

بررسی هیدرودینامیکی انواع سازه های دریایی ثابت و متحرک با توسعه یک نرم افزار

روزبه پناهی

مهدی شفیعی فر

محمد سعید سیف

roozbeh_panahi@yahoo.com

shafiee@modares.ac.ir

seif@sharif.ir

چکیده

در این مقاله، یک روش عددی به منظور مدل سازی جریان سه بعدی سیالات لزج و تراکم ناپذیر، همراه با تغییر شکل های پیچیده در سطح آزاد مثل شکست موج، در اندرکنش با انواع سازه های دریایی - ثابت یا متحرک، شناور یا مغروق - مانند موج شکن ها، سکوهای نیمه شناور، کشتی ها و بویه ها، بر اساس گسسته سازی حجم محدود پیشنهاد شده است. این روش از دو بخش اصلی شکل گرفته است. در بخش مدل سازی جریان دوفازی، برای حل میدان سرعت و فشار از روش گام جزئی^۱ و برای مدل سازی سطح آزاد از حل معادله انتقال نسبت حجمی^۲ استفاده گردیده است. در بخش مدل سازی حرکات سازه صلب تحت اثر نیروهای وارده از طرف جریان نیز، روش شبکه متصل به جسم (شبکه متحرک)^۳ با سلول های صلب بکار برده شده است. بدین ترتیب، امکان مدل سازی اندرکنش جریان دوفازی و سازه صلب شش درجه آزادی فراهم آمده است.

با توسعه یک برنامه بر اساس الگوریتم ارائه شده، مسائلی همچون تولید موج، ضربه اسلیمینگ^۴ یک درجه آزادی گوه، جابجایی آب با ماهیت ضربه ای درون مخزنی با نوسان اجباری (اسلاشینگ^۵) و همچنین، جابجایی آزاد بارج در آب - به عنوان نمونه هایی از گستره تحت پوشش نرم افزار تهیه شده - مدل سازی شده اند.

مقدمه

در بررسی هیدرودینامیکی سازه های دریایی ثابت و متحرک، جریان اطراف جسم - متشکل از آب و هوا - ماهیت گذرای دو فازی غیر قابل تراکم داشته و امکان حل تحلیلی معادلات پیچیده حاکم بر آن وجود ندارد. اگرچه انجام آزمایش مطمئن ترین راه به منظور ارزیابی چنین جریان پیچیده ای می باشد، اما هزینه بالا و محدودیت در جزئیات اطلاعات حاصل از آن، مسیر تحقیقات را - همگام با پیشرفت در توان محاسبه و ذخیره اطلاعات - به سوی استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (حل عددی معادلات دیفرانسیلی حاکم بر جریان سیالات) پیش برده است. در این راه، استفاده از گسسته سازی حجم محدود با توجه به خاصیت بقائی و همچنین، برخورد مناسب با مرزهای پیچیده، در بررسی مسائل هیدرودینامیکی توسعه بیشتری یافته است. در ادامه این بخش، اجزاء یک الگوریتم مناسب به منظور مدل سازی هیدرودینامیکی سازه های دریایی ارائه گردیده است.

روش های مختلفی برای حل همزمان^۶ و غیر هم زمان^۷ معادلات ناویر - استوکس و پیوستگی (محاسبه توزیع سرعت و فشار) وجود دارد. روش های حل همزمان با هزینه بالای محاسباتی روبرو هستند. از این رو، حل غیر همزمان معادلات مذکور بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. رویکردهای مختلفی در رابطه با حل غیر همزمان وجود دارد که می توان آنها را به سه دسته اصلی تخمین - اصلاح^۸، تراکم پذیری مصنوعی^۹ و گام جزئی تقسیم نمود. در تحقیق حاضر از رویکرد گام جزئی استفاده شده است که با یک بار حل معادله فشار در هر گام زمانی، شرط پیوستگی را ارضاء نموده و بر این اساس انتخاب مناسبی برای مسائل گذرا محسوب می شود [۱].

روش های اصلی مدل سازی سطح آزاد عبارتند از: روش سطحی یا تعقیب سطح آزاد^{۱۰} و روش حجمی یا تسخیر سطح آزاد^{۱۱}. در تحقیق حاضر یک معادله انتقال برای محاسبه نسبت حجمی دو فاز سیال (برای مثال آب و هوا) در هر گام زمانی حل می شود. این کار امکان مدل سازی تغییر شکل های پیچیده در فصل مشترک دو فاز را فراهم آورده و از روش های حجمی محسوب می شود [۲].

¹ Fractional Step Method

² Volume Fraction Transport Equation

³ Body-Attached/Moving Mesh

⁴ Slamming

⁵ Sloshing

⁶ Simultaneous Solution

⁷ Segregated Solution

⁸ Predictor-Corrector

⁹ Artificial Compressibility

¹⁰ Surface Tracking/Surface Method

¹¹ Surface Capturing/Volume Method