

## مدلسازی دو بعدی انتقال رسوبات چسبنده معلق

سید محمد حسین جزایری شوشتری  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
mh\_jazayeri@sina.kntu.ac.ir

محسن سلطانیپور  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
soltanpour@kntu.ac.ir

### مقدمه

وجود بیش از ۱۰ درصد از ذرات رس در مخلوط های رسوبی باعث بروز رفتارهای چسبنده در رسوبات می گردد، این نوع رسوبات معمولاً در مصب و دلتای رودخانه های بزرگ وجود دارند. توانایی پیش بینی انتقال رسوبات چسبنده در نواحی ساحلی از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی نقش موثری در توسعه پروژه های جدید مهندسی دارد. علاوه بر این نگهداری و بهره برداری صحیح از زیرساخت های موجود نیازمند ارزیابی نرخ رسوبگذاری است.

مدل های عددی ابزار مناسبی برای پیش بینی نرخ انتقال رسوبات به شمار می روند. بدلیل پیچیدگی پدیده انتقال رسوب این مدل ها به طور پیوسته در حال اصلاح می باشند. در این مطالعه یک مدل عددی برای پیش بینی انتقال عمود بر ساحل رسوبات چسبنده معلق تحت اثر امواج منظم خطی معرفی شده است.

### معادله انتقال رسوبات

معادله مشتقات جزئی توصیف کننده فرآیند انتقال - انتشار دو بعدی قائم (انتگرال گیری شده در عرض) به صورت زیر بیان می شود:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + w \frac{\partial C}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} (w_s C) = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (D_z \frac{\partial C}{\partial z}) + S \quad (1)$$

که در آن  $C$  غلظت رسوبات معلق،  $u$  و  $w$  به ترتیب مولفه های سرعت افقی و قائم بر اساس تئوری امواج خطی و  $w_s$  سرعت ته نشینی رسوبات معلق می باشد که بر اساس غلظت محلی رسوبات محاسبه می گردد (Mehta, 1993).  $D_x$  و  $D_z$  ضرایب انتشار رسوب در جهات  $x$  و  $z$  هستند که با لزجت گردابی برابر در نظر گرفته شده اند (Fredsoe and Deigaard, 1992). در اینجا از مدل طول اختلاط Rodi (1984) برای به دست آوردن ضرایب انتشار رسوبات استفاده شده است. نرخ فرسایش و ته نشینی،  $S$ ، بر اساس روابط تجربی Krone (1962) و Mehta et al. (1989) بر اساس تنش برشی بستر بدست می آید.

### تبدیل سیستم مختصات

قلمرو حل معادله انتقال - انتشار علاوه بر اینکه متغیری از مکان است (به علت تغییرات بستر)، متغیری از زمان نیز می باشد (به علت تغییرات سطح آب و تراز بستر). این مطلب باعث بروز مشکلاتی در حل عددی معادلات می شود. چنانچه معادله در دستگاه مختصات کارتزین<sup>۱</sup> حل شود، ضخامت لایه بالایی شبکه حل، با تغییر سطح آب، تغییر می کند. در شرایطی که تغییرات سطح آب بیش از تغییرات مجاز لایه بالایی مش باشد، حل عددی معادلات با مشکل رو برو می شود. در این شرایط استفاده از سیستم مختصات بی بعد  $\sigma$  مناسب می باشد. نگاشت سیستم مختصات  $\sigma$ ، مختصات متغیر قائم در قلمرو فیزیکی را به یک مختصات ثابت در قلمرو محاسباتی انتقال می دهد. انتقال به سیستم مختصات  $\sigma$  به شکل زیر صورت می گیرد:

$$t' = t, \quad x' = x, \quad \sigma = \frac{z + h}{\zeta + h} = \frac{z + h}{H} \quad (2)$$

که در آن  $(x, z, t)$  مختصات مکانی و زمانی در سیستم مختصات اصلی و  $(x', \sigma, t')$  مختصات مکانی و زمانی در سیستم مختصات  $\sigma$  می باشند. در اینجا  $h$  عمق متوسط آب،  $\zeta$  جابجایی سطح آب از تراز متوسط ناشی از نوسانات موج،  $H$  عمق کلی آب ( $H = \zeta + h$ ) و  $z$  مختصات قائم اندازه گیری شده از تراز متوسط دریا تا سطح بستر می باشند. بنابراین معادلات هیدرودینامیکی از محدوده  $h \leq z \leq \zeta$  به محدوده ثابت  $0 \leq \sigma \leq 1$  تبدیل می شوند. بر اساس قاعده مشتق گیری زنجیری، مشتق جزئی یک متغیر در فضای فیزیکی به فضای محاسباتی تبدیل می گردد.

پس از تبدیل سیستم مختصات فیزیکی به سیستم مختصات محاسباتی معادله مشتقات جزئی توصیف کننده فرآیند انتقال - انتشار دو بعدی قائم (معادله ۱) در سیستم مختصات  $\sigma$  به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + w' \frac{\partial C}{\partial \sigma} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial \sigma} (w_s C) = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{1}{H} D_z \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + S \quad (3)$$

<sup>1</sup> Cartesian coordinate