تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پنجم، شماره ۳، زمستان ۱۳۸۸
Volume 5, No. 3, Winter 2010 (IR-WRR)
۶۴-۶۶

یادداشت فنی

شبیه سازی عددی جریان در حوضچه آرامش (مطالعه موردی سد تالوار)

سیدمحمد حسینی سهی [۱*] و
سیدعلی اکبر صالحی نیشابوری [۲]

چکیده

تحلیل جریان عبوری از روی سرریزسد و حوضچه آرامش توسط مدل‌های فیزیکی زمان‌بر بوده و هزینه زیادی در بر خواهد داشت. با پیشرفت چشمگیر در توسعه روش‌های عددی یا دینامیک محاسباتی (CFD) در سال‌های اخیر، استفاده از مدل‌های ریاضی و حل عددی معادلات جریان کاربردی‌تر و باصرفه‌تر می‌گردد. در این مقاله شبیه سازی عددی جریان و پرش هیدرولیکی داخل حوضچه آرامش سرریز سد و بررسی اثر دبی بر میدان جریان و توزیع فشار داخل حوضچه آرامش به کمک نرم افزار Flow–3D ارائه شده است. در این مقاله از مدل آشفتگی k– ε استفاده شده و روش VOF برای تعیین پروفیل سطح آزاد جریان به کار گرفته شده است. نتایج مدلسازی پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش به کمک این نرم افزار تطابق مناسبی با نتایج فیزیکی (مدل فیزیکی ساخته شده با مقیاس۱:۴۵ برای سرریز سد تالوار در استان زنجان) دارند. همچنین می‌توان هندسه حوضچه و موانع داخل آن را با استفاده از امکانات این نرم افزار به حالت بهینه طراحی کرد. نتایج این تحقیق با منحنی‌های طراحی USBR نیز تطابق خوبی نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: FLOW–3 D، حوضچه آرامش، پرش هیدرولیکی، جریان، روش عددی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۰ تیر ۱۳۸۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۴ اردیبهشت ۱۳۸۷

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران – آب، دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه تربیت مدرس
*- نویسنده مسئول

Technical Note

Numerical Simulation of Flow in Stilling Basin (Case Study of Talvar Dam)

S. M. Hoseini Sohi [1] and*
S. A. A. Salehi Neyshabouri [2]

Abstract

Analysis of the flow over the dam spillway and in the stilling basin using physical models is time consuming and costly. Fast development of Computational Fluid Dynamics (CFD) in recent years, promotes the wider use of the numerical models for such applications. The numerical simulation of the flow-field in stilling basins using FlOW-3D is presented in this paper. The k– ε turbulence model is used and the VOF method is applied to calculate the free surface.

The numerical results are compared with the experimental data of a physical model (1:45 scale model of the Talvar dam in the Zanjan province) and good agreement was found. Also comparison of the simulated results with the USBR data showed fair agreement.

Keywords: FLOW–3D, Hydraulic jump, CFD, Stilling basin.

1- Msc. Graduate, Tarbiat Modares Univ.
2- Prof., Tarbiat Modares Univ., Email: salehi@modares.ac.ir
*- Corresponding Author

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

تحلیل جریان عبوری از روی سرریزسد و حوضچه آرامش توسط مدل‌های فیزیکی زمانبر بوده و هزینه زیادی در بر خواهد داشت. با پیشرفت چشمگیر استفاده از روشهای عددی یا دینامیک محاسباتی (CFD) در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های ریاضی و حل عددی معادلات جریان هر روز کاربردی تر و با صرفه تر می‌گردد. موهاپارا و همکاران (۱۹۹۹) تحلیلی دوبعدی از جریان شکست سد در صفحه قایم به کمک نرم افزار FLOW-3D ارائه دادند. یونامی و همکاران (۱۹۹۹) برای مدل‌سازی عددی دوبعدی جریان سرریز، به کارگیری معادلات اویلر در یک میدان با شرایط اولیه معلوم و شرایط مررزی نیومان و استفاده از طرح بالادست در معادله ممنتوم را پیشنهاد کرده‌اند. مطلبی‌زاده (۱۳۷۷) بر اساس معادلات ممان و میانگین عمقی و فرض تغییرات درجه دو برای توزیع قائم سرعت و فشار و تغییرات خطی برای سرعت افقی، میدان جریان روی سرریز آزاد را مدل کرد. مطالعه موردی مدل فیزیکی و عددی جریان روی سرریز اوجی توسط بورس و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از نرم‌افزار FLOW-3D انجام شده است. در کلیه موارد ذکر شده، شبیه سازی جریان در حوضچه آرامش کمتر به چشم می‌خورد. مقاله حاضر به شبیه سازی جریان داخل حوضچه آرامش با کمک بسته نرم افزاری FLOW-3D و مقایسه نتایج آن با یک مدل فیزیکی می‌پردازد.

۲- اهداف

شبیه‌سازی جریان و پرش هیدرولیکی داخل حوضچه آرامش با کمک بسته نرم افزاری FLOW-3D و بررسی اثر دبی بر میدان جریان و توزیع فشار داخل حوضچه آرامش در مقاله حاضر مورد نظر می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج مدلسازی عددی به کمک این نرم‌افزار با نتایج یک مدل فیزیکی و نیز منحنی‌های طراحی USBR به منظور مطرح کردن توانایی‌های ابزار شبیه سازی عددی در طراحی از اهداف این مقاله می‌باشد.

۳- روش تحقیق

در این مقاله شبیه سازی عددی جریان درون حوضچه آرامش سد به کمک بسته نرم افزاری FLOW-3D انجام می‌شود. FLOW-3D یک نرم افزار قوی در زمینه CFD می‌باشد، که تولید، توسعه و پشتیبانی آن توسط موسسه Flow Science صورت گرفته است. معادلات مورد استفاده برای حل میدان، معادله پیوستگی و معادلات مومنتوم به همراه معادلات مدل‌های آشفتگی (معادلات k و ε) می‌باشد. روش VOF برای تعیین پروفیل سطح آزاد جریان به کار گرفته شده است. شبکه بندی بر اساس مختصات کارتزین برای مدل تعریف می‌شود. مهم‌ترین مسأله برای شبیه‌سازی مناسب جریان تعریف شرایط مرزی مناسب برای مدل می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های نرم افزار FLOW-3D، برای کف حوضچه و دیواره‌های جانبی شرایط مرزی دیوار و برای انتهای پایین دست حوضچه، شرط مرزی فشار ثابت منظور می‌شود. برای ورودی حوضچه شرط مرزی سرعت ثابت در نظر گرفته شده، که به صورت ارتفاع معادل فشار وارد می‌شود. این شرایط مرزی قابلیت تولید دبی مورد نظر (به صورت وارد کردن عمق و سرعت مربوطه) را ایجاد می‌کند. بعد از تعریف موارد فوق، برنامه برای حالت‌های مختلف شبکه‌بندی و متغیرهای عددی (تقریب مرتبه اول و دوم) صحت سنجی می‌شود. مورد مطالعاتی، مدل فیزیکی ساخته شده با مقیاس۱:۴۵ برای سرریز سد تالوار در استان زنجان می‌باشد. دبی طراحی حوضچه آرامش ۷۳۷ متر مکعب بر ثانیه و حوضچه آرامش دارای ۱۵ متر عرض و ۷۳/۵ مترطول می‌باشد.

۴- نتایج و بحث

به منظور مقایسه اطلاعات به دست آمده از تحلیل عددی با مدل فیزیکی، مقادیر سرعت، فشار و پروفیل سطح آب با یکدیگر مقایسه می‌شوند. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، نیمرخ سطح آزاد آب حاصل از مدل عددی تطابق خوبی با نتایج فیزیکی دارد. همچنین، مقایسه نتایج حل عددی و مدل فیزیکی برای سرعت و فشار برای دبی‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است که نشان‌دهنده تطابق مناسب برای دبی طراحی است. همچنین با توجه به آنکه برای مقایسه نتایج مدلسازی، یکی از بهترین مبانی، منحنی‌های ارائه شده توسط USBR برای حوضچه‌های آرامش، از جمله حوضچه آرامش تیپ II است، پنج مورد جریان با دبی‌های مختلف در حوضچه آرامش تیپ II به کمک نرم‌افزار مدل شد که بیشینه اختلاف منحنی‌های نیمرخ سطح آزاد آب به ۶٪ می‌رسید، که نشان از دقت بالای نتایج مدل عددی دارد.

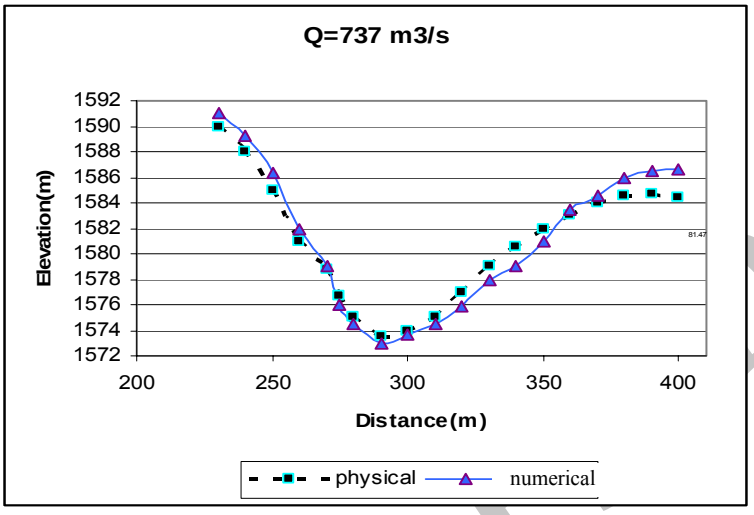
۵- نتیجه گیری

– با توجه نتایج حاصل از مقایسه اطلاعات، مدل فیزیکی سد مخزنی تالوار با نتایج عددی حاصل از اجرای برنامهFLOW-3D مشاهده می‌شود که در مجموع با صرفنظر کردن از برخی جزییات، این نرم‌افزار، قابلیت مناسبی برای مدل‌سازی عددی این نوع جریان دارد. اختلاف نتایج حل عددی و مدل فیزیکی برای مقادیر بردار سرعت حداکثر ۳٪ و برای فشار در ورودی و داخل حوضچه که پرش هیدرولیکی طبیعی شکل می‌گیرد، ۲٪ است. به علاوه نیمرخ سطح

www.SID.ir
Archive of SID

آزاد آب حاصل از مدل عددی تطابق مناسبی با نتایج فیزیکی نشان می‌دهد.

– همچنین می‌توان این نظریه را تقویت کرد که در تحلیل مسایل هیدرولیکی و طراحی سازه‌های هیدرولیکی مانند حوضچه آرامش، به ویژه حوضچه آرامش غیر تیپ، این نرم افزار می‌تواند به عنوان ابزار مناسبی در نظر گرفته شود و مدل‌های ریاضی قابلیت جایگزینی با مدل‌های فیزیکی را در عرصه‌های وسیع‌تری دارا می‌باشند.



شکل ۱– مقایسه نیمرخ سطح آزاد جریان حاصل از شبیه سازی عددی و نتایج فیزیکی (Q =737 m3/s)

جدول ۱– مقایسه نتایج شبیه سازی عددی و نتایج مدل فیزیکی در دبی‌های مختلف

متغیر	محل مطالعه	دبی (m^3/s)	نتایج	حداکثر اختلاف
سرعت	ورودی حوضچه آرامش	۳۱۸–۷۳۷–۲۱۹۶	مقادیر سرعت حل عددی کمتر از نتایج فیزیکی است، اما اختلاف مورد قبول است.	٪۳
فشار	ورودی حوضچه آرامش	۳۱۸–۷۳۷–۲۱۹۶	با افزایش دبی فشار کاهش می‌یابد، یعنی پرش به سمت داخل حوضچه رانده می‌شود.	٪۱
	داخل حوضچه آرامش	۳۱۸–۷۳۷–۲۱۹۶	در داخل حوضچه هم شرایط مشابه بالاست.	٪۲
	خروجی حوضچه آرامش	۳۱۸–۷۳۷–۲۱۹۶	با افزایش دبی، پرش به سمت خروج از حوضچه رانده می‌شود. بنابراین مقادیر فشار هم که نشان از ارتفاع پرش هیدرولیکی دارد افزایش می‌یابد.	٪۶

۶– مراجع

ابریشمی، ج. و حسینی، س. م. (۱۳۷۲)، *هیدرولیک کانالهای باز*، نشر مشهد.

مطلبی‌زاده، م. ر. (۱۳۷۷)، *تحلیل جریان دو بعدی روی سرریزهای آزاد*، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران– آب، دانشگاه تربیت مدرس.

صالحی نیشابوری، ع. ا. و تقدیسیان، س. م. (۱۳۷۶)، جریان کانال‌های باز، انتشارات جزیل.

Burce M., Savage M. and Johnson C. (2001), "Flow over ogee spillway, physical and numerical model case study", *J. Hyd. Eng., ASCE.* 127 (8), pp. 640-649.

Mohaparta P.K., Eswaran V. and Bhallamudi S.M. (1999), "Two-dimensional analysis of dam-break flow in vertical plane", *J. Hyd. Eng., ASCE.*, 125 (2), pp. 183- 192.

Unami, K., Kawachi, T., Munir Babar, M. and Itagaki, H. (1999), "Two–dimensional numerical model of spillway flow", *J. Hyd. Eng., ASCE*, 125 (4), pp. 369 – 375.

U.s. Bureau of Reclamation, (1977), *Design of small dams*, U.s. Government Printing Office, Washington D.C.

Archive of SID
www.SID.ir