[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

شکل بهینه، بار شکست و بار کمانش گنبدهای تاریخی آجری ایرانی

مهرداد حجازی*، سعید بارانی‌زاده**، مریم داعی***

تاریخ دریافت مقاله: 1393/09/02
تاریخ پذیرش مقاله: 1394/11/28

چکیده

در این مقاله به بهینه‌یابی شکل گنبدهای تاریخی آجری ایرانی با شکل‌های هندسی مختلف و تحت فشار یکنواخت، تعیین بار شکست تحت بار متمرکز و بار کمانش تحت فشار یکنواخت گنبدهای دارای مقطع بهینه پرداخته شده است. گنبدهای مورد مطالعه، دارای مقطع نیم دایره، شاخ بزی و پنج او هفت می‌باشند. گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت هر کدام شامل سه نوع کند، معمولی و تند هستند. هفت نمونه گنبد مورد مطالعه در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح، براساس معیار شکست ویلام- وارنک و در مواردی براساس تئوری تنش اصلی حداکثر، به روش المان محدود و با استفاده از نرم افزار ANSYS تحلیل شده‌اند. پارامتر مورد استفاده برای تعیین شکل بهینه گنبدها حداقل نسبت ضخامت رأس به ضخامت پایه گنبد (K) بوده است که دارای بیشترین نسبت بار شکست به وزن گنبد باشد. تحت فشار یکنواخت، نسبت K=0/2 به‌عنوان نسبت بهینه شکل گنبد نیم دایره به‌دست آمد. برای همه انواع گنبدهای شاخ بزی به استثناء گنبد شاخ بزی معمولی با دهانه 18 m نسبت بهینه برابر با K=0/3 است. نسبت بهینه برای گنبد شاخ بزی معمولی با دهانه 18 m برابر با K=0/08 می‌باشد. برای گنبد پنج او هفت معمولی با دهانه 12 m و گنبد پنج او هفت تند با دهانه 15 m نسبت بهینه برابر K=0/3، برای گنبد پنج او هفت تند با دهانه 12 m نسبت بهینه برابر K=0/54، و برای سایر گنبدهای پنج او هفت نسبت بهینه برابر K=0/144 می‌باشد. بار شکست تحت بار متمرکز گنبدهای با شکل بهینه بیشتر از گنبدهای با شکل غیر بهینه است. بار کمانش گنبدهای با شکل بهینه تحت فشار یکنواخت بسیار بیشتر از بار شکست آن‌ها تحت همین بار می‌باشد. بار کمانش با کاهش دهانه افزایش می‌یابد. بیشترین و کمترین مقدار بار کمانش به ترتیب مربوط به گنبدهای شاخ بزی و گنبدهای نیم دایره است.

واژگان کلیدی: گنبدهای تاریخی آجری ایرانی، شکل بهینه، بار شکست، بار کمانش، رفتار غیرخطی.

* دانشیار مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان. m.hejazi@yahoo.com
** کارشناس ارشد مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان.
*** استادیار مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

مقدمه

گنبدهای آجری تاریخی بخشی مهم از عناصر معماری ایرانی را تشکیل می‌دهند که شناخت رفتار سازه‌ای آن‌ها و بررسی تاثیر شکل گنبد بر این رفتار حائز اهمیت است[1]. گنبدهای مورد بررسی در این تحقیق دارای متداول‌ترین شکل‌ها در معماری ایرانی هستند که تاکنون تحقیقی در مورد شکل بهینه آن‌ها صورت نگرفته است. در ابتدا به تعیین شکل بهینه گنبدهای آجری تاریخی ایران تحت فشار یکنواخت پرداخته شده است و پس از آن مقادیر بار شکست گنبدهای دارای شکل بهینه تحت بار متمرکز با بار شکست متمرکز گنبدهای دارای شکل غیر بهینه مقایسه شده است. سپس بار کمانش گنبدهای دارای شکل بهینه تحت فشار یکنواخت مورد بررسی قرار گرفته است. از نرم افزار المان محدود ANSYS [2] برای تحلیل غیر خطی استفاده شده است.

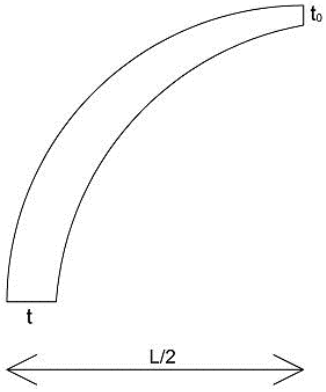
مرور پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر محققان و پژوهشگران رفتار سازه‌ای مصالح بنایی را با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند. گانجو [3] در سال 1997 مدلی از مصالح بنایی با خصوصیات میانگین و با صرف نظر کردن از تأثیر اتصالات ملات درحالی که امکان شکست‌های موضعی را نیز در نظر می‌گرفت ارائه داد. شوبرت [4] در سال 1988 در تحقیقی به بررسی تنش‌های کششی و فشاری آجرهای مختلف و به‌دست آوردن محدوده مشخص برای این تنش‌ها پرداخت. بیندا و همکاران [5] در سال 1988 در تحقیقاتی به بررسی حالت های مختلف بارگذاری و ایجاد تنش در دیوارهای آجری و چگونگی تأثیر چیدمان آجرها در رسیدن به تنش نهایی پرداختند. داناسکار و همکاران [6] در سال 1984 یک مدل المان محدود غیرخطی از مصالح بنایی بر پایه خصوصیات میانگین که با انجام آزمایش‌های دو محوری بر روی تیغه‌های آجری به‌دست آمده بود، ارائه دادند. حجازی و میرقادری [7] در سال 1383 رفتار لرزه ای گنبدهای آجری ایرانی را مورد مطالعه قرار دادند. در تحقیقات انجام‌شده توسط بایراکتار و همکاران [8] در سال 2010 می‌توان مشاهده کرد که در بیشتر سازه‌های تاریخی بزرگ، برای مدل کردن سازه از مدل ماکرو استفاده می‌کنند. ژو و همکاران [9] در سال 2012 در تحقیقی به تعیین بار کمانش پوسته‌های کروی پرداختند. آنان پس از تعیین بار کمانش پوسته‌ها با استفاده از روش کار و انرژی یک رابطه تجربی برای تعیین بار کمانش گنبدها به‌دست آوردند. چاکو و همکاران [10] در سال 2014 با استفاده از نرم‌افزار ANSYS بار کمانش پوسته‌های کروی را در دهانه‌های مختلف تعیین کردند و با تغییر دادن اندازه دهانه گنبد به مطالعه پارامتری گنبدها پرداختند.

تعریف متغیرها و معیار بهینه بودن

در تصویر شماره 1 متغیرهای مربوط به هندسه گنبدها نشان داده شده است که در آن t، to و d به ترتیب ضخامت پایه، ضخامت رأس و دهانه خارجی گنبد می‌باشند. نسبت ضخامت رأس به ضخامت پایه با K نشان داده می‌شود. p_w، p_s، Q و Z به ترتیب بار شکست تحت فشار یکنواخت براساس معیار شکست ویلام- وارنک، بار شکست تحت فشار یکنواخت براساس تئوری تنش اصلی حداکثر، نسبت بار شکست تحت فشار یکنواخت به وزن گنبد براساس معیار شکست ویلام- وارنک و نسبت بار شکست تحت فشار یکنواخت به وزن گنبد براساس تئوری تنش اصلی حداکثر می‌باشند. گنبدهایی دارای شکل بهینه محسوب می‌شوند که با نسبت کمتر ضخامت رأس به پایه (K) دارای بیشترین نسبت بار شکست به بار وزن (p_w یا p_s) باشند.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]



ت 1. پارامترهای هندسی مقطع گنبدهای مورد مطالعه.

مشخصات گنبدهای مورد مطالعه و روش آنالیز

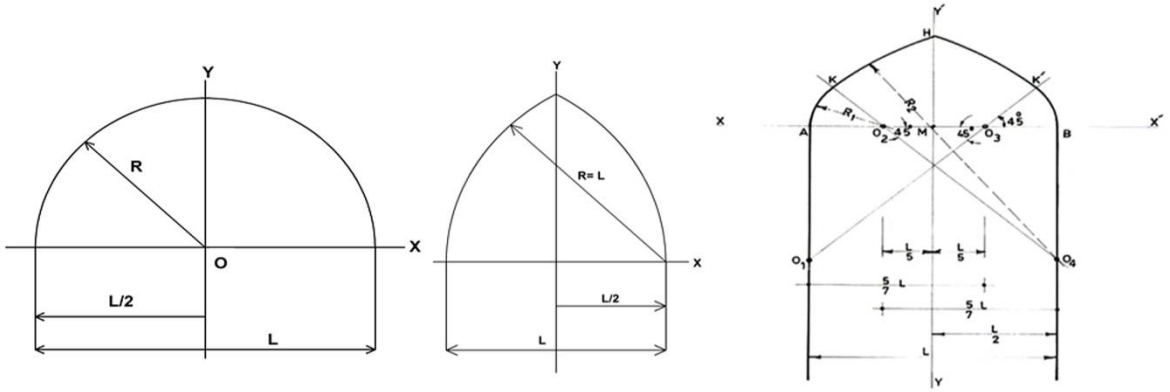
هفت نمونه از گنبدهای آجری ایرانی در دهانه‌های مختلف مورد تحلیل قرارگرفته‌اند. گنبدهای مورد مطالعه عبارت‌اند از: گنبد نیم‌دایره، شاخ بزی و پنج او هفت که گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت هر کدام دارای سه نوع کند، معمولی و تند می‌باشند. گنبدهای مطالعه شده در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m مدل‌سازی شده‌اند. تصویر شماره 2 هندسه گنبدهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نحوه ترسیم سه نمونه گنبدهای مورد مطالعه در تصویر شماره 3 نشان داده شده است [11]. جهت آنالیز این گنبدها از روش المان محدود و نرم‌افزار ANSYS استفاده شده است. المان به‌کار رفته برای تعیین شکل بهینه و بار شکست تحت فشار یکنواخت و بار شکست تحت بار متمرکز گنبدها المان Solid65 می‌باشد، که یک المان شش وجهی دارای هشت گره و سه درجه آزادی تغییرمکانی در هر گره است. این المان برای مدل‌سازی مصالح ترد، مانند آجر، به‌کار می‌رود و قابلیت تعریف معیارهای شکست مورد استفاده در این مقاله را دارد. جهت تعیین بار کمانش گنبدها تحت فشار یکنواخت از المان شش وجهی Solid45 استفاده شده است که دارای هشت گره و سه درجه آزادی تغییرمکانی در هر گره می‌باشد. برای مدلسازی تماس بین سطح ورق فولادی (جهت انتقال بار متمرکز) و سطح گنبد آجری از المان‌های Contact173 و Target170 استفاده شده است. این دو نوع المان که به المان‌های سطح به سطح نیز معروف هستند دارای خصوصیات هندسی مشابه سطوحی هستند که قرار است در تماس با یکدیگر قرار گیرند و در آن‌ها اصطکاک کولمب و تنش برشی قابل تعریف است [2]. رفتار مصالح در این تحقیق غیرخطی می‌باشد. شرایط تکیه گاهی بدین صورت تعریف شده است که کلیه تغییرمکان‌های گره‌ای در تکیه‌گاه‌ها (قاعده گنبد) مقید شده‌اند. به‌منظور حصول اطمینان از کافی بودن تعداد المان‌های مورد استفاده در تحلیل المان محدود جهت همگرایی نتایج، تحلیل‌های مختلفی انجام گرفت و بر آن مبنا مشخص شد که بسته به طول دهانه تعداد المان بین 13000 و 20000 برای همگرایی کافی است.

برای تعیین شکل بهینه گنبدها، نمونه‌های مختلف گنبدها با نسبت‌های مختلف K مدل‌سازی و تحلیل شده‌اند. پس از تعیین بار شکست گنبدها تحت فشار یکنواخت، مقدار بهینه K برای گنبدها به‌دست آمده است. گنبدهای دارای نسبت کمتر K و دارای بیشترین نسبت بار شکست به وزن دارای شکل بهینه هستند. بارگذاری نمونه‌های مورد تحلیل در مواردی به‌صورت فشار یکنواخت و در مواردی به شکل بار متمرکز در نظر گرفته شده است. بر سطح گنبد دو بار متمرکز مساوی متقارن در دو زاویه 57° نسبت به قاعده گنبد، به گنبدها اعمال شده است. دلیل انتخاب این زاویه مقایسه نتایج حاصل از این مقاله با نتایج حاصل از مرجع [12] می‌باشد. گنبدها به‌صورت هم زمان تحت بار وزن نیز می‌باشند. تصویر شماره 4 نحوه اعمال بار به گنبدها را نشان می‌دهد.

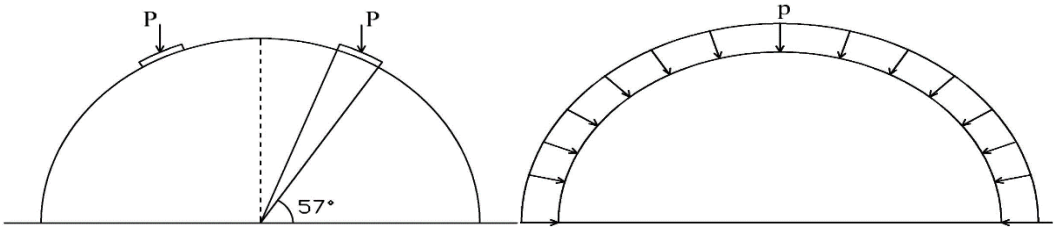
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]



ت 2. هندسه گنبدهای مورد مطالعه: (الف) نیم‌دایره، (ب) شاخ بزی کند، (پ) شاخ بزی معمولی، (ت) شاخ بزی تند، (ث) پنج او هفت کند، (ج) پنج او هفت معمولی، (چ) پنج او هفت تند [11].



ت 3. نحوه ترسیم گنبدها: (الف) گنبد پنج او هفت کند (ب) گنبد شاخ بزی معمولی (پ) گنبد نیم‌دایره در دهانه 12 m [11].



ت 4. نحوه اعمال بار به گنبدهای مورد مطالعه: (الف) فشار یکنواخت، (ب) بار متمرکز.

خصوصیات مصالح و معرفی معیارهای شکست

خصوصیات مکانیکی مصالح به‌کار رفته در ساخت گنبدهای مورد مطالعه که از مطالعات آزمایشگاهی و سایر منابع به‌دست آمده است در جدول ارائه شده است[11]. می‌توان از یک نمودار خطی- سهمی برای رابطه بین تنش و کرنش مصالح آجر و ملات به‌کار رفته در سازه براساس روابط (1) و (2) استفاده کرد که در آن f_k مقاومت فشاری و E مدول الاستیسیته مصالح ترکیبی آجر و ملات می‌باشند (نمودار شماره 1(الف)) [5].

$$\sigma = E\varepsilon_e \ , \ \varepsilon \le \varepsilon_e \qquad (1)$$

$$\sigma = (f_k / 4)[7(\varepsilon / \varepsilon_e) - 2(\varepsilon / \varepsilon_e)^2 - 2]$$
$$\varepsilon_e \le \varepsilon \le 2\varepsilon_e$$
$$\varepsilon_e = 0.75 f_k / E \qquad (2)$$

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

با قرار دادن مقادیر جدول شماره 1 برای مصالح گنبدها در روابط (1) و (2)، رابطه تنش- کرنش به‌صورت روابط (3) و (4) در می‌آید (نمودار شماره 1(ب)).

$$\varepsilon_e = 0.75 f_k / E = 0.75 \times 2.73 / 2370 = 7.5 \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$\sigma = (f_k/4)[7(\varepsilon/\varepsilon_e) - 2(\varepsilon/\varepsilon_e)^2 - 2]$$
$$\sigma = (2.73/4)[7(\varepsilon/7.5\times10^{-4}) - 2(\varepsilon/7.5\times10^{-4})^2 - 2]$$
$$7.5\times10^{-4} \le \varepsilon \le 15\times10^{-4} \quad (4)$$

از معیار شکست ویلام- وارنک به‌منظور کنترل تنش‌های گنبدها استفاده شده است [13]. همچنین جهت کنترل تنش‌ها در برخی مدل‌ها از تئوری تنش اصلی حداکثر استفاده گردیده است. پارامترهای معیار شکست ویلام- وارنک برای ترکیب مصالح آجر و ملات جهت استفاده در نرم‌افزار ANSYS براساس روابط (5) تا (9) [14]، رابطه (10) [15] و رابطه (11) [16] محاسبه و در جدول شماره 2 نشان داده شده‌اند.

$$f_{cb} = 1.2\, f_c = 1.2 \times 2.73 = 3.276 \ \text{MPa} \quad (5)$$

$$f_1 = 1.45\, f_c = 1.45 \times 2.73 = 3.96 \ \text{MPa} \quad (6)$$

$$f_2 = 1.725 f_c = 1.725 \times 2.73 = 4.71 \ \text{MPa} \quad (7)$$

$$\left|\sigma_h^a\right| \le 3^{1/2} f_c = 4.73 \ \text{MPa} \quad (8)$$

اگر f1=1 MPa، باید محاسبه شود= TFC

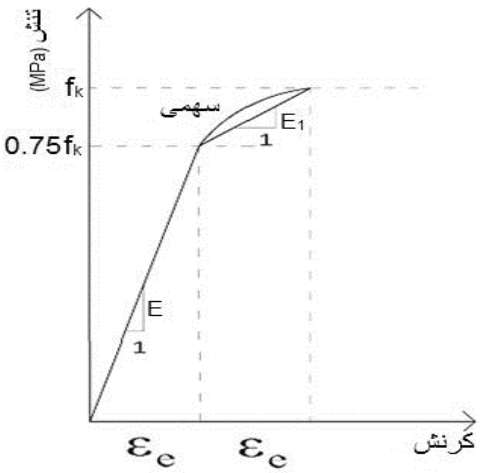
(9) اگر f1=1 MPa، TFC=0.6

$$\beta_t = 0.15 \quad (10)$$

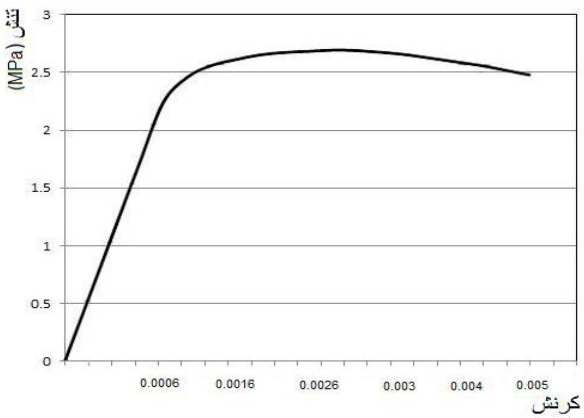
$$\beta_C = 0.75 \quad (11)$$

که f_t ، f_c ، f_{cb} ، f_1 ، f_2 و $\left|\sigma_h^a\right|$، TCF، β_t و β_C به ترتیب مقاومت کششی تک محوری، مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت فشاری دو محوری، مقاومت فشاری برای حالتی از فشار دو محوری که بر روی تنش هیدرواستاتیک قرار داده می‌شود، مقاومت فشاری برای حالتی از فشار تک محوری که بر روی تنش هیدرواستاتیک قرار داده می‌شود، تنش هیدرواستاتیک، ضریب افزایش سختی ترک در کشش، ضریب انتقال برش ترک باز و ضریب انتقال برش ترک بسته می‌باشند.

فولاد مصرفی برای ورق‌از نوع فولاد معمولی با خصوصیات جرم حجمی 7850 kg/m^3، تنش تسلیم 240 MPa، مدول الاستیسیته 200 GPa و ضریب پواسون 0/3 می‌باشد.



(الف)



(ب)

ن 1. (الف) نمودار پیشنهادی تنش-کرنش برای مصالح ترکیبی آجر و ملات [5]، (ب) نمودار تنش- کرنش مصالح بنایی مورد استفاده در این تحقیق [1].

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

خصوصیات مکانیکی	ملات (گچ و خاک)	آجر	ترکیب آجر و ملات
جرم حجمی (kg/m^3)	1600	1330	1530
مدول الاستیسیته (MPa)	1300	5300	2730
ضریب پواسون	0/17	0/17	0/17
مقاومت کششی (MPa)	0/25	0/53	0/27
مقاومت فشاری (MPa)	1	5/3	2/73
ضریب انبساط حرارتی ($m/m/°C$)	$0/6x\ 10^{-5}$	$0/6x\ 10^{-5}$	$0/6x\ 10^{-5}$

ج 1. خصوصیات مکانیکی مصالح گنبدها [11].

TCF	0/6
f2 (MPa)	4/71
f1 (MPa)	3/96
|σha| (MPa)	4/73
fcb (MPa)	3/276
fc (MPa)	2/73
ft (MPa)	0/27
βc	0/75
βt	0/15

ج 2. پارامترهای معیار شکست ویلام- وارنک برای ترکیب مصالح آجر و ملات جهت استفاده در نرم‌افزار ANSYS.

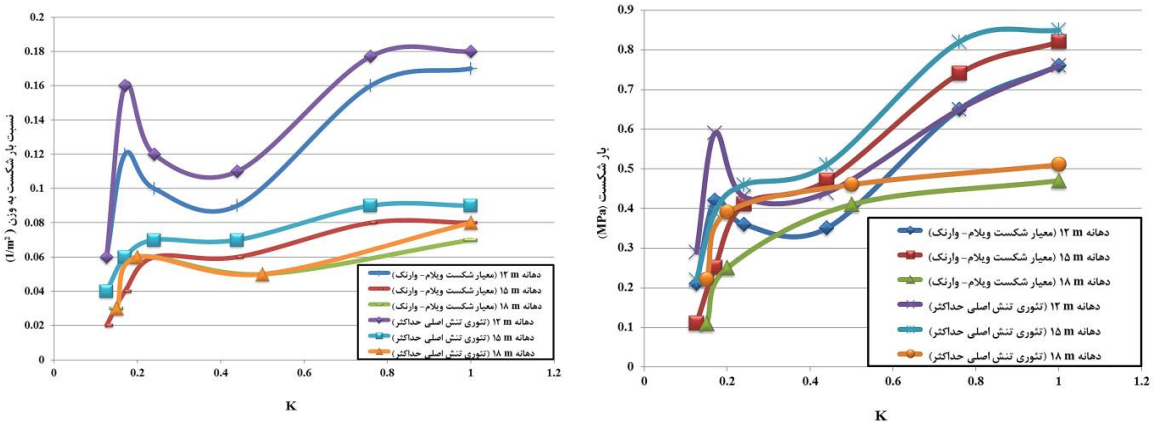
تعیین شکل بهینه گنبدها تحت فشار یکنواخت

گنبد نیم‌دایره

گنبدهای نیم‌دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m و در نسبت‌های مختلف K تحت فشار یکنواخت مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل در جدول‌های 3 تا 7 و نمودار شماره 2 نشان داده شده است. با افزایش K وزن گنبد و بار شکست آن (به جز دو مورد در دهانه 12 m) افزایش می‌یابد. برای یک مقدار ثابت K، بر مبنای هم معیار شکست ویلام-وارنک و هم تئوری تنش اصلی حداکثر، بیشترین و کمترین مقدار بار شکست به ترتیب مربوط به دهانه 15 m و دهانه 18 m است، در حالی که اندازه نسبت بار شکست به وزن گنبد (که بیشتر بودن آن به معنای مناسب‌تر بودن است) با کاهش اندازه دهانه افزایش می‌یابد، یعنی بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب مربوط به دهانه 12 m و دهانه 18 m است. گنبدی بهینه محسوب می‌گردد که با داشتن کمترین مقدار K دارای بیشترین نسبت بار شکست به وزن باشد. در نمودار شماره 2 (ب) نسبت K=0/2 مقداری است که در آن نسبت بار شکست به وزن گنبد ماکزیمم می‌باشد و این نسبت به‌عنوان مقدار بهینه K برای گنبدهای با مقطع نیم دایره انتخاب می‌گردد. البته در نزدیکی K=0/9 نیز نسبت بار شکست به وزن گنبد دارای ماکزیمم دیگری است ولی این مقدار K به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب نمی‌شود زیرا از لحاظ معماری در شرایط باربری تقریباً مشابه، گنبدی انتخاب می‌گردد که دارای ضخامت رأس کمتری باشد. برای کلیه مقادیر K، مقدار بار شکست و مقدار نسبت بار شکست به وزن گنبد حاصل از معیار شکست ویلام-وارنک همواره کمتر از مقادیر حاصل از تئوری تنش اصلی حداکثر می‌باشد. برای نسبت بهینه K=0/2، در معیار اول مقادیر بار شکست برای گنبدهای نیم دایره با دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m به ترتیب برابر ۰/۴۲ MPa، ۰/۴۱ MPa و ۰/۴۱ MPa و این مقادیر در تئوری دوم به ترتیب برابر 0/59 MPa، 0/46 MPa و 0/57 MPa می‌باشد. یعنی به ترتیب تفاوت ٪41، ٪10 و 39% وجود دارد. مقادیر نسبت بار شکست به وزن گنبد حاصل از تئوری دوم به ترتیب ٪33، ٪50 و ٪50 بیشتر از معیار اول است (جدول‌های شماره 3 تا 5). با توجه به جدول‌های شماره 6 و 7، اندازه تغییر بار شکست گنبد بهینه نسبت به بار شکست گنبد مبنا (گنبدی که در آن تغییرات ضخامت وجود ندارد (K=1)) در گنبدهای نیم

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

دایره با دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m در معیار اول به ترتیب ٪45-، ٪45- و ٪46- و در تئوری دوم به ترتیب ٪28-، ٪44- و ٪30- می‌باشد. به‌طور کلی به‌دلیل اینکه معیار ویلام-وارنک تاثیرات هم زمان تنش‌ها و مقاومت‌های مختلف مصالح بنایی آجری را در نظر می‌گیرد نتایج حاصل از آن قابل اعتمادتر از تئوری تنش اصلی حداکثر است که در آن فقط مقادیر تنش اصلی حداکثر مبنای قضاوت می‌باشد. دلیل استفاده از تئوری تنش اصلی حداکثر در این مطالعه این بوده است که در برخی از تحقیقات گذشته، به‌ویژه قبل از توسعه گسترده معیار ویلام – وارنک برای مصالح ترد، از این تئوری برای ارزیابی رفتار سازه‌های آجری استفاده شده است و در اینجا هدف این بوده است که نتایج آن با نتایج حاصل از معیار شکست ویلام-وارنک مقایسه گردد. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که نتایج حاصل از تئوری تنش اصلی حداکثر در خلاف جهت اطمینان است و در استفاده از آن برای سازه‌های آجری باید با احتیاط عمل نمود. به‌همین دلیل، در ادامه فقط از معیار شکست ویلام-وارنک استفاده می‌گردد.



(الف) (ب)

ن 2. پارامترهای معیار شکست ویلام- وارنک برای ترکیب مصالح آجر و ملات جهت استفاده در نرم‌افزار ANSYS.

Z ($1/m^2$)	Q ($1/m^2$)	p_a (MPa)	p_{tw} (MPa)	W (MN)	K	t_o (m)	t (m)
0/06	0/06	0/29	0/21	3/66	0/15	0/126	0/84
0/16	0/12	0/59	0/42	3/69	0/21	0/17	
0/12	0/1	0/43	0/36	3/75	0/29	0/24	
0/11	0/09	0/44	0/35	3/91	0/52	0/44	
0/177	0/16	0/72	0/65	4/06	0/76	0/64	
0/18	0/17	0/82	0/76	4/66	1	0/84	

ج 3. نسبت K، بار شکست و نسبت بار به وزن گنبد نیم‌دایره با دهانه 12 m تحت فشار یکنواخت.

Z ($1/m^2$)	Q ($1/m^2$)	p_a (MPa)	p_{tw} (MPa)	W (MN)	K	t_o (m)	t (m)
0/04	0/02	0/22	0/11	6/1	0/03	0/03	0/84
0/06	0/04	0/39	0/25	6/2	0/1	0/11	
0/07	0/06	0/46	0/41	7/2	0/2	0/21	
0/07	0/06	0/51	0/47	7/7	0/52	0/52	
0/09	0/08	0/82	0/74	9/6	1	1/05	
0/09	0/08	0/85	0/82	9/9	1/24	1/3	

ج 4. نسبت K، بار شکست و نسبت بار به وزن گنبد نیم‌دایره با دهانه 15 m تحت فشار یکنواخت.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

$Z\ (1/m^2)$	$Q\ (1/m^2)$	P_a (MPa)	P_{av} (MPa)	W (MN)	K	to (m)	t (m)
0/03	0/03	0/34	0/31	1/24	0/15	0/19	0/84
0/06	0/04	0/57	0/41	1/25	0/2	0/25	
0/05	0/05	0/53	0/48	1/31	0/48	0/6	
0/08	0/07	0/82	0/76	1/62	1	1/26	

ج 5. نسبت K، بار شکست و نسبت بار به وزن گنبد نیم‌دایره با دهانه m 18 تحت فشار یکنواخت.

$Q\ (1/m^2)$	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مبنا	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مبنا	نسبت بهینه K	دهانه (m)
0/12	-45%	-45%	0/2	12
0/06	-25%	-45%	0/2	15
0/04	-23%	-46%	0/2	18

ج 6. نسبت‌های بهینه K برای گنبد نیم‌دایره براساس معیار شکست ویلام- وارنک.

$Z\ (1/m^2)$	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مبنا	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مبنا	نسبت بهینه K	دهانه (m)
0/16	-45%	-28%	0/2	12
0/07	-25%	-44%	0/2	15
0/06	-23%	-30%	0/2	18

ج 7. نسبت‌های بهینه K برای گنبد نیم‌دایره براساس تئوری تنش اصلی حداکثر.

گنبدهای شاخ بزی

روند تعیین شکل بهینه گنبدهای شاخ بزی نیز مانند گنبدهای نیم‌دایره می‌باشد. گنبدهای شاخ بزی در سه نوع کند، معمولی و تند و در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m تحت فشار یکنواخت مدل‌سازی و مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در تحلیل از معیار شکست ویلام-وارنک استفاده شده است. نتایج در جدول‌های شماره 8 و 9 و نمودار شماره 3 نشان داده شده است. براساس جدول شماره 8 و نمودار شماره 3، برای گنبد شاخ بزی با دهانه 12 m در سه وضعیت کند، معمولی و تند، در نسبت K =0/3 مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن به حداکثر مقدار خود می‌رسند و به‌همین دلیل این نسبت به‌عنوان نسبت بهینه انتخاب می‌شود. در این نسبت بهینه، بیشترین و کمترین مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن به ترتیب مربوط به نوع کند و نوع تند می‌باشد. از نظر نسبت بار شکست به وزن گنبد، اختلاف بین هر زوج از نمونه‌های کند، تند و معمولی در حدود 7% است. براساس جدول شماره 9 نسبت K =0/3 برای سایر دهانه‌ها نیز مقدار بهینه است، مگر در مورد گنبد شاخ بزی معمولی با دهانه 18 m که در آن مقدار K =0/08 بهینه می‌باشد. در نسبت بهینه K =0/3، بار شکست گنبد شاخ بزی 12 m در سه نوع کند، معمولی و تند نسبت به گنبدهای شاخ بزی با دهانه 15 m در سه نوع کند، معمولی و تند به ترتیب ٪16/2، ٪29/2 و ٪11/9 افزایش یافته است. بار شکست گنبد شاخ بزی 12 m نسبت به گنبد شاخ بزی با دهانه 18 m برای انواع کند، معمولی و تند به ترتیب ٪25/9، ٪39/2 و ٪23/3 افزایش یافته است. حداکثر و حداقل مقادیر نسبت بار شکست به

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

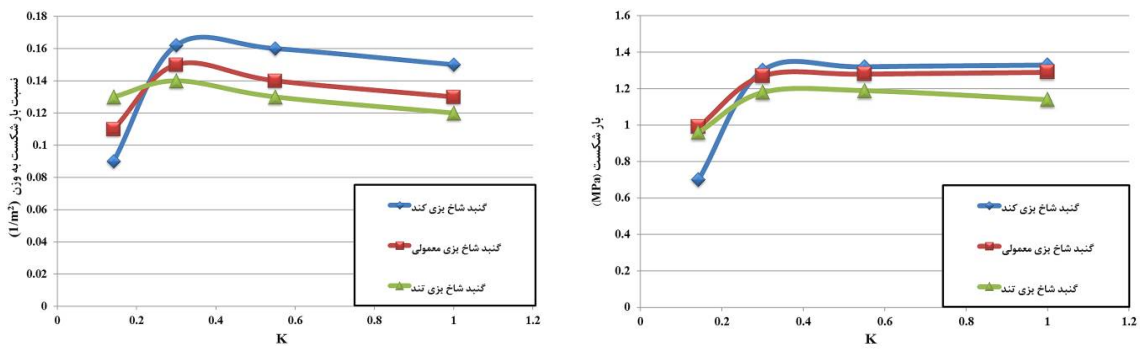
وزن گنبد به ترتیب برابر $0/16\ 1/m^2$ مربوط به گنبد شاخ بزی کند با دهانه 12 m و $0/16\ 1/m^2$ مربوط به گنبد شاخ بزی تند با دهانه 18 m است (جدول شماره 9). مقایسه جدول‌های شماره 3 تا 6، 8 و 9 نشان می‌دهد که در دهانه‌های یکسان، انواع گنبدهای شاخ بزی دارای مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن بیشتری نسبت به گنبد نیم دایره هستند. میانگین مقدار افزایش نسبت بار شکست به وزن گنبدهای شاخ بزی نسبت به گنبدهای نیم دایره در دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m به ترتیب برابر ٪25، ٪27 و ٪ 33 است.

گنبد	t (m)	t_o (m)	K	W (MN)	p_{cr} (MPa)	Q ($1/m^2$)
شاخ بزی کند	1/4	0/2	0/142	7/81	0/7	0/09
		0/42	0/3	7/98	1/3	0/162
		0/7	0/5	8/19	1/32	0/16
		1/4	1	8/69	1/33	0/15
شاخ بزی معمولی	1/4	0/2	0/142	8/7	0/99	0/11
		0/42	0/3	8/8	1/27	0/15
		0/7	0/5	9/1	1/28	0/14
		1/4	1	9/6	1/29	0/13
شاخ بزی تند	1/32	0/19	0/14	7/78	0/96	0/13
		0/4	0/3	8/76	1/18	0/14
		0/7	0/53	9/1	1/19	0/13
		1/32	1	9/5	1/14	0/12

ج 8. نسبت K، بار شکست و نسبت بار به وزن گنبد شاخ بزی m 12 تحت فشار یکنواخت.

گنبد شاخ بزی	دهانه (m)	اندازه بهینه K	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مبنا	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مبنا	Q ($1/m^2$)
کند	12	0/3	1%	-8%	0/16
معمولی		0/3	-0/5%	-9%	0/15
تند		0/3	3%	-8%	0/14
کند	15	0/3	7%	-9%	0/08
معمولی		0/3	-13%	-22%	0/08
تند		0/3	-3%	-8%	0/07
کند	18	0/3	5%	-9%	0/05
معمولی		0/08	-39/5%	-46%	0/07
تند		0/3	2%	-9%	0/04

ج 9. نسبت‌های بهینه K برای گنبدهای شاخ بزی براساس معیار شکست ویلام- وارنک.



(الف) (ب)

ن 3. گنبدهای شاخ بزی با دهانه m 12 تحت فشار یکنواخت: (الف) بار شکست، (ب) نسبت بار شکست به وزن.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

گنبد پنج او هفت

گنبدهای پنج او هفت مانند سایر گنبدها در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m و در سه نوع کند، معمولی و تند تحت فشار یکنواخت و براساس معیار شکست ویلام-وارنک تحلیل شدند که نتایج آن در جدول‌های شماره 10 و 11 و نمودار شماره 4 نشان داده شده است. بر خلاف گنبدهای نیم دایره و شاخ بزی، مقدار بهینه نسبت K بر حسب طول دهانه و نوع قوس بین سه مقدار 0/144، 0/3 و 0/54 تغییر می‌کند. برای گنبد پنج او هفت معمولی با دهانه 12 m و گنبد پنج او هفت تند با دهانه 15 m نسبت بهینه برابر K=0/3، برای گنبد پنج او هفت تند با دهانه 12 m نسبت بهینه برابر K=0/54، و برای سایر گنبدهای پنج او هفت نسبت بهینه برابر K=0/144 می‌باشد.

در گنبدهای پنج او هفت با کاهش اندازه دهانه مقدار بار شکست افزایش می‌یابد. بار شکست در انواع کند، معمولی و تند برای دهانه 12 m نسبت به دهانه 15 m به ترتیب 3/7%، 30/8% و 34/2% درصد افزایش می‌یابد و این افزایش نسبت به دهانه 18 m به ترتیب برابر 16/6%، 50/4% و 34/8% است. براساس جدول شماره 11 حداکثر و حداقل اندازه‌های نسبت بار شکست به وزن گنبد برابر $0/45\ 1/m^2$ مربوط به گنبد پنج او هفت تند با دهانه 18 m و $0/04\ 1/m^2$ مربوط به گنبد پنج او هفت کند با دهانه 18 m می‌باشد. براساس جدول‌های شماره 3 تا 6، 10 و 11 برای دهانه‌های یکسان، گنبدهای پنج اوهفت دارای مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن بیشتری در مقایسه با گنبدهای نیم دایره هستند. بر مبنای جدول‌های شماره 8 تا 11 برای دهانه‌های مساوی، گنبدهای پنج او هفت دارای مقادیر بار شکست کمتری از گنبدهای شاخ بزی هستند، ولی نسبت بار شکست به وزن در مواردی کمتر و در مواردی بیشتر است. به‌طور مثال برای دهانه 12 m مقادیر کاهش بار شکست برای سه نوع کند، معمولی و تند به ترتیب برابر ٪62، ٪15 و 21% است. این در حالی است که مقدار نسبت بار شکست به وزن گنبد به جز در نوع کند که به اندازه ٪7 کاهش یافته است، در نوع معمولی به اندازه ٪29 و در نوع تند به اندازه ٪41 افزایش یافته است.

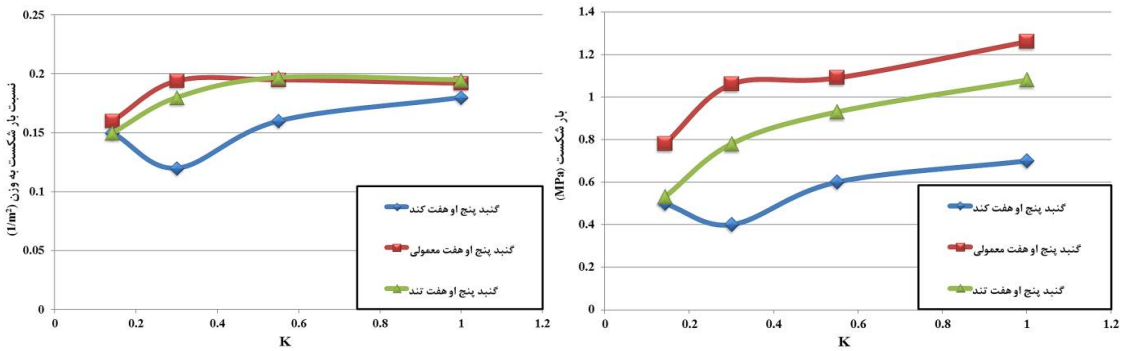
گنبد	t (m)	to (m)	K	W (MN)	p_w (MPa)	Q ($1/m^2$)
پنج او هفت کند	1/11	0/16	0/144	3/12	0/5	0/15
		0/33	0/3	3/49	0/4	0/12
		0/61	0/55	3/33	0/6	0/16
		1/11	1	4/16	0/7	0/18
پنج او هفت معمولی	1/62	0/23	0/142	4/96	0/78	0/16
		0/49	0/3	5/43	1/06	0/194
		0/89	0/55	5/59	1/09	0/195
		1/62	1	6/55	1/26	0/192
پنج او هفت تند	1/45	0/21	0/144	3/62	0/53	0/15
		0/44	0/3	4/3	0/78	0/18
		0/79	0/54	4/7	0/93	0/197
		1/45	1	5/51	1/08	0/195

ج 10. نسبت K، بار شکست فشاری و نسبت بار به وزن گنبد پنج او هفت با دهانه 12 m تحت فشار یکنواخت.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

گنبد پنج او هفت	دهانه (m)	اندازه بهینه K	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مبنا	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مبنا	Q ($1/m^2$)
کند	12	0/144	-35%	-25%	0/15
معمولی		0/3	-16%	-17%	0/195
تند		0/54	-14%	-15%	0/2
کند	15	0/144	-33%	-25%	0/08
معمولی		0/144	-19%	-16%	0/09
تند		0/3	-32%	-26%	0/09
کند	18	0/144	37%	-26%	0/04
معمولی		0/144	-35%	-18%	0/45
تند		0/144	6%	-21%	0/06

ج 11. نسبت‌های بهینه K برای بهینه گنبدهای پنج او هفت براساس معیار شکست ویلام- وارنک.



(ب) (الف)

ن 4. گنبدهای پنج او هفت با دهانه 12 m تحت فشار یکنواخت: (الف) بار شکست، (ب) نسبت بار شکست به وزن.

تعیین بار شکست گنبدها تحت بار متمرکز

گنبدهایی که در بخش قبل شکل بهینه آن‌ها تحت اثر فشار یکنواخت به‌دست آمد، در این بخش تحت بار متمرکز قرار می‌گیرند و بار شکست آن‌ها تحت این بار محاسبه می‌گردد. در این حالت، دو بار متمرکز مساوی در زاویه 57° نسبت به قاعده گنبد و به‌صورت متقارن بر پوسته گنبد وارد می‌شود (تصویر شماره 4(ب)). اندازه بار به تدریج افزایش می‌یابد تا براساس معیار شکست ویلام-وارنک گنبد دچار شکست شود. به‌منظور جلوگیری از تمرکز تنش، در محل اعمال بار متمرکز از یک ورق فولادی مربعی شکل به ضخامت 0/01 m و به ضلع 0/2 m استفاده شده است. بار شکست حاصل از تحلیل گنبدهای با شکل بهینه با بار شکست نمونه‌های مشابهی که دارای شکل بهینه نیستند و در تحقیق دیگری [12] مورد تحلیل قرار گرفته‌اند مقایسه می‌گردد. در نمونه‌های مشابه غیر بهینه، ضخامت گنبدها براساس ضخامت گنبدهای اجرا شده انتخاب گردیده‌اند. در گنبدهای بهینه، ضخامت پایه مساوی ضخامت گنبدهای غیر بهینه و ضخامت رأس برابر ضخامت حاصل از بهینه‌سازی انتخاب شده‌اند. ابعاد هندسی این دو دسته گنبد برای حالت دهانه 15 m در جدول‌های شماره 12 تا 15 ارائه شده است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

دهانه (m)	K	to (m)	t (m)
12	0/19	0/1596	0/84
15	0/19	0/1995	1/05
18	0/2	0/252	1/26

ج 12. ابعاد هندسی گنبدهای نیم دایره اجرا شده با شکل غیر بهینه تحت بار متمرکز [12].

گنبد	K	to (m)	t (m)
شاخ بزی کند	0/6	0/9	1/5
شاخ بزی معمولی	0/75	1/125	1/5
شاخ بزی تند	0/8	1/2	1/5
پنج او هفت کند	0/4	0/6	1/5
پنج او هفت معمولی	0/6	0/9	1/5
پنج او هفت تند	0/55	0/825	1/5

ج 13. ابعاد هندسی گنبدهای اجرا شده با شکل غیر بهینه با دهانه 15 m تحت بار متمرکز [12].

دهانه (m)	K	to (m)	t (m)
12	0/2	0/168	0/84
15	0/2	0/21	1/05
18	0/2	0/252	1/26

ج 14. ابعاد هندسی گنبدهای نیم دایره با شکل بهینه تحت بار متمرکز.

گنبد	K = to/t	to (m)	t (m)
شاخ بزی کند	0/3	0/45	1/5
شاخ بزی معمولی	0/3	0/45	1/5
شاخ بزی تند	0/3	0/45	1/5
پنج او هفت کند	0/144	0/216	1/5
پنج او هفت معمولی	0/144	0/216	1/5
پنج او هفت تند	0/54	0/81	1/5

ج 15. ابعاد هندسی گنبدهای با شکل بهینه با دهانه 15 m تحت بار متمرکز.

گنبدهای نیم‌دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m و گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت در سه نوع کند، معمولی و تند و در دهانه 15 m مدل‌سازی و تحلیل شدند. بار شکست گنبدهای نیم دایره با شکل بهینه در دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m نسبت به گنبدهای نیم دایره با شکل غیر بهینه براساس معیار شکست ویلام- وارنک به ترتیب ٪6، ٪8 و ٪0، و براساس تئوری تنش اصلی حداکثر به ترتیب ٪26، ٪12 و ٪44 افزایش یافته است (جدول شماره 16). لازم به ذکر است که برای گنبدهای نیم دایره شکل گنبدهای اجرا شده غیر بهینه بسیار نزدیک به شکل گنبدهای بهینه بوده است و به‌همین براساس معیار شکست ویلام- وارنک بار شکست تغییر زیادی نکرده است. براساس همین معیار شکست، در گنبدهای شاخ بزی کند، معمولی و تند به ترتیب ٪54، ٪17 و ٪39 افزایش و در گنبدهای پنج او هفت کند، معمولی و تند به ترتیب ٪6، ٪79 و ٪36 افزایش مشاهد می‌شود (جدول شماره 17).

گنبد نیم‌دایره	دهانه 12 m	دهانه 15 m	دهانه 18 m
بار شکست گنبد با شکل غیر بهینه براساس معیار شکست ویلام- وارنک (MN)[12]	3/25	2/75	2
بار شکست گنبد با شکل بهینه براساس معیار شکست ویلام- وارنک (MN)	3/43	2/96	2
بار شکست گنبد با شکل بهینه براساس تئوری تنش اصلی حداکثر (MN)	4/65	3/25	2/89

ج 16. بار شکست گنبد نیم‌دایره تحت بار متمرکز.

گنبد	کند	معمولی	تند
بار شکست گنبد شاخ بزی با شکل غیر بهینه (MN) [12]	1/75	3	2
بار شکست گنبد شاخ بزی با شکل بهینه (MN)	2/69	3/5	2/78
بار شکست گنبد پنج او هفت با شکل غیر بهینه (MN) [12]	4/8	4/1	4/5
بار شکست گنبد پنج او هفت با شکل بهینه (MN)	5/1	7/33	7/12

ج 17. بار شکست گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت با دهانه 15 m تحت بار متمرکز و براساس معیار شکست ویلام- وارنک.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

بار کمانش گنبدهای دارای شکل بهینه تحت فشار یکنواخت

برای نسبت‌های بهینه K به‌دست آمده، بار کمانش برای گنبدهای نیم دایره در دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m و برای گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت در سه نوع کند، معمولی و تند در دهانه 15 m تحت فشار یکنواخت در پنج مود اول که دارای شکل‌های مودی متفاوتی هستند به‌دست آمد (جدول شماره 18). در گنبدهای نیم دایره با کاهش اندازه دهانه بار کمانش افزایش می‌یابد. برای مود اول کمانش، بار کمانش گنبد نیم دایره با دهانه 12 m نسبت به دهانه‌های 15 mو 18 m به ترتیب 25% و 35٪ افزایش نشان می‌دهد. برای دهانه 15 m، میانگین بار کمانش گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت به ترتیب 84% و 78٪ بیشتر از بار کمانش گنبد نیم دایره است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که بار کمانش گنبدهای نیم دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m به ترتیب 15/61، 12/79 و 11/86 برابر بار شکست آن‌ها تحت فشار یکنواخت است. بار کمانش گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت با دهانه 15 m در سه نوع کند، معمولی و تند به ترتیب 8/09، 10/16، 10/63، 12/47، 12/40 و 15/52 برابر بار شکست آن‌ها تحت فشار یکنواخت می‌باشد. با توجه به اینکه اندازه بار کمانش گنبدها بسیار بزرگ‌تر از بار شکست آن‌ها می‌باشد، در صورتی که گنبدها تحت فشار یکنواختی قرار گیرند بسیار زودتر از آن که وارد مرحله کمانش شوند، دچار شکست مصالح می‌گردند و کمانش آن‌ها غیر محتمل است.

	مود اول	مود دوم	مود سوم	مود چهارم	مود پنجم
گنبد نیم‌دایره 12 m	6/558	6/573	6/610	6/618	7/016
گنبد نیم‌دایره 15 m	5/242	5/309	5/325	5/392	5/687
گنبد نیم‌دایره 18 m	4/864	4/896	4/949	4/998	5/146
گنبد شاخ بزی کند 15 m	8/667	8/924	8/972	9/126	9/172
گنبد شاخ بزی معمولی 15 m	9/217	9/268	9/838	9/840	10/341
گنبد شاخ بزی تند 15 m	11/065	11/289	14/465	14/816	15/557
گنبد پنج او هفت کند 15 m	5/713	5/738	7/881	7/899	8/286
گنبد پنج او هفت معمولی 15 m	9/053	9/098	10/327	10/359	11/579
گنبد پنج او هفت تند 15 m	9/471	9/567	11/143	11/155	12/237

ج 18. بار کمانش گنبدهای آجری تحت فشار یکنواخت (MPa).

نتیجه

نتایج حاصل از بهینه‌یابی شکل و تعیین بار شکست و بار کمانش گنبدهای تاریخی آجری ایرانی به شرح زیر است.

1- براساس شکست گنبد تحت فشار یکنواخت، نسبت بهینه ضخامت رأس به ضخامت پایه در گنبدهای نیم دایره K=0/2 است. در این نسبت بهینه، بر مبنای معیار شکست ویلام- وارنک مقدار بار شکست برای دهانه‌های مختلف تقریباً ثابت است ولی مقدار نسبت بار شکست به وزن گنبد با کاهش دهانه گنبد افزایش می‌یابد. نسبت بار شکست به وزن گنبد نیم دایره با دهانه‌های 15 m و 12 m به ترتیب 50٪ و 200٪ بیشتر از همین نسبت در دهانه 18 m است. بر مبنای تئوری تنش اصلی حداکثر مقدار بار شکست برای دهانه‌های 12 m و 18 m مساوی هم و 1/2 برابر بار شکست مربوط به دهانه 15 m است. ولی مقدار نسبت بار

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

شکست به وزن گنبد برای دهانه 12 m، 8/9 برابر این مقدار در دهانه‌های 15 m و 18 m است. مقادیر حاصل از معیار شکست ویلام-وارنک همواره کوچک‌تر از مقادیر به‌دست آمده از تئوری تنش اصلی حداکثر است.

2- بر مبنای شکست گنبد تحت فشار یکنواخت، برای گنبدهای شاخ بزی کند، معمولی و تند در دهانه‌های مختلف نسبت بهینه K=0/3 صادق است، به جز در گنبد شاخ بزی معمولی با دهانه 18 m که دارای نسبت بهینه K=0/03 است. اندازه نسبت بار شکست به وزن گنبد با کاهش دهانه زیاد می‌شود. در دهانه‌های 12 m و 15 m مقادیر نسبت بار شکست به وزن گنبد از نوع تند به نوع معمولی به اندازه ٪44 و سپس از نوع معمولی به نوع کند به اندازه ٪96 افزایش می‌یابد. در دهانه 18 m حداکثر این نسبت مربوط به نوع معمولی می‌باشد که 1/75 برابر نوع تند و 1/4 برابر نوع کند است. میانگین افزایش نسبت بار شکست به وزن گنبدهای شاخ بزی نسبت به گنبدهای نیم دایره در دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m به ترتیب برابر ٪25، ٪27 و ٪ 33 است.

3- براساس شکست گنبد تحت فشار یکنواخت، برای اکثر گنبدهای پنج او هفت کند، معمولی و تند در دهانه‌های مختلف نسبت بهینه K=0/144 حاصل شده است، به جز در نوع معمولی با دهانه 12 m و نوع تند با دهانه 15 m که نسبت بهینه برابر K=0/3، و در نوع دهانه 12 m که نسبت بهینه مساوی K=0/54 است. در این گنبدها با کاهش اندازه دهانه مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن افزایش می‌یابد، مگر در مورد نوع معمولی با دهانه 18 m که دارای بیشترین نسبت بار شکست به وزن در بین کلیه نمونه‌های پنج او هفت است. برای دهانه‌های یکسان، مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن گنبدهای پنج او هفت بیشتر از گنبدهای نیم دایره است. این در حالی است که مقادیر بار شکست گنبدهای پنج او هفت کمتر از گنبدهای شاخ بزی است و نسبت بار شکست به وزن گنبد در مواردی کمتر و در مواردی بیشتر می‌باشد.

4- براساس شکست گنبد تحت بار متمرکز، بار شکست گنبدهای با شکل بهینه نسبت به گنبدهای با شکل غیر بهینه افزایش می‌یابد.

5- براساس کمانش تحت فشار یکنواخت، با کاهش دهانه بار کمانش افزایش می‌یابد. میانگین بار کمانش گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت به ترتیب 1/84 و 1/78 برابر بار کمانش گنبد نیم دایره است. میانگین بار کمانش گنبدهای نیم دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m، 13/42 برابر میانگین بار شکست آن‌ها تحت فشار یکنواخت است. میانگین بارهای کمانش گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت کند، معمولی و تند برای دهانه 15 m به ترتیب 9/63 و 13/46 برابر بار شکست آن‌ها تحت فشار یکنواخت است. بنابراین گنبدهای مورد مطالعه قبل از این که دچار کمانش شوند، دچار شکست می‌گردند.

فهرست منابع

- احمدی، وکیل؛ بهشتی، صمد. (1386)، بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و رفاهی سالمندان در ایران، نشریه جمعیت، شماره 61 و 62، صص: 38- 19.
- ادهمی، عبدالرضا؛ اکبرزاده، الهام. (1390)، بررسی عوامل فرهنگی مؤثر بر حفظ محیط زیست شهر تهران (مطالعه موردی مناطق 5 و 18 تهران)، فصلنامه جامعه‌شناسی مطالعات جوانان، سال دوم، شماره 1، صص: 62- 37.
- ادیب، سمیرا؛ عزیزیان، محمدصادق. (1389)، مدیریت پسماندهای روستایی و نقش آن در حفظ محیط‌زیست، اولین

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

کنگره چالش‌های کود در ایران، نیم قرن مصرف کود، هتل المپیک، تهران.
- ارزانی، حسین؛ میرداوودی، حمید؛ فرحپور، مهدی؛ عظیمی، مژگان؛ کابلی، حسن. (1384)، روند تغییرات پوشش گیاهی و تولید مراتع در استان مرکزی طی یک دوره 5 ساله، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره 12، صص: 436- 409.
- اژدری‌فرد، فاطمه؛ احمدوند، مصطفی. (1390)، واکاوی عملکرد شوراهای اسلامی در مسیر توسعه پایدار روستایی، پژوهش‌های روستایی، سال دوم، شماره 3، صص: 100- 77.
- افتخاری، عبدالرضا رکن‌الدین؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ عینالی، جمشید. (1386)، نگرشی نو به مدیریت روستایی با تأکید بر نهادهای تاثیرگذار، فصلنامه روستا و توسعه، سال 10، شماره 2، صص: 31- 1.
- ایمانی جاجرمی، حسین؛ عبداللهی، مجید. (1388)، بررسی تحولات مدیریت روستایی در ایران از مشروطیت تا زمان حاضر، راهبرد، شماره 52، صص: 244- 221.
- بخشی، جمال؛ مسیحی، سعیدرضا؛ کتان‌فروش، حمیدرضا. (1388)، بررسی تاثیر اقتصادی و اجتماعی در بهبود مدیریت مراتع، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره 84، صص: 49- 45.
- بیات، ناصر؛ رستگار، ابراهیم؛ عزیزی، فاطمه. (1390)، حفاظت محیط زیست و مدیریت منابع خاک روستایی در ایران، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره 2، صص: 78- 63.
- توانا، محمدحسن؛ توکلی، جعفر. (1386)، اسکان عشایر و تخریب مراتع در استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه روستا و توسعه، سال 10، شماره 2، صص: 63- 32.
- جوزی، سید علی؛ دهقانی، محسن؛ زارعی، مرتضی. (1391)، ارائه برنامه راهبردی مدیریت پسماندهای روستایی به روش AWOT (مطالعه موردی: میناب)، محیط‌شناسی، سال 38، شماره 4، صص: 108- 93.
- خبری، زهرا؛ فاخران، سیما؛ سودائی‌زاده، حمید. (1391)، بررسی تاریخچه نقش زنان در حفاظت از محیط زیست، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.
- دربان‌آستانه، علیرضا. (1388)، نقش دهیاری‌ها در مدیریت و توسعه فضای سبز روستایی، دهیاریها، شماره 29، صص: 18- 13.
- دربان‌آستانه، علیرضا؛ قدیری معصوم، مجتبی؛ فیروزی، محمدعلی. (1391)، بررسی ارتباط بین عملکرد سازمانی و مهارت‌های کارآفرینی مدیران محلی روستایی، پژوهش‌های روستایی، سال سوم، شماره 1، صص: 59- 27.
- رضوی، نیلوفر. (1390)، ضرورت و مبانی مشارکت کودکان در توانمندسازی جوامع روستایی، مسکن و محیط روستا، شماره 33، صص: 38- 29.
- سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. (1385)، محیط زیست روستا (مدیریت مواد زائد، فضای سبز روستا و...) از سری متون آموزشی ویژه دهیاران، مرکز مطالعات و خدمات تخصصی شهری و روستایی، پژوهشکده علوم انسانی و اجتماعی جهاد دانشگاهی.
- شریفی‌نیا، زهرا؛ مشیری، رحیم؛ حسینی، علی. (1389)، نقش فقر روستایی بر توسعه پایدار (تخریب محیط زیست: مرتع) مطالعه موردی: بخش پشت آب شهرستان زابل، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال هفتم، شماره 26، صص: 29- 15.
- صیدالی، محسن؛ صادقی، غلام؛ میرزایی، زهرا. (1390)، جایگاه مدیریت در پیشبرد اهداف توسعه روستایی، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره 2، صص: 91- 79.
- عزمی، آئیژ.(1388)، توسعه فیزیکی روستا و حفاظت از محیط زیست، مسکن و محیط روستا، شماره 128، صص: 15- 2.
- عزمی، آئیژ؛ مطیعی لنگرودی، حسن. (1390)، مروری بر مشکلات زیست محیطی روستاهای ایران و راهکارهای حل این مشکلات، مسکن و محیط روستا، شماره 133، صص: 115- 101.
- غنیان، منصور؛ خانی، فضیله؛ قدیری معصوم، مجتبی. (1387)، نقش زنان روستایی در بهره‌برداری، حفاظت و احیاء عرصه‌های طبیعی بیابانی (مطالعه موردی استان خوزستان)، پژوهش زنان، دوره 6، شماره 1، صص: 135- 119.
- فال‌سلیمان، محمود؛ صادقی، حجت‌اله؛ مرادی، محمود؛ کاووسی، غلامرضا. (1391)، بررسی و ارزیابی عملکرد دهیاران در فرایند مدیریت و توسعه روستایی، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، شماره اول، صص: 95- 73.
- فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن. (1389)، مکانیابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه‌ای تحلیل، فصلنامه مدرس، دوره 14، شماره 1، صص: 149- 127.
- کامل‌نیا، حامد؛ حقیر، سعید. (1388)، الگوهای طراحی فضای سبز در شهر دوستدار کودک، باغ‌نظر، شماره 12، سال 6، صص: 88- 77.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]

- نعمتی‌زاده، محمدرضا. (1390)، مدیریت منابع کشاورزی و مدیریت خاک، ماهنامه دامپروران، شماره 116، صص: 43- 41.
- محرم‌نژاد، ناصر؛ حیدری، عمران. (1385)، تدوین الگوی مدیریتی توسعه پایدار آموزش محیط زیست برای نسل جوان کشور، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره 28، صص: 77- 68.
- محمدی یگانه، بهروز؛ نباتی، عباس؛ چراغی، مهدی. (1391)، تبیین اثرات اجرای طرح هادی بر بهبود کیفیت زندگی در نواحی روستایی، مسکن و محیط روستا، شماره 139، صص: 113- 99.
- مهندس، ابوطالب. (1344)، منابع آب‌های ایران از نظر توسعه اقتصادی، نشر بیتا، تهران.
- مینائی، امیرحسین؛ صبوری، محمدصادق. (1389)، بررسی عوامل روانشناختی مؤثر بر دیدگاه متخصصان کشاورزی استان سمنان درباره کشاورزی پایدار، فصلنامه تازه‌های روانشناسی صنعتی/ سازمانی، سال اول، شماره سوم، صص: 63- 57.
- وسکوئی اشکوری، نرجس؛ لاهیجانیان، اکرم الملوک. (1389)، بررسی نقش آموزش زیست محیطی در مدیریت زیست محیطی زنان روستایی (مطالعه موردی: منطقه غرب استان مازندران)، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال پنجم، شماره چهارم، صص: 88- 75.
- Environments: Legacies and Lessons, Yale School of Forestry and Environmental Studies Bulletin, 108-122.
- NAAEE (2000), Early childhood environmental education programs: guidelines for excellence, Washington, D.C. USA.
- Nan, Wang, Banghong, Zhao, Haifen, Yang (2011), A research on impacting factor of rural environment and environment protection awareness of farmers, Energy Procedia, Vol 5, pp:2623- 2628.
- PRB (2001), Women, men and environmental change: the gender dimensions of environmental policies and programs, Population Reference Bureau.
- Riquelme, Montero, Francisco J. Brasa Ramos, Antonio (2005), Land and water use management in vine growing by using geographic information system in Castilla-La Mancha, Spain, agricultural water management, an international Journal, Elsevier, Vol. 77, issues 1-3, pp: 82-95.
- Scapini, F (2004), The women and the environment, Training of trainers in INtegration of Gender Dimension in water management in the Mediterranean region.
- INGEDI project. Bari: CIHEAM. pp. 77 -80.
- Seager, Joni and Toepfer, Klaus (2005), Gender, Environment and The Millennium Development Goals: the UNEP perspective, Perceptions, 10 (2), 115- 140.
- Sewell, Sandra (2012), Towards a practice framework: women, locality, environment, Center for Women's Studies, James Cook University.
- Winterton, Rachel and Warburton, jeni (2012), Ageing in the bush: the role of rural places in maintaining identity for long term rural residents and retirement migrants in north-east Victoria, Australia, Journal of rural studies, Vol. 28, Issue. 4, pp: 329- 337.
- Xianghao, Zhong, Li Xiangmei, PENG Chuanzhong (2004), Analysis on the status of farmers, Agriculture and countryside, and development strategies and measures in Tibet Autonomous Region, Journal of Mountain Science, Vol 1, No 2, pp: 175- 182.
-Begum, Julekha, Women, environment and sustainable development: making the links, United Nations Environment Programme.
- Circa Group Europe (2013), strategic environmental assessment of the draft rural development programme, available on: www.agriculture.gov.ie.
- Commission for Environmental Cooperation (2006), Children's health and the environment in North America, a first report on available indicators and measures, cec. org.
- Davies, Amanda (2011), On constructing aging rural populations: capturing the grey nomad, Rural Studies, Vol. 27, Issue. 2, pp: 191- 199.
- Dodic, S. N., Stevan, D. P., Jelena, M., Dodic, J. A., Rankovic, Z (2010), Biomass energy in Vojvodina: Market conditions, environment and food security, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, Issue 2, pp: 862- 867.
- Escobar, Jose c, Electo S. Lora, Osvaldo J. Venturinin, Edgar E. Yanez, Edgar F. Castillo, Oscar Almazan (2009), Biofuels: Environment, technology and food security, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 6-7, pp: 1275- 1287.
- Gomiero, Tiziano, Maurizio G. Paoletti (2008), Organic and Sustainable agriculture and energy conservation ,chapter 17, AvailableOn:link.Springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4020-8654-0_17.
- Guiriba, Glenton (2010), The role of women in environmental conservation in Sorsogon province, Philippines, 4th Asian rural sociology association (ARSA) international conference.
- Hicks Patrick, Julie; Epperly Cottrell, Lesley and A. Barnes, Kristi (2001), Gender, emotional support, and well-being among the rural elderly, Sex Roles, Vol. 45, Nos. 1/ 2, pp: 15- 29.
- Mills, J., Gaskell, P., Reed, M., Short, C., Ingram, J., Boatman, N., Jones, N., Conyers, S., Carey, P., Winter, M., Lobley, M (2013), Farmer attitudes and evaluation of outcomes to on-farm environmental management, countryside and community research institute Food and Environment Research Agency, centre for Rural Policy, Exeter University.
-Morvaridi, Behrooz (1998), Environmental degradation in Eastern Turky: The Case of Contract Farming. Transformations of Middle Eastern Natural

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-09]