تحلیل سیستم لوله مدفون–خاک–ماده منفجره به روش مجزا و کاملا همبسته SPH-FEM

احمد دلپسند[۱]،حمزه شکیب[۲]

تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

Ahmad.delpasand@modares.ac.ir

خلاصه

سیستم لوله مدفون–خاک–ماده منفجره به‌صورت مجزا و همبسته، به روش SPH[۳]-FEM[۴] تحلیل گردید. ماده منفجره و خاک نزدیک به آن با المان های کروی SPH، لوله با المان پوسته و خاک نزدیک آن با المان های هشت گرهی FEM مدل‌سازی شد. ناحیه مشترک FEM-SPH با روش دوختن المان‌ها به یکدیگر مدل‌سازی شد و برای لحاظ کردن اثر طویل بودن لوله و خاک دوردست، از المان های تیر برای لوله و فنر های غیرخطی خاک استفاده گردید. از مدل رفتاری سه فازه وانگ برای خاک و JWL[۵] برای ماده منفجره استفاده شد. نتایج حاصل از مقایسه پاسخ لوله با داده‌های آزمایشگاهی حاکی از آن بود که روش مجزا به دلیل در نظر نگرفتن بازتاب موج انفجار از لوله، تداخل امواج بازتاب شده از سطح زمین و لوله و اثر تغییر مکان و ارتعاش ذرات خاک ناشی از انفجار، خطای قابل توجهی در مقایسه با روش همبسته دارد.

کلمات کلیدی: روش همبسته SPH-FEM، لوله‌های مدفون، انفجار ، اندرکنش خاک و سازه

۱. مقدمه

سیستم لوله‌های مدفون در شهرهای بزرگ و صنعتی وظیفه انتقال آب، سوخت و جمع‌آوری فاضلاب را بر عهده‌دارند. انفجار که به‌عنوان یکی از عوامل تخریب لوله‌های مدفون محسوب می‌شود، اثراتی مانند ضربه ناگهانی، امواج فشاری و کششی را در محیط ایجاد نموده و سازه‌ها و موانع موجود در مسیر خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا بررسی رفتار خطوط لوله مدفون به عنوان یکی از شریان‌های حیاتی کشور تحت بارگذاری ناشی از انفجار، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ماهیت دینامیکی فشار ناشی از انفجار و انتشار آن در زمین، بررسی اندرکنش این سازه‌ها با محیط متنوع اطراف را به مسئله‌ای نسبتاً پیچیده تبدیل نموده است. برخی از محققین به تحلیل و بررسی رفتار خطوط لوله مدفون تحت بارگذاری ناشی از انفجار پرداختند. اسپارزا در سال ۱۹۸۱ با آزمایشات تمام مقیاس و مقیاس شده روابطی برای تخمین میزان تنش و کرنش لوله ارائه داد و در آیین‌نامه شریان‌های حیاتی آمریکا (ALA2005[۶]) برای طراحی لوله‌ها در برابر بار انفجار مورد استفاده قرار گرفت[۱و۲]. کوریتزیس در سال ۲۰۰۷ با متمرکز فرض کردن بار انفجار، روشی برای حل تحلیلی کرنش ایجاد شده در لوله بر اثر انفجار سطحی ارائه نمود[۳]. آنریبان در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ به وسیله آزمایشات مقیاس شده توسط سانتریفیوژ و مدل‌سازی عددی به روش اولری-لاگرانژی به بررسی اثر انفجار سطحی بر لوله مدفون پرداخت[۴و۵]. نورزاده در سال ۲۰۱۱ با روش تحلیل مجزا و با روش SPH و FEM به بررسی رفتار لوله‌های مدفون تحت اثر بارگذاری انفجار پرداخت[۶]. آقاسی در سال ۲۰۱۲ با تحلیل مجزا به روش FEM اثر انفجار سطحی را بر رفتار خطوط لوله مدفون بررسی نمود و پیشنهاد کرد که برای تحلیل دقیق تر مسئله نیاز به تحلیل کاملاً همبسته-SPH FEM برای بررسی رفتار خطوط لوله تحت بارگذاری انفجاری است[۷]. یان و همکاران در سال ۲۰۱۲ پاسخ دینامیکی لوله مدفون تحت انفجار نیمه مدفون را به روش عددی اختیاری لاگرانژی اولری(ALE[۷]) بررسی کردند[۸]. ژو در سال ۲۰۱۳ پاسخ دینامیکی لوله مدفون تحت انفجار سطحی را به روش عددی اختیاری لاگرانژی اولری(ALE) بررسی کرد[۹]. در این مقاله، سیستم لوله–خاک–ماده‌منفجره مدل‌سازی و سپس با ترکیب روش اجزاء محدود(FEM) و هیدرودینامیک ذرات هموار(SPH)، مسئله به صورت مجزا و کاملا همبسته تحلیل گردید و در نهایت نتایج حاصله با داده‌های آزمایشگاهی صحت‌سنجی شد.

---

[۱] کارشناس ارشد مهندسی سازه، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] دکتری مهندسی زلزله و دینامیک سازه ها، استاد تمام و عضو هیات علمی دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

[3] smooth particle hydrodynamics

[4] Finite element method

[5] Jones-Wilkins-Lee

[6] American Lifelines Alliancea

[7] Arbitrary Lagrange Euler