

آیین نامه عام برای طراحی عضوهای فولادی

عبدالرسول رنجبران^{۱*}، محمد رنجبران^۲، فاطمه رنجبران^۳

۱- دانشیار مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

۲- دکترای مهندسی شیمی از دانشگاه شریف

۳- دانشجوی مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

* ranjbarn@shirazu.ac.ir

ارسال: اسفند ۹۷ پذیرش: فروردین ۹۸

چکیده

طراحی سازه های فولادی عموماً بر اساس آیین نامه های مخصوص انجام می شود. کشور های مختلف جهان، بر اساس نتایج آزمایش های عدیده روی قطعات فولادی، محاسبات گسترده به کمک رایانه، و گاه تجربه و مشاهده رفتار سازه ها در هنگام زلزله و نیروهای طبیعی دیگر، آیین نامه های خاص تهیه کرده و به صورت دوره ای هر چند سال آن را اصلاح می کنند. علی الرغم سابقه بیش از یک قرن در طراحی، باز نیروهای طبیعی سازه ها را خراب می کنند، که نشان دهنده عدم شناخت کافی در رفتار سازه هاست. مشاهده تفاوت چشمگیر در ظرفیت تیر محاسبه شده توسط آیین نامه های کشورهای مثل آمریکا، کانادا، اروپا، و استرالیا نشان از وجود نکات مبهم در این آیین نامه ها دارد. پژوهش های نویسنده مسئول و همکاران پژوهشی وی در دوده گذشته به توکد نگاهی نو به مبانی بنیادی دانش، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد، که در آن پدیده (شکست سازه) به صورت تغییر حالت سازه از وضعیت سالم به وضعیت خراب منظور می گردد. با استفاده از استدلال منطقی و منطبق ریاضی مبانی فتح تهیه و راست آزمایی گردید، و نشان داده شد که همه عضوهای باربر فولادی یک رفتار عام دارند، که در آن مجموع، نسبت نیروی موثر به ظرفیت بیشینه عضو تحت اثر آن نیرو، برای همه نیروهای مشارکت کننده کمتر یا مساوی نسبت ظرفیتی است که برای هر عضو مقداری مشخص است که بر حسب ضریب لاغری عضو تعریف، و در دسترس عام قرار می گیرد. بدین ترتیب آیین نامه طراحی عام برای همه اعضا، به صورت یک معادله ساده به نام منحنی فارسی تهیه شده که می تواند با اطمینان کامل مورد استفاده قرار گیرد. هدف نویسندگان در این مقاله معرفی این آیین نامه عام است.

کلید واژه: فلسفه تغییر حالت، منحنی فارسی، آیین نامه عام، طراحی عضو فولادی، ضریب لاغری.

۱- مقدمه

طراحی سازه های فولادی عموماً بر اساس آیین نامه های مخصوص انجام می شود. کشور های مختلف جهان، بر اساس نتایج آزمایش های عدیده روی قطعات فولادی، محاسبات گسترده به کمک رایانه، و گاه تجربه و مشاهده رفتار سازه ها در هنگام زلزله و نیروهای طبیعی دیگر، آیین نامه های خاص تهیه کرده و به صورت دوره ای هر چند سال آن را اصلاح می کنند، مثلاً در آیین نامه فولاد آمریکا

هر پنج سال یا کمتر تجدید نظر می شود [۱]. علی الرغم سابقه بیش از یک قرن در طراحی، باز نیروهای طبیعی، سازه ها را خراب می کنند، که نشان دهنده عدم شناخت کافی در رفتار سازه هاست. مشاهده تفاوت چشمگیر در ظرفیت تیر محاسبه شده توسط آیین نامه های کشورهای مثل آمریکا، کانادا، اروپا، و استرالیا نشان از وجود نکات مبهم در این آیین نامه ها دارد [۲]. در آیین نامه طراحی ایران هم وضع بهتر از دیگران نیست، اگر بدتر نباشد. پژوهش های نویسنده مسئول و همکاران پژوهشی وی در دوده گذشته به توکد نگاهی نو به مبانی بنیادی دانش، تحت عنوان فلسفه تغییر حالت (فتح) شد، که در آن پدیده (شکست سازه) به صورت تغییر حالت سازه از وضعیت سالم به وضعیت خراب منظور می گردد [۳-۱۵]. با استفاده از استدلال منطقی و منطق ریاضی مبانی فتح تهیه و راست آزمایی گردید، و نشان داده شد که همه عضوهای باربر فولادی یک رفتار عام دارند، که در آن مجموع، نسبت نیروی موثر به ظرفیت پیشینه عضو تحت اثر آن نیرو، برای همه نیروهای مشارکت کننده کمتر یا مساوی نسبت ظرفیتی است که برای هر عضو مقداری مشخص است که بر حسب ضریب لاغری عضو تعریف، و در دسترس عام قرار می گیرد. بدین ترتیب آیین نامه طراحی عام برای همه اعضا، به صورت یک معادله ساده به نام منحنی فارسی تهیه شده که می تواند با اطمینان کامل مورد استفاده قرار گیرد. هدف نویسندگان در این مقاله معرفی این آیین نامه عام است. در منحنی فارسی ظرفیت عضو فشاری، همانند اکثر آیین نامه های جهان، بر حسب ضریب لاغری پیشینه عضو (مؤثر) تعریف شده است. آیین نامه های دیگر جهان برای ظرفیت عضوهای، خمشی، کششی، پیچشی، برشی، و غیره، و ترکیب آن ها با یکدیگر ضوابط خاص ارائه کرده اند، که لزوماً به ضریب لاغری ارتباط ندارند. لئوناردو داوینچی، چندین قرن پیش، آزمایش هایی روی سیم های کششی انجام داده و نتیجه گرفته که سیم های دراز تر ضعیف تر از سیم های کوتاه ترند. در جامعه علمی نتیجه وی مورد قبول قرار نگرفته و گاه با دلایل بسیار بچگانه رد شده است [۱۶] و به تاسی از آن در آیین نامه های معتبر، مثلاً آمریکا، در طراحی عضو کششی، اثری از لاغری نیست. دلیل منظور نکردن اثر ضریب لاغری در عضو کششی این طور عنوان شده که، چون تنش در عضو کششی یکنواخت است (فرض برای سهولت کار) پس به طول و در نتیجه به لاغری آن ارتباط ندارد. به بیانی فرض بودن را فراموش کرده و در آن گرفتار شده اند. تجربه جامعه علمی، که در همه آیین نامه ها هم درج شده، مبین اثر ضریب لاغری در ظرفیت ستون (عضو فشاری) و ظرفیت تیر (عضو خمشی) است. همه شنیدید که گفته می شود که تار فشاری تیر ناپایدار شده و موجب خرابی تیر می شود، این دقیقاً نشان دهنده اثر قطعی لاغری در خمش است، که شاید در بعضی از آیین نامه ها به صراحت عنوان نشده است. از آن جا که عضو خمشی ترکیب عضو فشاری و کششی است. چطور می توان قبول کرد که لاغری در فشار موثر باشد، در جمع فشار و کشش هم موثر باشد، ولی در کشش موثر نباشد. این نوع برداشت ها در دنیای علم کم نیست. شاید دلیل آن اعتماد چشم بسته به پیش کسوتان و تهیه کنندگان آیین نامه ها (که گاه مبنای غیر علمی و بعضاً سیاسی دارد) باشد. متأسفانه همین پیش فرض ها و اصرار و پافشاری بر آنها خسارت های فراوان به جامعه بشری وارد کرده است. بابدند ها در سازه ها نقش کلیدی در تحمل نیروهای زلزله دارند، و منظور نکردن اثر لاغری در طراحی آنها به طور قطع یکی از علل بد عمل کردن سازه های باد بند دار است. در این مقاله پس از معرفی فتح و مرور بر تحقیقات زمینه در بخش اول، در بخش های بعد ابتدا به گسترش مبانی، معادلات و توابع پرداخته شده و سپس ارتباط بین فتح و ظرفیت عضوهای فولادی بیان می گردد. راست آزمایی از طریق مقایسه نتایج با کار دیگران انجام شده، و بحث و نتیجه گیری به دنبال خواهد آمد. فهرست منابع مورد استفاده بخش پایانی مقاله را تشکیل می دهد.

۲- مبانی منطقی و ریاضی فلسفه تغییر حالت

هر دستگاه با شناسه ای رفتاری به نام سختی شناخته می شود، که در مبداء دارای مقدار محدود k_S و در مقصد برابر صفر است. در هر مرحله از عیب، سختی دستگاه به اندازه سختی عیب k_D کم می شود. معکوس سختی دستگاه برابر نرمی است، که در مبداء دارای مقدار محدود f_S و در

مقصد بینهایت است. در هر مرحله از عیب، به اندازه نرمی عیب C_S به نرمی دستگاه افزوده می گردد. رابطه بین نرمی و سختی سازه معیوب در معادله (۱) نشان داده شده است.

$$(k_S - k_D)(f_S + c_S) = 1 \quad (1)$$

سختی عیب و سختی دستگاه معیوب $k_{LS} = k_S - k_D$ در معادله (۲)، با حل معادله (۱) برای k_D برحسب عوامل دیگر، بدست آمده است.

$$k_{LS} = S_R k_S \quad k_{DS} = F_R k_S \quad (2)$$

که در آن F_R تابع تخریب، و S_R تابع پایا است که در معادله (۳) تعریف شده اند. مجموعه دو تابع، توابع پدیده نامیده شدند.

$$S_R = \frac{f_S}{f_S + c_S} \quad F_R = \frac{c_S}{f_S + c_S} \quad (3)$$

نرمی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد f_N و مقدار بعد دار F_S ، و نرمی عیب بر حسب مقدار بی بعد c_N و مقدار بعد دار F_S در معادله (۴) آمده است. با جا گذاری معادله (۴) در معادله (۳) توابع پدیده به صورت بی بعد مندرج در معادله (۵) در می آید:

$$f_S = f_N F_S \quad c_S = c_N F_S \quad (4)$$

$$S_R = \frac{f_N}{f_N + c_N} \quad F_R = \frac{c_N}{f_N + c_N} \quad (5)$$

به منظور توسعه بعدی، توابع پدیده به صورت زیر برای مقدار $f_N = 1$ خیاطی و با اسم توابع حالت نامگذاری شده اند. تابع پایا به تابع مبدا O ، تابع تخریب به تابع مقصد D و تابع نرمی عیب به نسبت حالت R تبدیل شده اند. حاصل در معادله (۶) نمایش داده شده است.

$$O = \frac{1}{1+R} \quad D = \frac{R}{1+R} \quad (6)$$

با توجه به تعریف توابع حالت، حدود تغییرات آن ها در معادله (۷) نشان داده شده است.

$$R \in [0 \quad \infty] \quad O \in [1 \quad 0] \quad D \in [0 \quad 1] \quad (7)$$

شاخص عیب که در مبدا صفر و در مقصد یک تعریف شده است، با متغیر حالت $\xi \in [0 \quad 1]$ نشان داده شده است. در نتیجه توابع حالت به صورت توابعی از متغیر حالت با مقادیر مرزی و به صورت معادله (۸) در می آید که در آن \max علامت بیشینه و \min علامت کمینه است. بدنبال مطالعه و بررسی ممتد، توابع مناسب به صورت معادله (۹) حاصل شده است. توجه داشته باشید که این توابع متوسط یک تابع به صورت چند جمله ای و یک تابع به صورت مثلثاتی است.

$$O = \begin{cases} \max = 1 & @ \xi = 0 \\ \min = 0 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad D = \begin{cases} \min = 0 & @ \xi = 0 \\ \max = 1 & @ \xi = 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$O = 0.25(3 - 6\xi^2 + 4\xi^3 + \cos \pi\xi) \quad (9)$$

$$D = 0.25(1 + 6\xi^2 - 4\xi^3 - \cos \pi\xi)$$

سختی دستگاه بر حسب مقدار بی بعد k_N و مقدار بعد دار K_S ، و مقدار سختی عیب بر حسب مقدار بی بعد c_N و مقدار بعد دار K_S تعریف و در معادله (۱۰) درج شده است. نسبت این دو، با توجه به تعریف برابر نسبت حالت قرار داده و در نتیجه نرمی عیب به صورت مضربی از نسبت حالت تعریف و در معادله (۱۱) نشان داده شده است.

$$k_S = k_N K_S \quad k_D = c_N K_S \quad (10)$$

$$k_D/k_S = c_N/k_N \quad c_N = k_N R \quad (11)$$

با جا گذاری معادله (۱۱) در معادله (۵)، شکل عمومی توابع پدیده به صورت معادله (۱۲) حاصل می گردد.

$$S_R = \frac{O}{O + k_N^2 D} \quad F_R = \frac{k_N^2 D}{O + k_N^2 D} \quad (12)$$

نظر به این که ضریب k_N فقط برای دستگاه های خاص قابل محاسبه است، لذا معادله به صورت عام در معادله (۱۳) نشان داده می شود که در آن ضرایب a_M و b ضرایب هادی هستند، که با استفاده از داده های معتبر و به طریقی که در بخش های بعد توضیح داده می شود، تعیین می گردند.

$$S_R = \frac{O^b}{O^b + a_M D^b} \quad F_R = \frac{a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (13)$$

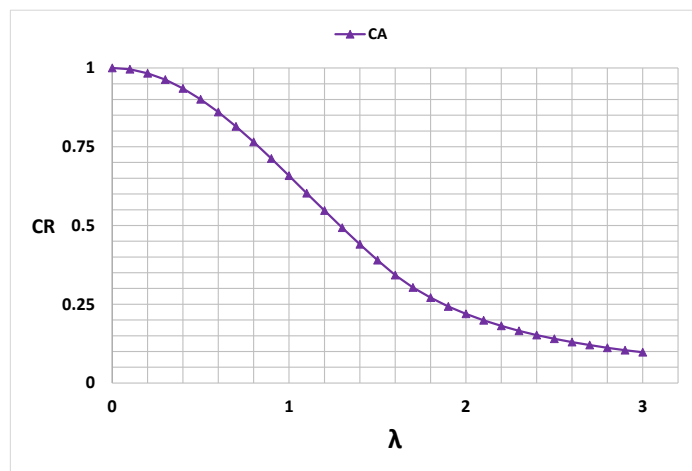
تا این مرحله مبانی بنیادین فتح، بر مبنای منطقی، منطق ریاضی و بدون فرض خاص تولید شد. در بخش بعد از این مبانی استفاده شده و فتح برای بررسی پدیده های خاص خیاطی می شود.

۳- منحنی فارسی

شاید با منحنی فرانسوی، که برای ترسیم شکل هایی تولید شده که رسم آن ها به کمک وسایل مرسوم ممکن نیست، آشنا باشید. دقت در گسترش مبانی فتح نشان می دهد، که این می تواند همان نقش منحنی فرانسوی را، منتها در تحلیل پدیده ها، خصوصاً آن پدیده هایی که اغلب با روش های سنتی دارای عدم قطعیت قابل توجه اند، در دنیای علم داشته باشد. با توجه به این که عمده گسترش فتح در خطه فارس انجام شده نام "منحنی فارسی" برای آن انتخاب شد. مبانی فتح به نحوی که در این بخش شرح داده می شود به صورتی زیبا در قالب سه معادله تجمیع و با نام منحنی فارسی نام گذاری شده است.

نتایج بررسی پدیده ها در شاخه های مختلف علم (علمی)، مثل شکل ۱، به صورت منحنی های دارای دو محور نشان داده می شود، که محور قائم نمایش دهنده رفتار پدیده، که بین صفر و یک قابل تنظیم است و محور افقی متغیر شناسه دستگاه، موثر در تغییر حالت است که معمولاً محدودیت ندارد. مثلاً در شکل ۱ محور قائم ظرفیت باربری ستون در آیین نامه آمریکا C_A و محوری افقی ضریب لاغری نسبی λ ، به عنوان شناسه ستون، می باشد. در فتح نیز محور قائم بین صفر و یک است و می تواند مستقیماً با علمی مقایسه شود. به منظور انطباق محور افقی فتح با محور افقی علمی، نقطه انتهایی $T(\lambda_T, C_T)$ و نقطه ابتدا $O(\lambda_0, 1)$ ، برای شناسه انتخاب و به عنوان مقصد و مبدا فتح منظور می شود. معادله (۱۴) این هماهنگی را نشان می دهد.

$$\xi = (\lambda - \lambda_0) / (\lambda_T - \lambda_0) \quad (14)$$



شکل ۱- منحنی ظرفیت ستون فولادی در آیین نامه آمریکا

حال اگر علاوه بر نقطه انتها $T(\lambda_T, C_T)$ و نقطه ابتدا $O(\lambda_0, 1)$ ، یک نقطه در وسط $M(0.5(\lambda_T - \lambda_0), C_M)$ و یک نقطه میانی بین سه نقطه پیشین $N(\lambda_N, C_N)$ به عنوان نقاط کلیدی انتخاب شود محور قائم فتح C_R نظیر علمی که از نقاط کلیدی می گذرد، در معادله (۱۵) نشان داده شده است که در آن متغیر های هادی در معادله (۱۶) محاسبه شده اند. سادگی محاسبات از ویژگی های فتح است.

$$C_R = \frac{O^b + C_T a_M D^b}{O^b + a_M D^b} \quad (15)$$

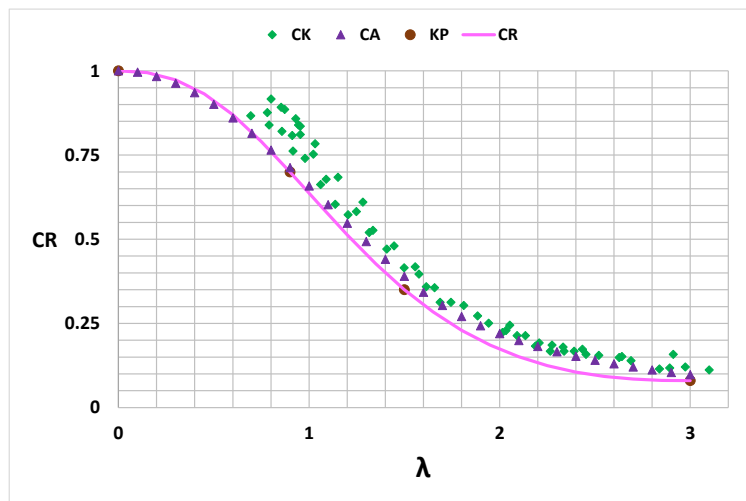
$$a_M = \frac{1 - C_M}{C_M - C_T} \quad a_N = \frac{1 - C_N}{C_N - C_T} \quad b = \frac{\text{Log}(a_N/a_M)}{\text{Log}(D(\xi_N)/O(\xi_N))} \quad (16)$$

در این جا گسترش و تکمیل مبانی فتح، و ساخت منحنی فارسی به پایان می رسد. در بخش بعد کاربرد آن در ساخت منحنی عام ظرفیت به نمایش گذاشته می شود.

۴- منحنی عام ظرفیت

در بخش های قبل نشان داده شد که منحنی فارسی نشان دهنده عام ظرفیت (یا مرزهای خرابی) است، و برای تکمیل، وجود مختصات سه نقطه کلیدی قابل اعتماد ظرفیت عام، بر گرفته از نتایج آزمایشگاهی و غیره، خرابی هر پدیده کافی است. یکی از منابع موثق در دسترس، ظرفیت باربری ستون های فولادی است، که در صد سال گذشته آزمایش های زیادی روی آن ها انجام شده، و رفتار آن ها با دقت بالایی شناخته شده است، و لذا برای تعیین نقاط کلیدی از آنها استفاده می شود. لازم به ذکر است که مبانی فتح نشان داده که پدیده شکست، پدیده ای عام است، و در نتیجه استفاده از داده های شکست یک پدیده، برای استفاده در سایر پدیده ها منطقی است. در ادامه ظرفیت تیر های ساخته شده از فولاد سرد نورد CK [۱۷ و ۱۸]، که به منظور نشان عام بودن فتح اضافه شده، و ظرفیت ستون های فولادی مطابق آیین نامه فولاد آمریکا CA [۱] در شکل ۲ نشان داده شده است. با استفاده از این منحنی نقاط کلیدی انتخاب گردیده، و سپس متغیر های هادی محاسبه شده و در معادله (۱۷) نمایش داده شده است.

$$O(0 \ 1) \ N(0.6 \ 0.86) \ M(1.5 \ 0.4) \ T(3 \ 0.10) \ a_M = 2.00 \ b = 1.084 \quad (17)$$



شکل ۲- انتخاب نقاط کلیدی

با استفاده از متغیر های هادی عام حاصل، منحنی ظرفیت عام با نام منحنی شیراز $P_S = C_R$ ، منحنی خرابی عام با نام منحنی فسا $P_F = 1 - C_R$ ، و منحنی توزیع عام با نام منحنی زاهدان $P_Z = f_R$ حاصل، در معادله (۱۸) محاسبه شده اند (شهر های مورد اشاره محل کار و نشو و نمای یافته های نویسنده مسؤل بوده اند).

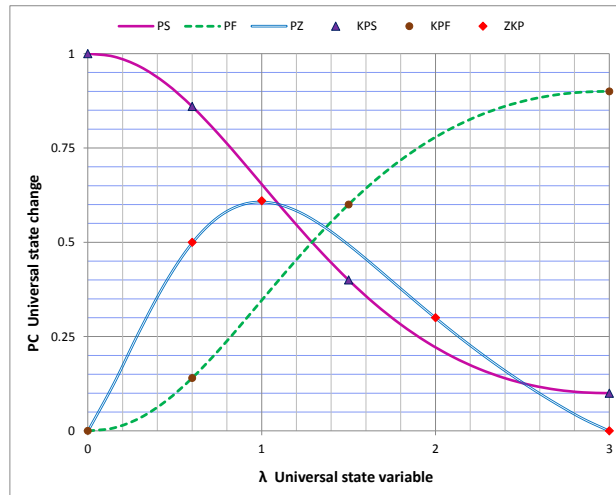
$$P_S = \frac{O^{1.084} + 0.20D^{1.084}}{O^{1.084} + 2.00D^{1.084}} \quad P_F = \frac{1.80D^{1.084}}{O^{1.084} + 2.00D^{1.084}} \quad P_Z = \frac{2.168D^{(1)}O^{0.084}D^{0.084}}{(O^{1.084} + 2.00D^{1.084})^2} \quad (18)$$

سه منحنی عام فوق در در شکل ۳ و مفادیر عددی دوتا از آن ها در جدول ۱ نشان داده شده است. منحنی های عام فوق می تواند برای هر نوع خرابی بکار روند. در بخش بعد از این منحنی ها برای طراحی و آزمون عضوهای فولادی استفاده شده است.

۵- آیین نامه عام طراحی عضوهای فولادی

منحنی فارسی حالت عام دارد. برای اختصاص آن به یک پدیده خاص با متغیر حالت μ ، الف- نقطه انتهای پدیده را تعیین کنید (نقطه T با ظرفیت ۰.۱). ب- با مقیاس کردن خطی، متغیر حالت را بر حسب متغیر حالت عام λ تعریف کنید ($\mu = q\lambda$). ج- از داده های منحنی فارسی استفاده کنید. مثلا برای محاسبه ظرفیت ستون متغیر حالت را در ۷۵ ضرب کنید تا به ضریب لاغری مؤثر تبدیل شود. در آن صورت منحنی ها مستقیما قابل استفاده اند. با استفاده از منحنی فارسی ظرفیت همه عضوهای فولادی تحت اثر نیروی محوری فشاری F ، لنگر خمشی حول محور قوی M_x و لنگر خمشی حول محور ضعیف M_y و ترکیب آنها قابل محاسبه اند. در نتیجه ضابطه طراحی عضوهای فولادی، با نام منحنی عام ظرفیت، و به صورت معادله (۱۹) تعریف می شود، که در آن F_S ظرفیت بیشینه فشاری، M_{Sx} ظرفیت بیشینه خمشی حول محور قوی و M_{Sy} ظرفیت بیشینه خمشی حول محور ضعیف است.

$$\left(\frac{F}{F_S} + \frac{M_x}{M_{Sx}} + \frac{M_y}{M_{Sy}} \right) \times \frac{1}{P_S} \leq 1 \quad (19)$$



شکل ۳- منحنی های فارسی عام

به طریق مشابه منحنی عام ظرفیت برای عضوهای تحت اثر برش V و پیچش T در معادله (۲۰) نشان داده شده است.

$$\left(\frac{V}{V_S} + \frac{T_x}{T_{Sx}} \right) \times \frac{1}{P_S} \leq 1 \quad (20)$$

دو معادله اندر کنشی (۱۹) و (۲۰) مشابه همتای خود در آیین نامه های دیگرند، با این تفاوت که در آن ها هر نیروی مشارکتی ضریب P_S متفاوتی دارند. مبانی آیین نامه پیشنهادی بدون هیچ فرض محدود کننده گسترش یافت، در نتیجه این بر آیین نامه های دیگر برتری داشته و با نتایج آزمایش ها همخوانی کامل دارد. محاسبه ظرفیت عضو های فولادی در آیین نامه فولاد آمریکا [۱] بسیار مفصل است، ولی همه جا دقیق نیست [۲]، از طرفی منحنی فارسی بسیار ساده ولی دقیق است. برای کامل شدن مطلب ظرفیت دو تیر-ستون با تکیه گاه های ساده از طریق فتح و فولاد آمریکا محاسبه و نتیجه در جدول ۲ نشان داده شده است. از این مثال نتیجه می شود که آیین نامه آمریکا همه جا قابل اعتماد نیست ولی در عوض منحنی فارسی ساده، دقیق و همه جا قابل اعتماد است. از همه علاقمندان به جامعه بشری در خواست می شود نسبت به نقد علمی و منطقی این مقاله اقدام کنند. نتیجه مورد استقبال نویسندگان است و از قبل مورد قدر دانی و دعای خیر می باشد.

جدول ۱ - منحنی فارسی عام

λ	PS	Le/r	PF	CA	λ	PS	Le/r	PF	CA
0	1	0	0	1	1.5	0.4	112.5	0.6	0.39
0.05	0.999	3.75	7E-04	0.999	1.55	0.378	116.3	0.622	0.365
0.1	0.997	7.5	0.003	0.996	1.6	0.357	120	0.643	0.343
0.15	0.992	11.25	0.008	0.991	1.65	0.337	123.8	0.663	0.322
0.2	0.985	15	0.015	0.983	1.7	0.318	127.5	0.682	0.303
0.25	0.977	18.75	0.023	0.974	1.75	0.3	131.3	0.7	0.286
0.3	0.966	22.5	0.034	0.963	1.8	0.282	135	0.718	0.271
0.35	0.953	26.25	0.047	0.95	1.85	0.266	138.8	0.734	0.256
0.4	0.938	30	0.062	0.935	1.9	0.25	142.5	0.75	0.243
0.45	0.921	33.75	0.079	0.919	1.95	0.235	146.3	0.765	0.231
0.5	0.902	37.5	0.098	0.901	2	0.222	150	0.778	0.219
0.55	0.882	41.25	0.118	0.881	2.05	0.208	153.8	0.792	0.209
0.6	0.86	45	0.14	0.86	2.1	0.196	157.5	0.804	0.199
0.65	0.837	48.75	0.163	0.838	2.15	0.185	161.3	0.815	0.19
0.7	0.813	52.5	0.187	0.815	2.2	0.174	165	0.826	0.181
0.75	0.788	56.25	0.212	0.79	2.25	0.164	168.8	0.836	0.173
0.8	0.762	60	0.238	0.765	2.3	0.155	172.5	0.845	0.166
0.85	0.735	63.75	0.265	0.739	2.35	0.147	176.3	0.853	0.159
0.9	0.709	67.5	0.291	0.712	2.4	0.14	180	0.86	0.152
0.95	0.681	71.25	0.319	0.685	2.45	0.133	183.8	0.867	0.146
1	0.654	75	0.346	0.658	2.5	0.127	187.5	0.873	0.14
1.05	0.627	78.75	0.373	0.63	2.55	0.121	191.3	0.879	0.135
1.1	0.6	82.5	0.4	0.603	2.6	0.116	195	0.884	0.13
1.15	0.573	86.25	0.427	0.575	2.65	0.112	198.8	0.888	0.125
1.2	0.546	90	0.454	0.547	2.7	0.109	202.5	0.891	0.12
1.25	0.52	93.75	0.48	0.52	2.75	0.106	206.3	0.894	0.116
1.3	0.495	97.5	0.505	0.493	2.8	0.104	210	0.896	0.112
1.35	0.47	101.3	0.53	0.466	2.85	0.102	213.8	0.898	0.108
1.4	0.446	105	0.554	0.44	2.9	0.101	217.5	0.899	0.104
1.45	0.423	108.8	0.577	0.415	2.95	0.1	221.3	0.9	0.101
1.5	0.4	112.5	0.6	0.39	3	0.1	225	0.9	0.097

جدول ۲- مقایسه ظرفیت تیر-ستون فولادی

F_U	M_{UX}	L		A	r_y	Z_x	L_e/r_y	P_s	Shiraz	USA
<i>kips</i>	<i>k-ft</i>	<i>ft</i>	SS	<i>in²</i>	<i>in</i>	<i>in³</i>	-	-	Interaction	
200.4	107.6	17	W10×49	14.4	2.54	60.4	80.30	0.61	1.17	0.915
300.0	100.0	16	W12×58	17.0	2.51	86.4	76.5	0.64	0.985	0.917

۶- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر خلاصه می شود.

بر پایه استدلال منطقی و منطق ریاضی، توابع حالت و توابع پدیده تولید شدند و برای کار بری در مورد پدیده های خاص در قالب منحنی فارسی گنجانده شدند. با مطالعه تغییر حالت پدیده های زیاد، منحنی های فارسی به صورت عام تهیه و در دسترس قرار گرفتند تا برای همه پدیده ها مورد استفاده قرار گیرند. در این مقاله منحنی ها در محاسبه ظرفیت عضو های فولادی مورد استفاده قرار گرفتند. توابع تولید شده به عنوان مبنای، فلسفه تغییر حالت (فتح) معرفی شدند. در فتح هر پدیده به عنوان تغییر حالت دستگاه از حالت مبداء به حالت مقصد در نظر گرفته می شود. مبانی فتح ویژگی عام دارد و برای تغییر حالت همه پدیده ها می تواند بکار رود. طبق روال معمول، نتایج کار با نتایج موجود در فرهنگ علمی مقایسه و مورد تایید قرار گرفت. در نتیجه منحنی فارسی به عنوان آیین نامه عام برای طراحی و آزمون سازه های فولادی توصیه می شود.

۷- مراجع

1. AISC, (2005). Specification for structural steel buildings. Chicago, American Institute of Steel Construction.
2. Galambos T. V., Surovek A. E. (2008). Structural stability of steel: concepts and applications for structural engineers. John Wiley & Sons, Inc., 2008.
3. Ranjbaran, A., Hashemi, S., Ghaffarian, A.R. (2008), A new approach for buckling and vibration analysis of cracked column. International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. 21(3), 225-230.
4. Ranjbaran, A., (2010), Analysis of cracked members the governing equations and exact solutions. Iranian Journal of Science & Engineering, Transactions B: Engineering. 34(B4), 407-417.
5. Ranjbaran, A., Shokrzadeh, A.R., Khosravi, S. (2011), A new finite element analysis of free axial vibration of cracked bars. International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering. 27(10), 1611-1621.
6. Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, Mo., Ranjbaran, Ma., (2013) Dynamic stability of cracked columns; the stiffness reduction method. Scientia Iranica, 20(1), 57-64.
7. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013). Interaction diagram for dynamic stability by Laplace transform. NED University Journal of Research 10(1), 31-38.
8. Ranjbaran, A., Rousta, H., Ranjbaran, M.O., Ranjbaran, M.A., Hashemi, M., Moravej, M.T. (2013) A necessary modification for the finite element analysis of cracked members detection, construction, and justification. Archive of Applied Mechanics, 83(7), 1087-1096.
9. Ranjbaran, A., Rousta, H. (2013) Finite element analysis of cracked beams innovative weak form equations. NED University Journal of Research 10(1), 39-46.
10. Ranjbaran, A., and Ranjbaran, M., (2014) New finite-element formulation for buckling analysis of cracked structures. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 140(5), 04014014(1-10).
11. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State based damage mechanics. NED University Journal of Research 14(1), 13-26.
12. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., (2017) State-base buckling analysis of beam-like structures. Archive of Applied Mechanics, 87(9), 1555-1565. DOI 10.1007/s00419-017-1273-6.
13. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base fracture mechanics. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 79-87. (in Persian).
14. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) State-base stability. Journal of Science and Engineering Elites, 1397; 3(6): 106-113. (in Persian).

15. Ranjbaran, A., Ranjbaran, M., Ranjbaran, F. (2019) A new look at the dynamic stability of structures. *Journal of Science and Engineering Elites*, 1397; 3(6): 114-121. (in Persian).
16. Lund, J. R., and Byrne, J. P. (2000). Leonardo da Vinci's tensile strength tests: implications for the discovery of engineering mechanics. *Civil. Eng. and Env. Syst.* 00: 1-8.
17. Kankanamge N. D., Mahandran M. (2012). Behavior and design of cold-formed steel beams subjected to lateral-torsional buckling. *Thin Walled Structures*, 2012; 51(1): 25-28.
18. Kankanamge N. D. (2010). Structural behavior and design of cold-formed steel beams at elevated temperatures. PhD, thesis, Queensland University of Technology, 2010.