



طراحی بهینه‌ی چلیک‌ها و گنبد‌های فضاسکار در برابر زلزله

سعید قلیزاده^۱، احسان کوکالانی فر^۲، جعفر باقریان کوزه کنانی^۳

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ارومیه، ایران

s.gholizadeh@urmia.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

Ehsan.kookalani@gmail.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

Jafarbagherian@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق به بهینه سازی لرزه ای چلیک و گنبد های فضاسکار در مقایسه بزرگ با استفاده از الگوریتم جامعه‌ی پرنده‌گان پرداخته شده است. تابع هدف وزن سازه و متغیرهای طراحی مشخصات هندسی اعضاء می‌باشد. همچنین قیود طراحی شامل تنش مجاز با اختساب لاغری اعضاء برای اعضاء فشاری و تغییر مکان مجاز گره هاست. وزن سبک سازه های فضاسکار و رابطه‌ی بار لرزه ای آبین نامه‌ها با وزن سازه منجر به کاهش غیر واقعی نیروهای نیروهای لرزه ای استاتیکی آبین نامه‌ای این نوع از سازه‌ها گردیده است. لذا در این مقاله برای ارزیابی صحیح نیروهای زلزله از روش تاریخچه‌ی زمانی الاستیک استفاده شده و فرآیند بهینه سازی در مقایسه با طراحی مهندسی منجر به کاهش وزن سازه تا 10 درصد گردیده است.

واژه‌های کلیدی: سازه‌های فضاسکار، چلیک، گنبد، طراحی لرزه ای، بهینه سازی، الگوریتم ازدحام ذرات

۱. مقدمه

با افزایش جمعیت نیاز به داشتن فضاهای بزرگ بدون حضور ستون‌های میانی نمود بیشتری پیدا کرده و سازه‌های فضاسکار از بهترین گزینه‌ها برای پاسخ‌گویی به این نیاز بشر امروزیست. در مقایسه با سازه‌های تحت فرم قوسی چلیک‌ها و گنبد‌ها مزیت این سازه‌ها را دو چندان کرده است، و این سازه‌ها را به اقتصادی ترین گزینه برای پوشش دهانه‌های بزرگ تبدیل کرده است. در این تحقیق به بهینه سازی لرزه ای اندازه‌ی چلیک و گنبد های فضاسکار با استفاده از الگوریتم جامعه‌ی پرنده‌گان می‌پردازیم. با توجه به رابطه‌ی مستقیم وزن سازه با هزینه تمام شده، کاهش وزن سازه منجر به کاهش هزینه‌های تمام شده سازه نیز می‌گردد.

یک چلیک از تبدیل یک شبکه تک لایه، دولایه یا چندلایه به فرم قوسی در یک جهت ایجاد میگردد و حاصل آن تشکیل تاشه چلیکی یک، دو یا چندلایه خواهد بود. سازه های فضاسکار چلیکی گونه های همبندی متنوعی دارند که از هریک بسته به ویژگی های رفتاری در مقام مناسب، می توان بهره گیری نمود. مقطع عمومی یک سازه چلیکی ممکن است بخشی از دایره، بیضی یا سهمی باشد. این سازه ها بیشتر برای پوشش سطوح مستطیلی دلان مانند استفاده شده و بعضاً فاقد ستون می باشند. روی لبه های چلیک که به تکیه گاه متصل است، قرار می گیرند. گند مشبک، یک سیستم سازه فضاسکار است که شامل یک یا چند لایه (از اجزا) می باشد که در تمامی جهات به فرم قوسی در آمده اند. برخی از گنبدها دارای رویه ای ظاهری هستند که بخشی از یک سطح منفرد و واحد همانند کره را تشکیل می دهد و برخی دیگر متشکل از مجموعه ای از سطوح گندی شکل متفاوت می باشند.

2 الگوریتم ازدحام ذرات

این الگوریتم با الهام از رفتار اجتماعی حیواناتی چون ماهی ها و پرنده کان که در گروه هایی کوچک و بزرگ کنار هم زندگی می کنند، طراحی شده است. جهت پیاده سازی این الگوریتم می باستی ابتدا یک مقدار برای اندازه ای ازدحام N در نظر گرفته شود. اولین جمعیت X را در محدوده بین $X^{(I)}$ و $X^{(II)}$ به صورت اتفاقی بعنوان X_1, X_2, \dots, X_N انتخاب می شود. و ارزیابی از مقدادر تابع هدف متناظر با ذرات صورت می گیرد. گام بعدی تعیین سرعت ذرات می باشد. در ابتدا، سرعت تمام ذرات صفر فرض خواهد شد و شماره تکرار با $i=1$ آغاز می شود. رابطه i (1) یانگر سرعت ذرات در تکرار i می باشد.

$$V_j(i) = \theta V_j(i-1) + c_1 r_1 [P_{best,j} - X_j(i-1)] + c_2 r_2 [G_{best} - X_j(i-1)] \quad (1)$$

که در آن θ اینرسی سرعت بوده و مقدار آن از $0/9$ تا $0/4$ بصورت خطی تغییر می کند. c_1 نرخ شناخت فردی و c_2 خوبی آموزش اجتماعی است. r_1 و r_2 اعداد دلخواه در بازه ای صفر تا یک می باشد. $p_{best,i}$ بهترین مقدار تابع هدف برای ذره i ام و G_{best} بهترین مقدار تابع هدف برای تمام ذرات در تکرارهای گذشته است. با افزودن بردار سرعت به مختصات ذره i در تکرار $i-1$ -مختصات جدید بدست می آید.

$$X_j(i) = X_j(i-1) + V_j(i) \quad ; j = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2)$$

و این روند تا همگرایی مسئله ادامه می یابد [1].

3 شکل کلی مسئله بهینه سازی

به منظور بهینه سازی، نخست مسئله به شکل استاندارد مسائل بهینه سازی (مرکب از تابع هدف و تعدادی قید) تبدیل شده و سپس برای حل آن از الگوریتم ازدحام ذرات استفاده می شود. بدیهی است که مسئله بهینه سازی به دست آمده متأثر از فرضیات به کار رفته است. فرضیاتی که در این تحقیق استفاده شده به شرح زیر هستند:

- (1) تحلیل و طراحی به صورت الاستیک صورت می گیرد.
- (2) پیکربندی و تابه‌ی سازه مشخص و ثابت است.
- (3) توبولوژی سازه مشخص و ثابت می باشد.
- (4) اعمال بارها به صورت متتمرکز بوده و به گره‌ها وارد می شوند.
- (4) بارهای ثقلی و بار جانبی باد از نوع استاتیکی هستند. و بار زلزله بصورت دینامیکی است که به روش تاریخچه زمانی به سازه وارد می شود.
- (5) رفتار سازه به صورت خرپایی فرض شده و از نیروهای برشی و خمشی در اعضا صرف نظر شده است.
- (6) مقاطع عرضی اعضای پروفیلهای دایره‌ای شکل توحالی جدول اشتال انتخاب شده اند.
- (7) آین نامه مورد استفاده برای طراحی اعضا فولادی، آین نامه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان می باشد.

با توجه به اینکه اعضا شبکه‌های دولایه‌ی گنبد به صورت خرپایی در نظر گرفته شده، تنش موجود در اعضا منحصر به تنش‌های محوری بوده و قیدهای مربوط به تنش، از محدود سازی تنش به تنش حد تسلیم (درکشش) یا تنש حد کمانش (درفشار) به وجود می آیند. که در این تحقیق تنش حد تسلیم برای اعضا کششی $0.6f_y$ در نظر گرفته شده و برای محاسبه تنش حد کمانش اعضا فشاری از فرمول‌های موجود در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (که برگرفته از آین نامه AISC-ASD می باشد) استفاده می کنیم. در قسمت 4-1-10 آین نامه مبحث دهم داریم [2]:

الف) در اعضا تحت اثر فشار محوری، اگر لاغری حداکثر هر قسمت آزاد آن کمتر از مقدار C_c باشد تنش مجاز با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود.

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{kL}{r} \right)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^3} ; C_c = \frac{\sqrt{2\pi^2 E}}{F_y} \quad (3)$$

ب) اگر لاغری حداکثر بزرگتر از C_c باشد، تنش فشاری مجاز بر مقطع کلی عضو تحت اثر فشار محوری از رابطه زیر تعیین می شود.

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 \left(\frac{KL}{r} \right)^2} = \frac{105 \times 10^5}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (4)$$

در نشریه 400 در مورد تغییر مکان های ناشی از شرایط بھرہ برداری مطالبی عنوان شده است که در این تحقیق بر اساس این مطالب حد تغییر مکان به $1/360$ طول دهانه محدود می شود [3].

فرمولیندی مسئله بهینه سازی را در مجموع میتوان به صورت زیر نوشت :

$$\min w = \sum_{i=1}^m \rho L_i X_i$$

Subject to :

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_j}{Fa_j} - 1 &\leq 0 & j = 1, 2, \dots, m \\ \frac{\Delta^d}{\Delta^d} - 1 &\leq 0 \\ X_i^L &\leq X_i \leq X_i^U \end{aligned} \quad (5)$$

همانطور که مشاهده می شود معادله (5) یک مسئله بهینه سازی مقید است، برای این که این مسئله را حل کنیم در این تحقیق با استفاده از روش توابع جریمه آن را به یک تابع غیر مقید تبدیل می کنیم و سپس با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات به بهینه سازی مسئله می پردازیم.

4. بارگذاری:

بارگذاری سازه ها بر اساس آیین نامه های سازه های فضاسکار (نشریه شماره ۴۰۰) صورت گرفته است. در این تحقیق، برای بارهای مرده نظیر وزن سازه های فضاسکار شامل اعضا و اجزای سیستم باربر، سقف ها، پوشانه ها و تمامی تجهیزات و وسایلی که در نقطه های ثابتی در نظر گرفته می شوند، مقدار kg/m^2 ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. با توجه به مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بار زنده ای برای بام های شبی دار با پوشش سبک با شبی بیشتر از ۱۰ درجه در نظر گرفته نشده است، لذا بار زنده ای برای سازه های نمونه در نظر گرفته نشده است. ولی با توجه به اهمیت بار برف در مناطق سردسیر و همچنین نسبت بالای آن در مقایسه با بار مرده های سازه های فضاسکار در ترکیبات بارگذاری به جای بار زنده از بار برف استفاده شده است [4].

در این تحقیق، بار برف مبنای برای منطقه ی چهار (مناطق با برف زیاد) معادل 150 kg/m^2 تصویر افقی سطح آن در نظر گرفته شده است. با اعمال شیب 30 درجه ی سازه مقدار $c = 0.75$ بدست می آید، در نتیجه بار برف وارد بر سازه معادل 113 kg/m^2 تصویر سازه روی سطح افق بدست می آید.

برای تعیین کنش ناشی از باد بر رویه های چلیکی و گندی بصورت استاتیکی، مطابق بخش سوم آین نامه 400 فشار مبنای باد 60/5 دکانیون بر متر مربع معادل با سرعت مبنای 110 کیلومتر بر ساعت فرض شده است.

5. زلزله در سازه های فضاسکار

وزن سبک سازه های فضاسکار منجر به ارزیابی غیر واقعی نیروی زلزله در آنالیز استاتیکی می گردد، لذا برای ارزیابی لرزه ای این سازه ها استفاده از روش های دینامیکی اجتناب ناپذیر خواهد بود. همچنین با توجه به اینکه بار برف در مناطق سردسیر بیشتر از بار مرده ی سازه های فضاسکار می باشد، لذا برای طراحی ایمن سازه ها می بایستی درصدی از بار برف در طراحی لرزه ای سازه لحاظ گردد یا تدبیری جهت ذوب کردن برف پوشانه ها اتخاذ گردد.

در این تحقیق، مبنای انتخاب شتاب نگاشتها بر اساس نسبت شتاب حداکثر زمین بر سرعت حداکثر زمین که نسبت a/v نامیده می شود، می باشد. این نسبت خصوصیات بسیار مهمی از منبع لرزه، مسیر حرکت امواج، شرایط موقعیت قرار گیری سازه و مولفه های پاسخ سازه ای در بر می گیرد. مقادیر نسبت v/a بالا، برای سازه های سخت تر که پریود کوتاهی دارند، بحرانی تر است. در حالی که سازه های شکل پذیر با پریود اصلی بلند، در زلزله های با نسبت v/a کمتر دچار لرزش بیشتری می شوند. بازه ی تقسیم بندی نسبت v/a بصورت تقریبی در زیر ارائه شده:

$$\begin{aligned} 1.2 & \quad g/ms^{-1} < a/v && (high) \\ 0.8 & \quad g/ms^{-1} < a/v < 1.2 g/ms^{-1} && (normal) \\ a/v & < 0.8 g/ms^{-1} && (low) \end{aligned} \quad (6)$$

در این مقاله، سعی شده است که شتاب نگاشتهای انتخابی بازه ی وسیعی از نسبت v/a را تحت پوشش قرار دهند. لذا مطابق جدول (1) برای نسبت v/a بالا زلزله ی طبس، برای نسبت v/a نرمال زلزله ی کوبه و برای نسبت v/a پایین زلزله ی نورث ریچ انتخاب شده اند.

جدول (1): مشخصات شتاب نگاشت های انتخابی

a/v	PGV(m/s)	PGA(g)	سایت رکورد	تاریخ وقوع	نام زلزله
1.53	0.265	0.406	دهوك	1978	طبس
1.01	0.813	0.821	کی جی ام	1995	گوبه
0.6	0.993	0.593	جنسن	1994	نورث ریچ

در سازه های فضاکار چند لایه مکانیزم شکست با تشکیل مفاصل پلاستیک صورت نمی گیرد بلکه دچار تغییر شکل های غیر الاستیک ناشی از کمانش اعضای محوری می شوند. که چنین مکانیزمی بعلت احتمال بروز خرابی های پیش رونده نامطلوب ارزیابی می شوند. لذا، سازه های فضاکار می بایستی برای نیروهای زلزله بسیار بیشتری نسبت به سازه های ساختمانی معمولی طراحی شوند [5].

در مقالات ضرایب رفتار بسیار متفاوتی برای چلیک ها و گنبدهای فضاکار در نظر گرفته شده که در بازه ۱/۶ تا ۰/۳ متغیر می باشند. در این مقاله ضریب رفتار چلیک دو لایه با توجه به مرجع [6] برای نسبت ارتفاع به دهانه ۰/۳ در جهت افقی برابر ۳ و در جهت قائم برابر ۳/۳ در نظر گرفته شده است. این مقدار برای گنبدهای فضاکار دولایه با نسبت ارتفاع به دهانه ۰/۲۸ در جهت افقی برابر ۰/۹۲ و در جهت قائم برابر ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است. از این مقادیر جهت به مقیاس در آوردن شتاب نگاشت ها استفاده شده است.

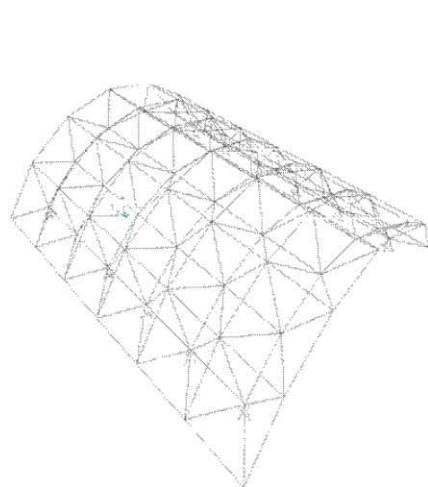
فرم آبرودینامیک چلیک ها و گنبدهای فضاکار باعث کاهش تاثیر بار باد در این نوع از سازه ها گردیده، بطوری که در رویه های گنبدی بار باد در سطح وسیعی از رویه بصورت مکشی می باشد. ولذا نیروی زلزله اثر بحرانی تری را در این سازه ها ایجاد می کند.

6. مثال های عددی

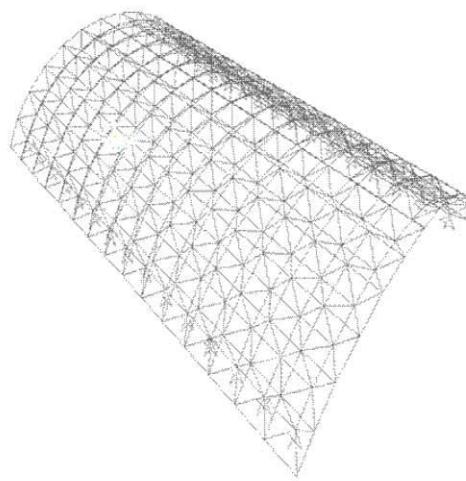
فولاد مورد استفاده در سازه دارای تنش تسلیم 2400 کیلو گرم بر سانتیمتر مربع، مدول الاستیسیته برابر 2100000 کیلو گرم بر سانتیمتر مربع، ضریب پواسون ۰.۳ و چگالی 7850kg/m^3 می باشد.

جدول (2): مشخصات سازه های چلیک

چلیک	طول دهانه	طول سازه	ارتفاع سازه	لایه	تعداد المان ها	تعداد گره ها	اعضا	تعداد گروه بندی	ضخامت دو
مثال 1	20	24	6	1.5	288	85	11		
مثال 2	40	60	12	1.5	1440	388	13		



شکل(1): چلیک 288 عضوی

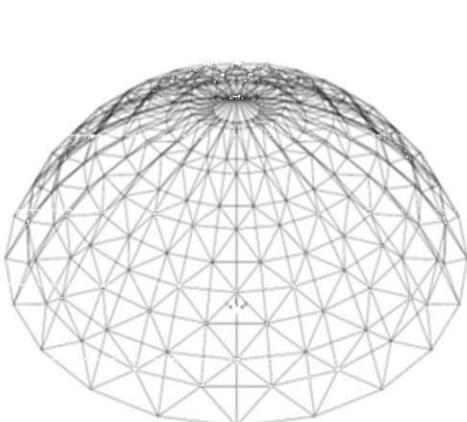


شکل(2): چلیک 1440 عضوی

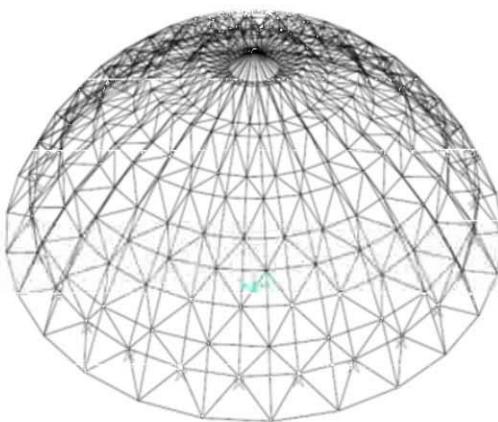
مشخصات چلیک ها در جدول شماره ۱) و تашه‌ی آنها در اشکال (۱) و (۲) نشان داده شده اند.
همچنین مشخصات سازه‌های گنبدی در جدول شماره ۳) و تاشه‌های گنبدها در اشکال (۳) و (۴) ارائه شده
است.

جدول(3): مشخصات سازه‌های گنبد

اعضا	تعداد گروه بندی	ضخامت دو				گبد
		تعداد گره ها	تعداد المان ها	لايه	طول دهانه	
4	289	1104	1	11.54	40	مثال 3
4	361	1380	2	17.32	60	مثال 4

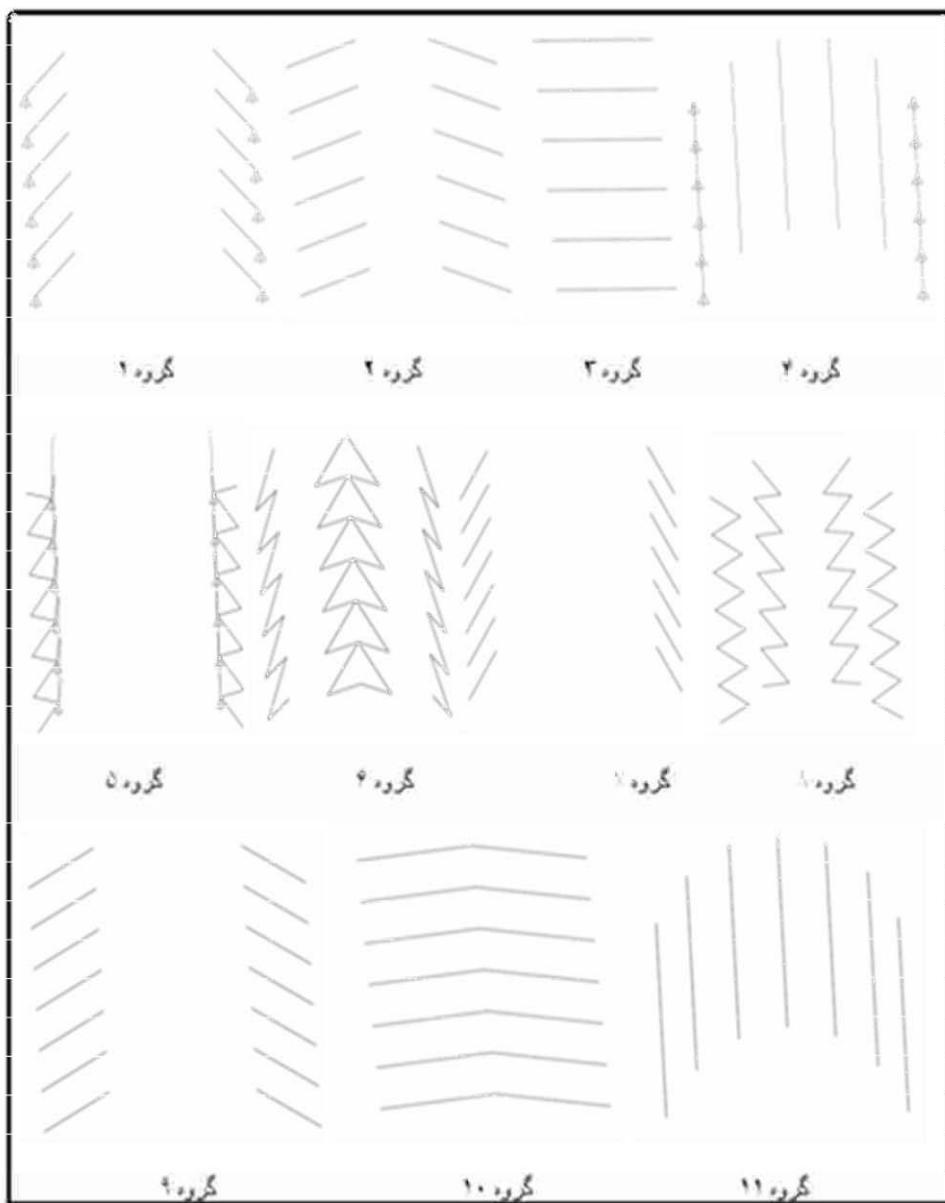


شکل(3): گنبد 1104 عضوی

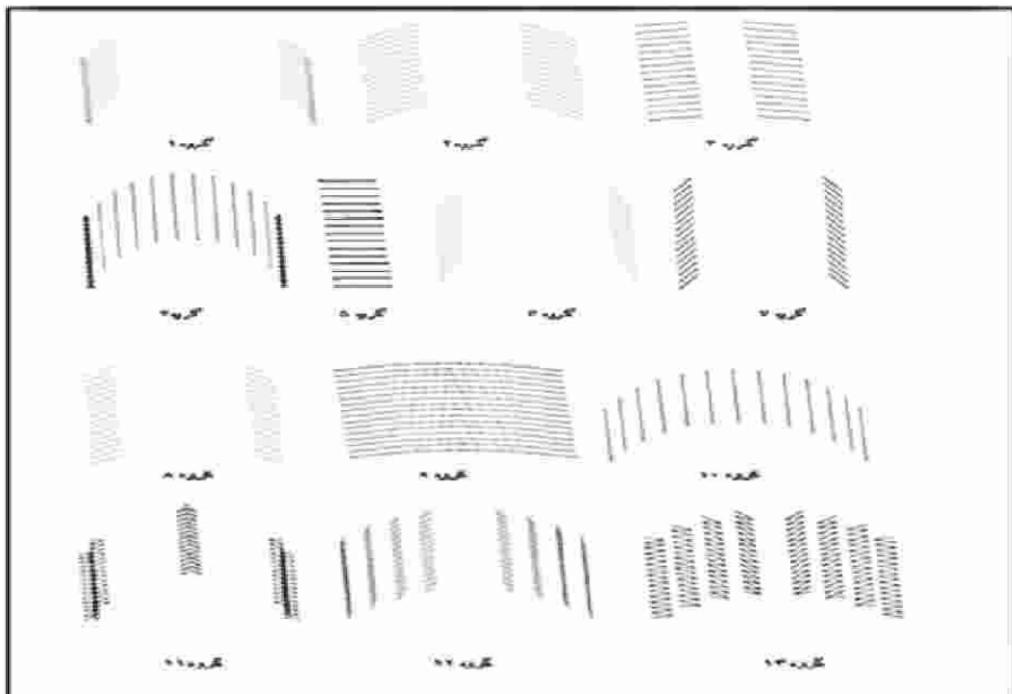


شکل(4): گنبد 1380 عضوی

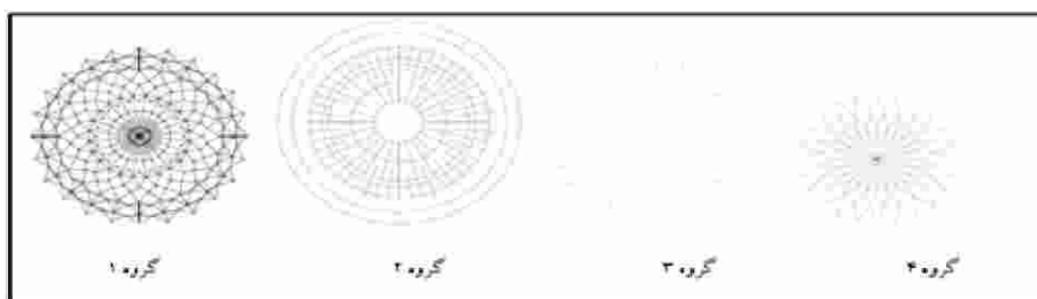
جهت گروه بندی، اعضا با نیروهای محوری نزدیک به هم در یک گروه جای گرفته اند. مسئله‌ی دیگری که در گروه بندی اعضای سازه بایستی در نظر گرفته شود، سهولت اجراست. با توجه به پیچیدگی ذاتی فرم سازه‌های فضاکار و در صورت انتخاب گروه بندی پیچیده امکان اجرایی آن با مشکل مواجه خواهد شد. لذا حداکثر تلاش صورت گرفته تا ساده‌ترین فرم گروه بندی با رعایت نظم خاصی در نظر گرفته شود. نحوه‌ی انتخاب اعضا جهت گروه‌بندی در اشکال (5) تا (8) نشان داده شده است.



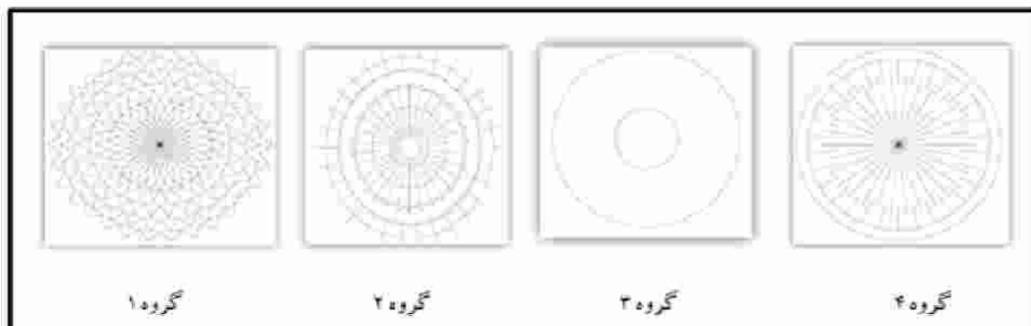
شکل (5): گروه‌بندی چلیک 288 عضوی



شکل (6): گروه‌بندی چلیک 1440 عضوی



شکل (7): گروه‌بندی گنبد 1104 عضوی



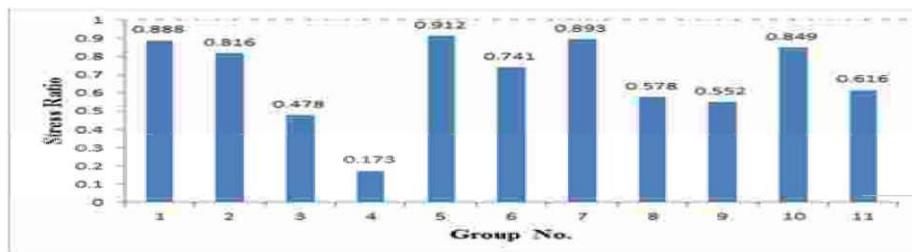
شکل (8) گروه‌بندی گنبد 1380 عضوی

7. نتایج عددی

در جداول (3) تا (6) نتایج بهینه سازی¹ (OD) با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات برای 5 اجرای مختلف و نتایج طراحی مهندسی² (CD) ارایه شده است. همچنین نسبت اختلاف سازه‌ی بهینه با سازه‌ی مهندسی در ردیف انتهایی جدول نشان داده شده است. در این تحقیق تعداد ذرات ازدحام 30 و تعداد تکرار 150 در نظر گرفته شده است. نحوه‌ی نامگذاری مقاطع به این صورت بوده که عدد اول بعد از عبارت P نشانگر قطر خارجی لوله و عدد دوم ضخامت لوله را برحسب mm نشان می‌دهد. همچنین در اشکال (9) تا (12) پیشنهادهای تنش سازه‌های بهینه ارائه شده است. همچنین قید تغییر مکان، قید موثری نبود و حد اکثر تغییر مکانهای دینامیکی معادل 12 درصد تغییر مکان مجاز بوده‌اند، که نشانگر صلیبت بالای این نوع از سازه‌ها می‌باشد.

جدول (3): نتایج بهینه سازی و طراحی مهندسی چلیک 288 عضوی

TYPE	OD					CD
	run 1	run 2	run 3	run 4	run 5	
1	P76.1-5	P88.9-4	P88.9-3.2	P88.9-4	P88.9-4	P88.9-3.2
2	P60.3-5	P76.1-3.2	P76.1-3.2	P60.3-5	P60.3-5	P60.3-5
3	P42.4-3.2	P60.3-3.2	P60.3-3.2	P48.3-2.6	P60.3-3.2	P48.3-2.6
4	P42.4-4	P42.4-4	P42.4-2.6	P42.4-3.2	P33.7-2.6	P48.3-2.6
5	P60.3-4	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-4
6	P42.4-3.2	P48.3-2.6	P42.4-4	P42.4-3.2	P42.4-3.2	P42.4-3.2
7	P60.3-3.2	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-3.2	P60.3-3.2	P60.3-3.2
8	P48.3-3.2	P48.3-2.6	P42.4-3.2	P48.3-2.6	P42.4-3.2	P48.3-2.6
9	P60.3-3.2	P60.3-5	P60.3-4	P48.3-4	P60.3-5	P60.3-3.2
10	P60.3-4	P60.3-4	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-5	P60.3-5
11	P42.4-4	P42.4-3.2	P42.4-3.2	P42.4-3.2	P42.4-3.2	P48.3-2.6
<i>total weight</i>	4823.36	4704.23	4695.67	4688.5	4679.2	5063.03
<i>Difference with CD (%)</i>	-4.7	-7.1	-7.3	-7.4	-7.6	-



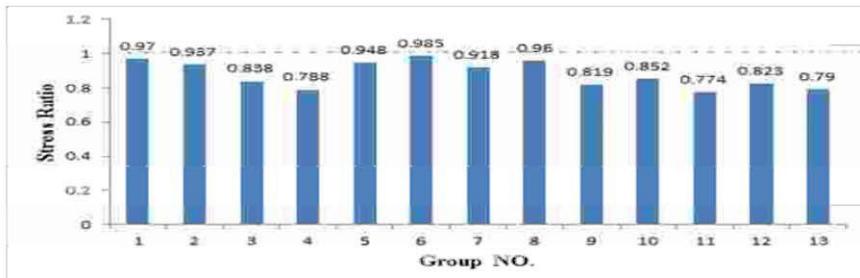
شکل (9): نمودار پیشنهادهای تنش در سازه‌ی بهینه چلیک 288 عضوی

¹ Optimal Design

² Conventional Design

جدول(4): نتایج بینه سازی و طراحی مهندسی چلیک 1440 عضوی

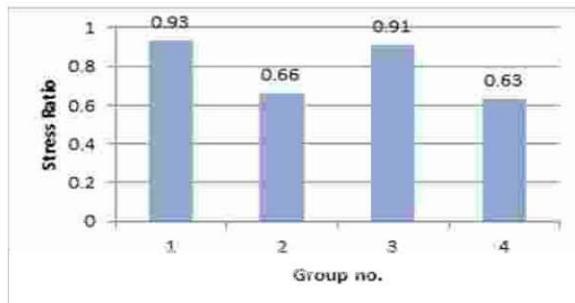
TYPE	OD					CD
	run1	run 2	run 3	run 4	run 5	
1	P101.6-6.3	P101.6-6.3	P101.6-5	P101.6-6.3	P101.6-5	P101.6-5
2	P88.9-6.3	P101.6-4	P88.9-6.3	P88.9-6.3	P101.6-4	P101.6-4
3	P76.1-5	P76.1-5	P76.1-5	P76.1-3.2	P76.1-5	P76.1-5
4	P42.4-4	P42.4-2.6	P42.4-3.2	P42.4-3.2	P33.7-4	P48.3-2.6
5	P48.3-3.2	P48.3-4	P48.3-3.2	P48.3-2.6	P48.3-4	P48.3-4
6	P60.3-5	P76.1-3.2	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-5	P76.1-3.2
7	P88.9-3.2	P88.9-3.2	P88.9-4	P88.9-5	P88.9-3.2	P88.9-3.2
8	P88.9-5	P88.9-4	P88.9-3.2	P88.9-4	P88.9-5	P88.9-5
9	P88.9-6	P88.9-6.3	P88.9-6	P88.9-5	P88.9-5	P88.9-6
10	P42.4-4	P42.4-3.2	P48.3-2.6	P42.4-4	P42.4-3.2	P48.3-2.6
11	P48.3-4	P48.3-4	P60.3-4	P60.3-3.2	P60.3-3.2	P60.3-3.2
12	P60.3-3.2	P60.3-3.2	P60.3-5	P60.3-5	P60.3-4	P60.3-4
13	P48.3-4	P48.3-3.2	P48.3-4	P48.3-3.2	P48.3-3.2	P60.3-3.2
<i>total weight</i>	38481	37625	37142	36921	36416	39804
<i>Difference with CD (%)</i>	-3.3	-5.5	-6.7	-7.2	-8.5	-



شکل(10): نمودار بینه نسبت های تنش در سازه های بینه ای چلیک 1440 عضوی

جدول(5): نتایج بینه سازی و طراحی مهندسی 1104 عضوی

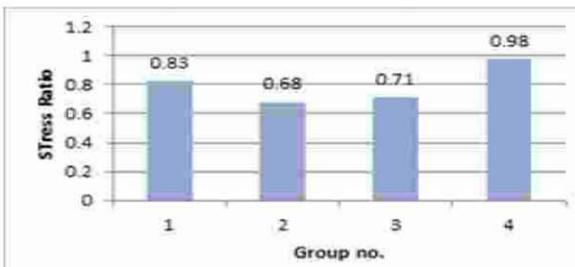
TYPE	OD					CD
	run1	run 2	run 3	run 4	run 5	
1	P114.3-4	P114.3-4	P88.9-5	P88.9-5	P101.6-4	P88.9-5
2	P88.9-5	P88.9-5	P114.3-4	P101.6-4	P114.3-4	P114.3-4
3	P139.7-6.3	P101.6-6.3	P114.3-6.3	P114.3-5	P139.7-4	P139.7-6.3
4	P48.3-4	P60.3-3.2	P48.3-4	P48.3-3.2	P48.3-4	P60.3-3.2
<i>total weight</i>	35025	34530	34190	32282	32194	34607
<i>Difference with CD (%)</i>	1.19	-0.22	-1.22	-7.2	-7.5	-



شکل(11): نمودار بیشینه نسبت های تنش در سازه ی بهینه ی گنبد 1104 عضوی

جدول(6): نتایج بهینه سازی و طراحی مهندسی گنبد 1380 عضوی

TYPE	OD					CD
	run 1	run 2	run 3	run 4	run 5	
P	P88.9-5	P114.3-4	P101.6-4	P101.6-4	P101.6-4	P101.6-4
2	P139.7-12.5	P139.7-6.3	P139.7-12.5	P139.7-8	P114.3-8	P139.7-12.5
3	P139.7-4	P114.3-5	P139.7-4	P114.3-5	P139.7-4	P139.7-4
4	P114.3-8	P139.7-6.3	P139.7-6.3	P114.3-8	P139.7-6.3	P139.7-8
<i>total weight</i>	86326	86168	84135	83748	82844	92152
<i>Difference with CD (%)</i>	-6.32	-6.49	-8.7	-9.12	-10.1	-



شکل(12): نمودار بیشینه نسبت های تنش در سازه ی بهینه ی گنبد 1380 عضوی

8. خلاصه و نتیجه گیری

در این تحقیق، بهینه سازی چلیک ها و گنبد های دو لایه فضاکار در برابر زلزله با استفاده از الگوریتم PSO انجام گرفته است. نتایج بهینه سازی با نتایج طراحی مهندسی که توسط نرم افزار SAP2000 صورت گرفته، مقایسه گردیده است. نتایج بهینه سازی این سازه های فضاکار کارایی الگوریتم ازدحام ذرات را در بهینه سازی سطح مقطع سازه های فضاکار بخوبی نشان داد و توانست وزن سازه را نسبت به طراحی مهندسی با حفظ ایمنی

سازه در برابر زلزله تا ده درصد کاهش دهد. در این تحقیق تنش اعضا قید فعال بوده و تغییر مکان گره ها بصورت غیر فعال عمل کرده است. با این وجود برای آنالیز دینامیکی تاریخچه‌ی زمانی با این فرآیند نیازمند صرف زمان زیادی می‌باشد، لذا توصیه می‌شود با استفاده از تقریب پاسخ دینامیکی سازه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی زمان مورد نیاز جهت آنالیز سازه کاهش یابد.

9. مراجع

- [1] RAO S. Engineering Optimization Theory & Practice, forth edition, JOHN WILEY & SONS INC, Hoboken, New Jersey, Chapter 13, pp 708-714, 2009.
- [2] مقررات ملی ساختمان ایران ، مبحث دهم ، طرح و اجرای ساختمان های فولادی ، وزارت مسکن و شهرسازی معاونت امور مسکن و ساختمان، 1387
- [3] نشریه شماره ۴۰۰، آینه نامه می سازه های فضاسکار ، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور – دفتر نظام فنی اجرایی، ۱۳۸۹ .
- [4] مقدم، ح، مهندسی زلزله مبانی و کاربرد، انتشارات نشر فراهنگ، چاپ چهارم، ۱۳۸۴
- [5] Moghaddam H. SEISMIC BEHAVIOR OF SPACE STRUCTURES, 13th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), 523, 2004.
- [6] جعفریوند، ع ، کاوه، ع، نبوی رضوی، ح ، بررسی نسبت ارتفاع به دهانه در ضربیت رفتار سازه های فضاسکار اینجا دار دولایه، دومین کنفرانس ملی سازه های فضاسکار.