



## بررسی اثر حرکت گهواره ای فونداسیون روی رفتار سازه های فولادی مهاربندی شده با روش آنالیز دینامیکی افزاینده

فدرا اشرف زاده<sup>۱</sup>، سعید تاروردیلو<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشدسازه، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲- استادیار بخش عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

Email: [fedra\\_ashrafzade@yahoo.com](mailto:fedra_ashrafzade@yahoo.com)

### خلاصه

امروزه اکثر طراحی ها براساس فرض معمول پی صلب انجام می گیرد. مطالعات قبلی نشان میدهد که وقوع حرکت گهواره ای میتواند رفتار سازه را به طور عمده تحت تاثیر قرار دهد. هدف این مطالعه بررسی تفاوت رفتار غیرخطی سازه های مهاربندی شده فولادی با و بدون در نظر گرفتن اثر حرکت گهواره ای می باشد. در این راستا برای بررسی رفتار غیر خطی سازه ها از روش آنالیز دینامیکی افزاینده استفاده شده است. و در نهایت با نتایج حاصل از آنالیز استاتیکی غیر خطی مقایسه شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که سازه های کوتاه نسبت به سازه های بلند حساسیت بیشتری در حرکت گهواره ای از خود نشان می دهند.

کلمات کلیدی: حرکت گهواره ای، آنالیز دینامیکی افزاینده، رفتار غیر خطی

### ۱. مقدمه

یکی از متداولترین فرض ها در آنالیز و طراحی سازه ها فرض پی انعطاف ناپذیر یا صلب میباشد. استفاده از این ایده نیاز به آنالیز غیرخطی (ناشی از بلند شدن پی و تغییر پی در پی ماتریس سختی سیستم متشکل از سازه و فونداسیون) را حین آنالیز سازه حذف نموده و در ضمن منجر به ارزیابی محافظه کارانه ای از نیروهای موجود در تراز فونداسیون میگردد. یکی از نتایج فرض پی صلب حصول به ارزیابی دست پائینی از پریود نوسان سازه (در قیاس با پریود واقعی آن) و در نتیجه تخمین دست بالایی از برش پایه میباشد.

با بررسی دلایل عملکرد خوب برخی سازه ها در زلزله ۱۹۶۰ شیلی، Housner [۱] دریافت که حرکت گهواره ای دلیل عملکرد خوب سازه های به ظاهر ناپایدار حین وقوع زلزله بوده است. در راستای بررسی اثر حرکت گهواره ای در پاسخ سازه ها وی اولین بررسی تحلیلی را روی پاسخ یک بلوک صلب در حالت نوسان آزاد با حرکت گهواره ای انجام داد. Yim و Chopra [۲] روشی ساده برای محاسبه برش پایه سیستمهای چند درجه آزادی با حرکت گهواره ای، مبتنی بر استفاده از طیف طراحی معمول (که مبتنی بر جدا نشدن سازه از خاک میباشد) با اصلاح پریود نوسان و میرایی سازه برای در نظر گرفتن اثر حرکت گهواره ای ارائه نمودند. از طرفی Makris و Konstantinidis [۳] نشان دادند که استفاده از روشی مبتنی بر طیف طراحی و اصلاح میرایی برای ارزیابی اثر حرکت گهواره ای روی رفتار سازه ها (روش مورد استفاده در برخی راهنماهای طراحی نظیر FEMA 356 [۴]) درست نیست و در مواردی میتواند منجر به نتایج کاملا غلط گردد. Hutchinson و همکاران [۵] نشان دادند که حرکت گهواره ای میتواند منجر به کاهش اساسی در مقدار بار جانبی وارد بر سازه می گردد. Gazetas [۶] نشان داد که با وجود اثرات کاهنده در مواردی نیز حرکت گهواره ای منجر به تشدید پاسخ با نزدیک کردن پریود نوسان سازه به پریود غالب در محتوای فرکانسی زلزله شده، اثرات مخربی در پی داشته است. از طرفی وی به این مسئله اشاره کرد که با کنار گذاردن فرض معمول طراحی پی مبتنی بر غیرخطی نشدن خاک میتوان از رفتار غیرخطی خاک برای کاهش بار زلزله روی سازه استفاده نمود.

در سالهای اخیر آییننامه ها روشهایی را برای لحاظ نمودن اثر انعطاف پذیری پی و کاهش سختی سیستم سازه و خاک در کاهش برش پایه و افزایش میزان حرکت جانبی سازه ارائه نموده اند (FEMA450 [۷]). روشهای ارائه شده در این آییننامه ها مبتنی بر در نظر گرفتن اثر اندرکنش کلی خاک و سازه بوده و در برگیرنده اثر حرکت گهواره ای (بلند شدن فونداسیون از روی خاک) و یا انهدام موضعی خاک زیر فونداسیون نمی باشد.