



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی گوارن

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره پنجم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی تأثیر شکل پرتاب‌کننده جامی در سرریز شوت با استفاده از مدل عددی

*محمد کاکش‌پور^۱، محمدرضا پیرستانی^۲ و محمود ذاکری‌نیری^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران،

^۲استادیار گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،

^۳استادیار گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: جریان بر روی سرریزها عموماً جریانی فوق بحرانی با انرژی جنبشی بالا هست. به همین دلیل استفاده از مستهلک‌کننده‌های انرژی بر روی سرریزها امری اجتناب‌ناپذیر است. پرتاب‌کننده جامی شکل یکی از اجزای سرریز سد برای اتلاف انرژی است. پژوهش‌های انجام‌شده بر روی پرتاب‌کننده‌های جامی منجر به آن شد که علاوه بر پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای نوع دیگری از پرتاب‌کننده‌ها تحت عنوان پرتاب‌کننده جامی مثلثی با دو شکل متفاوت تحت عنوان‌های A و B ارائه گردد. در این پژوهش به بررسی و مقایسه پارامترهایی هم‌چون عمق جریان، سرعت جریان، عدد فرود جریان، عدد کاونتاسیون بر روی پرتاب‌کننده‌های جامی دایره‌ای و دو نوع پرتاب‌کننده‌های جامی مثلثی نوع A و B پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش با مطالعه بر روی مدل فیزیکی سرریز سد بالا‌رود به مدل‌سازی عددی آن در نرم‌افزار FLOW-3D پرداخته شد. در مدل‌سازی از روش حجم سیال VOF و مدل تلاطمی RNG استفاده شد. در این پژوهش پس از معرفی دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی تحت عناوین A و B و همچنین پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای به بررسی آن‌ها در سرریز سد بالا‌رود پرداخته شد. در این پژوهش ۵ دبی مورد بررسی قرار گرفت که شامل دبی طراحی و PMF جریان نیز هست. سپس به مقایسه بین نتایج آزمایشگاهی و عددی در ۲۰ مقطع مدل آزمایشگاهی و عددی پرداخته شده است. سپس به مقایسه بین مدل‌های عددی دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی و پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای پرداخته شده است. تجزیه و تحلیل نتایج این پژوهش منجر به پیشنهاد یک نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی به‌عنوان جایگزین مناسب برای پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای گردید.

یافته‌ها: نتایج مقایسه بین مدل عددی و آزمایشگاهی نشان داد که مدل عددی دارای خطایی معادل ۱۵ درصد می‌باشد. بررسی رفتار هیدرولیکی سه نوع پرتاب‌کننده همچنین نشان می‌دهد که پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای یک نوع رفتار بینابینی در بررسی در مقایسه با دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی A و B مورد بررسی در پارامترهای عمق، سرعت، عدد فرود از خود نشان می‌دهد. همچنین رفتار عمق جریان در این سه نوع پرتاب‌کننده جامی دقیقاً عکس رفتار

* مسئول مکاتبه: mohammadkakeshpour@yahoo.com

سرعت و عدد فرود است. همچنین در مورد سه پارامتر سرعت و عدد فرود و عمق باید گفت که رفتار قسمت انتهایی شوت نیز نسبت به جام نیز کاملاً برعکس است. بررسی رفتار عدد کاویتاسیون این سه پرتاب‌کننده نیز نشان داد که پرتاب‌کننده نوع A به‌عنوان جایگزین مناسب و مطمئن در مقایسه با پرتاب‌کننده دایره‌ای معرفی گردید و استفاده از پرتاب‌کننده مثلثی نوع B توصیه نگردید.

نتیجه‌گیری: بررسی رابطه بین عدد فرود و عدد کاویتاسیون در ناحیه انتهایی شوت و پرتاب‌کننده جامی شکل نشان می‌دهد که در یک نقطه بحرانی بیش‌ترین پتانسیل خوردگی رخ می‌دهد و لزوماً در بیش‌ترین عدد فرود، بیش‌ترین پتانسیل خوردگی رخ نمی‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پرتاب‌کننده جامی، سرریز شوت، عدد کاویتاسیون

مقدمه

سرریزها از جمله سازه‌های هیدرولیکی مهم سدها هستند و موجب پایداری سد و مناطق پایین‌دست در زمان وقوع سیلاب می‌شوند. این سازه‌ها جهت جلوگیری خسارت جریان آب به بدنه سد و تأسیسات وابسته آن، آب اضافی را در شرایط سیلابی تخلیه می‌کند (۵). نکته مهم و قابل‌توجه در طراحی سرریزها آن است که عموماً جریان بر روی سرریزها، جریان فوق بحرانی و دارای سرعت و انرژی بالایی هست. بنابراین برای جلوگیری از تخریب پایین‌دست سرریزها و ایجاد حفره آبستگي، استفاده از مستهلک‌کننده انرژی در انتهای سرریزها امری اجتناب‌ناپذیر است. از جمله این مستهلک‌کننده‌های انرژی، پرتاب‌کننده‌های جامی شکل هستند که معمولاً در سرریزهای شوت مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹). سارکر (۲۰۰۲) سرریز با جریان آزاد را به‌طوری‌که از پلان دارای شکل S مانند باشد، به‌صورت عددی در نرم‌افزار Fluent مدل کرد. مدل آشفتگی $k-\epsilon$ استاندارد و مدل جریان چندفازی VOF برای شبیه‌سازی استفاده شد. با مقایسه نتایج مدل عددی و فیزیکی، مدل RNG با تابع دیواره نامتعادل بهترین همخوانی را در مورد سرعت متوسط داشتند (۱۲). اولسن و کژلسوینگ

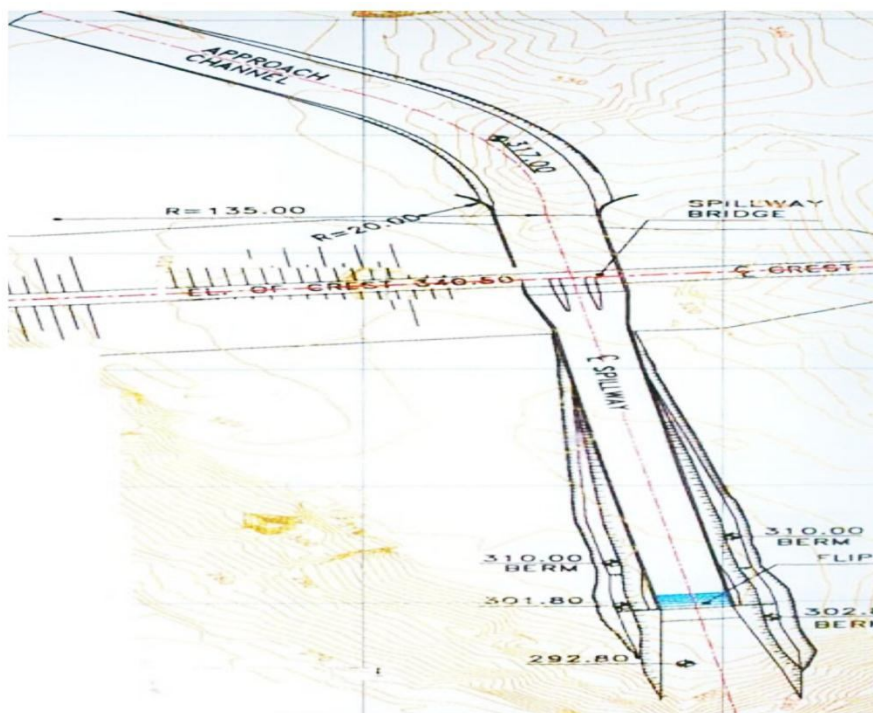
(۱۹۹۸) به بررسی عملکرد شبیه‌سازی FLOW-3D

در تحلیل مقادیر فشار و دبی عبوری از سرریز اوجی پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی عددی در مقایسه با مقادیر شبیه‌سازی فیزیکی از تطابق قابل‌قبول برخوردار بودند (۱۰). استینر و همکاران (۲۰۰۸) به پژوهش بر روی نوع دیگری از پرتاب‌کننده جامی تحت عنوان پرتاب‌کننده مثلثی شکل پرداختند. پس از مقایسه ویژگی‌های جت پرتابی مدل عددی با مدل آزمایشگاهی، به بررسی دو تیپ پرتاب‌کننده جامی مثلثی پیشنهادی که توسط استینر و همکاران (۲۰۰۸) ارائه گردید پرداخته شده است (۱۱). پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که هر چند مطالعاتی در خصوص سرریزهای شوت با جام انتهایی انجام‌شده است، ولی پژوهش‌های بیش‌تر بر روی شکل جام با تأثیر پارامترهای هیدرولیکی مختلف لازم به‌نظر می‌رسد. بنابراین با هدف بررسی و مقایسه پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای با پرتاب‌کننده جامی مثلثی، به‌ویژه بررسی هیدرولیکی جریان بر روی پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای و مثلثی شبیه‌سازی عددی جریان آب در سرریز سد (بالارود)، با استفاده از مدل FLOW-3D شبیه‌سازی گردیده و نتایج با نتایج مدل فیزیکی مقایسه و صحت‌سنجی شده است.

مواد و روش‌ها

این سد از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی به همراه تأسیسات جانبی آن در استان خوزستان در فاصله ۲۷ کیلومتری شمال شهرستان اندیمشک هست. مدل فیزیکی سرریز سد بالارود با مقیاس ۱:۱۱۰ و طولی معادل ۴۲۰ سانتی‌متر و عرضی معادل ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاعی ۱۲۰ سانتی‌متر ساخته شد. سد بالارود از نوع

سرریز شوت با تاج اوجی شکل به همراه دریچه کنترلی است. ظرفیت عبوردهی رودخانه بالارود ۸۷۰ مترمکعب در ثانیه و بیش‌ترین دبی ناشی از بزرگ‌ترین سیلاب محتمل ۳۸۵۱ مترمکعب بر ثانیه هست (۳). در شکل ۱ موقعیت قرارگیری سد بالارود نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت قرارگیری سد بالارود.

Figure 1. Balarood dam position.

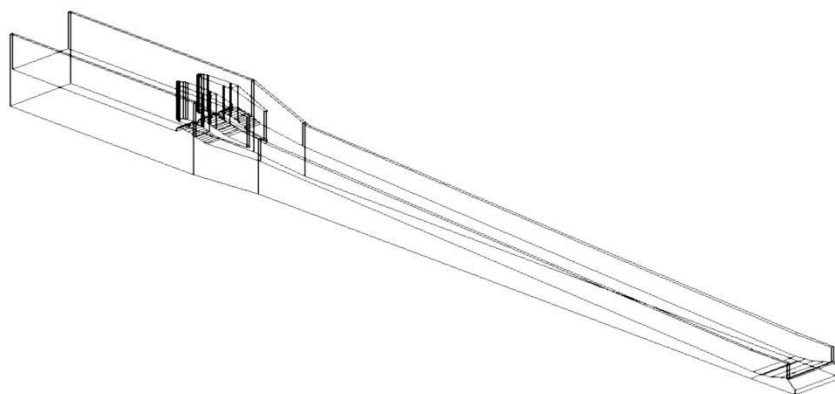
با اندازه‌گیری پارامترهایی مانند فشار، سرعت، ضریب خوردگی در مقاطع مختلف در ۲۰ مقطع در طول بررسی گردید. در شکل ۲ مدل فیزیکی سرریز سد بالارود مشاهده می‌شود. در شکل ۳ نیز موقعیت مقاطع اندازه‌گیری و هندسه سرریز مشاهده می‌گردد (۷).

مدل فیزیکی سرریز سد بالارود که از نوع اوجی دریچه‌دار با تنداب و پرتاب‌کننده جامی شکل و با استفاده از مصالح پلکسی‌گلاس در فلوم آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دانشکده مهندسی آب دانشگاه شهید چمران اهواز نصب گردید. آزمایش‌ها با برقراری ۵ دبی مختلف و متناسب با شرایط واقعی



شکل ۲- مدل آزمایشگاهی سرریز سد بالارود.

Figure 2. Physical model of Balarood spillway.

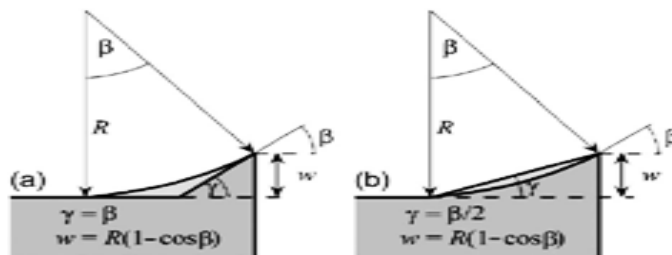


شکل ۳- نمای سه‌بعدی از سرریز سد بالارود.

Figure 3. 3D view of Balarood spillway dam.

اصلی پرتاب‌کننده جامی مثلثی طراحی و اجرای ساده آن در مقایسه با پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای است. شکل ۴ دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی را که با بررسی‌های استینر و همکاران پیشنهاد گردید نشان می‌دهد.

مقایسه بین نتایج آزمایشگاهی و نرم‌افزار FLOW-3D با استفاده از آزمون سطح اطمینان t-student انجام گردید. نتایج مقایسه نشان داد که مدل عددی از سطح اطمینان بالای ۷۰ درصد و خطای ۱۵ درصدی بین پارامترهای هیدرولیکی برخوردار هست. از مزیت‌های



شکل ۴- تصویری از دو تیپ پرتاب‌کننده جامی مثلثی شکل.

Figure 4. Two kind of triangular flip bucket.

دوم در حل معادلات استفاده می‌کند. این نرم‌افزار قابلیت به‌کارگیری پنج مدل آشفتگی به روش‌های، طول اختلاط پراکتل، مدل تک‌معادله‌ای، دو معادله‌ای و شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ (LES)، RNG، و $k-\varepsilon$ استاندارد را برای مدل‌سازی جریان دارا هست. این نرم‌افزار قادر به مدل‌سازی جریان تراکم‌پذیر و غیرتراکم‌پذیر، جریان‌های لزج و غیرلزج، آرام و متلاطم، مدل‌سازی جریان آزاد بر روی انواع سرریزها، مدل‌سازی آب‌های کم‌عمق، مدل‌سازی رسوب در رودخانه، جریان‌های دوفازی، چندفازی و جریان‌های سطح آزاد با شکل‌های سطح پیچیده را داراست. به‌عبارتی FLOW-3D یک انتخاب بسیار مناسب برای شبیه‌سازی مدل کردن جریان سیال تراکم‌ناپذیر در هندسه‌های پیچیده هست (۴). قوانین حاکم بر جریان عبارت‌اند از قانون بقای جرم و بقای مومنت که در حالت جریان آشفته و به‌صورت متوسط‌گیری شده در زمان، معادله‌های رینولدز به شکل زیر از آن‌ها استخراج می‌شود (۱):

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \mu \left[\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_j} + \frac{\partial(\rho u_j)}{\partial x_i} \right] + \frac{\partial(-\rho u_i' u_j')}{\partial x_j} \quad (2)$$

معادله مومنتم ناویر- استوکس متوسط رینولدزی توسط عظیمیان (۱۹۹۸) به‌صورت رابطه ۳ ارائه شده است (۱):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} [(\bar{\rho} + \rho')(\bar{u} + u')] + \frac{\partial}{\partial x} [(\bar{\rho} + \rho')(\bar{u} + u')(u + u')] \\ & + (\bar{\rho} + \rho') - \tau_{xx} + \frac{\partial}{\partial y} [(\bar{\rho} + \rho')(\bar{u} + u')(v + v')] \quad (3) \\ & + \frac{\partial}{\partial z} [(\bar{\rho} + \rho')(\bar{u} + u')(w + w')] - \tau_{xx} = 0 \end{aligned}$$

برای ایجاد پرتاب‌کننده جامی مثلثی با انجام ۳ تغییر به‌سادگی می‌توان پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای را به پرتاب‌کننده جامی مثلثی تغییر داد. این تغییرات عبارت‌اند از:

۱- در پرتاب‌کننده جامی مثلثی نوع A زاویه پرتاب یکسان بین پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای و مثلثی:

$$\gamma = \beta$$

۲- در پرتاب‌کننده جامی مثلثی نوع B زاویه پرتاب نصف پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای:

$$\gamma = \beta / 2$$

۳- ارتفاع پرتاب‌کننده پرتاب‌کننده جامی مثلثی نوع A و B:

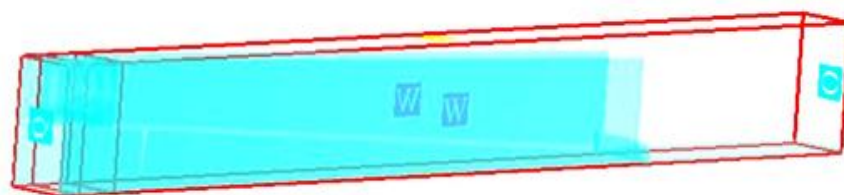
$$w = R(1 - \cos \beta)$$

به این ترتیب با ایجاد تغییرات خواسته‌شده در پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای می‌توان دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی A و B را به‌دست آورد. در این پژوهش با اعمال تغییرات خواسته‌شده که در شکل ۴ نشان داده شده است، پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای سد بالارود به دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی A و B تغییر داده شد و بررسی‌های هیدرولیکی لازم بر روی هر حالت صورت گرفت (۱۲).

مدل FLOW-3D یک مدل مناسب برای حل مسائل پیچیده دینامیک سیالات بوده و قادر است دامنه وسیعی از جریان سیالات را شبیه‌سازی کند. این نرم‌افزار برای مدل کردن جریان‌های سطح آزاد سه‌بعدی غیرماندگار با هندسه پیچیده کاربرد فراوانی دارد. در این نرم‌افزار از روش حجم سیال (VOF) برای حل معادلات حاکم بر جریان در شبکه‌بندی منظم قائم استفاده می‌شود. شکل معادلات گسسته‌سازی شده در این روش نظیر معادلات گسسته‌سازی شده در روش تفاضل محدود هست. بر این اساس، نرم‌افزار FLOW-3D از روش‌های دقت مرتبه اول و

درست داده‌های یک مدل عددی یا آزمایشگاهی، رسیدن حالت جریان به یک شرایط پایداری ضروری هست. شرایط مختلف مرزبندی به‌ازای مناسب‌ترین طول مخزن آب پشت سرریز به طول ۱ متر از سرریز در آزمون‌های مختلف بررسی شد که برای جلوگیری از طولانی شدن تنها به شرح نتایج به‌دست آمده از این آزمون‌ها پرداخته شده است. در این آزمون‌ها شرایط مختلف مرزبندی شبکه سلول محاسباتی به‌صورت مرز ورودی با حالات دبی ورودی و دبی- عمق جریان و ...، مرز خروجی و دیواره‌های جانبی شبکه سلول‌های محاسباتی در حالت دیواره و تقارن، کف و سقف شبکه سلول‌های محاسباتی به‌ترتیب، دیواره و تقارن در نظر گرفته شد. علت استفاده از دیواره‌ها وجود دیواره در کناره‌ها بود. جریان ورودی بر اساس دبی ورودی انتخاب گردید. جریان خروجی نیز به‌علت خروج جریان به‌صورت جریان خروجی انتخاب گردید. سقف بلوک نیز به‌علت حضور هوا به‌صورت شرط مرزی تقارن در نظر گرفته شد. در شکل ۵ بلوک شبکه مش‌بندی مشاهده می‌شود.

در رابطه‌های ۱، ۲ و ۳، u طولی سرعت جریان، v سرعت عرضی جریان، w سرعت قائم جریان، ρ چگالی جریان، μ لزجت دینامیکی، τ تنش برشی جریان می‌باشد. در این پژوهش از مدل‌های آشفتگی RNG استفاده شده است. همچنین در این پژوهش به‌منظور شبیه‌سازی سطح آزاد از روش VOF استفاده شده است. در روش VOF از یک تابع متغیر به نام α استفاده شده که جزء حجم آب در سلول محاسباتی است. اگر α برابر صفر باشد یعنی سلول پر از هوا بوده و برای حالتی که α بین صفر و یک باشد، درصدی از سلول آب و درصدی از آن هوا خواهد بود. بنابراین با در نظر گرفتن سطح آزاد در یک جزء حجمی معین می‌توان سطح آزاد جریان را مشخص کرد. به‌منظور تهیه هندسه میدان جریان از نرم‌افزار Solid Works 2012 و به‌منظور مدل‌سازی هیدرولیکی و مش‌بندی از نرم‌افزار FLOW-3D V10 استفاده شده است (۴). اولین گام در شبیه‌سازی عددی، کالیبره کردن مدل هست. بدین معنی که تأثیرات عوامل خارجی را باید به حداقل رسانده و شرایط مدل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر کنیم. برای استخراج مقادیر

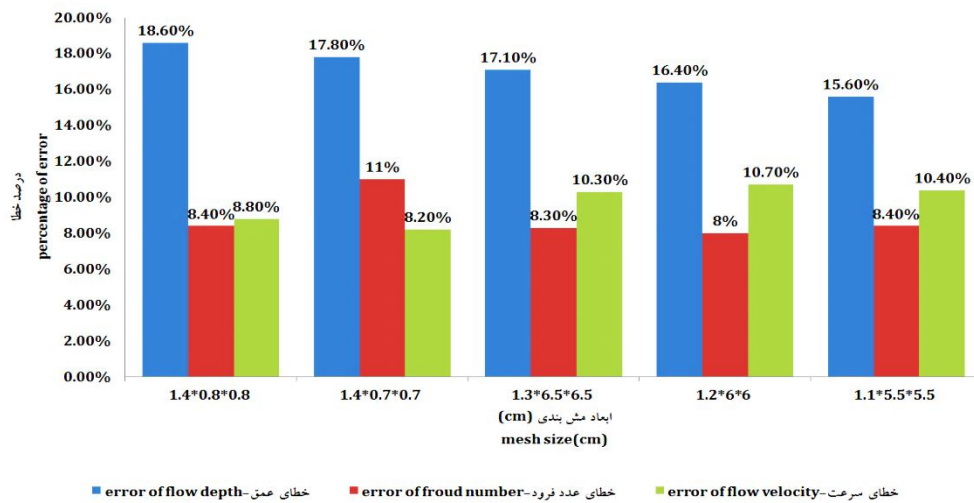


شکل ۵- بلوک شبکه مش‌بندی در مدل FLOW-3D.

Figure 5. Meshing in Flow-3D model.

گونگون در نهایت ابعاد مش‌بندی به‌صورت $14 \times 7 \times 7$ میلی‌متر در راستای طولی، عرضی و ارتفاعی در نظر گرفته شده است. در مجموع ابعاد در نظر گرفته شده عددی در حدود $1,000,000$ سلول محاسباتی در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفته شد. نتایج صحت‌سنجی بر روی ابعاد مش‌بندی در شکل ۶ نشان داده شده است.

باید اندازه شبکه مش‌بندی به‌صورت بهینه و مناسب از هر جهت برای مدل انتخاب شود و این از مهم‌ترین عوامل مؤثر در یک مدل‌سازی عددی صحیح است. ابعاد بلوک شبکه مش‌بندی مدل $4/045 \times 0/2795 \times 0/52$ سانتی‌متر است. که این ابعاد تمامی حجم مدل ساخته‌شده را پوشش می‌دهد. پس از بررسی ابعاد

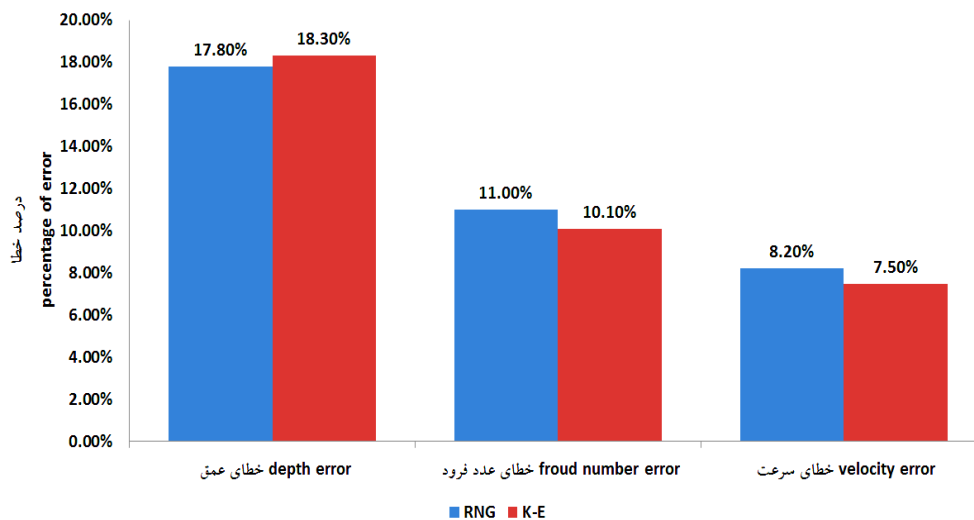


شکل ۶- مقادیر خطای عمق و سرعت و عدد فرود جریان با تغییر ابعاد مش بندی.

Figure 6. Froude, flow depth, velocity error values by changing the dimensions of the mesh.

توجه به این که سازه سرریز دارای تاج اوجی شکل و پرتاب کننده جامی شکل است از مدل آشفتگی RNG در شبیه سازی عددی استفاده شده است. نتایج صحت سنجی بر روی مدل آشفتگی در شکل ۷ نشان داده شده است.

با بررسی های صورت گرفته بین این دو مدل آشفتگی، مشخص شد که مدل عددی حاصل حساسیت چندانی نسبت به مدل آشفتگی RNG و یا K-ε استاندارد نداشته است. همان طور که اشاره شد با توجه به عملکرد بهتر مدل آشفتگی RNG سطوح دارای انحناء از عملکرد بهتری برخوردار است و با



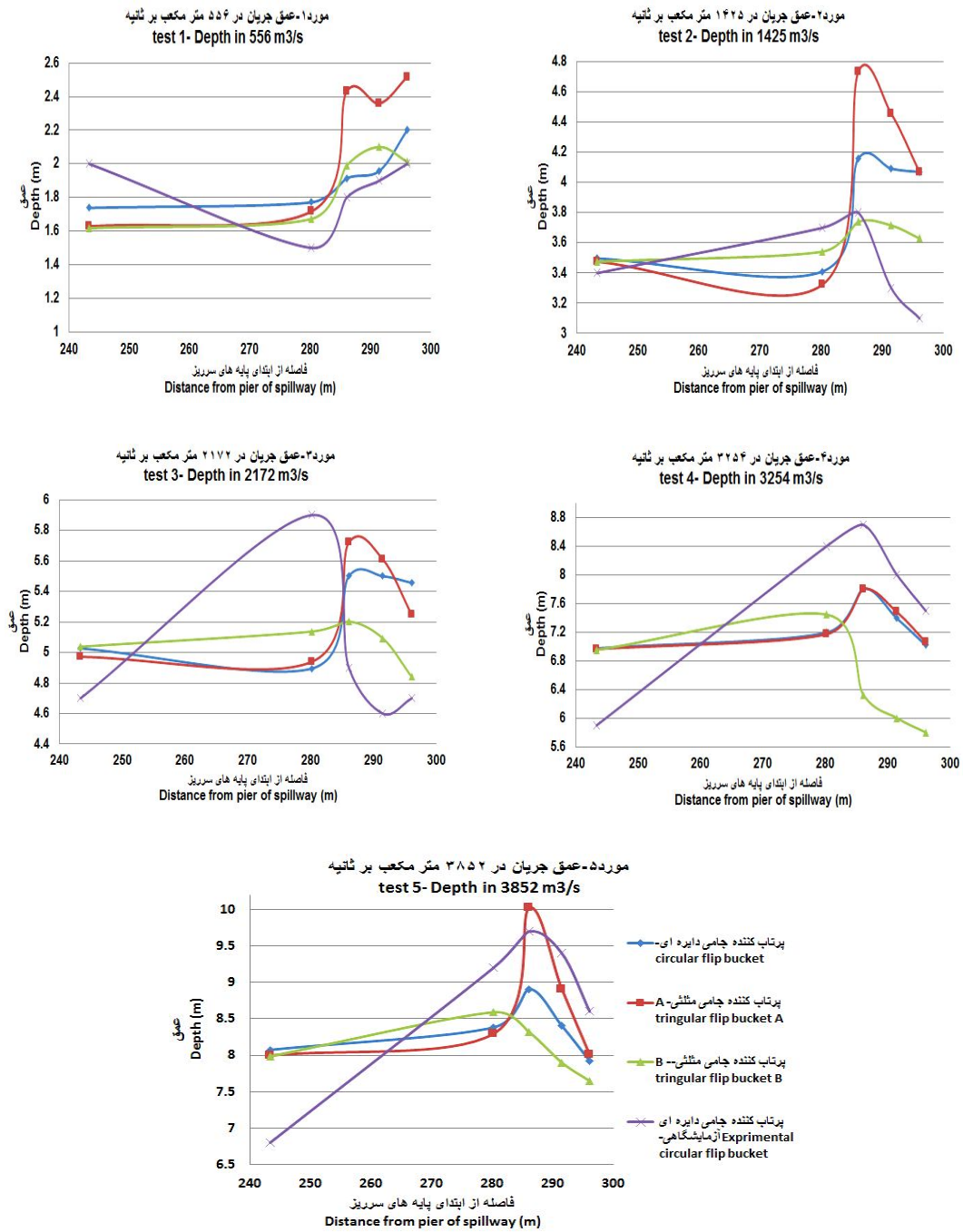
شکل ۷- مقادیر خطای عمق و سرعت و عدد فرود جریان با تغییر مدل آشفتگی.

Figure 7. Error values by changing the depth and speed and Froude turbulence mode.

نتایج و بحث

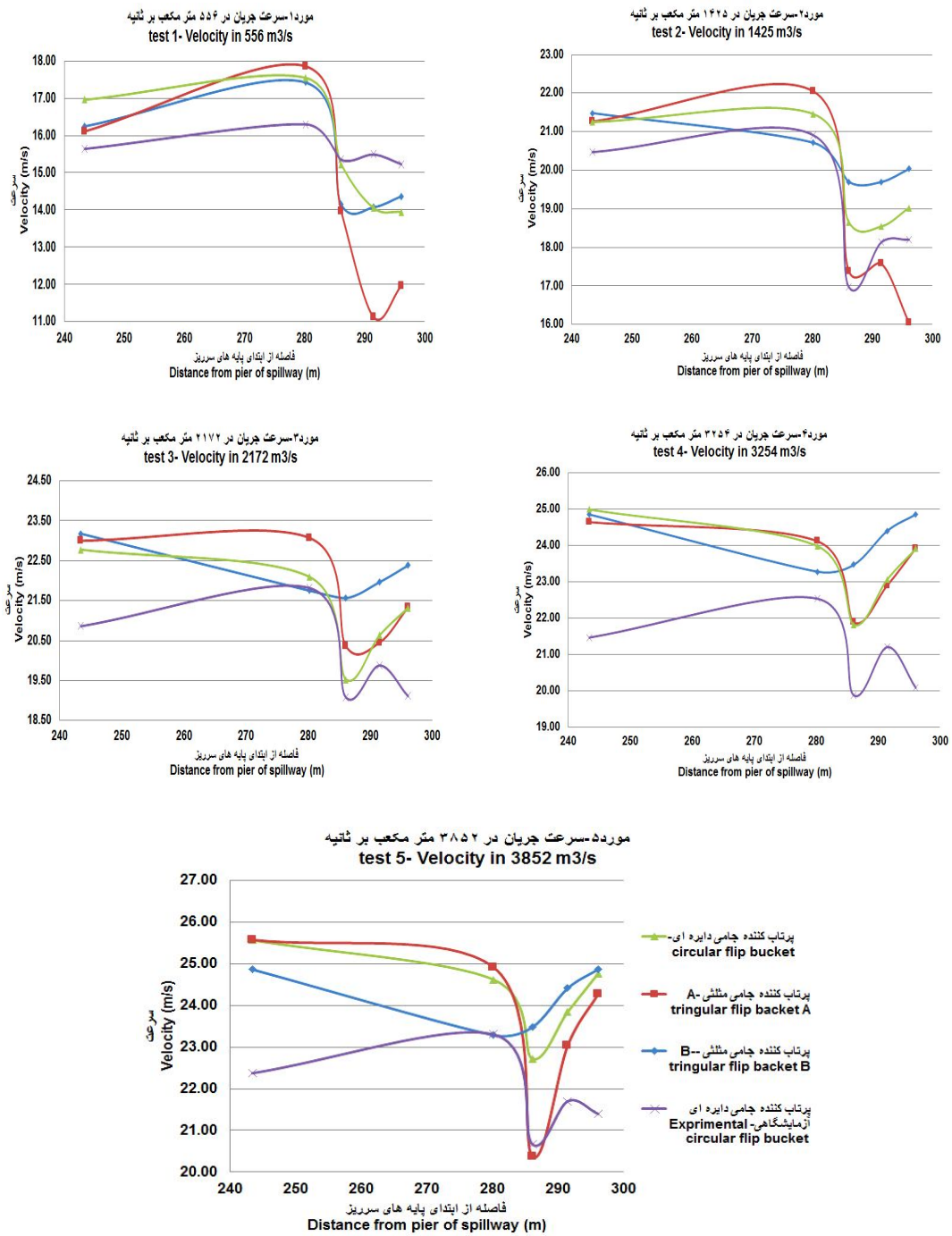
در این قسمت به بررسی و تجزیه و تحلیل پارامترهای هیدرولیکی نظیر عمق، سرعت، عدد فرود، عدد کاویتاسیون در ناحیه انتهایی شوت و پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای و دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی شکل پرداخته شده است. با توجه به شکل ۸ می‌توان گفت عمق آب در پرتاب‌کننده نوع A بیش‌ترین عمق را دارا بوده ولی در ناحیه انتهایی شوت منتهی به پرتاب‌کننده دارای عمق کم‌تری نسبت به نوع B و دایره‌ای هست. با مقایسه بین نوع دایره‌ای و نوع B در ناحیه جام، عمق دایره‌ای بیش از نوع B است. اما در ناحیه انتهایی شوت عمق نوع B بیش‌تر از نوع دایره‌ای و نوع A هست. نوع A دارای عمق کم‌تری نسبت به دایره‌ای دارا بوده است. علت اصلی تغییرات عمق، تغییر هندسی ایجادشده در این پرتاب‌کننده است. در شکل ۹ نتایج سرعت بر روی پرتاب‌کننده جامی نوع دایره‌ای و پرتاب‌کننده جامی مثلثی نوع A و B با بررسی سرعت سه نوع پرتاب‌کننده جامی در شکل ۹ باید گفت که در ناحیه جام سرعت جام B بیش

از نوع دایره‌ای و جام A است. در ناحیه شوت سرعت در جام A بیش از دایره‌ای و جام B است. در شکل ۱۰ تغییرات عدد فرود در انتهای شوت و ابتدای پرتاب‌کننده دایره‌ای و مثلثی نوع A و B نشان داده شده است. عدد فرود در نوع A در جام دارای کم‌ترین عدد فرود بوده و در شوت بیش‌ترین مقدار فرود را دارا است. در نوع B بیش‌ترین عدد فرود در جام هست ولی در ناحیه انتهایی شوت دارای عدد فرود کم‌تر است. به‌طورکلی عدد فرود نوع دایره‌ای بین A و B قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در ناحیه انتهایی شوت عدد فرود هر سه نوع به هم شباهت زیادی داشته است. عدد کاویتاسیون یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین پارامترهای هیدرولیکی است. در این پژوهش با بررسی و مقایسه عدد کاویتاسیون بر روی دو نوع پرتاب‌کننده مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۱۱ نتایج مقایسه عدد کاویتاسیون در ۳ نوع پرتاب‌کننده نشان داده شده است.



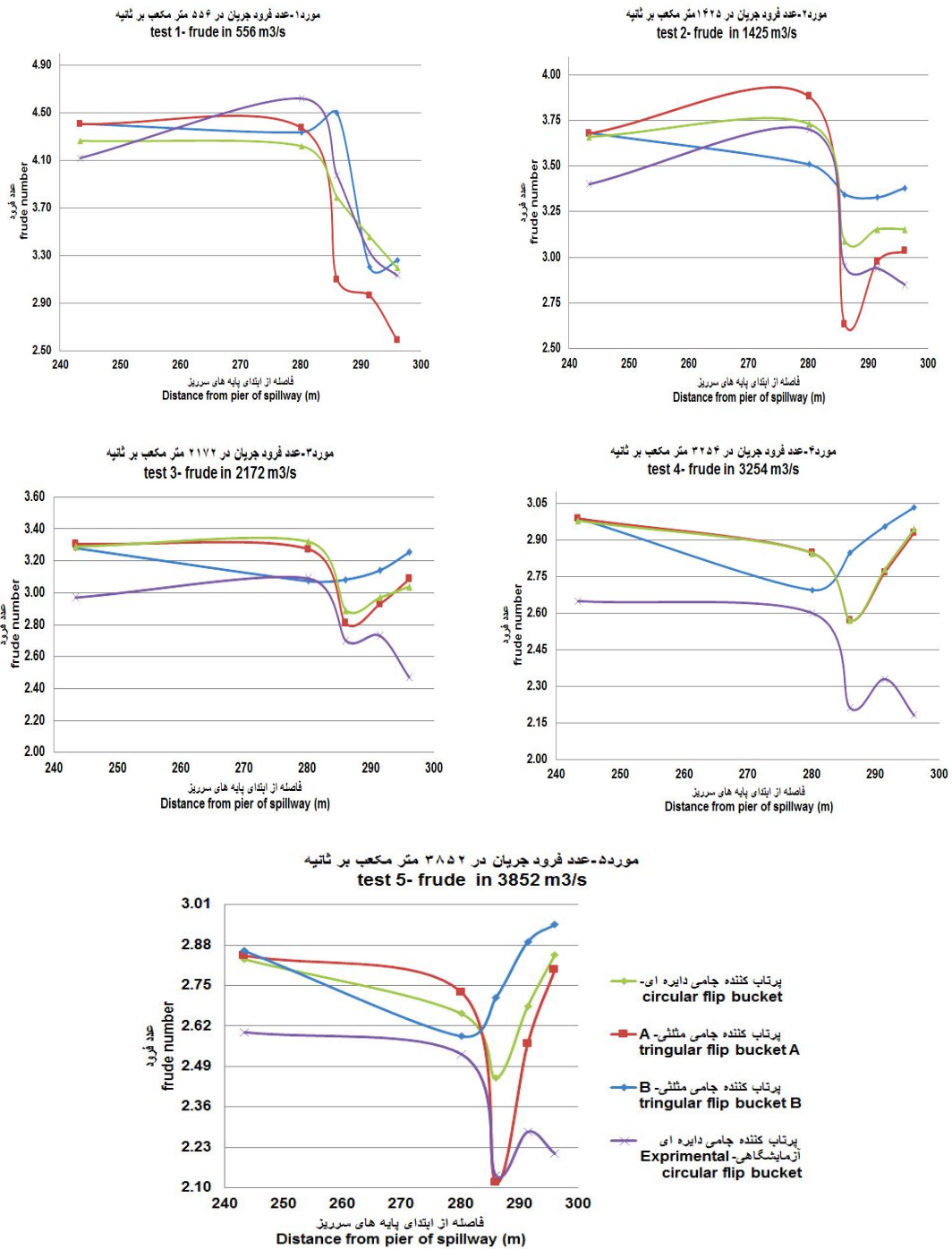
شکل ۸- تغییرات عمق در انتهای شوت و ابتدای پرتاب کننده دایره‌ای و مثلثی نوع A و B.

Figure 8. Chanchig flow depth in chute end and triangular A and triangular B flip bucket and circular flip bucket.



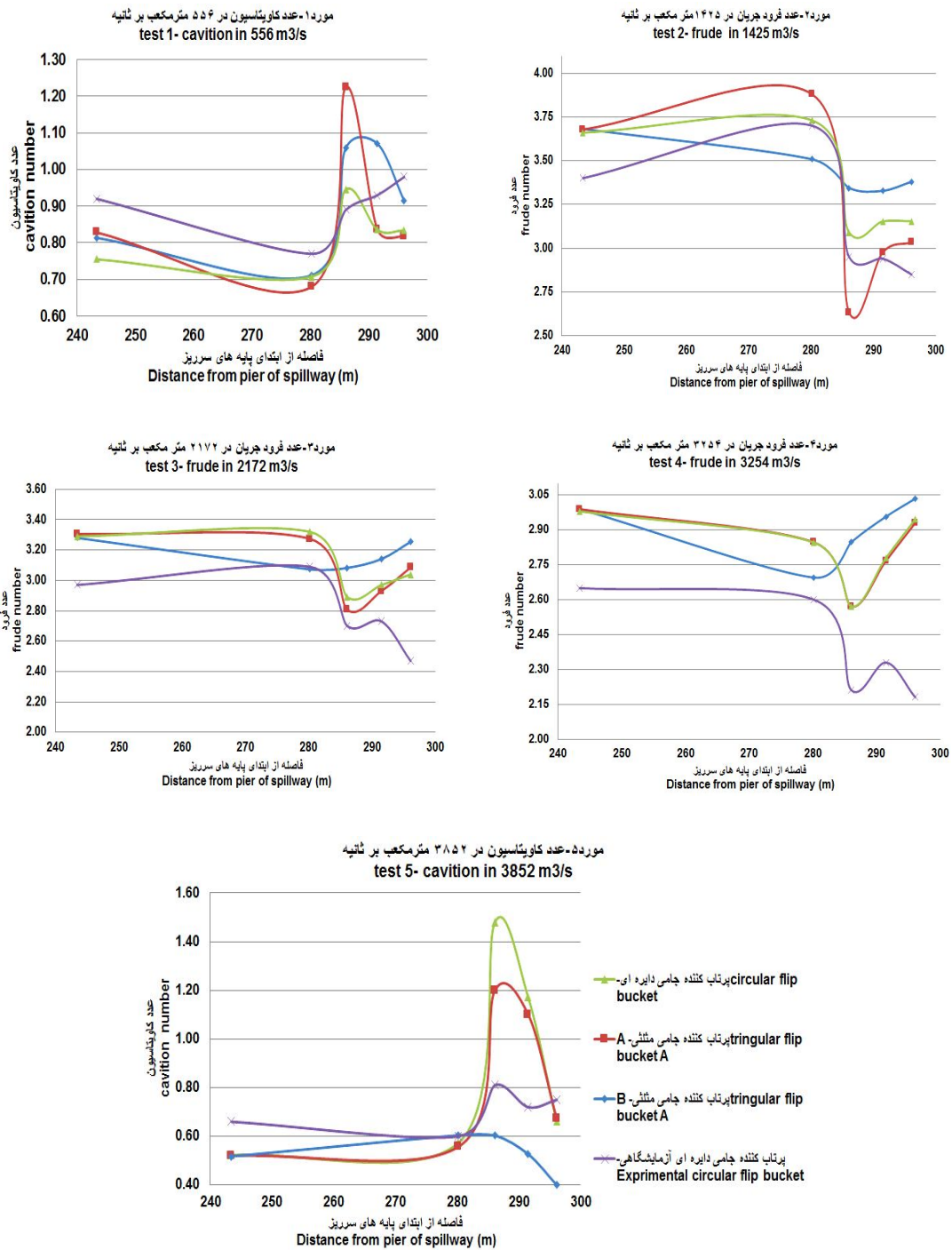
شکل ۹- تغییرات سرعت در انتهای شوت و ابتدای پرتاب‌کننده‌های دایره‌ای و مثلثی نوع A و B.

Figure 9. Changing flow velocity in chute end and triangular A and triangular B flip bucket and circular flip bucket.



شکل ۱۰- تغییرات فرود در انتهای شوت و ابتدای پرتاب کننده دایره ای و مثلثی نوع A و B.

Figure 10. Changing flow Froude in chute end and triangular A and triangular B flip bucket and circular flip bucket.

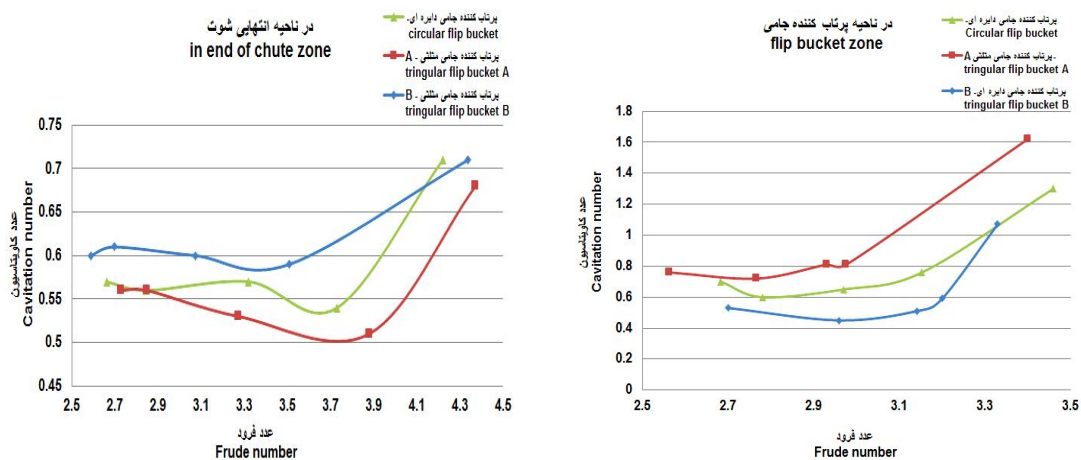


شکل ۱۱- تغییرات عدد کاویتاسیون در انتهای شوت و ابتدای پرتاب‌کننده دایره‌ای و مثلثی نوع A و B.

Figure 11. Changing flow Cavitation number in chute end and triangular A and triangular B flip bucket and circular flip bucket.

که مشاهده می‌شود کاهش عدد فرود سبب کاهش عدد کاویتاسیون تا یک عدد فرود خاص گردیده و از آن به بعد افزایش عدد فرود سبب افزایش عدد کاویتاسیون گردیده است. تفاوت رفتار پرتاب‌کننده مثلثی نوع A و B در دو مقطع مذکور کاملاً قابل مشاهده است. اما پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای یک حالت بینابین در دو مقطع داشته است. بنابراین می‌توان گفت که پرتاب‌کننده جامی نوع A در ناحیه انتهایی شوت دارای بیشترین پتانسیل خوردگی هست ولی در ناحیه پرتاب‌کننده جامی پرتاب‌کننده نوع B دارای بیشترین پتانسیل خوردگی هست. البته پرتاب‌کننده مثلثی نوع A در ناحیه انتهایی شوت فاصله مناسبی تا محدوده بحرانی کاویتاسیون دارا است و عملاً رفتاری شبیه به پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای داشته و در ناحیه جام نیز از کمترین پتانسیل خوردگی نسبت به دو حالت دیگر برخوردار است. ولی پرتاب‌کننده جامی نوع B فاصله قابل توجهی با پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای در ناحیه جام داشته و از پتانسیل خوردگی زیادی در ناحیه پرتاب‌کننده جامی برخوردار است. بنابراین استفاده از پرتاب‌کننده مثلثی نوع A یک جایگزین مناسب برای پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای است ولی استفاده از پرتاب‌کننده مثلثی نوع B توصیه نمی‌شود.

نتایج مقایسه عدد کاویتاسیون در بین ۳ پرتاب‌کننده نشان می‌دهد که در ناحیه جام انتهایی ضریب خوردگی نوع دایره‌ای کمترین پتانسیل خلاءزایی را نشان داده و رفتار پرتاب‌کننده مثلثی نوع A شباهت زیادی به نوع دایره‌ای داشته است. پتانسیل خوردگی پرتاب‌کننده مثلثی نوع B نیز بالاترین پتانسیل خوردگی نسبت به دو نوع پرتاب‌کننده دیگر را از خود نشان داده است. در ناحیه شوت نیز پتانسیل پرتاب‌کننده مثلثی نوع A بیشترین پتانسیل را نسبت به پرتاب‌کننده دایره‌ای و پرتاب‌کننده مثلثی نوع B دارا بود ولی در مجموع در ناحیه شوت تفاوت زیادی بین ۳ پرتاب‌کننده وجود نداشته است. بررسی‌های صورت گرفته بر روی دو مقطع بحرانی در انتهای شوت و پرتاب‌کننده جامی نشان داد که رفتار عدد کاویتاسیون در قسمت انتهایی شوت به هم نزدیک است. ولی در ناحیه پرتاب‌کننده جامی پتانسیل کاویتاسیون پرتاب‌کننده‌های دایره‌ای و پرتاب‌کننده مثلثی نوع A شباهت زیادی به هم دارد. پرتاب‌کننده مثلثی نوع B دارای پتانسیل خوردگی زیادی نسبت به دو نوع پرتاب‌کننده جامی دیگر است. همچنین تغییرات عدد فرود و کاویتاسیون را نسبت به هم در مقطع انتهایی شوت و همچنین مقطع پرتاب‌کننده در شکل ۱۲ قابل مشاهده است. همان‌طور



شکل ۱۲- مقایسه عدد کاویتاسیون پرتاب‌کننده دایره‌ای و مثلثی در انتهای شوت و ابتدای پرتاب‌کننده جامی.

Figure 12. Chanchig cavitation and Froude number in and triangular A and triangular B flip bucket.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با مدل‌سازی پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای و دو نوع پرتاب‌کننده جامی مثلثی شکل به‌ازای ۵ دبی از روی آن عبور داده شده و پارامترهای هیدرولیکی نظیر عمق، سرعت، عدد فرود و عدد کاویتاسیون با یکدیگر مقایسه شده است. در جمع‌بندی رفتار هیدرولیکی پرتاب‌کننده جامی دایره‌ای در مقایسه با پرتاب‌کننده جامی مثلثی می‌توان گفت که رفتار عمق جریان دقیقاً رفتار عکس سرعت و عدد فرود است. همچنین در مورد سه پارامتر سرعت و عدد فرود و عمق باید گفت که رفتار قسمت انتهایی شوت نیز نسبت به جام کاملاً برعکس است. به بیان دقیق‌تر سرعت و عدد فرود رفتاری کاملاً مشابه یکدیگر نشان می‌دهند. اما عمق جریان رابطه عکس با سرعت و عدد فرود نشان داده است. این بیانگر این مطلب است که عدد فرود با سرعت رابطه مستقیم و

با عمق رابطه عکس دارد. همچنین می‌توان گفت در این سه پارامتر هم در ناحیه جام و هم شوت همواره نوع دایره بین دو تیپ A و B قرار دارد. در مورد پتانسیل خوردگی نیز باید گفت که رفتار پیچیده‌تری نسبت به پارامترهای مذکور از خود نشان داده است. در ناحیه پرتاب‌کننده نوع B دارای بیش‌ترین پتانسیل خوردگی است. به همین دلیل استفاده از پرتاب‌کننده نوع A بیش‌تر مورد توصیه قرار گرفته است. در ناحیه انتهایی شوت هر چند پتانسیل نوع A اندکی بیش از بقیه بود اما به‌علت تفاوت کم در این ناحیه بین سه پرتاب‌کننده و همچنین تفاوت کم میان پرتاب‌کننده دایره‌ای و نوع A و محاسنی هم‌چون پایین‌تر بودن سرعت در ناحیه پرتاب‌کننده نسبت به نوع دایره‌ای استفاده از این پرتاب‌کننده پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Azimiyan, A. 1998. Computational Fluid Mechanics. Industrial university of Esfahan, 445p. (In Persian)
2. Dargahi, B. 2006. Experimental study and 3D numerical simulations for a free-overflow spillway. J. Hydra. Engin. 132: 9. 899-907. (In Persian)
3. Dezab consult company. 2004. Report of first project of ballarood dam. (In Persian)
4. Flow science, Inc. flow-3d user manual version 10.
5. Hoseyni, M., and Abrishami, J. 2004. Hydraulic of open channel, Emam Reza University, 612p. (In Persian)
6. Kakeshpour, M. 2013. Numerical Simulation of free surface flow of ogee spillway with flip bucket (Ballarood dam). M.Sc. Thesis, Islamic Azad university of Islamshahr. (In Persian)
7. Hoseyni, M., and Abrishami, J. 2004. Hydraulic of open channel. Emamreza University, 612p. (In Persian)
8. Mehri, M., Fathi Moghadam, M., and Ebnejallal, R. 2008. Survey of cavitation on ballarood dam spillway with physical model. National conference civil. (In Persian)
9. Samani, H. 2008. Design of Hydraulic structure. Dezab consult company, 495p.
10. Olsen, N., and Kjellesvig, H.M. 1998. Three dimensional numerical flow modeling for estimation of spillway capacity. USA. J. Hydr. Res. 36: 5. 775-784.
11. Steiner, R., Heller, V., Hager, W.H., ASCE, F., and Minor, H.E. 2008. Deflector ski jump hydraulics. J. Hydr. Engin. ASCE. 134: 5. 562-571.
12. Sarker, M.A., and Rhodes, D.G. 2002. Physical modeling and CFD applied to hydraulic jumps. Cranfield University Report, Institute of Technology, and Bangladesh.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(5), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

The effect of the shape in flip bucket thrower shot by using a numerical model

***M. Kakeshpour¹, M.R. Pirestani² and M. Zakeri Niri³**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Civil Engineering, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran,

²Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

³Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran

Received: 04/29/2015; Accepted: 07/09/2016

Abstract

Background and Objectives: The flow on Spillway generally have high kinetic energy and supercritical flow. That's why use of energy dissipation, is inevitable. Flip buckets are one component of the dam spillway to energy dissipation. Research conducted on the flip bucket led in addition to the circular flip bucket another type as the triangular flip bucket with 2 type A and B was presented. In this study, to evaluate and compare the parameters such as flow depth, flow velocity, Froude number, Cavitation number, single throw cavitation on two types of flip bucket, circular or triangular type A and B has been paid.

Materials and Methods: This study investigates the hydraulic performance of a triangular-shaped, rather than the conventional circular-shaped, bucket placed at the takeoff of flip bucket. In this research we survey and compare some hydraulic parameters like depth, velocity, frude number and cavitation number on triangular and circular flip bucket. In simulation, we used volume of fluid (VOF) method and k- ϵ (RNG) turbulence model.

Results: Analysis of results of this research proposed a kind of triangular flip bucket instead of circular flip bucket and also shows that the circular flip bucket has a middle behavior in compare with two kinds of triangular flip buckets in investigation in depth, frude number and cavitation number. Investigation in behavior of cavitation number of these three flip buckets shows that flip bucket A is a good and proper substitution in contrast with triangular flip bucket B.

Conclusion: Also surveying of connection between frude number and cavitation number in end of chute and flip bucket which has critical point that maximum potential of cavitation and this point is not necessary in maximum discharge.

Keywords: Flip bucket, Chute spillway, Cavitation number

* Corresponding Author; Email: mohammadkakeshpour@yahoo.com

