# بهینه سازی طراحی دریچه شعاعی *(Radial Gate)* سدها

# به کمک نرم افزار *ANSYS 10.0*

دکتر ابوالفضل شمسائی[i] ; مهندس میثم لطیفی[ii] ; مهندس آرش سرخپور

## چکیده

**نیروهای مختلفی از جمله نیروهای ناشی از وزن ، زلزله ، باد ، امواج ، نیروهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی برروی دریچه شعاعی سدها اثر می گذارند. محاسبه و تحلیل سازه دریچه شعاعی سد تحت تأثیر هر یک از نیروهای فوق مقوله مهم و با اهمیتی می باشد که در مقاومت و دوام سازه سد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مقاله و بعنوان مطالعه موردی، عکس العمل سازه دریچه شعاعی سد کرخه در برابر نیروهای هیدرو استاتیکی ، هیدرودینامیکی آب و امواج ، و ارتعاشات وارده بهینه سازی شده است . هدف از انجام آنالیز بهینه سازی , یافتن مناسبترین شکل برای سازه دریچه می باشد به طوریکه تابع هدف ( تابعی از سختی ، فرکانس طبیعی ، انرژی سازه و ...) مقدار کمینه یا بیشینه نسبت به قیود اعمالی برآن اتخاذ کند. دراین روش ، توزیع ماده در جسم به عنوان پارامتر بهینه سازی مورد استفاده قرار گرفته است . مراحل تعیین خواص مواد و تهیه مدل اجزاء محدود انجام شده و تابع هدف نیز معین و متغیرهای حالت ( متغیر های وابسته قیدی ) انتخاب و مسأله حل گردیده است .**

**الگوریتم مورد استفاده در این تحقیق ، روش First Order می باشد . ابعاد سازه دریچه شعاعی سد کرخه توسط ماژول بهینه سازی نرم افزار ANSYS 10.0 با تعریف تابع هدف مناسب بهینه شده است. میزان کاهش وزن سازه در رکورد هفتم بهینه گردیده است یعنی کمترین مقدار خود را دارا می باشد. میزان کاهش وزن دریچه در این رکورد حدود ۱/۸ درصد است. میزان کاهش ضریب اطمینان سازه دریچه شعاعی در رکورد هفتم بهینه شده است و مقدار بهینه ضریب اطمینان دراین رکورد ۶/۴۵ می باشد.**

**کلمات کلیدی: بهینه سازی، ANSYS 10.0، دریچه شعاعی ، تابع هدف.**

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۳/۳۱

[i] استاد دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی–واحد علوم و تحقیقات: shamsai@sharif.edu.

[ii] کارشناس ارشد مهندسی عمران – سازه های هیدرولیکی دانشگاه صنعتی شریف.

## ۱- مقدمه

دریچه های شعاعی عمدتاً بر روی سرزیر سدها, جهت کنترل جریان های خروجی و کنترل جریان در کانالهای کشاورزی ( دریچه با ابعاد کوچک ) مورد استفاده قرار می گیرد. این دریچه ها از نظر سازه ای به چهار دسته



Archive of SID

www.SID.ir

تقسیم می شوند:

۱) دریچه های شعاعی مبتنی بر تیرهای افقی

۲) دریچه های شعاعی مبتنی بر تیرهای عمودی

۳) دریچه های شعاعی مبتنی بر سیستم قابی

٤) دریچه های شعاعی با پوسته ضخیم

عملیات بهینه سازی با استفاده از یک بردار متغیرها و یک بردار قید ها صورت می‌پذیرد. در این مقاله ارتباط بین تنش – تغییر مکان ،وزن ، تعداد و نحوه قرار گیری بازوهای ( ستونهای ) دریچه با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی قرار گرفته است . در طراحی، ساخت و نگهداری هر سیستم مهندسی , مهندسان باید تصمیمات تکنولوژیکی و مدیریتی بسیاری را در چند مرحله بگیرند. هدف نهائی چنین تصمیماتی ، کمینه کردن تلاش و مواد اولیه یا بیشینه کردن سود و عمر طراحی است . این موارد را می توان به صورت تابعی از متغیرهای مشخص بیان نمود. بنابراین می توان بهینه سازی را به عنوان فرآیند یافتن شرایطی که مقدار بیشینه یا کمینه یک تابع را به دست می دهد، تعریف کرد.

بهینه سازی به دو نوع کلی تقسیم بندی می شود :

۱) طراحی های عملی

۲) طراحی های بهینه

طراحی عملی ، آن است که تمام پیش نیازهای یک طراحی در آن رعایت شده است ، ولی هنوز بعضی از قسمت های آن می توانند بهتر طراحی شوند. قبل از اینکه به بهینه سازی طراحی پرداخته شود، باید مشخص گردد که چه معیار یا معیارهائی برای بهینه سازی این طرح باید به کار گرفته شوند. عموماً ، روش بهینه سازی یک طرح ، مراحل زیر را شامل می شود:

ابتدا از یک طرح اولیه شروع شده و تحلیلهای لازم برای آن انجام شود و تابع مورد نظر به دست می آید. سپس تصمیم گرفته می شود که آیا می توان این طرح رابهبود بخشید یا نه . پروسه های المان محدود و تحلیلهای این روش در انواع گوناگون ( استاتیکی، ارتعاشی ، دینامیکی ، حرارتی و ...) به عنوان بخش مهم این پروسه معرفی می گردند. پروسه های بهینه سازی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

## ۲- الگوریتم های بهینه سازی در نرم افزار ANSYS 10.0

درک الگوریتم ها و تکنیک های مورد استفاده توسط نرم افزار ANSYS ، برای انجام صحیح فرایند بهینه سازی ، امری ضروری است . به همین علت الگوریتم مورد استفاده در حل بهینه سازی در نرم افزار ANSYS به طور اختصار در زیر شرح داده می شود .

- روش Sub problem Approximation

روشی تخمینی برای متغیرهای طراحی و متغیرهای حالت و نیز تابع هدف با ابزار انطباق منحنی[1] می باشد. این روش به صورت یک روش پیشرفته مرتبه صفر[2] که در آن فقط مقادیر متغیرهای وابسته و نه مشتقات آنها مورد نیاز است ، قابل توصیف می باشد. دراین روش ، دو بحث عمده نقش کلیدی را بازی می کند: یکی استفاده از تقریب در مورد تابع هدف و متغیرهای حالت ، و دیگری تبدیل مسأله مقید بهینه سازی به یک مسأله بدون قید . این روش ، یک روش عمومی در حل بسیاری از مسائل مهندسی می باشد.

-روش First Order

روش دقیقی است که برای مسائلی به کار می رود که متغیرهای وابسته آن در محدوده وسیعی ازناحیه طراحی تغییر می کنند. این روش نیز مانند روش Sub problem ، با اضافه کردن توابع پنالتی به تابع هدف، مسأله بهینه سازی مقید را به مسأله بدون قید تبدیل می کند. هر چند در این روش به جای استفاده از تقریب، عمل کمینه کردن به کمک روش المان محدود صورت می پذیرد . در این روش ، مشتقات متغیرهای وابسته نسبت به متغیرهای طراحی نیز در نظر گرفته می شوند. از این روش در طراحی های حساس استفاده می شودکه در آنها دقت بسیار مهم است . سایرروش ها و الگوریتم های موجود در نرم افزارANSYS 10.0 عبارتنداز:

۱) روش Single Loop Run

۲) روش Random Design Generation

۳) روش Sweep Generation

1- Curve Fitting
2-Zero - Order

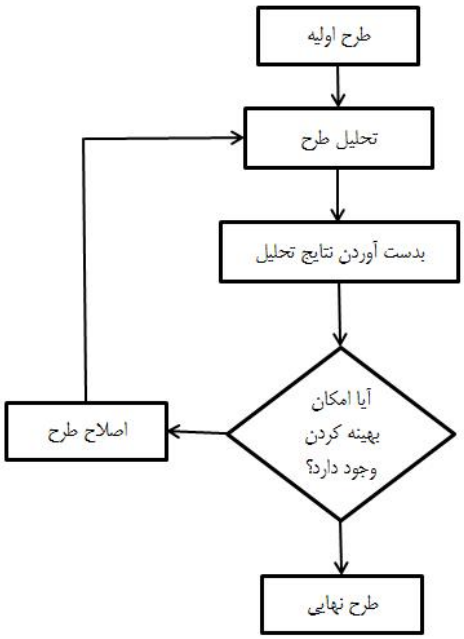


Archive of SID
www.SID.ir

٤) روش factorial Evaluation

٥) روشGradient Evaluation

٦) روش User Supplied Design Tool




**شکل ۱: پروسه های انجام بهینه سازی**

## ۳- الگوریتم بهینه سازی

با توجه به اینکه روش First Order از دقت بالاتری نسبت به سایر روشها برخوردار است، از این روش به عنوان الگوریتم بهینه سازی استفاده می گردد . این روش از مشتقات توابع وابسته نسبت به متغیرهای طراحی استفاده می کند و به وسیله یک سری توابع پنالتی ، مربوط به متغیرهای حالت و تابع هدف ، شکل دهی شده و منتهی به یک بردار جهت جستجو در فضای طراحـــی می گردد. تکنیـــک های Conjugate direction , Steepest decent در هر تکرار به کار گرفته می شوند تا همگرائی مطلوب حاصل شود . به عبارت دیگر، در هر تکرار این روش ، چندین حلقه محاسباتی اجراء خواهد شد. این روش در مقایسه با روش Sub problem به لحاظ محاسباتی ، سخت تر وپیچیده تر ولی با دقت بالاتر می باشد. یک تابع هدف بدون قید ، به صورت زیر فرمول بندی می شود :

$$Q(x,q)=\frac{f}{f_0}+\sum_{i=1}^{n}P_x(x_i)+q\left[\sum_{i=1}^{m_1}P_g(g_i)+\sum_{i=1}^{m_2}P_h(h_i)+\sum_{i=1}^{m_3}P_w(w_i)\right] \qquad (۱)$$

که در این رابطه پارامترها عبارتند از :

Q : تابع هدف بدون بعد برای مسأله بدون قید

$P_x$ , $P_g$ , $P_h$ , $P_w$ : توابع پنالتی که بر روی قیود طراحی و متغیرهای حالت اعمال می شوند.

$f_0$ : مقدار تابع هدف مرجع که از روی مقادیر طراحی جاری انتخاب می شوند .

تحقق شرایط مربوط به قیود به وسیله پارامتر رویه پاسخ (q)کنترل می شود.

توابع پنالتی خارجی[1] $(P_x)$ برروی متغیرهای طراحی اعمال می شوند و متغیرهای حالت و قیود طراحی به وسیله پنالتی داخلی بسط داده شده[2] $(P_w , P_h , P_g)$ ارائه می گردند . بر اساس بردارهای جهت جستجوی اتخاذ شده ، مزیت های محاسباتی قطعی زمانی ایجاد می شود که تابع Q به صورت جمع دو تابع زیر ، تعریف شود :

$$Q_f(x)=\frac{f}{f_0} \qquad (۲)$$

$$Q(x,q)=\sum_{i=1}^{n}P_x(x_i)+q\left[\sum_{i=1}^{m_1}P_g(g_i)+\sum_{i=1}^{m_2}P_h(h_i)+\sum_{i=1}^{m_3}P_w(w_i)\right] \qquad (۳)$$

$$Q(x,q)=Q_f(x)+Q_P(x,q) \qquad (٤)$$

که توابع $Q_p$ و $Q_f$ به ترتیب به تابع هدف و قیود پنالتی مرتبط می شوند. برای هر تکرار (j) در بهینه سازی، یک بردار جهت جستجوی $d^{(j)}$ درنظر گرفته می شود . تکرار بعدی (j+1) از معادله زیر به دست می آید :

$$X^{(j+1)}=X^{(j)}+S_j d^{(j)} \qquad (۵)$$

## ٤- تعیین تابع هدف جهت بهینه سازی سازه دریچه شعاعی

دریچه شعاعی سد کرخه دارای ۱۸ متر ارتفاع، ۱۵ متر عرض ، ۲۲ متر شعاع و ۱۷۰ تن وزن می باشد. تابع هدفی که برای بهینه کردن این سازه می توان در نظر گرفت پارامتر وزن و ضریب اطمنیان این سازه می باشد که وزن سازه باید کمینه شده و ضریب اطمینان سازه نیز بیشینه گردد. ابعاد سازه تشکیل دهنده این دریچه باید طوری طراحی گردند که وزن سازه کمینه شده و همچنین ضریب اطمینان سازه نیزبیشترین مقدار ممکن را داشته باشد. سازه دریچه شعاعی جهت بهینه سازی به دو گروه تقسیم بندی می شود (شکل ۲) .

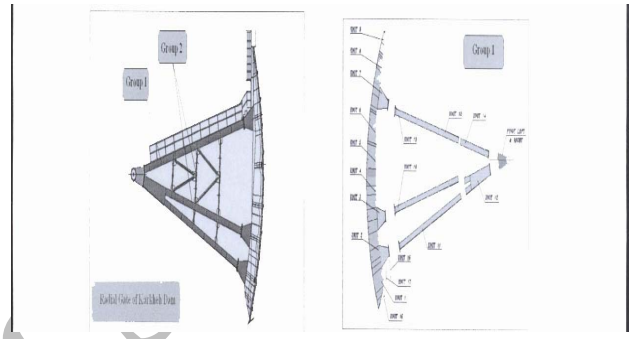
1- Exterior Penalty Functions
2- Extended Interior Penalty Functions



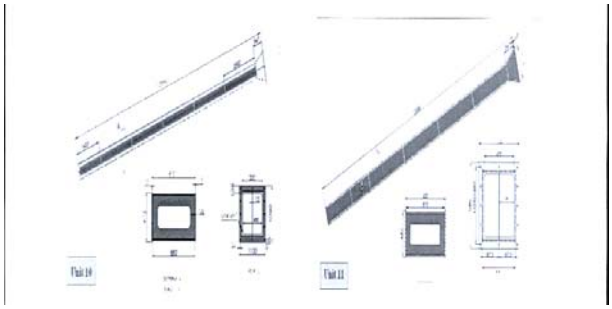
Archive of
www.SID.ir

**- گروه ۱ (Group 1)**

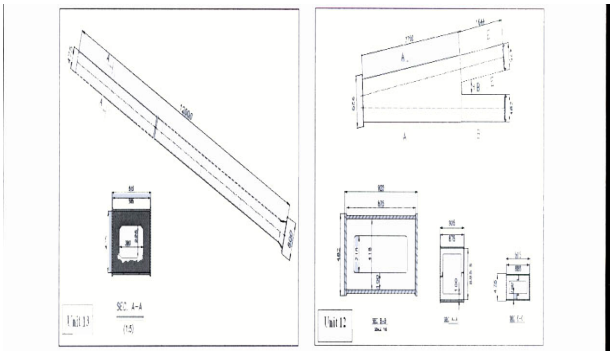
این گروه همانگونه که در شکل (۲) ملاحظه می گردد شامل اجزای اصلی سازه دریچه شعاعی می باشد. این گروه شامل ۵ پروفیل می باشد که ابعادآنها در شکل های (۳) تا (۵) آمده است . در جدول شماره (۱) خلاصه ای از مشخصات این پروفیل ها آمده است . وزن کل این پروفیل ها در یک بازوی دریچه شعاعی سد کرخه حدود ۸٤۳۲۱ کیلوگرم می باشد.



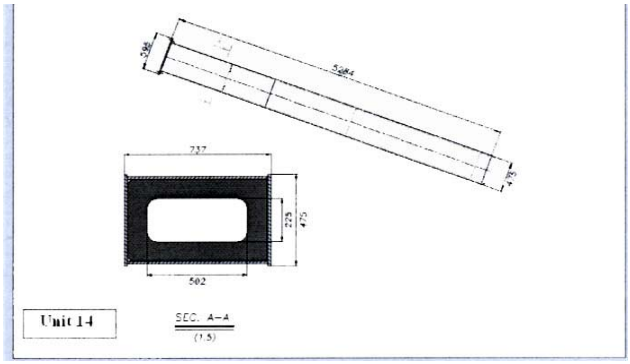
**شکل (۲) : تقسیم بندی سازه دریچه شعاعی سد کرخه جهت بهینه سازی سازه ( گروه ۱)**



**شکل (۳): نمائی از پروفیل های شماره ۱۰ و ۱۱ از سازه اصلی دریچه شعاعی سد کرخه**



**شکل (۴) : نمائی از پروفیل های شماره ۱۲ و ۱۳ ازسازه اصلی دریچه شعاعی سد کرخه**




**شکل (۵) : نمائی از پروفیل شماره ۱۴ ازسازه اصلی دریچه شعاعی سد کرخه**

**- گروه ۲ (Group 2) :**

این گروه نیز با توجه به شکل (٦) ، شامل اجزای بین سازه های اصلی دریچه شعاعی می باشد. در جدول شماره (۲) خلاصه ای از مشخصات پروفیل های گروه ۲ آمده است . وزن کل پروفیل های گروه (۲) موجود در بازوی دریچه شعاعی سد کرخه حدود ۱٥٤۸۷ کیلوگرم می باشد.

جهت بهینه سازی سازه ی این دریچه برنامه کامپیوتری شامل ۱۲٥۰ خط به زبان پارامتری نـــــــرم افزار (APDL)ANSYS تهیه و از روش First Order جهت بهینه سازی استفاده شده است . الگوریتم این برنامه طبق در شکل (۱) و تابع هدفی که در این برنامه به آن پرداخته شده در جدول شماره (۳)آمده است . پارامترهای مربوط به وزن اجزای ساده دریچه شعاعی باید کمینه شده و در مقابل، پارامتر مربوط به ضریب اطمینان سازه نیز باید طبق رابطه (٦) بیشینه گردد. دربرنامه تهیه شده برای انجام بهینه سازی، کمترین مقدار ضریب اطمینان سازه برابر ۲ در نظر گرفته شده و مجموع وزن سازه یکی از بازوها نیز نباید ازمقدار ۹۹۸۰۸ کیلوگرم بیشتر شود .

$$FS \geq 4 \qquad (٦)$$

$$W_{total} \leq 99808 \qquad (٧)$$

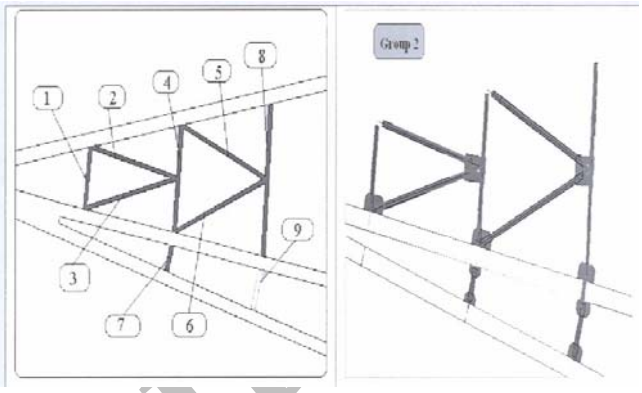
در عملیات بهینه سازی سازه دریچه شعاعی ، دو پارامتر ذکر شده فوق رفتاری درخلاف جهت یکدیگر دارند به طوری که با افزایش FS مقدار وزن سازه افزایش می یابد که این روند ، خلاف جهت تابع هدف می باشد ، و بالعکس با کاهش وزن سازه مقدار FS کاهش می یابد که مطلوب تابع هدف نخواهد بود. لذا دربهترین شرایط باید دو تابع

Archive of SID



www.SID.ir

هدف مذکور بهینه شوند. با استفاده از برنامه تهیه شده و با توجه به شروط فوق ، کلیه مشخصات و ابعاد پروفیل ها تعیین شده و سازه دریچه شعاعی بهینه سازی می شود .




**شکل (۶): نمائی از اجزای سازه های فرعی ، بین سازه های اصلی دریچه شعاعی سد کرخه ( گروه۲)**

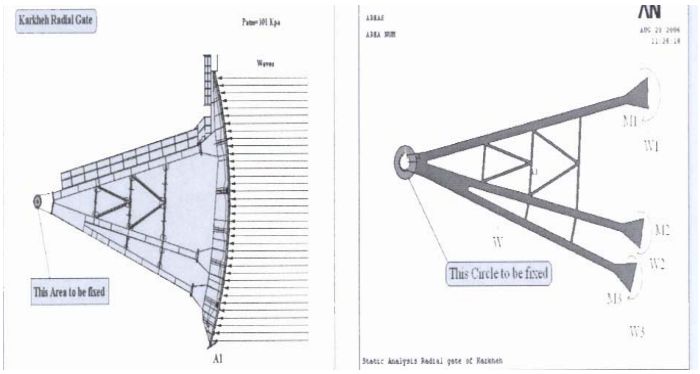
جهت انجام بهینه سازی مقادیر اولیه پارامتر های وزن ، طول ، عرض ، ارتفاع و حجم اجزای سازه ای در جداول (۲) و (۳) قید شده است . سایر پارامتر های دخیل در بهینه سازی در جدول شماره (٤) آمده است.

## ۵- مدل دریچه شعاعی سد کرخه جهت بهینه سازی

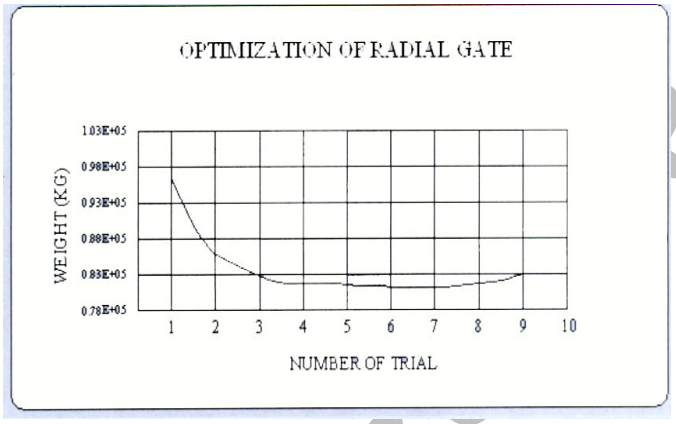
بر اساس مراحل نه گانه تحلیل توسط نرم افزار ANSYS، در زمینه تحلیل بهینه سازی سازه دریچه شعاعی نیز از این مراحل استفاده می شود . جهت تهیه مدل دریچه شعاعی نیز از روش مدلسازی با استفاده از زبان پارامتری نرم افزار ANSYS 10 استفاده شده است . از المان دو بعدی PLANE 82 جهت تحلیل بهینه سازی در نرم افزار ANSYS استفاده شده است .

## ۶- بارگذاری مدل جهت تحلیل بهینه سازی

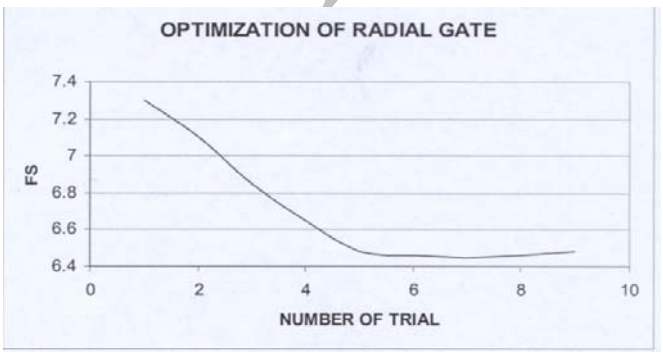
در تحلیل بهینه سازی انجام شده مطابق شکل (۷)، کلیه گره ها و المانهای روی سطوح داخلی دایره محل دوران دریچه شعاعی سد، در تمامی سه جهت (X.Y,Z) ثابت می شوند. در تحلیل نیز با توجه به شکل ۷، علاوه بر نیروی وزن دریچه ، نیروی هیدرواستاتیکی آب پشت دریچه نیز بر دریچه وارد می شود. وزن به همراه گشتاور پوسته و متعلقات دریچه روی بازوهای دریچه نیز لحاظ شده است . در شکل (۷) پارامتر W نیروی وزن بازوی دریچه و W1 , W2 , W3 نیروی وزن پوسته و متعلقات روی آن و M1 , M2 , M3 نیز عکس العمل گشتاور پوسته روی بازوی دریچه می باشد.




**شکل (۷): بارگذاری مدل ، جهت تحلیل بهینه سازی سازه دریچه شعاعی سدکرخه**




**شکل (۸): بهینه یابی وزن دریچه شعاعی سد کرخه**




**شکل (۹) : بهینه یابی ضریب اطمینان دریچه شعاعی سد کرخه**



www.SID.ir

**جدول شماره (۱) : مشخصات پروفیل های مورد استفاده در گروه شماره (۱) سازه دریچه**

| ردیف | شماره پروفیل | طول پروفیل (mm) | عرض پروفیل (mm) | ارتفاع پروفیل (mm) | سطح مقطع پروفیل ($m^2$) | حجم پروفیل ($m^3$) | وزن پروفیل (Kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | L10=12000 | W10=915 | H10=475 | A10=.247 | V10=2.971 | M10=23173 |
| 2 | 11 | L11=12000 | W11=925 | H11=482 | A11=.241 | V11=2.896 | M11=22588 |
| 3 | 12 | L12-Upper=1644 | W12-Upper=915 | H12-Upper=475 | A12-Upper=.238 | V12-Upper=.391 | M12-Upper=3051 |
| | | L12-Middle=3702 | W12-Middle=925 | H12-Middle=482 | A12-Middle=.322 | V12-Middle=1.192 | M12-Middle=9297 |
| | | L12-Down=1644 | W12-Down=925 | H12-Down=885.5 | A12-Down=.231 | V12-Down=.380 | M12-Down=2967 |
| 4 | 13 | L13= 12000 | W13= 615 | H13= 425 | A13= .175 | V13= 2.110 | M13= 16462 |
| 5 | 14 | L14= 5284 | W14= 737 | H14= 475 | A140237 | V14= 1.250 | M14= 9750 |

**جدول ( ۲): مشخصات پروفیل های مورد استفاده در گروه شماره (۲) سازه دریچه شعاعی**

| ردیف | شماره پروفیل | طول پروفیل(mm) | عرض پروفیل (mm) | ارتفاع پروفیل (mm) | سطح مقطع پروفیل ($m^2$) | حجم پروفیل ($m^3$) | وزن پروفیل (Kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | $L_1$=2078.5 | $W_1$=160 | $H_1$=425 | $A_1$=.068 | $V_1$=0.141 | $M_1$=1099 |
| 2 | 2 | $L_2$=3822.5 | $W_2$=160 | $H_2$=425 | $A_2$=.068 | $V_2$=0.259 | $M_2$=2020 |
| 3 | 3 | $L_3$=3971.0 | $W_3$=160 | $H_3$=425 | $A_3$=.068 | $V_3$=0.270 | $M_3$=2106 |
| 4 | 4 | $L_4$=3624.0 | $W_4$=160 | $H_4$=475 | $A_4$=.068 | $V_4$=0.264 | $M_4$=1918 |
| 5 | 5 | $L_5$=3960.0 | $W_5$=160 | $H_5$=425 | $A_5$=.068 | $V_5$=0.269 | $M_5$=2098 |
| 6 | 6 | $L_6$=4255.0 | $W_6$=160 | $H_6$=425 | $A_6$=.068 | $V_6$=0.289 | $M_6$=2254 |
| 7 | 7 | $L_7$=910.0 | $W_{7=}$160 | $H_7$=425 | $A_7$=.068 | $V_7$=0.061 | $M_7$=475.0 |
| 8 | 8 | $L_8$=5218.0 | $W_8$=160 | $H_8$=475 | $A_8$=.068 | $V_8$=0.354 | $M_8$=2761 |
| 9 | 9 | $L_9$=1431.0 | $W_9$=160 | $H_{9=}$475 | $A_9$=.068 | $V_9$=0.097 | $M_9$=756.0 |

Archive of SID



www.SID.ir

## ۷- تحلیل ، مشاهده و تفسیر نتایج

بر طبق شرایط مدل تشریح شده و همچنین شرایط بارگذاری تشریح شده درمراحل قبل ، در این قسمت نتایج حاصل از تحلیل بهینه سازی این مدل ارائه می گردد . زمان تحلیل بستگی زیادی به نوع تحلیل ، تعداد پارامتر های موجود در تابع هدف و قابلیت های کامپیوتر مورد استفاده دارد . به علت نتایج بسیار زیاد این تحلیل بهینه سازی ، نتایج آن به صورت نمودار تهیه شده است که همراه با تفسیر آنها ارائه می گردد .

**جدول (۳): پارامتر های مربوط به تابع هدف جهت انجام بهینه سازی سازه دریچه شعاعی**

| | | |
|---|---|---|
| ۱- پارامترهائی ازسازه دریچه شعاعی که باید کمینه گردند : | وزن پروفیل شماره ۱ | M1 |
| | وزن پروفیل شماره ۲ | M2 |
| | وزن پروفیل شماره ۳ | M3 |
| | وزن پروفیل شماره ٤ | M4 |
| | وزن پروفیل شماره ٥ | M5 |
| | وزن پروفیل شماره ٦ | M6 |
| | وزن پروفیل شماره ۷ | M7 |
| | وزن پروفیل شماره ۸ | M8 |
| | وزن پروفیل شماره ۹ | M9 |
| | وزن پروفیل شماره ۱۰ | M10 |
| | وزن پروفیل شماره ۱۱ | M11 |
| | وزن پروفیل شماره ۱۲ (Upper) | M12-Upper |
| | وزن پروفیل شماره ۱۲ (Middle) | M12-Middle |
| | وزن پروفیل شماره ۱۲(Down) | M12-Down |
| | وزن پروفیل شماره ۱۳ | M13 |
| | وزن پروفیل شماره ۱٤ | M14 |
| ۲- پارامتر هائی از سازه دریچه که باید بیشینه گردند: | ضریب اطمینان سازه | FS° |

**جدول (۴): پارامتر های دخیل در امر بهینه سازی سازه دریچه شعاعی**

| ردیف | پارامتر | علائم مشخصه | مقادیر اولیه |
|---|---|---|---|
| ۱ | ضریب الاستیسیته | E | 210 Gpa |
| ۲ | چگالی | $\rho$ | 7800 $Kg/m^3$ |
| ۳ | ضریب پواسون | $\mu$ | 0.3 |
| ٤ | زاویه بین دو پروفیل 14 و 10 | $\alpha$ | 23 |
| ٥ | زاویه بین دو پروفیل فوقانی و تحتانی 12 | $\beta$ | 7 |
| ٦ | زاویه بین پروفیل 11 و افق | $\gamma$ | 71 |

## ۸- مراجع


[۱] حمیدرضا جاهد مطلق و محمد رضا نوبان و محمدامین اشراقی، اجزاء محدود (ANSYS 6.1) ، انتشارت دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۸۲ .

[۲] حبیب نیروند- رفتار نگاری سد کرخه در دوران ساختمان با استفاده از نتایج ابزار دقیق – پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشکده فنی – دانشگاه تهران .( پاییز ۱۳۷۹ )

[۳] مجموعه گزارشات فاز ۱ و ۲ و ۳ سد کرخه – شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

[٤] دکتر فخیمی – تئوری و راهنمای نرم افزار CA2 در تحلیل محیط های پیوسته . ( ۱۳۷٦)

[٥] ایروینگ اچ شیمز، ترجمه : مهندس علیرضا انتظاری ، مکانیک سیالات – انتشارات فراز ، بهار ۱۳۷۰

[٦] Goldberg D.E., Genetic Algorithms in Search , Optimization , and Machne Learning Addidon Reading , MA , USA , 2005

[۷] Shah J ., Mantyia M ., Parametric & Feature – Based CAD/CAM, John Wiley & Sons, N.Y.,2005.

[۸] Rameswar Bhattacharyya and John Wiley & Sons " Dynamics Of Marine Vehicles " New York, 2004.

[۹] T.L Gvelesiani and A. Huber and G.T. Matcharadze " Extreme wave transients in reservoirs, thrir characteristics and interaction with dams ", London 2004 .

[۱۰] TODD R.V ., 1999: " Spilway Tainter Gate at Folsom Dam, California " , WaterPower 1999,


Archive of SID



www.SID.ir