

مسکن و محیط زیست

شماره ۱۵۵ ♦ پاییز ۹۵ ♦

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

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

1393/09/02

تاریخ دریافت مقاله:

1394/11/28

تاریخ پذیرش مقاله:

61

چکیده

در این مقاله به بهینه‌یابی شکل گنبدهای تاریخی آجری ایرانی با شکل‌های هندسی مختلف و تحت فشار یکنواخت، تعیین بار شکست تحت بار متتمرکز 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 15 m, 12 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 $K=0/2$ به عنوان نسبت بهینه شکل گنبد نیم دایره به دست 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 $K=0/144$ می‌باشد. 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 متتمرکز 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.

مقدمه

گنبدهای آجری تاریخی بخشی مهم از عناصر معماری ایرانی را تشکیل می‌دهند که شناخت رفتار سازه‌های آن‌ها و بررسی تأثیر 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 مرکزی با بار شکست مرکز 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 [2] ANSYS برای تحلیل غیر خطی استفاده شده است.

مروار پیشینه تحقیق

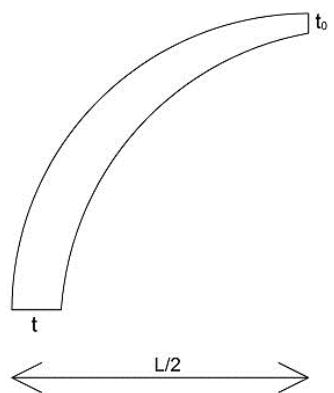
در سال‌های اخیر محققان و پژوهشگران رفتار سازه‌ای مصالح بنایی را با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند. گانجو [3] در سال ۱۹۹۷ مدلی از مصالح بنایی با خصوصیات میانگین و با صرف نظر کردن از تأثیر اتصالات ملات در حالی که امکان شکست‌های موضعی را نیز در نظر می‌گرفت ارائه داد. شوبرت [4] در سال ۱۹۸۸ در تحقیقی به بررسی تنش‌های کششی و فشاری آجرهای مختلف و به دست آوردن محدوده مشخص برای این تنش‌ها پرداخت. بیندا و همکاران [5] در سال ۱۹۸۸ در تحقیقاتی به بررسی حالت‌های 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 ۱۹۸۴ یک مدل المان محدود غیرخطی از مصالح بنایی

تعريف متغیرها و معیار بهینه بودن

در تصویر شماره ۱ متغیرهای مربوط به هندسه گنبدها نشان داده شده است که در آن t 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_s , P_w , Z به ترتیب بار شکست تحت فشار یکنواخت براساس معیار شکست ویلام-وارنک، بار شکست تحت فشار یکنواخت براساس تنش اصلی حداکثر، نسبت بار شکست 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_s یا P_w) باشند.

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 تکیه گاه‌ها (قاعده گنبد) مقید شده‌اند. به منظور حصول اطمینان از کافی بودن تعداد المان‌های مورد استفاده در تحلیل المان محدود جهت همگرایی نتایج، تحلیل‌های مختلفی انجام گرفت و بر آن مبنای مشخص شد که بسته به طول دهانه تعداد المان بین 13000 و 20000 برای همگرایی کافی است.

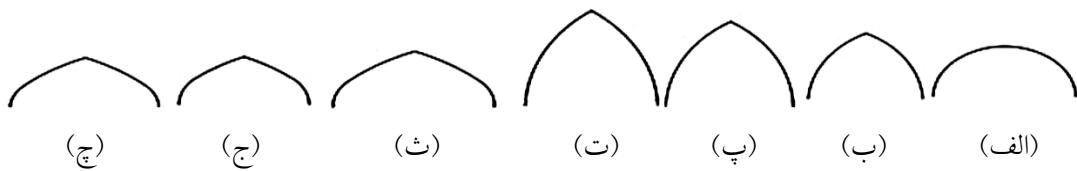
برای تعیین شکل بهینه گنبد، نمونه‌های مختلف گنبدها با نسبت‌های مختلف K مدل‌سازی و تحلیل شده‌اند. پس از تعیین بار شکست گنبدها تحت فشار یکنواخت، مقدار بهینه K برای گنبدها به دست آمده است. گنبدهای دارای نسبت کمتر K و دارای بیشترین نسبت بار شکست به وزن دارای شکل بهینه هستند. با رگذاری نمونه‌های مورد تحلیل در مواردی به صورت فشار یکنواخت و در مواردی به شکل بار متمرکز در نظر گرفته شده است. بر سطح گنبد دو بار متمرکز مساوی مقایران 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 به صورت هم زمان تحت بار وزن نیز می‌باشند. تصویر شماره 4 نحوه اعمال بار به گنبدها را نشان می‌دهد.



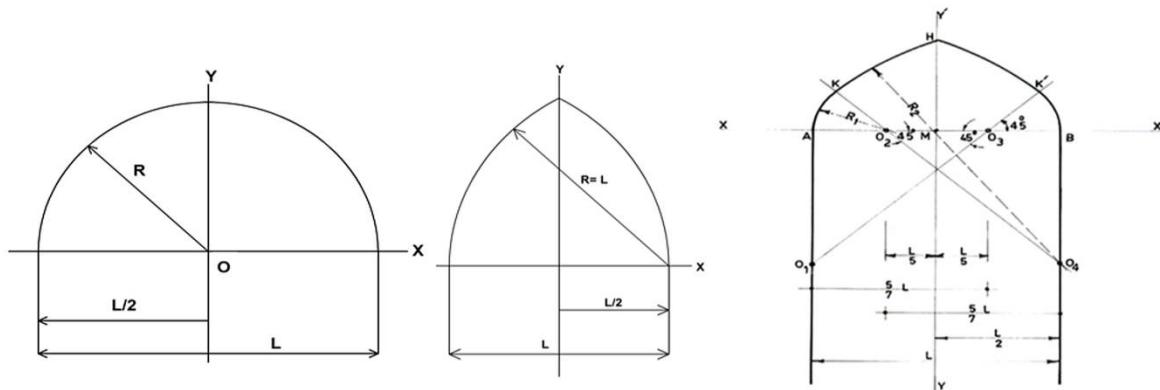
ت ۱. پارامترهای هندسی مقطع گنبدهای مورد مطالعه.

مشخصات گنبدهای مورد مطالعه و روش آنالیز

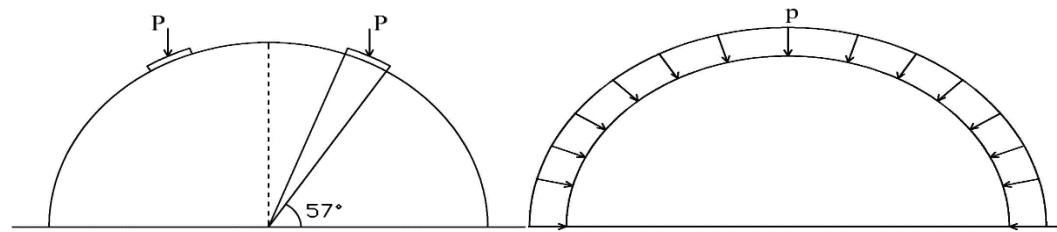
هفت نمونه از گنبدهای آجری ایرانی در دهانه‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. گنبدهای مورد مطالعه عبارت اند از: گنبد نیم‌دایره، شاخ بزی و پنج او هفت که گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت هر کدام دارای سه نوع کند، معمولی و تند می‌باشند. گنبدهای مطالعه شده در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m مدل‌سازی شده‌اند. تصویر 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 به کار رفته برای تعیین شکل یکنواخت، مقدار 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، به کار می‌رود و قابلیت تعریف معیارهای شکست مورد استفاده در این مقاله را دارد. جهت تعیین بار کم‌اش گنبدها تحت فشار یکنواخت از المان شش وجهی Solid45 استفاده شده است که دارای هشت گره و سه درجه آزادی تغییرمکانی در هر گره



ت 2. هندسه گنبدهای مورد مطالعه: (الف) نیم دایره، (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 نیم دایره در دهانه 12 m [11].



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

خصوصیات مصالح و معیارهای شکست
خصوصیات مکانیکی مصالح به کار رفته در ساخت
گنبدهای مورد مطالعه که از مطالعات آزمایشگاهی و
سایر منابع به دست آمده است در جدول ارائه شده
است [11]. می‌توان از یک نمودار خطی - سهمی برای
رابطه بین تنش و کرنش مصالح آجر و ملات به کار رفته
در سازه براساس روابط (1) و (2) استفاده کرد که در آن

مقاومت فشاری و E مدول الاستیسیته مصالح

ترکیبی آجر و ملات می‌باشند (نمودار شماره 1 (الف)) [5].

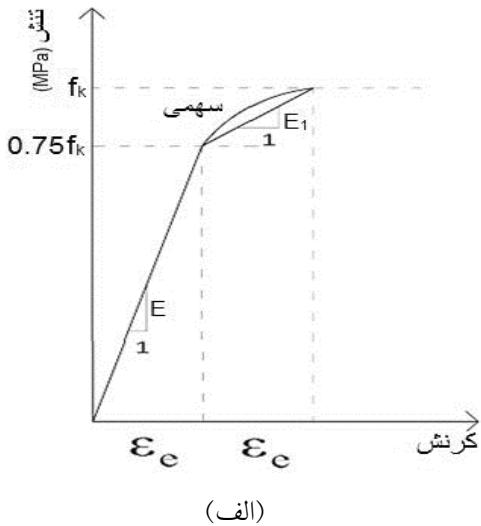
$$\sigma = E \varepsilon_e, \quad \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad (1)$$

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

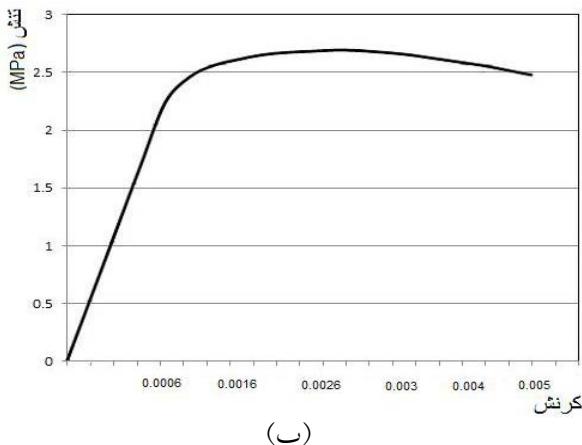
$$\varepsilon_e \leq \varepsilon \leq 2\varepsilon_e$$

$$\varepsilon_e = 0.75 f_k / E \quad (2)$$

هیدرواستاتیک قرار داده می شود، مقاومت فشاری برای حالتی از فشار تک محوری که بر روی تنش هیدرواستاتیک قرار داده می شود، تنش هیدرواستاتیک، ضریب افزایش سختی ترک در کشش، ضریب انتقال برش ترک باز و ضریب انتقال برش ترک بسته می باشند. فولاد مصرفی برای ورق از نوع فولاد معمولی با خصوصیات جرم حجمی 7850 kg/m^3 ، تنش تسلیم 240 MPa ، مدول الاستیسیته 200 GPa و ضریب پواسون $0.3/0$ می باشد.



(الف)



(ب)

ن ۱. (الف) نمودار پیشنهادی تنش-کرنش برای مصالح ترکیبی آجر و ملات [۵]، (ب) نمودار تنش-کرنش مصالح بنایی مورد استفاده در این تحقیق [۱].

با قرار دادن مقادیر جدول شماره ۱ برای مصالح گنبدها در روابط (۱) و (۲)، رابطه تنش-کرنش به صورت روابط (۳) و (۴) در می آید (نمودار شماره ۱(ب)).

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

$$\begin{aligned} \sigma &= (f_k / 4)[7(\epsilon / \epsilon_e) - 2(\epsilon / \epsilon_e)^2 - 2] \\ \sigma &= (2.73 / 4)[7(\epsilon / 7.5 \times 10^{-4}) - 2(\epsilon / 7.5 \times 10^{-4})^2 - 2] \\ 7.5 \times 10^{-4} \leq \epsilon &\leq 15 \times 10^{-4} \end{aligned} \quad (4)$$

از معیار شکست ویلام-وارنک به منظور کنترل تنش‌های گنبدها استفاده شده است [13]. همچنین جهت کنترل تنش‌ها در برخی مدل‌ها از تشوری تنش اصلی حداقل استفاده گردیده است. پارامترهای معیار شکست ویلام-وارنک برای ترکیب مصالح آجر و ملات جهت استفاده در نرم‌افزار ANSYS براساس روابط (۵) تا (۹) [14]، رابطه (۱۰) [۱۵] و رابطه (۱۱) [۱۶] محاسبه و در جدول شماره ۲ نشان داده شده‌اند.

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

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

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

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

TFC باید محاسبه شود اگر $f_1 = 1 \text{ MPa}$

$$\text{TFC} = 0.6 \quad \text{اگر } f_1 = 1 \text{ MPa} \quad (9)$$

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

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

که β_C ، β_t ، TCF، $|\sigma_h^a|$ ، f_2 ، f_1 ، f_{cb} ، f_c و f_t را 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

فشاری برای مصالح تک محوری که بر روی تنش

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 گند (که بیشتر بودن آن به معنای مناسب تر 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. گندی 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 گند ماکریم می‌باشد و این نسبت به عنوان مقدار بهینه K برای گندهای با مقاطع نیم دایره انتخاب می‌گردد. البته در نزدیکی $K=0/9$ نیز نسبت بار شکست به وزن گند دارای ماکریم دیگری است ولی این مقدار K به عنوان مقدار بهینه انتخاب نمی‌شود زیرا از لحاظ معماری در شرایط باربری تقریباً مشابه، گندی انتخاب می‌گردد که دارای ضخامت رأس کمتری باشد. برای کلیه مقادیر K، مقدار بار شکست و مقدار نسبت بار شکست به وزن گند حاصل از معیار شکست ویلام-وارنک همواره کمتر از مقادیر حاصل از تئوری تنش اصلی حداکثر می‌باشد. برای نسبت بهینه K، در معیار اول مقادیر بار شکست برای گندهای نیم دایره با دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m به ترتیب برابر $0/42$ MPa، $0/41$ MPa و $0/41$ 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 گند 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 گند بهینه نسبت به بار شکست گند مبنای (گندی که در آن تغییرات ضخامت وجود ندارد ($K=1$)) در گندهای نیم

خصوصیات مکانیکی	ملات (گچ و خاک)	آجر	ملات	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 کثشی (MPa)	0/25	0/53	0/27	
مقاومت فشاری (MPa)	1	5/3	2/73	
ضریب انبساط ($\text{m/m}^\circ\text{C}$)	$0/6 \times 10^{-5}$	$0/6 \times 10^{-5}$	$0/6 \times 10^{-5}$	حرارتی

ج. 1. خصوصیات مکانیکی مصالح گندها [11].

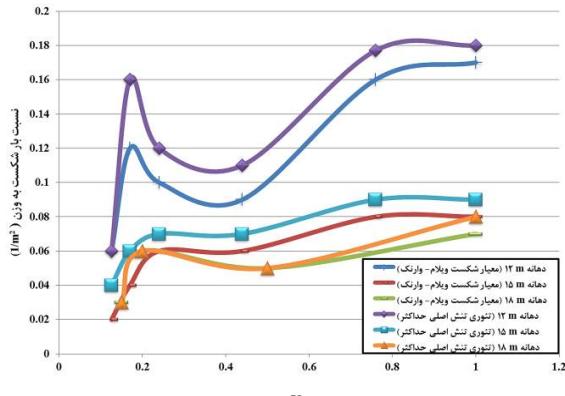
0/6	TCF
4/71	f2 (MPa)
3/96	f1 (MPa)
4/73	σha (MPa)
3/276	fcb (MPa)
2/73	fc (MPa)
0/27	ft (MPa)
0/75	βc
0/15	βt

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

تعیین شکل بهینه گندها تحت فشار یکنواخت گند نیم دایره

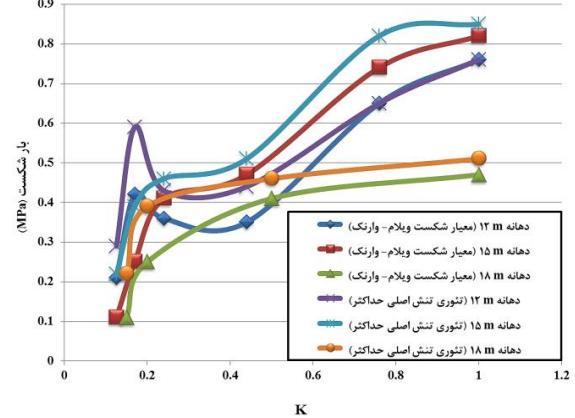
گندهای نیم دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m در نسبت‌های مختلف K تحت فشار یکنواخت مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل در جدول‌های 3 تا 7 و نمودار شماره 2 نشان داده شده است. با افزایش K وزن گند و بار شکست آن (به جز دو مورد در دهانه 12 m) افزایش می‌یابد. برای یک مقدار ثابت K، بر مبنای هم معیار شکست ویلام-وارنک و هم تئوری تنش اصلی

قبل از توسعه گستردۀ 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 بدست 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. به همین دلیل، در ادامه فقط از معیار شکست ویلام - وارنک استفاده می‌گردد.



(ب)

دایره با دهانه‌های 15 m, 12 m و 18 m در معیار اول به ترتیب 45%, 46% و 44% و در تئوری دوم به ترتیب 30%, 28% و 44% می‌باشد. به طور کلی به دلیل 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، به ویژه



(الف)

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)	F_a (MPa)	F_w (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 گندب نیم‌دایره با دهانه 12 m تحت فشار یکنواخت.

Z (1/m ²)	Q (1/m ²)	F_a (MPa)	F_w (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 گندب نیم‌دایره با دهانه 15 m تحت فشار یکنواخت.

$Z (1/m^2)$	$Q (1/m^2)$	$P_a (\text{MPa})$	$P_{\text{FM}} (\text{MPa})$	W (MN)	K	$t_0 (\text{m})$	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 نیم دایره با دهانه 18 m تحت فشار یکنواخت.

$(1/m^2) Q$	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مینا	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مینا	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. نسبت های بهینه K برای گنبد نیم دایره براساس معیار شکست ویلام - وارنک.

$(1/m^2) Z$	تغییرات وزن نسبت به وزن گنبد مینا	تغییرات بار شکست نسبت به بار شکست گنبد مینا	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. نسبت های بهینه K برای گنبد نیم دایره براساس تئوری تنش اصلی حداقل.

شکست به وزن به ترتیب مربوط به نوع کند و نوع تند می باشد. از نظر نسبت بار شکست به وزن گنبد، اختلاف بین هر زوج از نمونه های کند، تند و معمولی در حدود 7% است. براساس جدول شماره 9 نسبت $K = 0/3$ برای سایر دهانه ها نیز مقدار بهینه است، مگر در مورد گنبد شاخ بزی معمولی با دهانه 18 m که در آن مقدار $K = 0/08$ بهینه می باشد. در نسبت بهینه $K = 0/3$ ، بار شکست گنبد شاخ بزی 12 m در سه نوع کند، معمولی و تند نسبت به گنبد های شاخ بزی با دهانه 15 m در سه نوع کند، معمولی و تند به ترتیب 29/2%， 16/2% 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 39/2%， 25/9% و 23/3% افزایش یافته است. حداقل مقادیر نسبت بار شکست به

گنبد های شاخ بزی

روند تعیین شکل بهینه گنبد های شاخ بزی نیز مانند گنبد های نیم دایره می باشد. گنبد های شاخ بزی در سه نوع کند، معمولی و تند و در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m تحت فشار یکنواخت مدل سازی و مورد تحلیل قرار گرفته اند. در تحلیل از معیار شکست ویلام - وارنک استفاده شده است. نتایج در جدول های 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 حداقل مقدار خود می رستند و به همین دلیل این نسبت به عنوان نسبت بهینه انتخاب می شود. در این نسبت بهینه، بیشترین و کمترین مقادیر بار شکست و نسبت بار

مقادیر بار شکست و نسبت بار شکست به وزن بیشتری نسبت به گنبد نیم دایره هستند. میانگین مقدار افزایش نسبت بار شکست به وزن گندهای شاخ بزی ۱۵ m، ۱۲ m، ۱۰ m و ۸ m به ترتیب برابر ۲۷٪، ۲۵٪، ۲۷٪ و ۳۳٪ است.

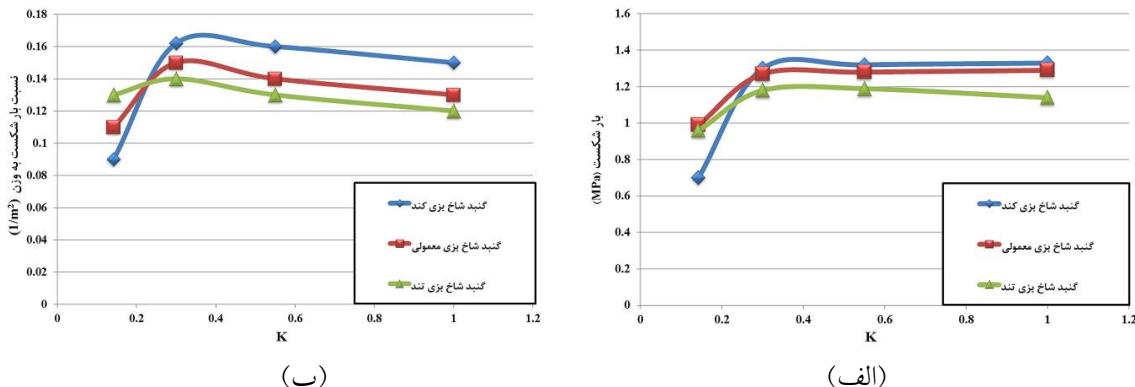
وزن گنبد به ترتیب برابر $0/16 \text{ m}^2$ مربوط به گنبد شاخ بزی کند با دهانه ۱۲ m و $0/16 \text{ m}^2$ مربوط به گنبد شاخ بزی تند با دهانه ۱۸ m است (جدول شماره ۹). مقایسه جدول‌های شماره ۳ تا ۶، ۸ و ۹ نشان می‌دهد که در دهانه‌های یکسان، انواع گندهای شاخ بزی دارای

$Q (\text{m}^2)$	$p_{\text{av}} (\text{MPa})$	$W (\text{MN})$	K	$t_0 (\text{m})$	$t (\text{m})$	گنبد
0/09	0/7	7/81	0/142	0/2	1/4	شاخ بزی کند
0/162	1/3	7/98	0/3	0/42		
0/16	1/32	8/19	0/5	0/7		
0/15	1/33	8/69	1	1/4		
0/11	0/99	8/7	0/142	0/2	1/4	شاخ بزی معمولی
0/15	1/27	8/8	0/3	0/42		
0/14	1/28	9/1	0/5	0/7		
0/13	1/29	9/6	1	1/4		
0/13	0/96	7/78	0/14	0/19	1/32	شاخ بزی تند
0/14	1/18	8/76	0/3	0/4		
0/13	1/19	9/1	0/53	0/7		
0/12	1/14	9/5	1	1/32		

ج ۸. نسبت K، بار شکست و نسبت بار به وزن گنبد شاخ بزی ۱۲ m تحت فشار یکنواخت.

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

ج ۹. نسبت‌های بهینه K برای گندهای شاخ بزی براساس معیار شکست ویلام - وارنک.



ن ۳. گندهای شاخ بزی با دهانه ۱۲ m تحت فشار یکنواخت: (الف) بار شکست، (ب) نسبت بار شکست به وزن.

گند پنج او هفت

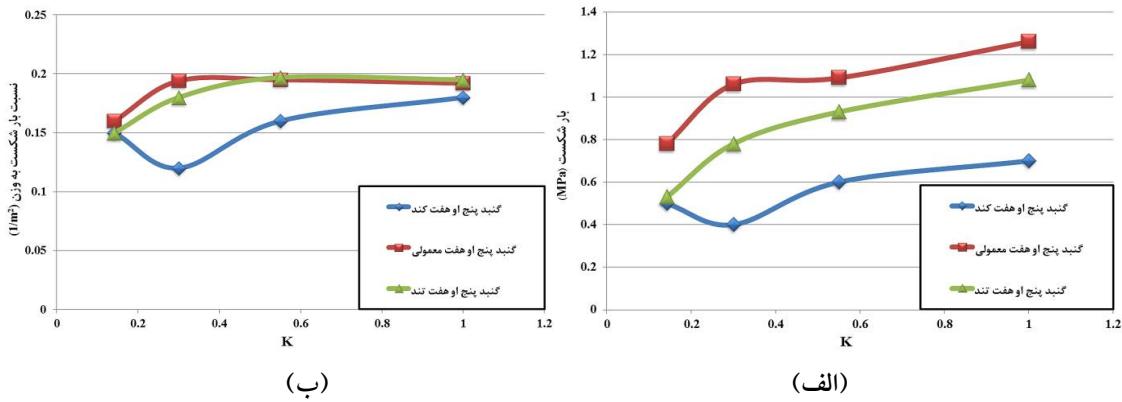
گندهای پنج او هفت مانند سایر گندها در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m و در سه نوع کند، معمولی و تند تحت فشار یکنواخت و براساس معیار شکست ویلام-وارنک تحلیل شدند که نتایج آن در جدول‌های شماره 10 و 11 و نمودار شماره 4 نشان داده شده است. بر خلاف گندهای نیم دایره و شاخ بزی، مقدار بهینه نسبت K بر حسب طول دهانه و نوع قوس بین سه مقدار 0/3، 0/144 و 0/54 تغییر می‌کند. برای گند پنج او هفت معمولی با دهانه 12 m و گند پنج او هفت تند با دهانه 15 m نسبت بهینه برابر $K=0/3$ ، برای گند پنج او هفت تند با دهانه 12 m نسبت بهینه برابر $K=0/54$ و برای سایر گندهای پنج او هفت نسبت بهینه برابر $K=0/144$ می‌باشد. در گندهای 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 30/8%， 3/7% و 34/2% درصد افزایش می‌یابد و این افزایش نسبت به دهانه 18 m به ترتیب برابر 16/6% و 41% افزایش یافته است.

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

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

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

ج ۱۱. نسبت‌های بهینه K برای گنبدهای پنج او هفت براساس معیار شکست ویلام-وارنک.



ن ۴. گنبدهای پنج او هفت با دهانه m 12 تحت فشار یکنواخت: (الف) بار شکست، (ب) نسبت بار شکست به وزن.

صلع 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 گند برای حالت دهانه 15 m در جدول‌های شماره 12 تا 15 ارائه شده است.

تعیین بار شکست گنبدها تحت بار مرکز گنبدهایی که در بخش قبل شکل بهینه آن‌ها تحت اثر فشار یکنواخت به دست آمد، در این بخش تحت بار مرکز قرار می‌گیرند و بار شکست آن‌ها تحت این بار محاسبه می‌گردد. در این حالت، دو بار مرکز مساوی در زاویه 57° نسبت به قاعده گند و به صورت متقابل بر پوسته گند وارد می‌شود (تصویر شماره 4(ب)). اندازه بار به تدریج افزایش می‌یابد تا براساس معیار شکست ویلام-وارنک گند دچار شکست شود. به منظور جلوگیری از تمرکز تنش، در محل اعمال بار مرکز از یک ورق فولادی مربعی شکل به ضخامت 0/01 m و به

شدند. بار شکست گندهای نیم دایره با شکل بهینه در دهانه‌های 12 m، 15 m و 18 m نسبت به گندهای 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% و 12% و 44% افزایش یافته است (جدول شماره 16). لازم به ذکر است که برای گندهای نیم دایره شکل گندهای اجرا شده غیر بهینه بسیار نزدیک به شکل گندهای بهینه بوده است و بهمین براساس معیار شکست ویلام - وارنک بار شکست تغییر زیادی نکرده است. براساس همین معیار شکست، در گندهای شاخ بزی کند، معمولی و تند به ترتیب 54% و 39% افزایش و در گندهای پنج او هفت کند، معمولی و تند به ترتیب 79% و 36% افزایش مشاهد می‌شود (جدول شماره 17).

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

ج 16. بار شکست گند نیم دایره تحت بار متتمرکز.

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

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

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

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

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

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

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

ج 14. ابعاد هندسی گندهای نیم دایره با شکل بهینه تحت بار متتمرکز.

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

ج 15. ابعاد هندسی گندهای با شکل بهینه با دهانه 15 m تحت بار متتمرکز.

گندهای نیم دایره در سه دهانه 12 m، 15 m و 18 m و گندهای شاخ بزی و پنج او هفت در سه نوع کند، معمولی و تند و در دهانه 15 m مدل‌سازی و تحلیل

بار کمانش گنبدهای دارای شکل بهینه تحت فشار یکنواخت

برای نسبت‌های بهینه K به دست آمده، بار کمانش برای گنبدهای نیم دایره در دهانه‌های 12 m , 15 m و 18 m برای گنبدهای شاخ بزی و پنج او هفت در سه نوع کند، معمولی و معمولی و تند در دهانه 15 m تحت فشار یکنواخت در پنج مود اول که دارای شکلهای مسودی متفاوتی هستند به دست 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 m و 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

و 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 $8/09$, $10/16$, $12/47$, $10/63$ 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 پنجم	مود چهارم	مود سوم	مود دوم	مود اول	
7/016	6/618	6/610	6/573	6/558	گنبد نیم دایره 12 m
5/687	5/392	5/325	5/309	5/242	گنبد نیم دایره 15 m
5/146	4/998	4/949	4/896	4/864	گنبد نیم دایره 18 m
9/172	9/126	8/972	8/924	8/667	گنبد شاخ بزی کند
10/341	9/840	9/838	9/268	9/217	گنبد شاخ بزی معمولی
15/557	14/816	14/465	11/289	11/065	گنبد شاخ بزی تند
8/286	7/899	7/881	5/738	5/713	گنبد پنج او هفت کند
11/579	10/359	10/327	9/098	9/053	گنبد پنج او هفت معمولی
12/237	11/155	11/143	9/567	9/471	گنبد پنج او هفت تند

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

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 حداقل 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

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

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 به دست آمده از تئوری تنش اصلی حداقل 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 حداقل 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

فهرست منابع

- احمدی، وکیل؛ بهشتی، صمد. (1386)، بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناسنامی و رفاهی سالمندان در ایران، نشریه جمعیت، شماره 61 و 62، صص: 19-38.
- 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: 37-62.
- ادیب، سعید؛ عزیزیان، محمدصادق. (1389)، مدیریت پسماندهای روستایی و نقش آن در حفظ محیط‌زیست، اولین

- مهارت‌های کارآفرینی مدیران محلی روستایی، پژوهش‌های روستایی، سال سوم، شماره ۱، صص: ۵۹-۲۷.
- رضوی، نیلوفر. (۱۳۹۰)، ضرورت و مبانی مشارکت کودکان در توانمندسازی جوامع روستایی، مسکن و محیط روستا، شماره ۳۳، صص: ۳۸-۲۹.
- سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. (۱۳۸۵)، مجیط 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. (۱۳۸۹)، نقش فقر روستایی بر توسعه پایدار (تخیریب محیط زیست: مرجع) مطالعه موردی: بخش پشت آب شهرستان زابل، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال هفتم، شماره ۲۶، صص: ۲۹-۱۵.
- صیدالی، محسن؛ صادقی، غلام؛ میرزاپور، زهرا. (۱۳۹۰)، جایگاه مدیریت در پیشبرد اهداف توسعه روستایی، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره ۲، صص: ۹۱-۷۹.
- عزمی، آثیر. (۱۳۸۸)، توسعه فیزیکی روستا و حفاظت از محیط زیست، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۲۸، صص: ۱۵-۲.
- عزمی، آثیر؛ مطیعی لنگرودی، حسن. (۱۳۹۰)، مروری بر مشکلات زیست محیطی روستاهای ایران و راهکارهای حل این مشکلات، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۳، صص: ۱۱۵-۱۰۱.
- غنیان، منصور؛ خانی، فضیله؛ قدیری معصوم، مجتبی. (۱۳۸۷)، نقش زنان روستایی در بهره‌برداری، حفاظت و احیاء عرصه‌های طبیعی بیابانی (مطالعه موردی استان خوزستان)، پژوهش زنان، دوره ۶، شماره ۱، صص: ۱۳۵-۱۱۹.
- فال‌سلیمان، محمود؛ صادقی، حجت‌الله؛ مرادی، محمود؛ کاووسی، غلامرضا. (۱۳۹۱)، بررسی و ارزیابی عملکرد دهیاران در فرایند مدیریت و توسعه روستایی، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، شماره اول، صص: ۹۵-۷۳.
- فرجی سبکبار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن. (۱۳۸۹)، مکانیابی محل دفن بهداشتی زیاله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه‌ای تحلیل، فصلنامه مدرس، دوره ۱۴، شماره ۱، صص: ۱۴۹-۱۲۷.
- کامل‌نیا، حامد؛ حقیر، سعید. (۱۳۸۸)، الگوهای طراحی فضای سبز در شهر دوستدار کودک، باغ‌نظر، شماره ۱۲، سال ۶، صص: ۸۸-۷۷.
- کنگره چالش‌های کود در ایران، نیم قرن مصرف کود، هتل المپیک، تهران.
- ارزانی، حسین؛ میرداودی، حمید؛ فرچبور، مهدی؛ عظیمی، مژگان؛ کابلی، حسن. (۱۳۸۴)، روند تغییرات پوشش گیاهی و تولید مراعع در استان مرکزی طی یک دوره ۵ ساله، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۱۲، صص: ۴۳۶-۴۰۹.
- اژدری‌فرد، فاطمه؛ احمدوند، مصطفی. (۱۳۹۰)، واکاوی عملکرد شوراهای اسلامی در مسیر توسعه پایدار روستایی، پژوهش‌های روستایی، سال دوم، شماره ۳، صص: ۱۰۰-۷۷.
- افتخاری، عبدالرضا رکن‌الدین؛ سجاسی قیداری، حمدادله؛ عینالی، جمشید. (۱۳۸۶)، نگرشی نوبه مدیریت روستایی با تأکید بر نهادهای تاثیرگذار، فصلنامه روستا و توسعه، سال ۱۰، شماره ۲، صص: ۳۱-۱.
- ایمانی جاجرمی، حسین؛ عبداللله‌ی، مجید. (۱۳۸۸)، بررسی تحولات مدیریت روستایی در ایران از مشروطیت تا زمان حاضر، راهبرد، شماره ۵۲، صص: ۲۲۱-۲۴۴.
- بخشی، جمال؛ مسیحی، سعیدرضا؛ کتان‌فروش، حمیدرضا. (۱۳۸۸)، بررسی تاثیر اقتصادی و اجتماعی در بهبود مدیریت مرتع، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۸۴، صص: ۴۹-۴۵.
- بیات، ناصر؛ رستگار، ایراهیم؛ عزیزی، فاطمه. (۱۳۹۰)، حفاظت محیط زیست و مدیریت متابع خاک روستایی در ایران، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره ۲، صص: ۷۸-۶۳.
- توانا، محمدحسن؛ توکلی، جعفر. (۱۳۸۶)، اسکان عشایر و تخریب مراعع در استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه روستا و توسعه، سال ۱۰، شماره ۲، صص: ۶۳-۳۲.
- جوزی، سید علی؛ دهقانی، محسن؛ زارعی، مرتضی. (۱۳۹۱)، ارائه برنامه راهبردی مدیریت پسماندهای روستایی به روش AWOT (مطالعه موردی: میناب)، محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۴، صص: ۱۰۸-۹۳.
- خبری، زهرا؛ فاخران، سیما؛ سودائی‌زاده، حمید. (۱۳۹۱)، بررسی تاریخچه نقش زنان در حفاظت از محیط زیست، دومنی کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.
- دریان‌آستانه، علیرضا. (۱۳۸۸)، نقش دهیاری‌ها در مدیریت و توسعه فضای سبز روستایی، دهیاریها، شماره ۲۹، صص: ۱۸-۱۳.
- دریان‌آستانه، علیرضا؛ قدیری معصوم، مجتبی؛ فیروزی، محمدعلی. (۱۳۹۱)، بررسی ارتباط بین عملکرد سازمانی و

- 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. Venturinini, 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 Turkey: The Case of Contract Farming. Transformations of Middle Eastern Natural
- نعمتیزاده، محمدرضا. (1390)، مدیریت منابع کشاورزی و مدیریت خاک، ماهنامه دامپروران، شماره 116، صص: 41- 43.
- محرم نژاد، ناصر؛ حیدری، عمران. (1385)، تدوین الگوی مدیریتی توسعه پایدار آموزش محیط زیست برای نسل جوان کشور، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره 28، صص: 68- 77.
- محمدی یگانه، بهروز؛ نباتی، عباس؛ چراغی، مهدی. (1391)، تبیین اثرات اجرای طرح هادی بر بهبود کیفیت زندگی در نواحی روستایی، مسکن و محیط رosta، شماره 139، صص: 99- 113.
- مهندس، ابوطالب. (1344)، منابع آب های 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 تازه های روانشناسی صنعتی / سازمانی، سال اول، شماره سوم، صص: 57- 63.
- وسکوئی اشکوری، نرجس؛ لاهیجانیان، اکرم الملوك. (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: 75- 88.
- 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 INTergration 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.