

مدل سازی عددی موج کوتاه غیر خطی با استفاده از مدل ISPH

رسول معمارزاده^۱، کورش حجازی^۲

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب دانشکده مهندسی عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استادیار دانشکده ی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Rasoul.meamarzadeh@gmail.com

خلاصه

در این مقاله مدل هیدرودینامیک ذرات هموار شده تراکم ناپذیر (ISPH) برای مدل سازی عددی موج کوتاه غیرخطی توسعه داده شده است. معادلات حاکم در این مدل (معادلات بقای جرم و مقدار حرکت)، با استفاده از روش دو گام جزئی حل شده اند. در مدل حاضر شیوه ای جدید برای اختصاص چگالی به ذرات برای انجام محاسبات مورد استفاده قرار گرفته که با استفاده از آن، مدل هیدرودینامیک ذرات هموار شده تراکم ناپذیر (ISPH) حاضر پایدار شده است. صحت سنجی مدل عددی تهیه شده با استفاده از مدل سازی مسائل حرکت موج تنها در عمق یکنواخت و شکست موج تنها در ساحل شیب دار و مقایسه ی نتایج محاسباتی با داده های تحلیلی و آزمایشگاهی صورت گرفته است. همچنین در این مقاله، همگرایی و حساسیت مدل به پارامترهای مربوط مورد بحث و بررسی صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: مدل سازی عددی، هیدرودینامیک ذرات هموار شده تراکم ناپذیر، موج تنها، شکست موج.

۱- مقدمه

امواج آب به عنوان یکی از جریان های با سطح آزاد، از جمله مهم ترین جریان ها در هیدرودینامیک و هیدرولیک به شمار می روند. موج تنها^۱ موجی غیر خطی و از خانواده ی امواج با دامنه محدود در آب کم عمق است که معمولاً برای شبیه سازی انتشار امواج در نواحی ساحلی و سیلاب های ساحلی استفاده می شود. به دلیل اهمیت موج تنها، پژوهشگران مطالعات آزمایشگاهی و عددی متعددی برای شناخت آن انجام داده اند [۱]. در میان آن ها، مطالعات عددی که از معادلات ناویر - استوکس برای مطالعه ی هیدرودینامیک این موج استفاده می نمایند، رایج ترند؛ زیرا جزئیات بالایی از حرکت این موج در ساحل را به خوبی مدل سازی می نمایند.

برای مدل سازی عددی امواج آب، سه دسته روش اولبری، لاگرانژی و اولبری - لاگرانژی وجود دارد. روش های ذرات نشانگر^۲ و حجم سیال^۳ از جمله روش های قدرتمند برای مدل سازی این نوع جریان ها می باشند، که از یک شبکه ی ثابت اولبری برای حل معادلات ناویر - استوکس استفاده می نمایند. در روش ذرات نشانگر از ذرات بدون جرم و خواص فیزیکی برای مشخص کردن سطح آزاد استفاده می شود، در حالی که در روش حجم سیال با حل معادله ی انتقال تابع کسر حجمی ردیابی سطح آزاد انجام می شود. با وجود موفقیت های این روش ها در مدل سازی عددی جریان های با سطح آزاد پیچیده مانند شکست موج در ناحیه ی ساحلی، اما این روش ها در مدل سازی به دلیل وجود جمله ی انتقال در معادلات ناویر - استوکس دارای خطاهای عددی بوده و در شبیه سازی جریان های با انحنای زیاد با مشکل روبرو می باشند [۲].

دسته ی دیگر روش ها برای مدل سازی عددی امواج آب، روش های ذره ای بدون شبکه می باشند که اخیراً به طور گسترده برای مدل سازی جریان های با سطح آزاد به کار گرفته شده اند. تحلیل سطح آزاد جریان در این روش ها به مراتب ساده تر از روش های وابسته به شبکه بندی میدان جریان می باشند و همچنین به علت فرمول بندی لاگرانژی، جمله ی انتقال در آن ها بدون هیچ خطای عددی مورد محاسبه قرار می گیرد [۲]. روش

¹ Solitary wave

² Marker and cell

³ Volume of Fluid