

بحثی در استفاده از فولاد اعلاء



مقدمه :

قبل از انقلاب استفازا هد فولاد دعالء *High Strength Steel* برد ساختماردن مودر ساختمانهای صنعتی و قابهای شیبدارد ر ایرنا مرسوم بوا هدست چرا که نسبت ریالی فولاد دعالا به فولاد معمولی زا نسبت مقاومت آنها کمتر بود. آنچه ارد یرنا بعنوان فولاد پر مقاومت شناخته می شد در یف فولاد *St-52* بوود فولاد های معمولی با نوعا *St-33* و *St-37* مشخص می گردید که نواع خیرنا معمول تر بوا هدست.

به بهانه آنکه شرکت فولاد مبارکه اصفهان بعدزا گذشت حدود بیست و هفت سال " محرومیت و زا جورو دقهای فولاد دعالا به تولیدنا پرادخته ، ین مقاله بهر شته تحریر آرد مدرد و ه سمینار " کاربرد فولادهای پراستحکارد م ساهز های فولاید بخشی ارا نا زا نه گردیدا هست. امیداست که دستا ندرکانار محاسبات طراحی ها با استفازا هدین فولاد، د بتوانندز مینه استفازا هدنرا هر چه بیشتر فراهم ساهز

روآند.

استفازا هد فولاد دعالرد ء ساختمان

استفازا هد فولاد دعالرد ء ساهز های فولاید به او اوسط قرن بیستم بر می گردد . قطعات خمشی و فشاریر که باید بارهازی یارید تحمل کنند با استفازا هد فولاد اعلازا ء مقاطع ظریفتر و مناسبتر برخوردار خواهند بود.

انوعا فولاد :

مشخصات فولاد دمریکایی طبق جدولو شماره ۱ میباشد .

TABLE 1 Availability of Shapes, Plates and Bars According to ASTM Structural Steel Specifications																			
Steel Type	ASTM Designation	F _y Minimum Yield Stress (ksi)	F _t Tensile Stress ^a (ksi)	Shapes					Plates and Bars										
				Group per ASTM A6					To 1/2" incl.	Over 1/2" to 3/4" incl.	Over 3/4" to 1 1/4" incl.	Over 1 1/4" to 1 1/2" incl.	Over 1 1/2" to 2" incl.	Over 2" to 2 1/2" incl.	Over 2 1/2" to 4" incl.	Over 4" to 5" Inc.	Over 5" to 6" Incl.	Over 6" to 8" Incl.	Over 8"
				#1	2	3	4	5											
Carbon	A36	32	58-80																
		36	58-80 ^c																
	A529	42	60-85																
High-Strength Low-Alloy	A411	40	60																
		42	63																
		46	67																
		50	70																
	A572 Gr50	42	60																
		50	65																
		60	75																
Corrosion-Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42	53																
		46	57																
		50	70																
	A588	42	53																
		46	57																
Quenched & Tempered Alloy	A514 ^d	90	100-130																
		100	110-130																

^aMinimum unless a range is shown.
^bIncludes bar-size shapes.
^cFor shapes over 426 lbs./ft. minimum of 58 ksi only applies.
^dPlates only
 Available.
 Not available.

همان طویر که اردین جدولو مشاهده میشود حدزا آدو سال 1960 به بعد عملاً فولاد A33 که معالد فولاد St-37 با تنش جایر شدن حدودو 2400 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (هر کیلو گرم بر سانتیمتر مربع 0.09806 نیوتن بر میلیمتر مربع است)، هدرزا خاجر شدوه حدافل فولاد A36 با تنش جایر شدن 2530 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع موا درستهاهد قرا میگردد. (A36 به مفهوم تنش جایر شدن فولاد رد 36KIPS است. هر KIPS معالد 70.4 کیلو گرم بر سانتیمتر مربع میباشد). فولادهای علاتر با آلیاژ کم (HIGH STRENGTH LOW ALLOY) رد ا زاستاندردا ASTM معالد A441 و A572 می باشد که معالد St-52 ورا پایی است. نوع فولادهارا یئه شده توسط فولاد مبارکه ا صفهان نوع St-33، St-37 و St-52-3 بوهد کهود می زا نوع فولادهای معمولی و سومی از نوع فولاد دعالا است.

اقسام فولادهای ساختمانی بااستاندردا DIN به شرزحیر می باشند:

- ۱- فولاد St-37 یا فولاد نرمة معمولی که موا دراستعمانآل فواقلعاز هدیابا دست ا وغبل ساختمانهای فلزازی این نوع ساخته می شود.
- ۲- فولاد St-33 فولاد ساختمانی تجارتنی است که مشخصانآت بخوبی فولاد St-37 نمی باشد.
- ۳- فولاد St-34 موا درستهامارد نآل میخ پرچ برا یاتصال فولاد St-37 است.
- ۴- فولاد St-38 موا درستهامارد نآل پیچ است که برا یاتصال فولاد St-37 مصرف می شود.
- ۵- فولاد St-42 ررد قهای نوع خوب مخصوصاً بریا کارهای کشتی سائز مصدرراد ف.
- ۶- فولاد St-44 فولاد نوع علاء که همرد کارهای ساختمانی و همرد ساختن میخ پرچ برا یاتصال فولادهای St-52-3، مصدرراد ف.

۷- فولاد $St - 52$ یا $St - 3 - 52$ فولاد بسیا رعلاء با مقاومت زیا دست که بریا ساختمانهای مهم و پلها باد هانه های بزگر موا در استفادراد هد . فولادهای $St - 33$ ، $St - 37$ و $St - 52$ بیش از انود عایگررد کارهای ساختمانی موا در استفاهد قررا می گیرند .

فولادهای $St - 34$ ، $St - 42$ ، $St - 50$ ، $St - 60$ و $St - 70$ بریا کشتی ساو یز ساختن د یگک های بخار بکار میردو .

اعددا 52,44,37 و غیره حداقل مقاومت نهائی فولاد آرد دمایش کشش استاندارد است که بر حسب کیلوگرم بر میلیمتر مربع نوشته می شود .

دلایل استفازا هد فولاد دعالرء :

همان طویر که مشخص است ملاوا کلیه محاسباء، ت مقاومت یکه یا مشخصه می باشد . بنابراین چهرد ساهز های بتنی و چهرد ساهز های فولاد ، یدعلاء بوند فولاد مودر توجه قررا گرفته است . کآرئی این استفارد ، هدتنش کششی بیشتر از استفاهد رد تنش فشاا یرست، حال چه کشش مستقیم و چه کشش ناشی از خمش باشد .

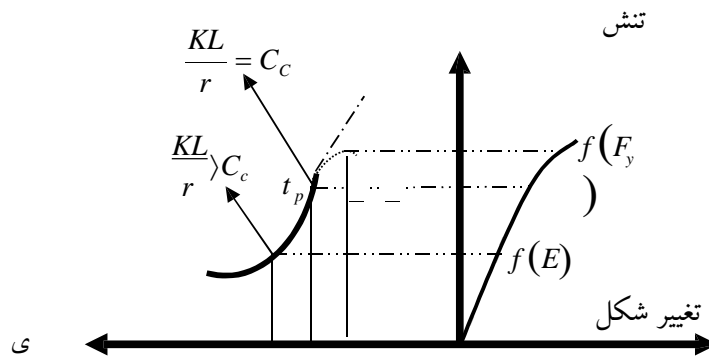
طبیعی است که قطعات طراحی شده با فولاد دعالرء ظرفیتر است . رد فشار مسائل شعاز عیراسیون کمانش کلی یا موضعی مطرح میاشدو بنابراین ممکن است به علت کمانش زا ، کلیه ظرفیت باربری قطعه (به علت ظرافت) نتونا بهره گرفت . حالی که رد کشش چنین نیست و معمولازا " کلیه ظرفیت قطعه میتوا ناستفاهد دلیل این امر آن است که بالاترین لاغری مربوط به کمانش غیرا تجائی یارد نمود .

$$\frac{KL}{r}$$

ا زالیتر لاغر تنشی قوشو طجراز کمانش برین اتعاجعی (بی) باشد رد و میا لایتر بلسا یکور حپسائی تنش

مجاز باربری تابع E میباشد. بنابراین استفازا هد فولاداعلارد ء فشاو رقتی مناسب است که $\frac{KL}{r} < C_c$ باشد $\left(C_c = \sqrt{\frac{f_y^2 E}{F_y}} \right)$ و بالاترازا این حد لاغری عملاً نوع فولاد تاثیرردی باربری نخواهداد شت چرا که تابع F_y نیست و فقط تابع E است که بریا فولادها، یکسان می باشد.

شکل منحنی باربرار و یبطه تا بشرزحیراست :



رد عمل براحتی و با مصرف مقدرا کمی ادنش، می تونا مقدرا $\frac{KL}{r}$ ار بواسطه کم کرد ند طول کمانش کاهش و داد بنابراین با جلوگیرزای کمانش رد، فشار نیززا فولاداعلاء بهره گرفت. رد کشش نیز چون معمولاً با مسئله کمانش مواجه نمی (باشیم، می توزانا تمامی تنش مجاز فولاداعلاء بهره گرفت.

محاسبات نشان می دهد که بهای فولاد مصرفی بریا یک تیر (باد هانه بلند حدود 25 رد صدو بریا ستونها حدود 10 تا 15 رد صد کاهش خواهداد شت.

اگر چه اعددا فوق به شدت به طراحی مربوط می باشندولی او زا رود فعیت نیستند. استفازا هد فولاداعلارد ء بال تیرو فولاد معمولی رد جان تیر تجویز می گردد که تا

ار تیروود گانه (*HYBRID GIRDERS*) می نامندو تنش مجاز خمشی نا بر
اساآ س ئینامه *AISC* :

$$F_b \leq F_b \left[\frac{12 + \frac{Aw}{A_f} (3r - r^3)}{12 + 2 \left(\frac{Aw}{A_f} \right)} \right]$$

که آ نآ رد لفا برابر است با تنش جایر شدن جان به تنش جایر شدن بال است.

نکته بسیار مهم رد طراحی فولادها ی علاآء نست که فولایارد د نرمی متعادل جهت
جذا بنریژ باشد .

فولادهایی که باز یاد کردند کربن و یا منگنز سخت می شوند، خاصیت شکل
پذیری *DUCTILITY* خود زا ار دست و هداد به نوع ترد شکن *BRITTLE*
تبدیل می شوند . مشکل ا این گونه مصالح نا است که خاصیت جذا بنریژ خوار د
و بعضا با تغییر شکل کم رد ، هنگام خرابی استفاد کنندزا ار ه خطر بی اطلاع
رد مقابل ضربه نیز حساس می باشند . ا نوعا حاضر فولاد د علاء کارخانه ندراند
ELONGATION بالا برخوردار بوو هد حدا زا نا دوستاندراهای می گذراندو
مبارکه زا

جهانی (حدود 21 رد صد) ز یادتر (بین 21 تا 41 رد صد) می باشد .
جوش پذیرای یین فولاد کم آ لیا، ژ نیز تامین گشته است .

۱-آ نالیز شیمیایی

Ce (s)	N PPM	%Nb	%Al Max	%S Max	%P Max	%Si	%mn	%C	
0.187- 0.320	120	—	0.08	0.023	0.025	0.300	0.400- 0.170	0.120- 0.170	St 37.2
0.255- 0.345	70	0.015- 0.050	0.035	0.011	0.025	0.150- 0.35	0.750- 1.05	0.130- 0.170	St 52.3

۲- خواص مکانیکی

Elongation	Ultimate Tensile Strength	Yield Point	
%	N/mm	N/mm	
27-40	350-470	240-380	St 37.2
21-41	490-590	364-480	St 52.3

سابقه استفاده :

استفازا هد فولادها ی علاء سالهای 1350 به بعدا رد یررد نا ساخت ساختمانهای صنعتی و پلهار ، ی یج و متدلوا بوا هدست .

شرکت آ کام فلزو سولیرنا با استفازا هد فولاد 3-52-St پوشش د هانه های تا 60 مترار توسط طراحی آ قادی کتر مارکار گریگوریان برا یانبارها آ ی پرین به انجام رسانید، ه که بزرگترین د هانه ساختمانهای قابهای شیدرا می باشدا و ستفاا زا هدین نوع فولانآ رد د شرکت هار یج بوا هدست .

شرکت صنایع فلزای یرنا نیز بسیازا یر پلهای خوار د برا ساس فولاد 3-52-St نموا هدست . مطمئنا شرکتها ی یگر نیز به استفازا هدین نوع فولاد دست طراحی

اهدزند که نگارندنا زا ه بی ا طلاع می باشم .

جمع بندی :

با توجه به سوابق استفاد رد هدنیازا فولادها ی علاء سابقه استفاد موفقا رد یرو نا نکات مثبت طراحی اقتصا و ید ظرافت طراحی ، مخصوصا رد هانه های بلندو ساختمانهای مرتفع ، جوش پذیری مناسب و شکل پذیری (DUCTILITY) استفازا هدین نوع فولاد که یکد ستادرو ملی استار به کلید ستاندرکانار طراحی او جرا توصیه مینماید .

تفسیر commentary

مقدمه :

برا یاستفاده بیشتر مهندسین محاسب بخش زیر تحت عنوان تفسیر به توضیح طراحی می پردازد .

موضوع :

رد موضوع مقاله هدر و آ شد، فولادهای علالرد ء کشش رفتار بسیار نشان می د هدا، ما این موضوع به رفتارین فولارد د فشار بر نمی همانظوریکه مناسبی از خود

گرو دد بایدرد طراحی توجه کافی به تا مبذاد لوشت .

همانظوریکه ر (KL/r) کگل (۱) مشاهده می شود . منحنی تنش بحرانی (F_{cr}) رد مقابل

تنش بحرانی $F_{cr} = \frac{f^2 E}{(KL/r)^2}$ می باشد .
و به صورت: $F_{cr} = \frac{f^2 E}{(KL/r)^2}$

انگسر $ENGESSER$ ر بطة خوار د با توجه به ضریب را تجاعی مماسی (E_t)

مطرح نموا ه دست که به صورت: $F_{cr} = \frac{f^2 E_t}{(KL/r)^2}$ می باشد .

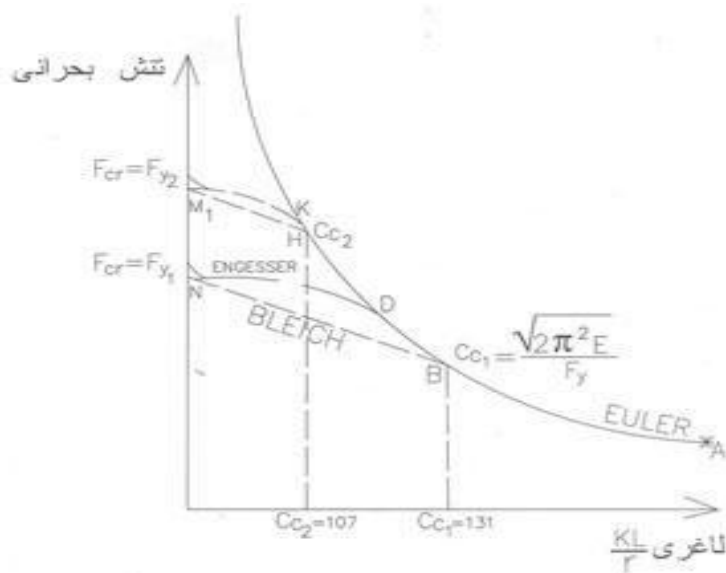
$BLEICH$ با استفار زا ه د بطة ا نگسرو پیش بینی تنش پس ماند

بلیچ

ار بطة انگسار تبدیل به ا ر بطة ا بریر می نماید که تا رد F_y تنش جایر شدن فولاد دست

$$F_{CR} = F_y \left[1 - \frac{F_y}{4f^2 E} \left(\frac{KL}{r} \right)^2 \right]$$

هر کدزما منحنی هایور شکل (۱) آ مدا هست .



شکل (۱)

$$F_{cr} = \frac{f^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \text{ EULER}$$

$$F_{cr} = \frac{f^2 E t}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \text{ ENGESSER}$$

$$\text{BLEICH} \quad F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{F_y}{4f^2 E} \left(\frac{KL}{r}\right)^2 \right]$$

بریا هر نوع فولاد قسمت منحنی والر کمانش را تجاعی و بخشی منحنی انگسر، بلیچ ار کمانش غیرا تجاعی برنا یا نوع فولاد می نامند .
برور یاشن شدن بهتر موضوع شکل (۲) یور منحنی تنش تغییر شکل هر بخش از این منحنی هدروآ شدا هست .

همانطوریکه یده می شوردد لاغری هازی یاد (بین A, B) تنش ها ای علاء فولاد هیچگونه تاثیرردی تنش بحرانی قطعه نخواهداشت . رد بین نقطه (B, H) تنش ها ای علاء فولارد فشار نقش بایز می کند .

نقطه لاغری حداری C_c یا *PROPORTIONAL LIMIT* نامیده شدوه حد کمانش را تجاعی زا غیرا تجاعی است و با برابر گذاشتن ار بطه والر با بلیچ بدست می آید .

$$\frac{KL}{r} = \sqrt{\frac{2f^2 E}{F_y}}$$

این لاغری حدی بریا فولاد $ST-37$ تقریبا " عدد $\frac{KL}{r} = 131$ بریا فولاد $ST-52-3$ برابر $\frac{KL}{r} = 107$ می باشد .

آینامه *AISC* بریا طراحی قطعات فشاد رد یرمنه را تجاعی ضریب اطمینان

$$SF = \frac{23}{12} = 1.92 \quad \text{(SAFTY FACTOR) ثابت معالد :}$$

و بریا طراحی اد ردمنه غیرا تجاعی ضریب اطمینان متغیر

$$S.F = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3} \quad \text{برابر با:}$$

ار معرفی می نمایند

مقدرا ضریب اطمینان ردمونه کمانش غیرا تجاعی $1.66 < SF < 1.92$ می رسد .
(عدد 1.66 معکوس 0.60 می باشد که بریا ضریب اطمینان فولارد ردمودرا طراحی مختلف معمولا " بکار میرود)

بنابراین مشاهده می شود که هر چه لاغری کوچکتر می شود ضریب اطمینان نیز کوچک میشود F_{Cr} به سمت طراحی های اقتصادی تر پیش می دور .

جدلو شماره (۱) نشاد نهنده همین نکته است که رد مودر قطعات فشا، برگر

لاغرای بتونا کاهش، داد می تونا مقاطع اقتصادی تر طراحی نمو، د بدآ نونکه بریا نگهدا یراین قطعات مساحتز یاید فولاد لامز باشد .

رد جدلو (۱) دیده می شود که براساس نینامه AISC گر لاغری $\frac{KL}{r} = 120$ باشد تنش های مجاز باربری بریا هرود نوع فولاد :

$$F_a = 750 \text{ KG / Cm}^2$$

می باشد. $f_a = \text{fallowalde}$

دیده می شواد گرا ین لاغری با نگهدیرا جانبی به یکدو مو یک چهارم

برسد، مقادیر تنش ها چگونه بریا هرود فولاز دیاد شدرد و ه عین حال فولادا دعلاء

خوصا خوار د نشان می د هد .

با جدلو (۲) نشان می د هد بریا باربری یک قطعه فشایر به مقدر $P = 22500 \text{ KG}$

مساحات لامز بریا لاغری های مختلف چقدر می باشد . بطوریکه دیده می شود کاهش لاغری به یک چهارم مودر فولادا دعلاء مساحت به حد $\frac{11}{5} = 0.38$ و

بریا فولاد معمولی به $0.55 = \frac{16.6}{30}$ کاهش می یابد که نشاد نهنده سه نکته است :

والا، لاغری تاثیرزیارد ید طراحی قطعات فشادرد یر .

ثانیا، فولادا دعلاء لاغری های کم، تاثیر کیفیت فشایر خوار د عیان می سادز .

ثالثا، مساحت قطعه نگهدراندرد، ه مقابل مساحت صرفه جوئی شده بسیار ناچیز است .

نتیجه گیری :

استفازا هد فولاد دکلارد ء کشش و قطعات کششی تقریبا "رد تمامی طراحی ها قابل تجویز میباشد،

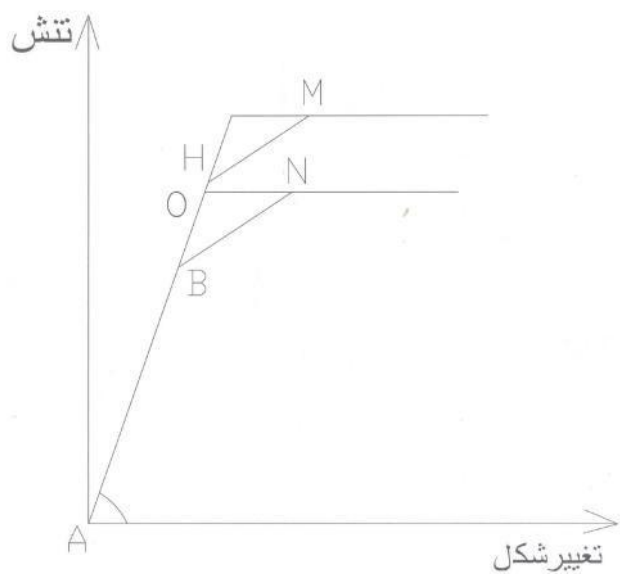
امارد مودر قطعات فشاو ، یرقتی قابل تجویز می باشد که لاغری هارد حد کم بوو هد حداقلزا حد C_C بریا فولارد دجه پائین تر کمتر باشد .

نوع فولاد	120	60	30	لاغری
St.52	750	1638	1954	تنش های مجاز
St.37	750	1173	1334	باربری
				AISC

جدلو ۱

نوع فولاد	120	60	30	لاغری
St.52	30	13.75	11.51	مساحت لامز
St.37	30	19.18	16.86	بریا باربری
مساحت نگه‌درانده	0	0.32	0.96	۲۲/۵۰۰ تن
AISC				Cm^2
				AISC

جدلو ۲



شکل (۲)