گزارش آزمایش جت آب

محمد خلیلی

چکیده:

یکی از روش های تبدیل انرژی به کار برخورد جت سیال به یک مانع که در فاصله مشخصی از آن قرار دارد می باشد. مومنتم ناشی از برخورد جریان سیال به مانع منتقل می شود کاربرد انتقال مومنتم در ماشینهای آبی مانند توربین ها با تنوعی گسترده در توان تولیدی می باشد.ضمن انجام این آزمایش از بررسی ممنتونم حاصل از برخورد شش دبی مختلف جت آب با دو نوع مانع نیم کره و مسطح و محاسبه نیروی وارد بر این موانع می توان نتیجه گرفت که ..... و با توجه به این یافته ها ..... پیشنهاد می شود.

کلمات کلیدی:جت آب ، مومنتوم خطی .

۱- مقدمه

تاثیر یک جت مایع با سرعت بالا به دلیل استفاده عملی بالقوه آن در زندگی روزمره مدت طولانی است که مورد علاقه محققان بوده است. تکنولوژی جت آب به سرعت گسترش یافته و در حال حاضر در زمینه های متعدد، از جمله خودرو، معدن، ساخت و ساز، مهندسی و... مورد استفاده قرار می گیرد.[۱]

در این آزمایش تلاش میکنیم تاثیر برخورد جت آب را با دو مانع کروی و تخت مورد بررسی قرار دهیم .

۲- مبانی نظری

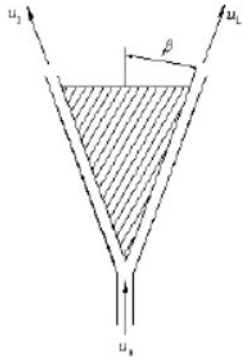
۲-۱ بررسی برخورد یک سیال به یک مانع

وقتی که یک جت آب به مانعی برخورد کرده و امتداد سرعت آن تغییر می کند طبق رابطه ممنتوم خطی نیرویی بر مانع اعمال می شود. مانع متقارنی را مطابق شکل(۱) در نظر بگیرید که جت آب با دبی جرمی Q_W بر حسب $\left(\frac{kg}{s}\right)$ و با سرعت

u_0 بر حسب $\left(\frac{m}{s}\right)$ به آن برخورد کرده و به اندازه β تغییر جهت می دهد. (دبی جرمی از حاصلضرب دبی حجمی در جرم مخصوص سیال بدست می آید($Q_W = \rho \times Q$)با توجه به قوانین مکانیک سیالات می توان نوشت اندازه حرکت ورودی در جهت X برابر است با $\rho Q u_0$ بر حسب $\left(\frac{kgm}{s^2}\right)$ همچنین مقدار اندازه حرکت خروجی پس از مانع برابر است با $\rho Q u_1 \cos\beta$ بر حسب $\left(\frac{kgm}{s^2}\right)$. با توجه به قوانین بقای اندازه حرکت می توان گفت تغییر اندازه حرکت در امتداد X برابر است با نیروی وارده در جهت X یا به عبارت ریاضی :

$$F = \rho Q\left(u_0 - u_1 \cos\beta\right) \qquad \left(\frac{kgm}{s^2}\right) \; or \; (N)$$ رابطه ۱:

بنابر این با داشتن مقادیر و جهت های سرعت ورودی و خروجی می توان نیروی وارد بر جسم از طرف سیال را محاسبه کرد و رابطه ۱ را برای حالت های خاص ساده نمود.



شکل ۱ : دیاگرام برخورد آب به مانع متقارن

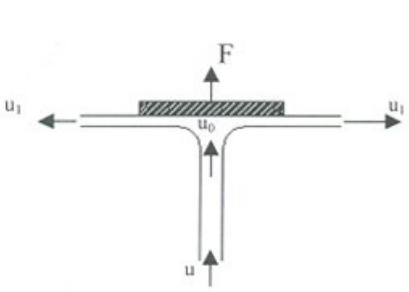
در صورتی که سطح مانع در مقابل جریان آب مطابق شکل (۲) به شکل یک نیمکره توخالی (فنجانی شکل) باشد، زاویه خروج آب $\beta = 180^o$ بوده و داریم $\cos\beta = -1$ بنابر این نیروی وارده به مانع در این حالت برابر است با $F = \rho Q(u_0 + u_1)$ در صورتی که از اختلاف ارتفاع و تغییرات فشار پیزومتریک صرف نظر کنیم، می توانیم فرض کنیم که $u_1 = u_0$ بنابر این نیروی وارده به مانع فنجانی معادل است با:

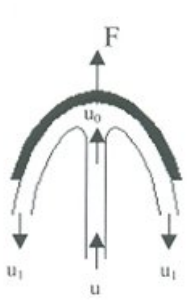
$$F_t = 2\rho Q u_0$$ رابطه ۲:

در صورتی که سطح مانع در مقابل جریان آب مسطح و عمود بر محور X مطابق شکل(۳) باشد، داریم: $\beta = 90^o$ ، بنابر این $\cos\beta = 0$؛ لذا رابطه قبل به صورت زیر در می آید:

$$F_t = \rho Q u_0$$ رابطه ۳:

در برخی از نقاط برای پخش آب و مستهلک کردن انرژی از مانع مسطح در مقابل جریان استفاده می شود که نیروی وارده به مانع مسطح با استفاده از رابطه فوق محاسبه می شود. قابل ذکر است که این نوع موانع برای دبی های زیاد به علت فرسایش بالا و ضریب بازدهی پایین ، کمتر استفاده می شوند.





شکل ۲ : مانع کروی شکل ۳:مانع مسطح

با توجه به معادله لنگر ناشی از نیروهای وارده به اهرم بالای دستگاه را می توان از رابطه ۴ محاسبه نمود و درصورتی که سرعت خروج آب از شیپوره u_0 باشد و فاصله شیپوره از مانع برابر Z باشد، سرعت برخورد آب با مانع مسطح یا فنجانی از رابطه ۵ بدست می آید.[۲]

$$F_e \cdot L_0 = W \cdot L_W$$ رابطه ۴:

$$u^2 = u_0^2 - 2gZ$$ رابطه ۵ :

۲-۲ پژوهش های مرتبط (پیشینه پژوهش) {بسیار مهم}

معین پور سلیمانی (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی پدیده آبشکستگی پرداخته اشت . فرسایش یکی از مسائل اساسی در سازه های آبی می باشد که در بسیاری از موقعیتها امکان رخداد آن وجود دارد آبشستگی در پایین دست سازه های هیدرولیکی به دلیل اهمیت و تاثیر بسیاری که میتواند بر طراحی این سازهها داشته باشد در سالهای اخیر همواره یکی از موضوعات مورد توجه محققان بوده است. برخورد جت آب خارج شده از خروجی سازه های هیدرولیکی به ویژه سدها با کف رودخانه در پایینست این سازه ها سبب فرسایش وجابهجایی این مصالح میشود که این امر اثرات منفی بسیاری میتواند به دنبال داشته باشد که در راس آن ها میتوان از ناپایداری بدنه سد و در نتیجه تخریب آن در اثر گسترش ابعاد حفره آبشستگی نام برد .از اثرات منفی دیگر پدیده آبشستگی در پایین دست سازههای هیدرولیکی می توان به مواردی چون افزایش هزینه پیش خاکبرداری به دلیل عمق آبشستگی - -افزایش هزینه ساخت سد پایاب به دلیل نیاز به عمق پایاب بیشتر برای استهلاک انرژی جت آب و بسیاری از موارد دیگر اشاره نمود . کلیه آزمایش ها ی این پژوهش بر روی مدلی که سرریز آن از نوع اوجی آزاد میباشد، دارای ارتفاعی برابر با۳/۵ و عرضی برابر با ۱۰ متر بوده و در پایینست سرریز ریزشی آن کانال پایاب با بستر فرسایش پذیر به طول ۷ متر و عرض ۶ متر قرار دارد .ابعاد این مدل به گونهای میباشد که پدیده آبشستگی را با دقت مناسب می توان بررسی نمود در ادامه مروری بر مطالعات پیشین و تحقیقات صورت گرفته و همچنین آزمایش های انجام شده و شرایط حاکم بر آنها و در پایان با استفاده از نتایج آزمایشگاهی بدست آمده و با استفاده از داده های موجود از محققین قبلی روابطی برای ارزیابی میزان آبشستگی در پایینست این سرریزها ارائه شد.[۳]

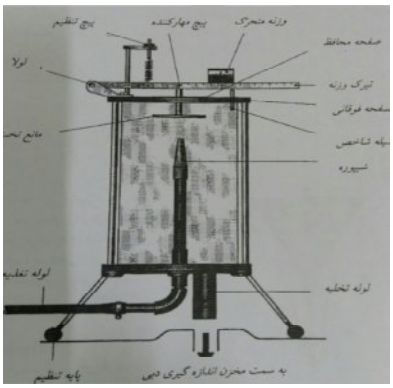
مولتوریس و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی کاربرد های سوسپانسیون جت آب پرداختند . برای بیش از سی سال است که از برش جت آب استفاده می شود. این روش به سرعت در حال تبدیل شدن به یکی از فن آوری های اصلی غیر مرسوم برای عملیات برش مواد مختلف ، اعم از مواد نرم تا مواد و فلزات شکننده تا حتی مواد سختی مانند سرامیک شده است . جت سوسپانسوین آب ساینده بر خلاف جت آب ، در آغاز محبوبیت زیادی را در صنعت ماشینکاری به دست آوردن نیاورد ، اما این روش ویژگی هایی دارد که مزایای این ویژگی ها این روش را مورد استفاده قرار داده است . در این مطالعه یک بررسی از توسعه های اخیر در حوزه سوسپانسیون جت آب ارائه شده است . میکرو ماشینکاری را می توان یک کاربرد

بالقوه برای سوسپانسیون جت آب دانست . در این پژوهش ابتدا چندین پیشرفت در تکنولوژی جت سوسپانسیون آب مورد بحث قرار گرفته است و به دنبا آن ، نمونه برنامه های کاربردی برای سوسپانسیون جت آب ، از جمله به عنوان انهدام شکستن سنگ در حفاری ارائه شده است.[۴]

۳- شرح دستگاه و روش انجام آزمایش

۳-۱ شرح دستگاه

دستگاه بررسی تاثیر جت آب آزمایشگاه یک دستگاه ساخت کشور ایران دارای یک مخزن آب که درون این مخزن یک عدد پمپ کف کش وظیفه پمپاژ آب به سیستم را بر عهده دارد . مسیر ورودی آب به سمت نازل با یک شیر گلوگاهی کنترل شده است . نازل یک افشاننده آب می باشد که امکان خروج آب با سرعت را فراهم می سازد . مانع مسطح یا نیمکره ای در امتداد عمود بر مسیرجت آب خارج شده از نازل در داخل ظرفی استوانه ای و شفاف قرار می گیرد این مانع به یک بازو کاملا عمودی متصل است . این بازو می تواند حرکت دورانی از خود نشان دهد . جت آب بعد از برخورد با مانع تعادل آن را بر هم می زند لذا تعادل بازو متصل به وزنه نیز بر هم می خورد . حال میتوان با قرار دادن یک وزنه بر روی بازوی دستگاه و با جابجا کردن وزنه مجدداً مانع را درحالت اولیه متعادل نمود تعیین وضعیت تعادل توسط یک شاقول متصل به اهرم معلوم می شود .



شکل۴: نمای دستگاه آزمایشگاه

تعدادی از مشخصات لازم دستگاه جهت محاسبات عبارتند از قطر دهانه شیپوره $d = 10\ mm$ ، فاصله مرکز مانع تا نقطه اتکا اهرم (لولا) $L_0 = 175mm$ ، فاصله مانع تخت تادهانه شیپوره $Z = 28\ mm$ و فاصله مانع کروی تا دهانه شیپوره $Z = 17.5mm$.

۳-۲ روش انجام آزمایش :

مانع مورد نظر (مانع نیم کره یا مسطح) را به دستگاه نصب گردید و با استفاده از پیچی که بر روی فنر متصل به اهرم سوار است دستگاه را تراز شد به گونه ای که اهرم در حالت تعادل کاملاً افقی قرار گرفت (با تنظیم شیارهای حک شده روی شاقول) ، پمپ را روشن نموده و باز کردن شیر ورودی دبی را به میزان حداکثر افزوده شد و اندازه گیری صورت گرفت . جت آب با حداکثر دبی خود با مانع برخورد کرد و اهرم را از وضعیت تعادل اولیه خود خارج نمود .برای اینکه اهرم دوباره به حالت تعادل برسد وزنه روی اهرم قرار داده شد و با جا به جا نمودن آن بازو را در حالت تعادل قرار گرفت ، در این حالت موقعیت شیار نشانگر روی وزنه بر روی یکی از خطوط خط کش دستگاه همراستا شد این عدد را به همراه وزن وزنه یاداشت نموده و با

قرار داده درپوش بر روی ورودی آب مخزن آب را به سمت مانومتر هدایت شد و دبی آب را با احتساب زمان و حجم آب سنجش گردید. برای هر دو نوع مانع تا ۶ بار اندازه گیری دبی Q و فاصله L_W آزمایش تکرار شد .

۴- یافته ها ، محاسبات و نتایج

۴-۱ یافته ها

در شش دبی مختلف برای هر دو مانع کروی و مسطح برخورد جت آب مورد آزمایش قرار گرفته و یافته های این آزمایشات در جدول شماره ۱ آمده است .

جدول ۱ : داده های استخراج شده از انجام آزمایش

زمان	حجم	فاصله	وزنه	
				مانع مسطح
				مانع نیم کره

۴-۲ محاسبات و نتایج :

پاسخ به سوالات محاسباتی با قید سوال .

۵-بحث و نتیجه گیری

پاسخ به سوالات غیر محاسباتی با قید سوال **و یک پاراگراف حد اقل ۵ خطی از نتیجه گیری کلی از آزمایش**

منابع:

[1]: Ching-Yu , H. Cho-Chung , L. Tso-Liang, T . Anh-Tu , N. , "A numerical study on high-speed water jet impact", Ocean Engineering, 72, (2013).

[۲]: مصلحی ,پ . ، "دستور کار آزمایشگاه مکانیک سیالات"، تهران : دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۹۱) .

[۳]: پورسلیمانی ، م . ، "بررسی آزمایشگاهی آبشستگی در پایین‌دست جتهای ریزشی" ، کنفرانس بین المللی نخبگان عمران معماری و شهرسازی ، تهران، (۱۳۹۵).

[4]: Molitoris, M. Pite, J. Hošovský, A. Tóthová, M. Židek , K. , " A Review of Research on Water Jet with Slurry Injection",Procedia Engineering ,149 , (2016).