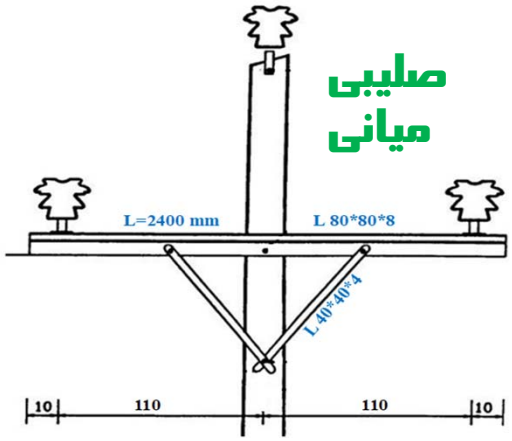
- ضوابط طراحی برای اعضای سازه‌ای فولاد سرد نورد شده مربوط به موسسه‌ی آهن و فولاد آمریکا (AISI)

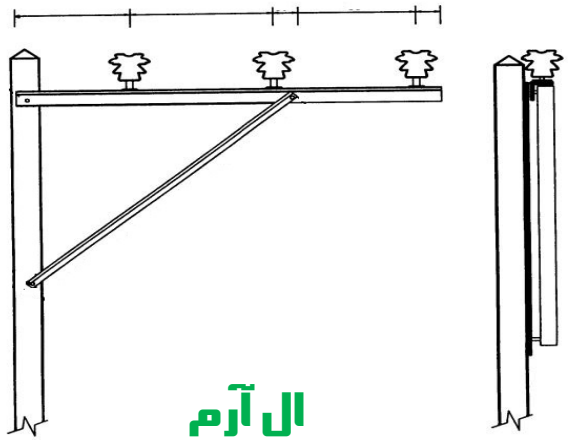
- آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد شده -نشریه شماره ۶۱۲

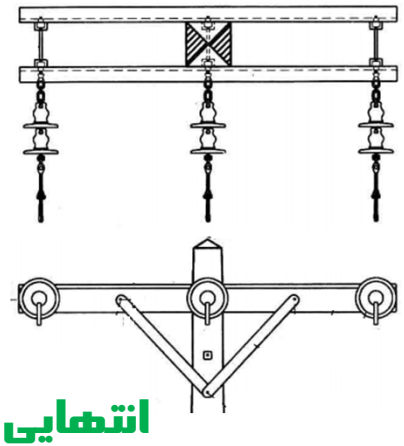
معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

- کراس آرم: میانی از نوع عبوری (صلیبی)، ال آرم (پرچمی) و انتهایی (DEAD END)
- نوع سیم: هاینا
- طول دهانه: ۶۰ متر
- منطقه مورد بررسی: شهرستان شهرکرد
- شرایط آب و هوایی منطقه: سنگین

فرضیات طراحی

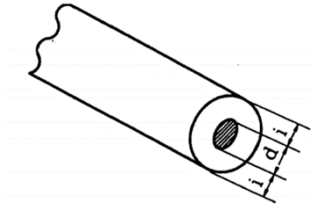






معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

فرضیات
بارگذاری کراس آرم های مورد بررسی



- ✓ شرایط آب و هوایی منطقه **سنگین**
- ✓ i = ضخامت یخ در شرایط یخ سنگین: **۳۰** میلیمتر و در شرایط یخ متوسط **۱۵** میلیمتر
- ✓ V = سرعت باد در شرایط باد شدید: **۴۰ متر بر ثانیه** در شرایط باد متوسط **۲۰** متر بر ثانیه
- ✓ S_V : طول اسپن: **۶۰ متر**
- ✓ dm: قطر مقره : ۱۷۰ (mm)
- ✓ L: طول مقره : ۳۴۰ (mm)
- ✓ J: ضریب جبران فضاهای باز بین مقره : ۰/۵
- ✓ ضریب اطمینان سیم: ۲/۵
- ✓ نوع هادی مورد استفاده: **هاینا**

نام تجاری	قطر نهایی(mm)	سطح مقطع کل (mm)	وزن کل(kg/km)	نیروی گسیختگی(N)
هاینا	14.57	126.43	450	39977

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

بارگذاری حدی

❖ نیروهای قائم

$$T_V = [\ W_w + 0.913 * \pi * i * (i + d) * 10^{-3}] * S_V$$

$$T_V = 2522\ N$$

❖ نیروهای افقی

$$P_w = \frac{V^2}{16} = \frac{40^2}{16} = 100 \quad (kg/m^2)$$

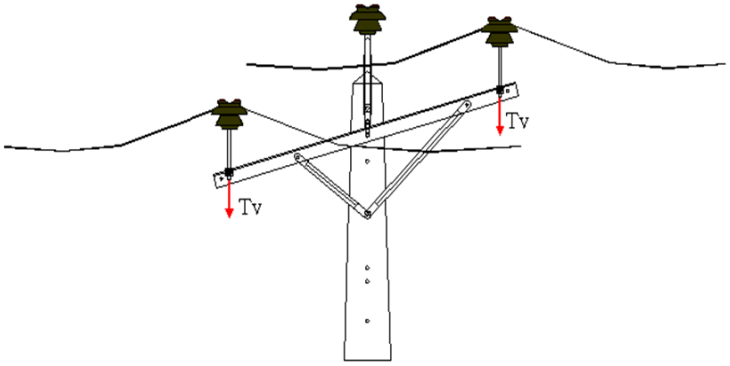
$$T_{t1} = [\ P_w * d * 10^{-3}] * S_w$$

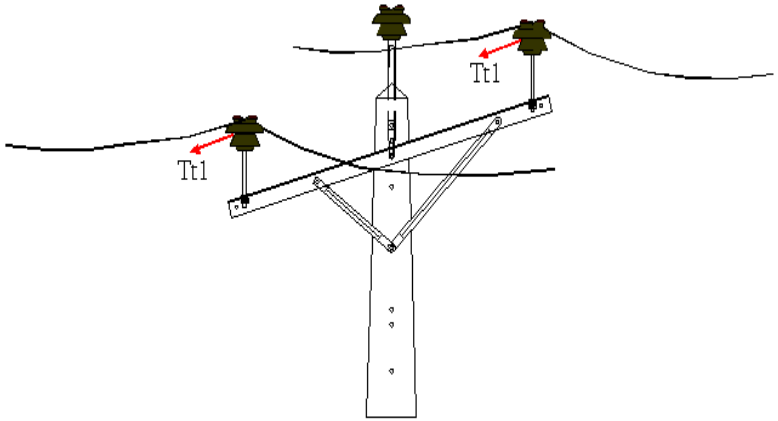
$$W_s = [\ P_w * dm * L * J * 10^{-6}]$$

$$T_{t1} = 87.42 * 9.81 = 858\ N$$

$$W_s = 2.89 * 9.81 = 28\ N$$

$$T_{t1} = 886\ \text{N}$$





معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

❖ نیروهای قائم

$$T_V = [\ W_w + 0.913 * \pi * i * (i + d) * 10^{-3}] * S_V$$

$$T_V = 103.34 * 9.81 = 1014\ N$$

❖ نیروهای افقی

$$P_w = \frac{V^2}{16} = \frac{20^2}{16} = 25 \quad (kg/m^2)$$

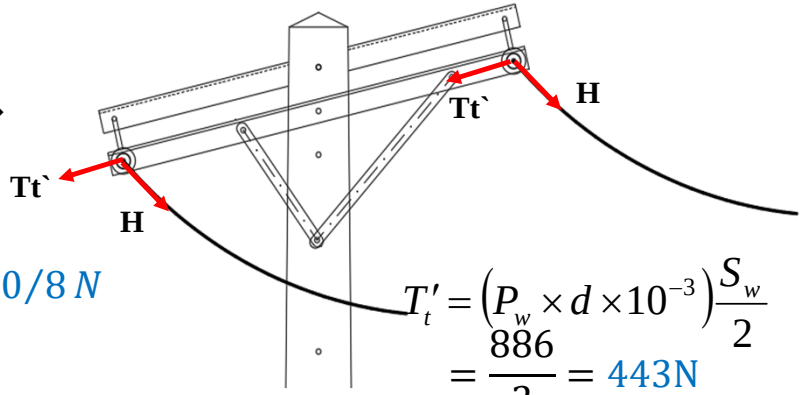
$$T_{t1} = [\ P_w * d * 10^{-3}] * S_w = 656\ N$$

$$W_s = [\ P_w * dm * L * J * 10^{-6}] = 28\ N$$

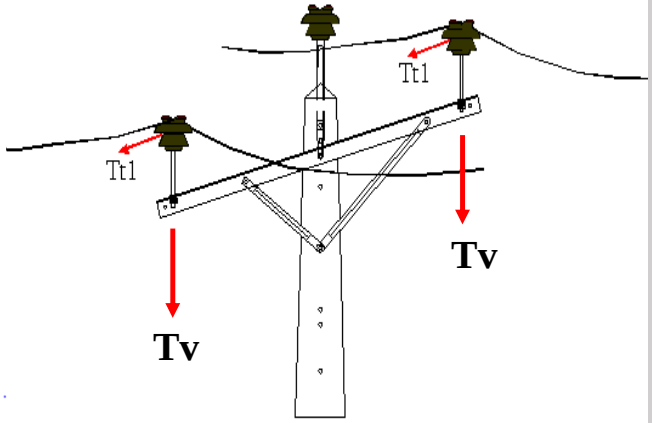
$$T_{t1} = 663\ \text{N}$$

❖ نیروی کشش افقی

$$H = \frac{UTS}{n} = \frac{39977}{2/5} = 15990/8\ N$$

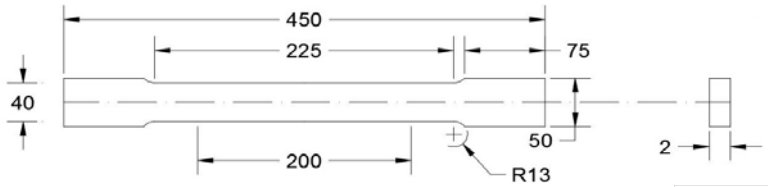


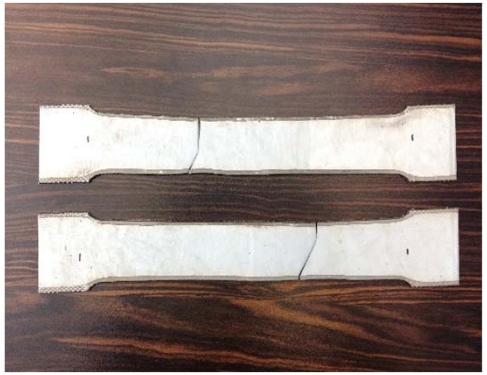
$$T_t' = \left(P_w \times d \times 10^{-3}\right)\frac{S_w}{2} = \frac{886}{2} = 443\text{N}$$

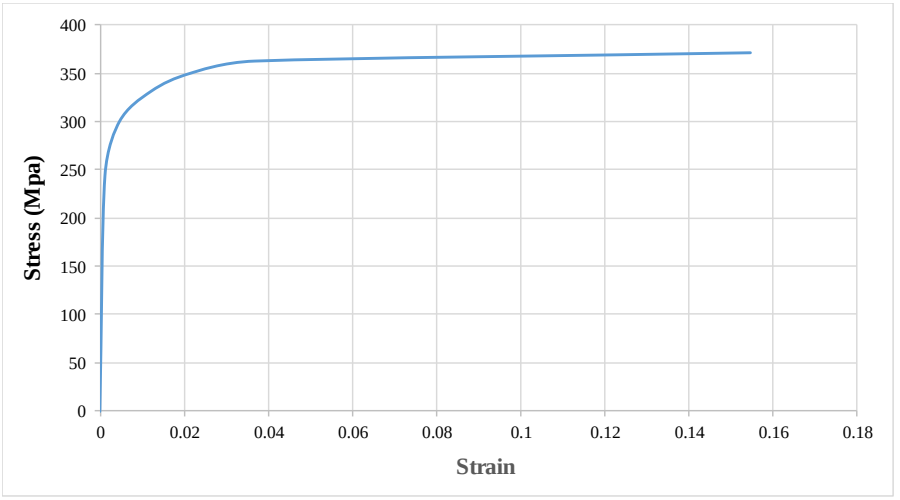


معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

نوع فولاد مصرفی



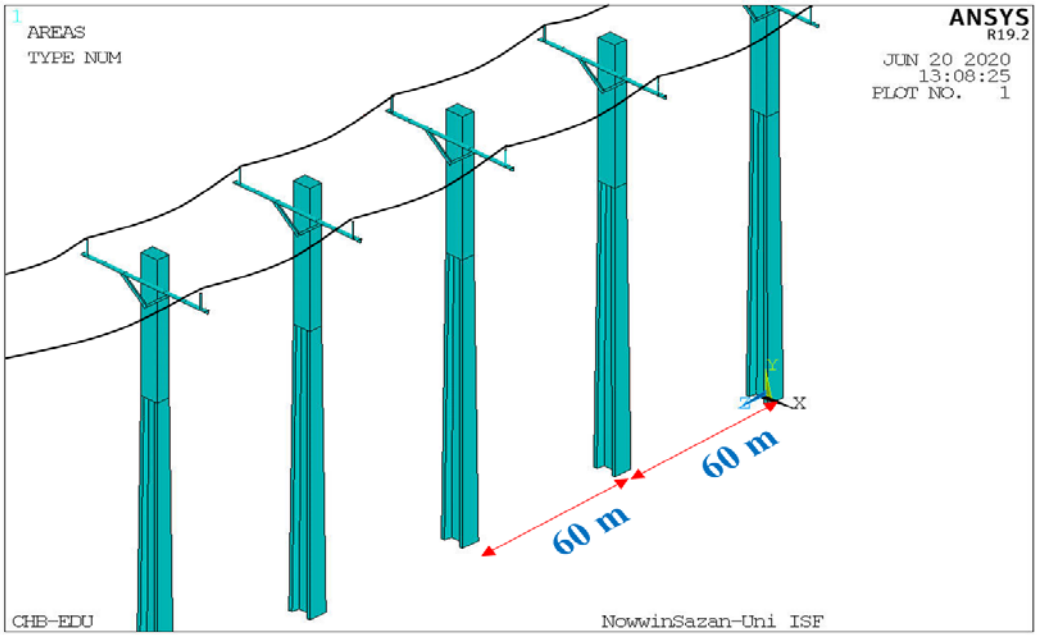


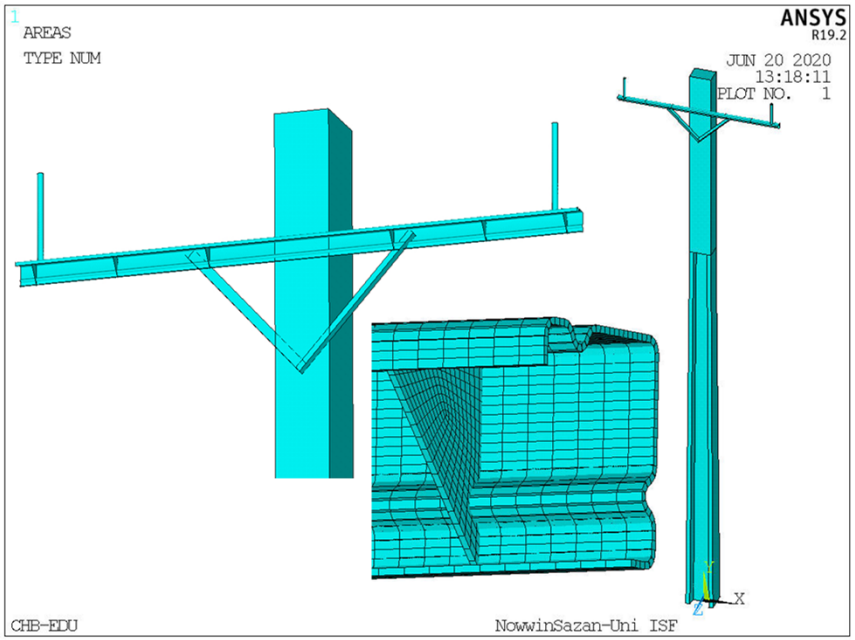


تنش تسلیم	کرنش تسلیم	تنش نهایی	کرنش نهایی	مدول الاستیسیته
F_y = 244 MPa	ε_y = 0.0012	F_u = 371 MPa	ε_u = 0.1544	E = 203333MPa

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

مدلسازی کراس آرم عبوری (پایه میانی)



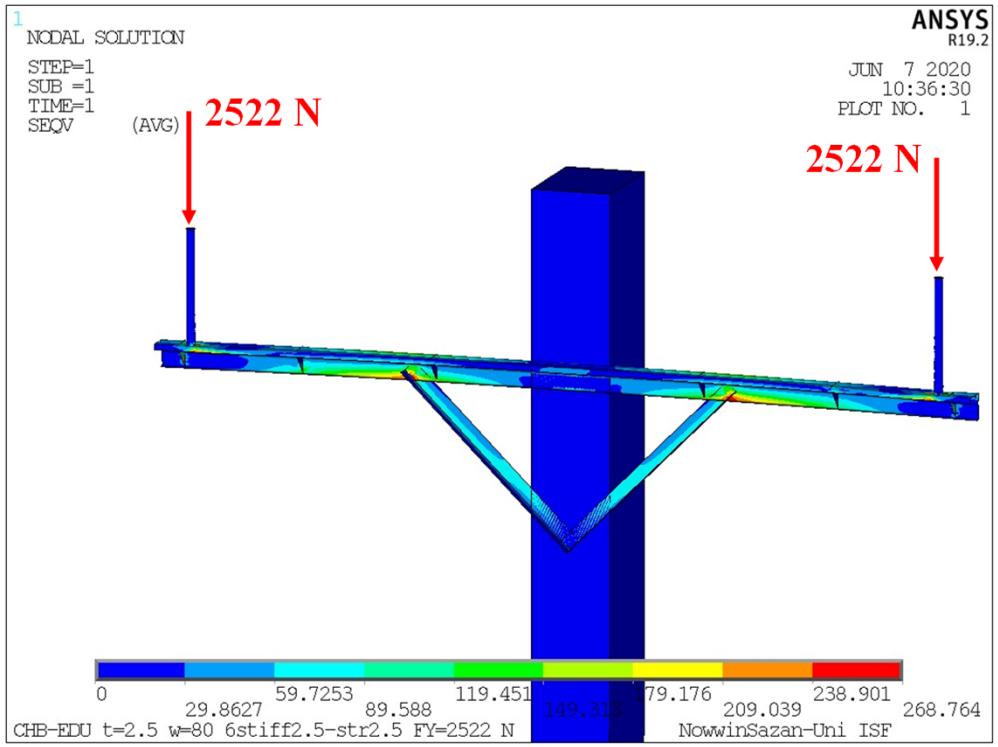


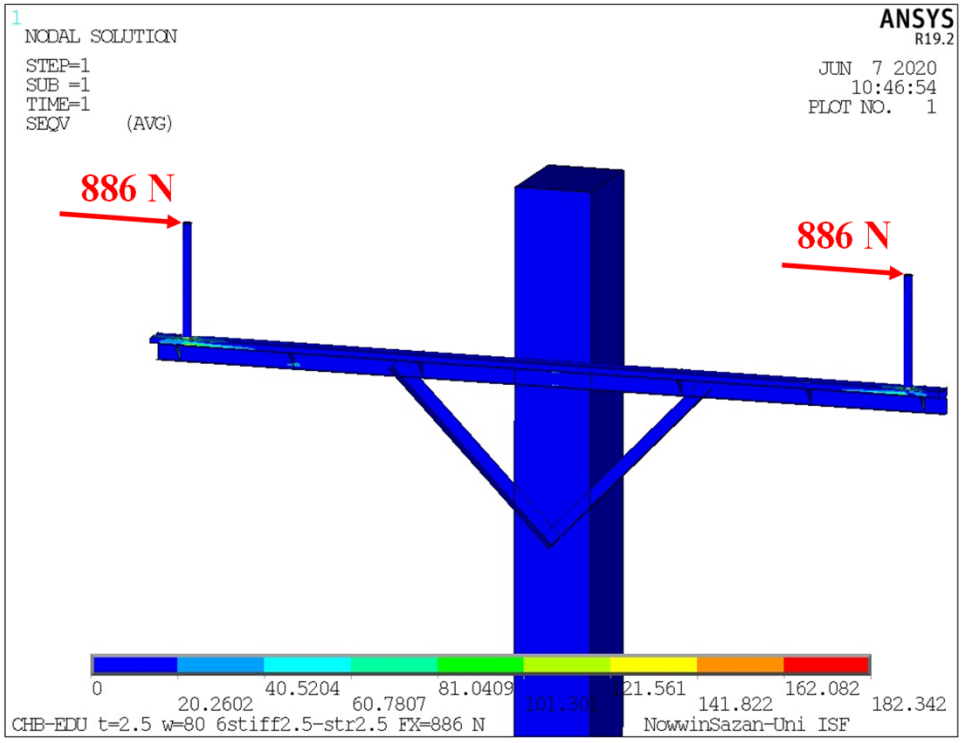
مدلسازی کراس آرم عبوری (پایه میانی)

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

➢ بارگذاری حدی

تنش وون میزز



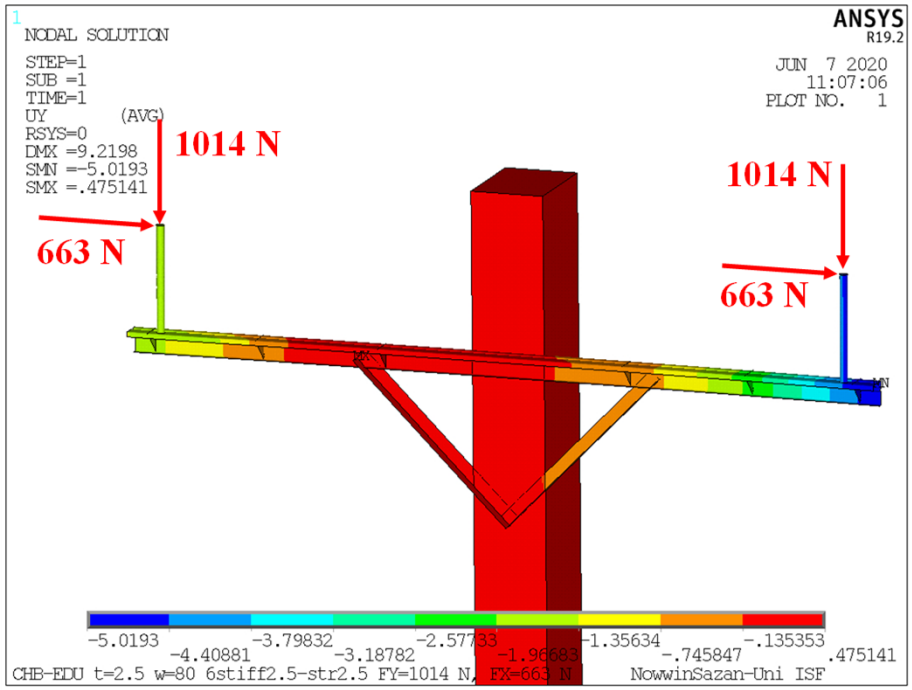


مدلسازی کراس آرم عبوری (پایه میانی)

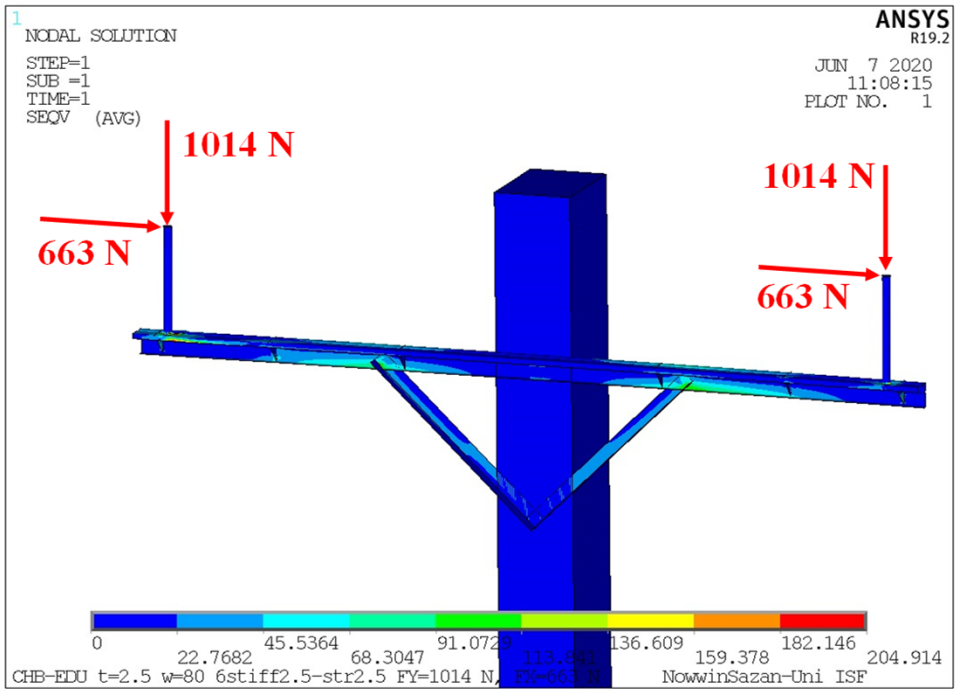
معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

➢ بارگذاری استاندارد

تغییر مکان قائم



تنش وون میزز

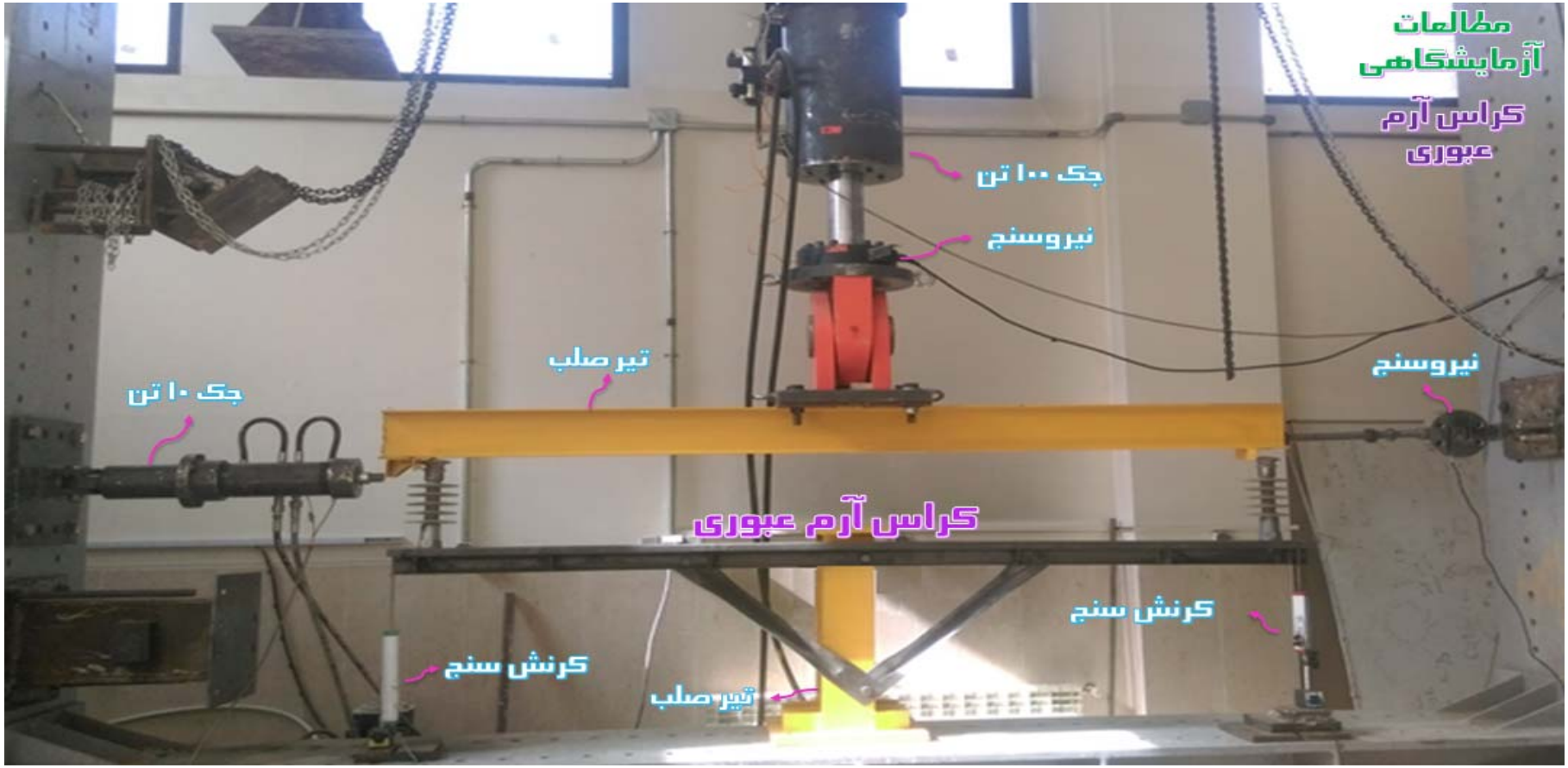


معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

- عملیات نورد سرد و ساخت در کارخانه

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

مطالعات آزمایشگاهی

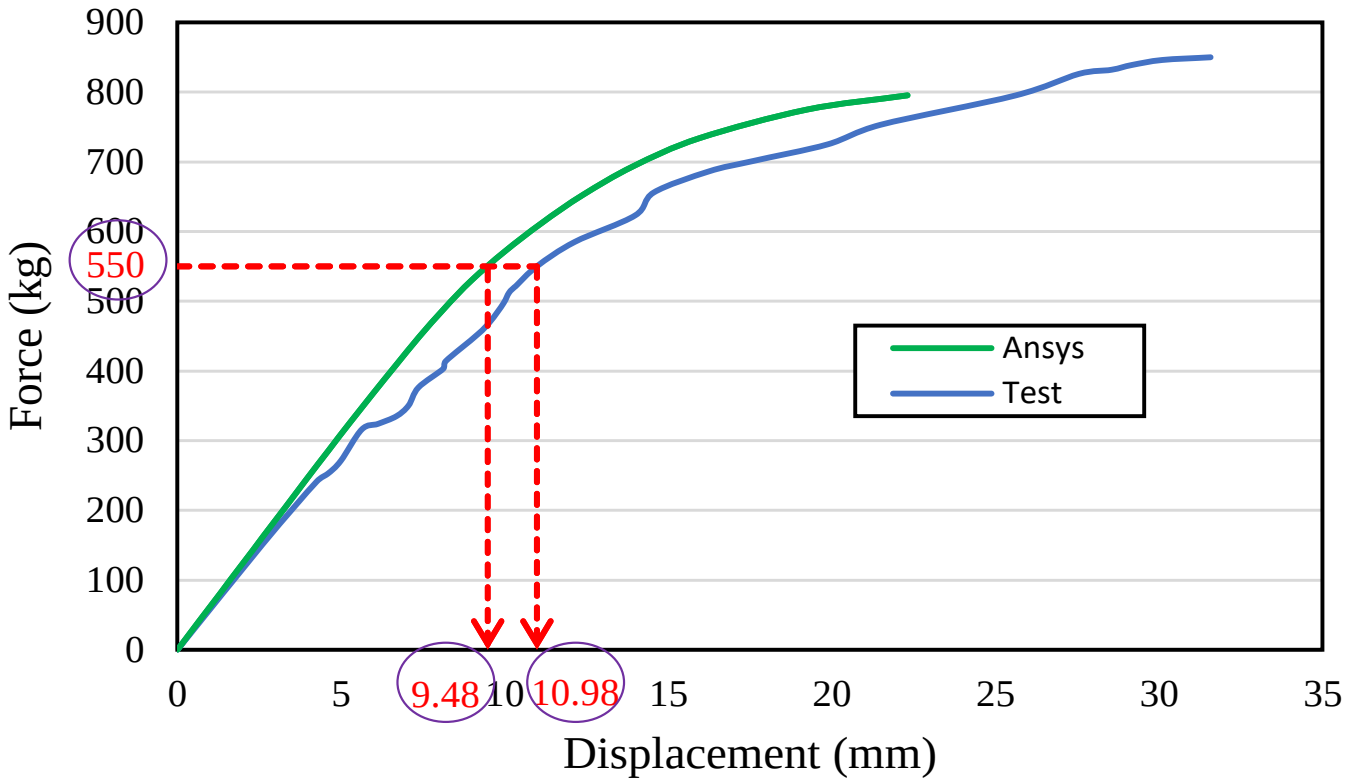


معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

آزمایش نمونه ها در ابعاد واقعی

صحت سنجی نتایج مدلسازی عددی و آزمایشگاهی

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن



شرکت توزیع نیروی برق استان چهارمحال و بختیاری

مقایسه وزن فولاد مصرفی

۲۳.۱ kg

۳.۱ kg

٪۳۵ ٪۳۵/۵

نصب نمونه ساخته شده

گذشت بیش از یکسال از
نصب کراس آرم CFS

شرکت توزیع نیروی برق استان چهارمحال و بختیاری

مزیت‌های فنی و رقابتی محصول و کاربری‌های آن

- کاهش حداقل ۵۰ درصد وزن سازه
- کاهش حداقل ۳۰ درصد هزینه فولاد مصرفی
- کاهش هزینه های حمل سازه بواسطه کاهش وزن
- حمل آسان تر در مناطق صعب العبور بواسطه کاهش وزن
- روش تولید سریع و صنعتی سازی
- توسعه پایدار و حفظ محیط زیست

نوع کراس آرم	مقطع	فولاد معمولی		فولاد سرد نورد شده		درصد کاهش وزن
		نوع مقطع	وزن (کیلوگرم)	نوع مقطع	وزن (کیلوگرم)	
عبوری	کراس آرم	L ۸۰*۸۰*۸	۲۳/۶	LSS ۸۰*۸۰*۲/۵	۱۱/۰	۵۳/۵
	بریس	۲-L ۴۰*۴۰*۴	۳/۶	۲-L ۴۰*۴۰*۲/۵	۲/۳	۳۵/۰
		جمع	۲۷/۲		۱۳/۳	۵۱/۱

بازارهای هدف

نام بازار هدف	حجم کلی بازار	سهم قابل دستیابی	ارزش ریالی بازار قابل دستیابی
کلیه شرکت های توزیع برق داخل و خارج کشور	با توجه به اینکه از مهمترین اهداف دولت، ساخت مسکن، ایجاد شهرک های جدید و همچنین برق رسانی به روستا ها و توسعه شبکه برق می باشد، حجم بازار در کل کشور هزاران تن در سال برآورد میشود.	با توجه به مزایای قابل توجه استفاده از این سازه ها، درصد زیادی از حجم کلی بازار قابل دستیابی خواهد بود.	با توجه به کاهش بیش از ۵۰ درصدی وزن و کاهش بیش از ۳۰ درصدی هزینه های نهایی ساخت این سازه نسبت به سازه های معمولی، ارزش ریالی بازار قابل توجه خواهد بود.

برآورد سرمایه مورد نیاز جهت تولید

عناوین هزینه	مبلغ (ریال)/توضیحات
دستگاه رول فرمینگ یا پرس برک (برای انجام عملیات نورد سرد)	برای انجام عملیات نورد سرد و تولید مقاطع کراس آرم، به دستگاه رول فرمینگ یا پرس برک نیاز است. در صورتیکه کارخانه ای از قبل این دستگاه ها را داشته باشد، با هزینه ای ناچیز و تغییر در غلتک های دستگاه، مقاطع مورد نیاز تولید خواهد شد. در غیر اینصورت نیاز به خرید دستگاه های مذکور می باشد. با توجه به نوع دستگاه هزینه خرید هم متغیر خواهد بود، برآورد: ***حدود یک میلیارد تومان***.

نکات تکمیلی

- ✓ **وزن فولاد مصرفی:** با توجه به نوع هر سازه و طراحی آن وزن فولاد مصرفی متفاوت می‌باشد.
- ✓ **گالوانیزه:** برای جلوگیری از خوردگی ضروری است تمام اعضا بر اساس استانداردهای مربوطه گالوانیزه شوند.
- ✓ **ساخت:** این عامل که شامل خم کردن و برش زدن ورق‌های فولادی می‌باشد باید در کارگاه انجام شود.
- ✓ **حمل:** پس از خم و برش، جهت سهولت انتقال از کارگاه به محل پروژه، پروفیل‌های تولید شده بسته بندی می‌گردند و سپس توسط تریلرها به مکان مورد نظر انتقال می‌یابند.
- ✓ **نصب:** پس از انتقال، پروفیل‌ها باید در محل تخلیه شوند و در مکان‌های مورد نظر به کمک پیچ نصب گردند.

- نتایج حاصل از تحلیل عددی توسط نرم افزار انسیس و همچنین نتایج آزمایش نشان می‌دهد که سازه‌ی فولادی سرد نورد شده مربوط به کراس آرم عبوری، قادر به تحمل بار های وارد بر کراس آرم می‌باشد و فولاد سرد نورد شده می‌تواند جایگزین مناسبی برای فولاد گرم نورد شده باشد.
- نتایج این پژوهش نشان می دهد که استفاده از مقاطع سرد نورد شده فولادی در کراس آرم های عبوری، ال آرم و انتهایی، بیش از ۵۰ درصد وزن فولاد مصرفی را کاهش می دهد.

اطلاعات تکمیلی
مراجع

[1] ANSYS," Mechanical APDL 19.2 ed, 2019

[۲] تکنولوژی, توانیر-معاونت تحقیقات و. "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد اول:مبانی طراحی و جداول کاربردی, ۵۱-۱, ۹۰. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۳] توانیر "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد دوم:تیرهای بتنی مسلح و پیش تنیده. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۴] تکنولوژی, توانیر-معاونت تحقیقات و. "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد سوم:تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرم های چوبی به کار رفته در شبکه توزیع. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۵] توانیر. "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد چهارم:مقره های به کار رفته در شبکه توزیع. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۶] توانیر. "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد پنجم:هادی ها و مفتول های خطوط هوایی توزیع. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۷] توانیر. "استاندارد خطوط هوایی توزیع." جلد ششم:کراس آرم ها و آرایش پایه های به کار رفته در شبکه توزیع. ایران: پژوهشکده برق-پژوهشگاه نیرو, ۱۳۷۸.

[۸] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. "مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف." نشریه شماره ۳۷۴.ایران, ۱۳۸۶.

[۹] AISI, "North American standard for cold formed steel framing- General provision," ed. Washington, D.C.: American Iron and Steel Institute, 2016.

[10] AS/NZS4600, Cold-formed steel structures, 2005, Standards Australia.

[۱۱] ASTM, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, 2002, Designation: A 370.

[12] مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. "آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد LSF – بخش سازه." نشریه شماره 612. ایران, 1391.

امید است با به کارگیری این فناوری ، شاهد
صرفه جویی بیشتری در پروژه های صنعت برق کشور باشیم

با تشکر از حسن توجه شما