

## بررسی عددی رفتار پوسته‌ی انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن اندرکنش استاتیکی سازه و سیال

نجمه چراغی شیرازی<sup>۱</sup>، عبدالرضا کبیری<sup>۲</sup>، بیژن برومند<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

n.cheraghishirazi@cv.iut.ac.ir

### خلاصه

سدهای لاستیکی، سازه‌های انعطاف‌پذیر استوانه‌ای ساخته شده از مواد لاستیکی‌اند که از هوا، آب یا ترکیبی از آن دو پر شده‌اند. بارهای وارده شامل فشار داخلی (آب، هوا یا ترکیبی از آن دو) و فشار آب خارجی (هیدرواستاتیک یا هیدرودینامیک) است. تغییر شکل‌های بزرگ ناشی از فشار داخلی و خارجی باعث غیرخطی شدن معادلات حاکم بر غشاء می‌گردد. در تحقیق حاضر با استفاده از آنالیز دینامیکی به حل معادله‌ی خطی حاکم بر سازه در شرایط هیدرواستاتیکی پرداخته می‌شود و پس از محاسبه‌ی تغییر شکل‌های کوچک در هر بازه‌ی زمانی نهایتاً تغییر شکل‌های بزرگ تعیین می‌گردد. نتایج به دست آمده از حل عددی با نتایج عددی و آزمایشگاهی موجود انطباق قابل قبولی را نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** سدهای لاستیکی، تغییر شکل‌های بزرگ، آنالیز دینامیکی، بارگذاری هیدرواستاتیکی.

### ۱- مقدمه

سدهای لاستیکی برای مقاصد کشاورزی و آبیاری (تام، ۱۹۹۷) و تغذیه آب زیرزمینی (مارکوس، ۱۹۹۴)، افزایش ارتفاع سد، جلوگیری از فرسایش کف، کنترل سطح آب (سگل، ۱۹۹۶)، عبور دادن آب مازاد در هنگام سیل به واسطه‌ی خالی کردن سد از سیال (تام، ۱۹۹۷) مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سدها همچنین می‌توانند به‌عنوان سد موقتی، از مناطق در حال ساخت و ساز به هنگام سیل محافظت کنند. اگرچه تعداد بسیار زیادی از این سدها در حالت برافراشته به صورت دائمی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، در عین حال می‌توانند در مواقعی که به آن‌ها نیازی نیست، از سیال خالی شوند و به صورت تخت در بستر قرار گیرند و در صورت لزوم در یک دوره‌ی زمانی کوتاهی به حالت برافراشته درآیند. سدهای لاستیکی نسبتاً آسان نصب می‌شوند، نمی‌پوسند، به نگهداری کمتری احتیاج دارند و قابلیت تحمل کردن درجه حرارت بسیار زیادی دارند.

انور (۱۹۶۷) سدهای لاستیکی آبی را تحت شرایط هیدرواستاتیک و سدهای لاستیکی بادی را تحت شرایط هیدرواستاتیک و روگذری در حالت ماندگار بررسی کرد. سپس نتایج تئوری را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کرد. با چشم‌پوشی از وزن سد، قسمتی از شکل هیدرواستاتیکی سد را (پرشده از آب یا هوا) به فرم انتگرال بیضوی و قسمت دیگر به فرم معادله‌ی یک دایره با استفاده از تعادل نیروها به دست آورد. نهایتاً این‌طور نتیجه گرفت که سدهای لاستیکی برای روگذری‌های بزرگ مناسب نیستند. هریسون (۱۹۷۰) سدهای لاستیکی آبی و بادی را در تحت فشار هیدرواستاتیک ناشی از هد آب بالادست و پایین دست بررسی کرد. بررسی در حالت دوبعدی انجام شد و محیط سطح مقطع سد از تعداد محدودی المان خطی پوشیده شد. فشار وارد بر هر المان به صورت نیروی متمرکز وارد بر انتهای هر المان در نظر گرفته شد و روش نیوتون برای به‌دست آوردن شکل سطح مقطع سد استفاده شد. بینیه (۱۹۷۳) سدهای لاستیکی آبی را در حالی که سطح آب بالادست منطبق بر تاج سد باشد، بررسی کرد. با چشم‌پوشی از وزن سد و با فرض تغییر طول ناپذیر بودن غشاء وجه بالادست به فرم قسمتی از یک دایره و وجه پایین دست به فرم انتگرال‌های بیضوی بیان شد. پاربری (۱۹۷۶) معادلات دیفرانسیل تعادل را با استفاده از تئوری پوسته‌ها ارائه داد و سپس این معادلات را با روش رانگ-کوتا مرتبه چهار و روش نیوتون-رافسون برای سد لاستیکی تحت شرایط هیدرواستاتیکی، حل کرد. وزن و مدول الاستیسیته‌ی غشاء در نظر گرفته شد. در دومین مقاله، پاربری (۱۹۷۸) دریافت وزن و مدول الاستیسیته غشاء کمترین اثر را روی شکل سد در حالت هیدرواستاتیک دارد. نیکلاس (۱۹۸۳) با ارزیابی معادله تعادل و انتگرال‌گیری عددی،