

بررسی وضعیت مهاربندی دیوار دیافراگمی بر پاسخ آن به وجود سربار و فاصله آن از لبه گود

مرتضی منصوری

دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه یزد، mansoorim88@gmail.com

کاظم برخوردار بافقی

استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، kbarkhordari@yazd.ac.ir

جعفر بلوری بزاز

دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، bolouri@um.ac.ir

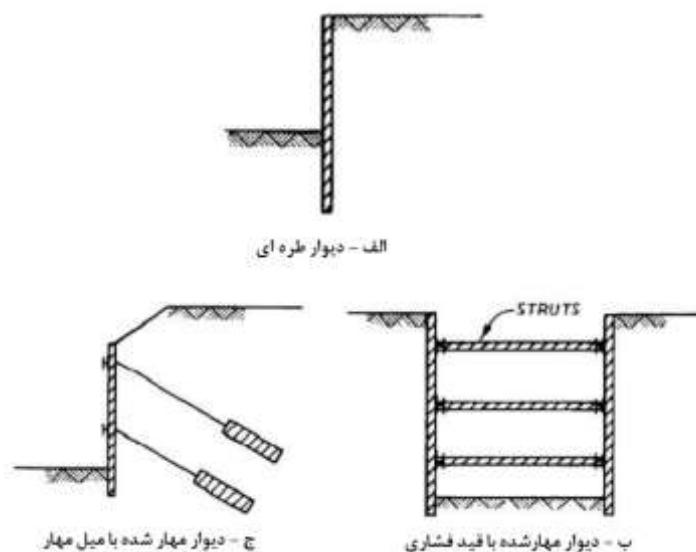
چکیده

امروزه با توسعه روز افزون شهرها و پیشرفت تکنولوژی نیاز به احداث سازه های عظیم و همچنین پروژه های بزرگ زیربنایی نظیر مترو بیش از پیش احساس می شود. دیوارهای دیافراگمی^۱ با داشتن سختی بالاتر نسبت به بسیاری از روش های حفاظت از دیواره گود، در بسیاری از موارد برای استفاده به عنوان دیوار نگهدارنده دائمی و نیز المانی سازه ای در ایستگاه ها و تونل های مترو و سایر گودبرداری های عمیق به کار رفته اند. در پژوهش حاضر که بر مبنای محاسبات نرم افزاری با روش اجزاء محدود و نرم افزار ژئوتکنیکی PLAXIS V8.2 انجام شده، از مدل رفتاری موهر-کولمب و حالت کرنش مسطح استفاده شده است و پس از بررسی درستی مدلسازی و صحت عملکرد نرم افزار، تاثیر وجود سازه در نزدیکی گود و نیز فاصله آن از لبه گود در شرایط مختلف مهاربندی دیوار دیافراگمی بر عملکرد و پایداری گود، مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی های انجام شده حاکی از آن است که محل رخداد تغییر شکل ماکزیمم دیوار وابستگی چندانی به میزان سربار و فاصله آن از گود نداشته و تابع وضعیت مهاربندی دیوار است. همچنین در مورد سازه مجاور گود می توان گفت با بهبود وضعیت مهاربندی، دیوار متحمل تغییر شکلهای و لنگرهای خمشی بسیار پائین تری خواهد شد به نحویکه با افزایش بار سازه مجاور گود از یک ساختمان دو طبقه به ساختمانی ده طبقه، تغییر شکل و لنگر خمشی ماکزیمم دیوار مهار شده با یک ردیف مهار، هردو ۶۶٪ افزایش می یابد، رقمی که در مورد دیوار مهار شده با دو ردیف مهار به ترتیب ۲۵٪ و ۱۷٪ می باشد. در مورد فاصله سازه از لبه گود نیز نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با بهبود وضعیت مهاربندی، وابستگی عملکرد دیوار به این پارامتر کاهش یافته و ضرایب اطمینان پایداری گود افزایش چشمگیری خواهد یافت.

واژه های کلیدی: گودبرداری عمیق، دیوار دیافراگمی، مهار بندی، سربار، پایداری گود

¹ Diaphragm Walls

گودبرداری‌های عمیق در مناطق شهری و در مواردی همچون سیستم‌های حمل و نقل عمومی، ایجاد سازه‌های عظیم و ... کاربرد وسیعی دارند. چنین گودبرداری‌هایی می‌توانند با ایجاد تغییر شکل‌های نامطلوب در محیط پیرامونی، تأثیرات مخربی بر عملکرد سازه‌های اطراف داشته باشند. دیوارهای دیافراگمی که به عنوان یک روش ایجاد دیوار حائل بتنی مسلح معرفی شده‌اند، با داشتن سختی بالاتر نسبت به بسیاری از روش‌های حفاظت از دیواره گود و در نتیجه متحمل شدن تغییر شکل‌های کوچکتر، کاربرد وسیعی در پایدارسازی دائمی جداره گودبرداری‌های عمیق دارند (منصوری و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین کاربرد این دیوارها به صورت مهار شده و با سیستم‌های مختلف مهاربندی نظیر مهاربندی با قید فشاری، مهاربندی با میل مهار و سایر روش‌ها می‌تواند به کاهش تغییرشکل‌های ناشی از گودبرداری منجر شود (Kempfert and Gebreselassie, 2006). شکل ۱ تصویری شماتیک از دیوارهای طره‌ای و نیز دیوار مهار شده با دو سیستم مهاربندی ذکر شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: تصویر شماتیک دیوارهای طره‌ای و مهار شده (Kempfert and Gebreselassie, 2006)

با توجه به مطالب گفته شده، در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر وجود مهار بر رفتار گود، تحلیل‌ها در سه حالت مختلف گود ۷ متری بدون مهار، گود ۱۵ متری با یک ردیف مهار در تراز ۱ متری زیر سطح زمین و گود ۱۵ متری با دو ردیف مهار در ترازهای ۱ و ۷ متری زیر سطح زمین انجام شدند. در هر دو حالت دیوار مهار شده، به منظور مهاربندی دیوار از قید فشاری استفاده شد. در این پژوهش، تغییر شکل‌های دیواره گود به همراه بیشینه لنگر وارد به دیوار دیافراگمی در شرایط مختلف، بررسی خواهند شد و نمودارهای مربوط به هر حالت جهت بررسی و مقایسه عملکرد آن‌ها ارائه خواهند گردید. هم چنین ضریب اطمینان پایداری گود در هر حالت محاسبه و ارائه می‌شود.

۲- مدل سازی دیوار دیافراگمی

قبل از شروع مطالعات عددی و پژوهشی لازم است تا از درستی مدلسازی عددی و نیز صحت عملکرد نرم افزار مورد استفاده اطمینان حاصل گردد. در این صورت می‌توان پذیرفت که نتایج حاصل از مطالعات آینده صحیح و قابل قبول است. یادآوری می‌شود که پلاکسیس یک نرم افزار المان محدودی بسیار قوی در حل مسائل ژئوتکنیکی بوده که قادر است رفتار مکانیکی خاک، گودبرداری، اندرکنش خاک و سازه نگهدارنده گود، مهارها و ... را به خوبی مدل کند و توانایی مدلسازی انواع مسائل ژئوتکنیکی به ویژه گودبرداری‌های عمیق را داراست، تا آنجا که در راهنمای خود نرم افزار نیز دو مورد گودبرداری عمیق به کمک دیوار دیافراگمی مدلسازی گردیده است. برای تخمین اولیه از درستی مدلسازی و نیز صحت عملکرد نرم افزار هر دو مورد فوق در نرم افزار به طور کامل مدلسازی و تحلیل شد و تغییر شکل‌های دیوار در اثر گودبرداری که از تحلیل مدل ساخته شده

در نرم افزار بدست آمد، با مقادیر متناظر موجود در راهنما مقایسه گردید و در هر دو مورد تفاوت تغییر شکل ها بسیار ناچیز مشاهده شد که حاکی از صحت مدل سازی و عملکرد درست نرم افزار می باشد.

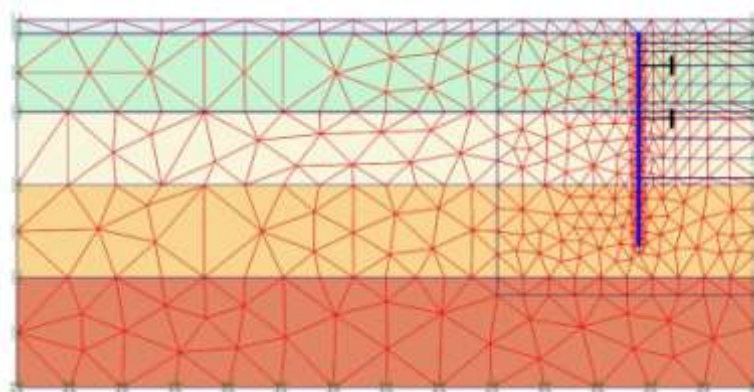
در ادامه و به منظور حصول اطمینان بیشتر، گودبرداری اجرا شده برای ایجاد یکی از ایستگاه های خط یک قطار شهری اهواز که به روش دیوار دیافراگمی و توسط شرکت کیسون اجرا شده است، مدل سازی و مورد بررسی قرار گرفت. گودبرداری ایستگاه با عمق ۱۷،۲ متر، عرض ۲۵،۴ متر و طول ۱۳۱ متر گزارش شده است. همچنین برای نگهداری دیواره گود از دیوار دیافراگمی به ضخامت ۸۰ سانتی متر و ارتفاع ۲۳ متر استفاده شد. جدول ۱ مشخصات لایه های خاک در ایستگاه فوق را بر مبنای گزارشات ژئوتکنیک شرکت کیسون نشان می دهد (Pakbaz et al, 2013):

جدول ۱: مشخصات لایه های خاک در محل پروژه (Pakbaz et al, 2013)

نوع خاک	عمق	γ_d (KN/m ³)	E (Kpa)	C(Kpa)	ϕ (deg)	K_0
خاک دست ریز	0-1.5	15	2000	30	20	0.8
رس سخت تا خیلی سخت با سیلت	1.5-10	16	15000	40	10	0.85
سیلت متوسط تا سخت با رس	10-18	17	20000	35	10	0.6
ماسه سیلتی سست	18-28	16.1	25000	10	30	0.5
ماسه سیلتی متوسط تا متراکم	28-40	16.4	30000	10	35	0.5

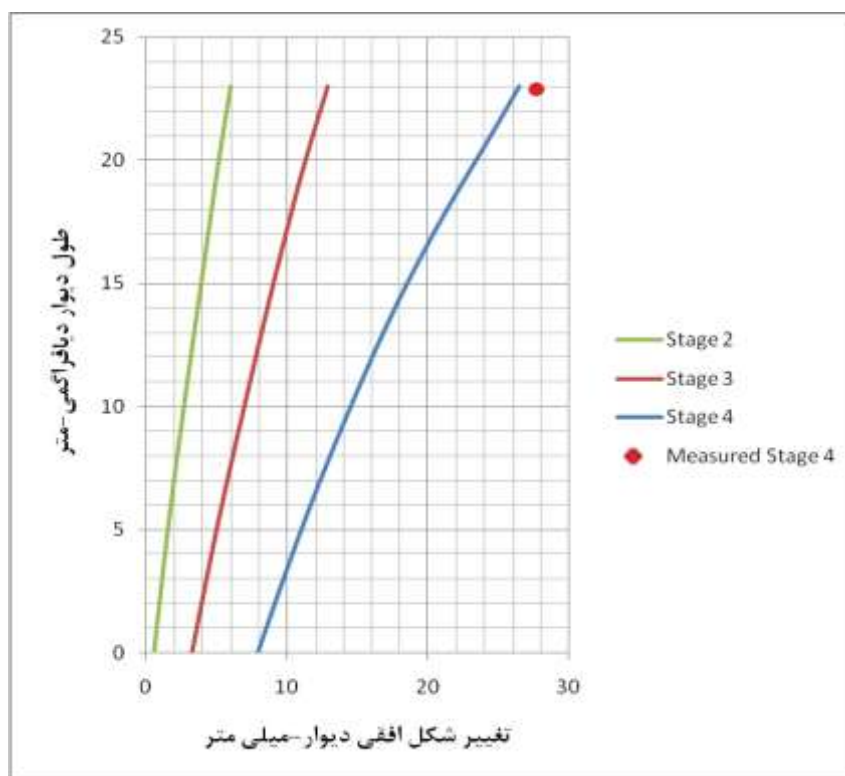
در مدل سازی عددی می بایست ابعاد و مرزهای مسئله طوری انتخاب شود که شرایط مرزی تاثیری بر روی نتایج نداشته باشد. لذا به منظور اطمینان از عدم تاثیر محدودیت مرزهای مدل بر روی نتایج، مدل های متفاوتی که دارای شرایط یکسانی بوده و تنها ابعاد آن متفاوت بود ساخته شد و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در نهایت مدلی با عمق ۴۰ و عرض ۸۰ متر به عنوان مدل نهایی پذیرفته شد. هم چنین یکی از مباحث بسیار مهم در آنالیزهای اجزاء محدود، المان بندی مدل ساخته شده می باشد. مسلماً هر قدر که مش ریزتر و یکنواخت تر باشد، دقت نتایج بیشتر خواهد شد اما در مقابل، زمان تحلیل افزایش خواهد یافت. در این پژوهش تعدادی مدل با شرایط یکسان، ولی با مش بندی متفاوت، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و در نهایت با توجه به زمان تحلیل و دقت نتایج، مدل مش بندی متوسط به عنوان مش بندی مورد استفاده در تحلیل، پذیرفته شد. همان گونه که شکل ۲ نیز پیداست مش بندی در اطراف محدوده گودبرداری و نیز در مجاورت دیوار دیافراگمی که تغییرات تغییر شکل ها زیاد می باشد ریزتر گردیده است.

در ایستگاه کارگر متروی اهواز به علت شکل مستطیلی دراز و باریک گودبرداری در این ایستگاه، مقادیر تغییر شکل های جانبی دیوار در فواصل مختلف از گوشه تغییرات محدود و یکنواختی داشت. این تغییرات محدود و یکنواخت حاکی از عملکرد کرنش صفحه ای گودبرداری دارد (Wang et al, 2005). به عبارت دیگر طول زیاد ایستگاه در مقایسه با عرض آن باعث شده که اثرات سه بعدی و اثرات گوشه ایستگاه بر روی تغییر شکل های جانبی دیوار ناچیز و قابل صرف نظر کردن باشد.



شکل ۲: مش بندی نهایی مدل ساخته شده

در ابتدا و قبل از ایجاد دیوار دیافراگمی خاک دستی (لایه اول) برداشته شد و سپس عملیات احداث دیوار آغاز شد. پس از اجرای دیوار حفاری در ۱۰ مرحله اجرا شد و دو مرحله مهار گذاری در عمق های ۵ و ۱۰٫۷۵ متر صورت پذیرفت. اما از آنجایی که پس از حفاری تا عمق ۵ متر و قبل از نصب اولین ردیف مهار عملیات حفاری موقتا متوقف شد، اطلاعات مربوط به تغییر شکل ها تا عمق ۵ متری و در سه گام حفاری برداشت شد. لذا از آنجایی که از تغییر شکل های بعد از این مرحله اطلاعاتی در دسترس نیست، گودبرداری تا همین مرحله مدل سازی شد و ماکزیمم مقدار تغییر شکل های بدست آمده از آنالیز المان محدود در نرم افزار پلاکسیس با مقدار مشاهده شده در فاز چهارم حفاری پروژه مقایسه گردید. در شکل ۳ نتایج حاصل از آنالیز المان محدود با نتایج مونیترینگ پروژه مقایسه گردیده است. همان طوری که مشاهده می شود ماکزیمم تغییر شکل افقی دیوار در گام چهارم حفاری با استفاده از آنالیز المان محدود ۲۶٫۴۵ میلی متر بدست آمد که نزدیک به ۳٪ با نتایج حاصل از مونیترینگ پروژه اختلاف داشته و هم خوانی خوبی با نتایج واقعی دارد که حاکی از صحت مدلسازی و نیز عملکرد نرم افزار می باشد.



شکل ۳: مقایسه نتایج حاصل از آنالیز المان محدود با نتایج مونیترینگ پروژه

۳- انجام مطالعات

پس از حصول اطمینان از درستی مدل ساخته شده و صحت عملکرد نرم افزار، در تحلیل های آتی الگوی پایه مدل مشابه آنچه در بخش قبل بررسی شد، به طول ۸۰ متر و ارتفاع ۴۰ متر انتخاب گردید. ارتفاع دیوار دیافراگمی ۲۴ متر و ضخامت آن برابر ۸۰ سانتی متر انتخاب گردید. عمق گودبرداری در حالت مهار شده با قید فشاری برابر ۱۵ متر و در حالت مهار نشده یا طره ای برابر ۷ متر انتخاب گردید.

۳-۱- سازه در مجاورت گود (سربار)

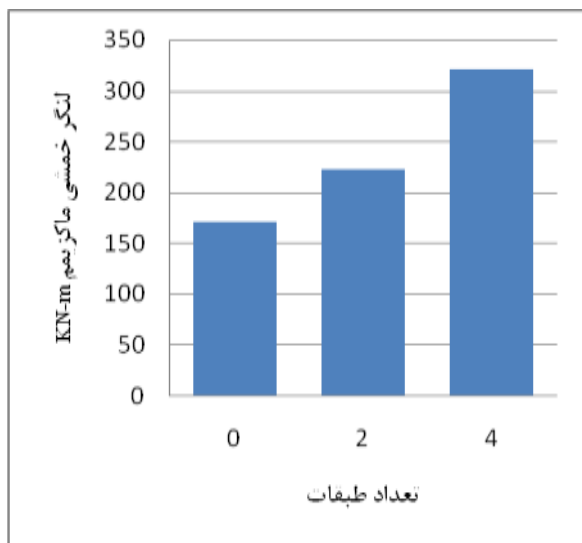
برای بررسی اثر وجود سازه در مجاورت گود، با ثابت نگه داشتن سایر پارامترها باری معادل یک ساختمان ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ طبقه به عرض ۱۰ متر و با فاصله ۳ متر از لبه گود اعمال گردیدند و با حالت عدم وجود سازه در مجاورت گود در یک نمودار جهت مقایسه قرار گرفتند. مقدار سربار ناشی از ساختمان مجاور گود را می بایست با توجه به بارهای مرده و زنده وارد بر هر طبقه آن محاسبه کرده و و این مقادیر را برای کلیه سقف های آن محاسبه نمائیم، می توانیم این مقدار را در ساختمان های مسکونی به ازای هر متر مربع هر سقف برابر با یک تن بر متر مربع در نظر بگیریم. بر این اساس مقادیر ۲، ۴ و ۶ تن بر متر مربع، نشان دهنده ساختمان مجاور ۲، ۴ و ۶ طبقه خواهند بود (اشرفی، ۱۳۹۲). نتایج برای حالات مختلف مهاربندی دیوار به طور جداگانه ارائه می گردد.

۳-۱-۱- دیوار مهار نشده

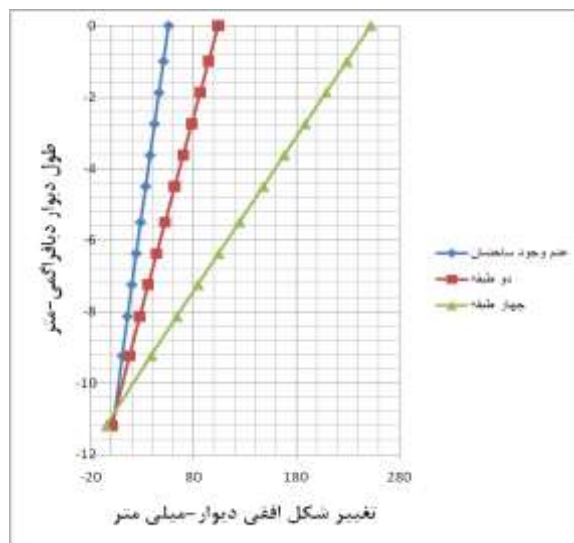
در این حالت گود نهایتاً تا سربار ساختمان ۴ طبقه پایدار باقی ماند و با افزایش سربار از این مقدار دچار فروریزش گردید. همان طور که در شکل ۴-الف و جدول ۲ مشاهده می شود با افزایش تعداد طبقات از صفر به دو طبقه تغییر شکل ماکزیمم دیوار ۸۸٪ افزایش می یابد که حاکی از وابستگی شدید دیوار مهار نشده به میزان سربار است و با تبدیل آن به ۴ طبقه، تغییر شکل ماکزیمم حدوداً ۳،۵ برابر خواهد شد. یعنی با افزایش میزان سربار، این وابستگی بسیار شدیدتر می گردد.

جدول ۲: تغییرات لنگر خمشی طراحی، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار مهار نشده با تغییر تعداد طبقات سازه

تعداد طبقات	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به عدم وجود سربار	IM_{max} KN-m	درصد تغییرات نسبت به عدم وجود سربار	F_s
۰	55.28595		171.7912		1.161
۲ طبقه	104.1609	%88.40	222.2187	%29.35	1.095
۴ طبقه	252.0794	%356	320.6975	%86.68	1.011



ب



الف

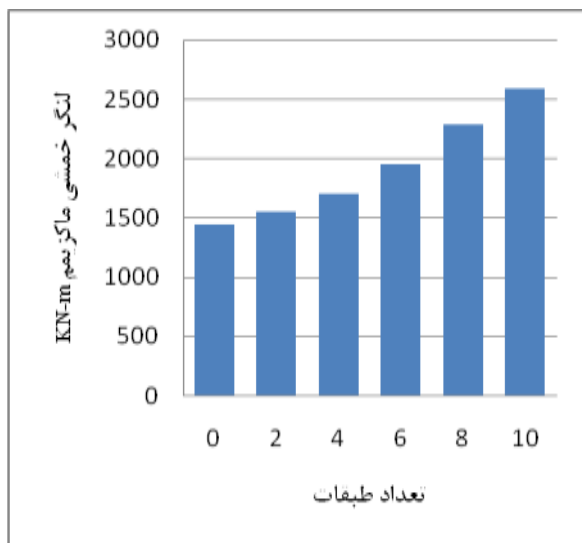
شکل ۴: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار مهارنشده با تغییر تعداد طبقات سازه مجاور گود در مورد لنگر خمشی ماکزیمم نیز این وابستگی به میزان کمتری وجود دارد به طوری که با افزایش سربار از صفر به دو طبقه لنگر خمشی ماکزیمم ۲۹٪ و با تبدیل آن به ۴ طبقه، لنگر خمشی ماکزیمم ۸۷٪ افزایش نسبت به حالت عدم وجود سربار را تجربه می کند. برای مشاهده تغییرات لنگر خمشی ماکزیمم شکل ۴-ب را ببینید.

۳-۱-۲- دیوار مهار شده با یک ردیف مهار

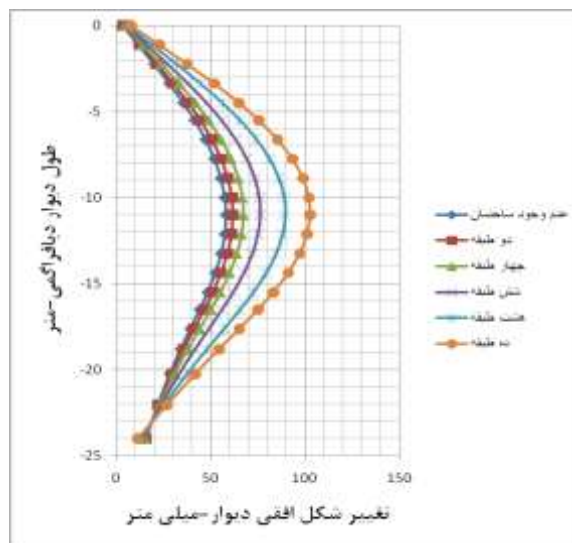
با افزودن تنها یک ردیف مهار تاثیر وجود سازه در مجاورت گود بر مقادیر تغییر شکل ها به شدت کاهش می یابد. همانگونه که در جدول ۳ و شکل ۵-الف مشهود است با افزایش سربار از صفر به دو طبقه تغییر شکل ماکزیمم دیوار ۷٪ و با افزایش دوبرابری آن به چهار طبقه ۱۶٪ افزایش یافته است. اما با افزایش بار سازه به ۶ طبقه و بالاتر این وابستگی بیشتر می شود بطوریکه با وجود ساختمانی ۱۰ طبقه در مجاورت گود، ماکزیمم تغییر شکل ها ۷۷٪ نسبت به حالت عدم وجود سربار افزایش یافته است. تغییر شکل ماکزیمم در این حالت به ازای ساختمان ۱۰ طبقه، برابر ۰٫۶۸٪ عمق نهایی گودبرداری است.

جدول ۳: تغییرات لنگر خمشی طراحی، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار یک ردیف مهار شده با تغییر تعداد طبقات سازه

تعداد طبقات	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	IM_{max} KN-m	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	F_s
۰	57.84257		1446.541		1.837
۲ طبقه	61.73085	%6.72	1553.64	%7.40	1.791
۴ طبقه	67.10821	%8.71	1703.705	%9.65	1.741
۶ طبقه	76.37347	%13.80	1958.147	%14.93	1.695
۸ طبقه	89.45665	%17.13	2288.117	%16.85	1.64
۱۰ طبقه	102.6255	%14.72	2589.006	%13.15	1.599



ب



الف

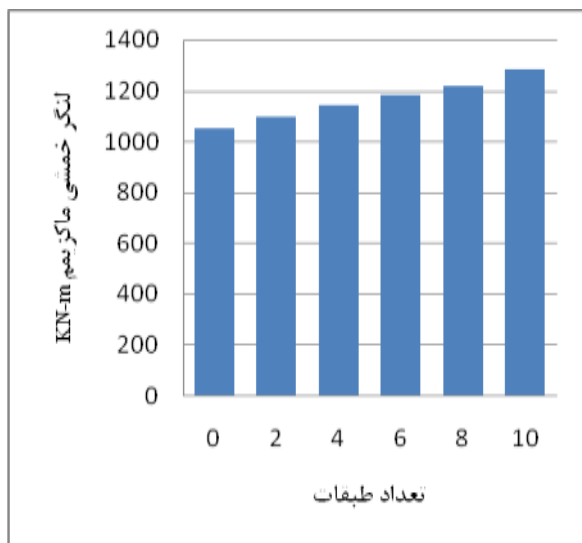
شکل ۵: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار یک ردیف مهار شده با تغییر تعداد طبقات سازه مجاور گود همانطور که از جدول ۳ و شکل ۵-ب مشخص است، لنگر خمشی ماکزیمم نیز تغییراتی مشابه با تغییر شکل ماکزیمم با تغییر سربار نشان می دهد به نحویکه با وجود ساختمانی ۱۰ طبقه در مجاورت گود، لنگر خمشی ماکزیمم دیوار ۷۹٪ درصد نسبت به حالت عدم وجود سربار افزایش یافته است. همچنین واضح است با افزایش سربار از ضریب اطمینان پایداری گود کاسته می شود به نحویکه با وجود ساختمان ۱۰ طبقه مجاور گود، ضریب اطمینان نسبت به حالت عدم وجود سربار ۱۳٪ کمتر شده است.

۳-۱-۳- دیوار مهارشده با دو ردیف مهار

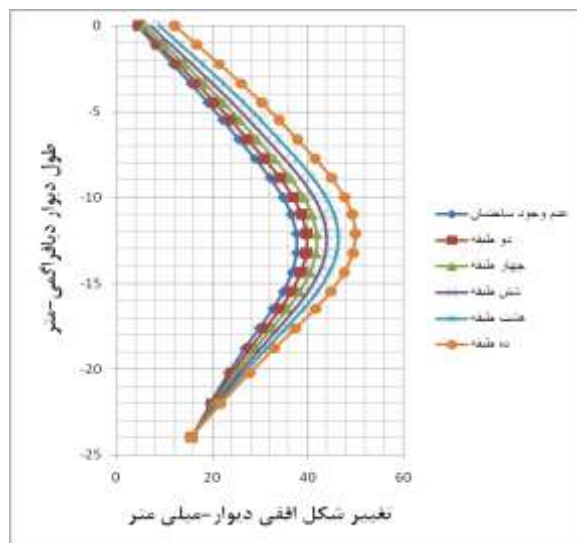
در این حالت وابستگی تغییر شکل ها به میزان سربار باز هم کاهش می یابد به نحوی که با وجود ساختمانی ۱۰ طبقه در مجاورت گود، ماکزیمم تغییر شکل ها ۳۲٪ نسبت به حالت عدم وجود سربار افزایش یافته است در حالیکه این رقم برای دیوار با یک ردیف مهار در شرایط کاملا برابر ۷۷٪ می باشد. جدول ۴ و شکل ۶-الف موارد ذکر شده در بالا را نمایش می دهند. تغییر شکل ماکزیمم در این حالت به ازای ساختمان ۱۰ طبقه، برابر ۰٫۳۳٪ عمق نهایی گودبرداری می باشد.

جدول ۴: تغییرات لنگر خمشی ماکزیمم، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار دو ردیف مهارشده با تغییر تعداد طبقات سازه

تعداد طبقات	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	$IM_{max}I$ KN-m	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	Fs
۰	37.7092		1050.081		4.133
۲ طبقه	39.78058	%5.49	1096.811	%4.45	3.967
۴ طبقه	41.87983	%5.28	1141.173	%4.04	3.434
۶ طبقه	44.01559	%5.09	1183.066	%3.67	2.805
۸ طبقه	46.35185	%5.31	1220.729	%3.18	2.464
۱۰ طبقه	49.936	%7.73	1285.681	%5.32	2.265



ب



الف

شکل ۶: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار دو ردیف مهارشده با تغییر تعداد طبقات سازه مجاور گود در مورد لنگر خمشی ماکزیمم دیوار نیز مشابه حالت قبل و مطابق جدول ۴ و شکل ۶-ب، لنگر خمشی ماکزیمم تغییراتی مشابه با تغییر شکل ماکزیمم با تغییر سربار نشان می دهد به نحویکه با وجود ساختمانی ده طبقه مجاور گود، لنگر خمشی ماکزیمم دیوار تنها ۲۲٪ درصد نسبت به حالت عدم وجود سربار افزایش یافته است.

۳-۲- فاصله سازه (سربار) از لبه گود

برای بررسی میزان تاثیر فاصله سربار از لبه گود بر رفتار دیوار دیافراگمی، سرباری معادل یک ساختمان چهار طبقه در فواصل مختلف از لبه گود قرار می گیرد. هسیه و اوو در سال ۱۹۹۸، ناحیه ای به فاصله ۴ برابر عمق گودبرداری را ناحیه تحت تاثیر گودبرداری نامیدند که خود این ناحیه را به دو قسمت ناحیه موثر اولیه (دو برابر عمق گود برداری از لبه گود) و ناحیه موثر ثانویه (دو برابر عمق گودبرداری از ناحیه موثر اولیه) تقسیم کردند (Hsieh and Ou, 1998). در اینجا نیز با ثابت نگه داشتن سایر پارامترها، سربار را در فاصله صفر تا چهار برابر عمق گودبرداری از لبه گود قرار می دهیم.

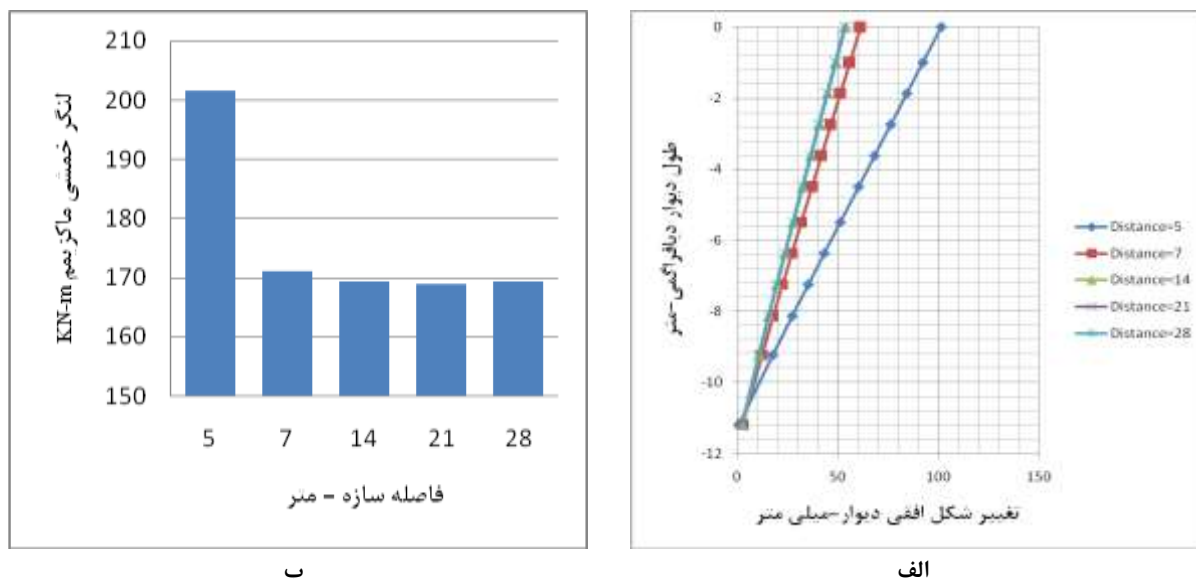
۳-۲-۱- دیوار مهار نشده

در این حالت سربار را در فواصل ۵، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ متری از لبه گود قرار می دهیم. همانطور که در جدول ۵ و شکل ۷-الف به وضوح مشاهده می شود تا فاصله دو برابر عمق گودبرداری یعنی فاصله ۱۴ متری از لبه گود، تاثیر فاصله سربار بر میزان تغییر شکل ها کاملاً مشهود بوده به نحوی که تغییر شکل ماکزیمم با افزایش این فاصله از ۵ به ۷ متر ۳۹٪ و با افزایش آن به ۱۴ متر ۴۷٪ کاهش می یابد، اما پس از آن و با افزایش فاصله به ۲۱ و ۲۸ متر تغییر شکل ها کمتر از ۱ درصد با مقدار قبلی تفاوت می کنند.

جدول ۵: تغییرات لنگر خمشی ماکزیمم، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار مهار نشده با تغییر فاصله سازه

فاصله سازه m	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	IM_{max1} KN-m	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	F_s
5	101.3384		201.5754		1.09
7	61.13132	%39.67	171.1997	%15.07	1.134
14	53.78389	%12.01	169.4289	%1.03	1.159
21	53.46762	%0.58	169.0687	%0.21	1.16
28	53.60242	%-0.25	169.3936	%-0.19	1.162

در زمینه لنگر خمشی ماکزیمم نیز با توجه به جدول فوق، فاصله سربار از لبه گود در نزدیکی دیوار تاثیر بسیار ملایمی بر مقادیر لنگر ماکزیمم نشان می دهد به گونه ای که با افزایش فاصله از ۵ به ۷ متر، لنگر خمشی ماکزیمم ۱۵٪ کاهش می یابد، اما می توان گفت این تاثیر در فواصل دورتر قابل چشم پوشی است. لذا می توان نتیجه گرفت حساسیت لنگر خمشی به فاصله سربار از لبه گود بسیار کمتر از حساسیت تغییر شکل ها به این پارامتر است. شکل ۷-ب تغییرات لنگر خمشی طراحی دیوار با تغییر فاصله سربار را نمایش می دهد. اضافه می شود نتایج بدست آمده در این قسمت همخوانی بسیار خوبی با مطالعات هسیه و او در تخمین ناحیه تحت تاثیر گودبرداری برای الگوی تغییر شکل های دیوارهای طره ای نشان می دهد.



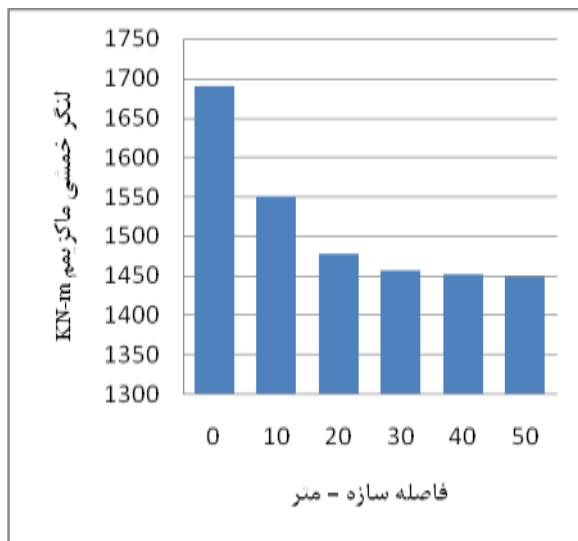
شکل ۷: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار مهارنشده با تغییر فاصله سازه

۳-۲-۲- دیوار مهارشده با یک ردیف مهار

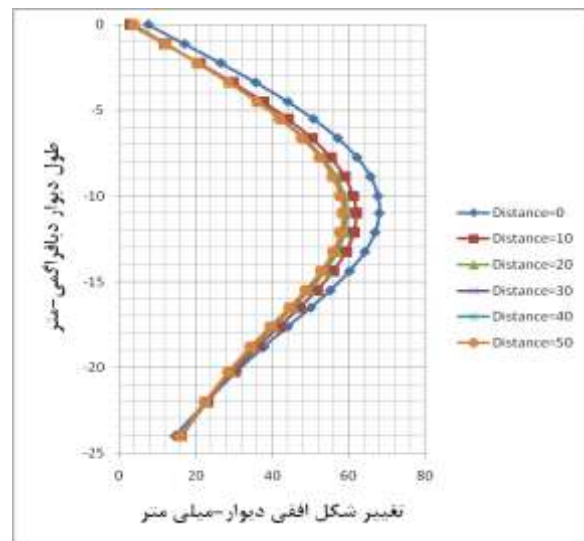
در این حالت عمق گودبرداری ۱۵ متر می باشد لذا سربار را در فواصل لبه گود، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ متری از لبه گود قرار می دهیم. در اینجا نیز با توجه به شکل ۸ و جدول ۶ مشهود است که تا فاصله دو برابر عمق گودبرداری (۳۰ متر) از لبه دیوار، تاثیر فاصله سربار از لبه گود بر تغییر شکل ها و نیز لنگرهای خمشی ماکزیمم با شدتی کمتر از حالت دیوار مهار نشده مشهود است به نحوی که دور شدن سربار از لبه گود به فاصله ۱۰ متری از آن سبب کاهش ۹ درصدی تغییر شکل ماکزیمم و کاهش ۸ درصدی لنگر خمشی ماکزیمم می گردد، و با افزایش این فاصله به ۲۰ متر از لبه گود این مقادیر به ۱۲٪ می رسد. اما در اینجا نیز مشابه حالت قبل و نیز آنچه هسیه و او در مطالعات خود نتیجه گرفتند با دورتر شدن فاصله سربار از ناحیه موثر اولیه (دوبرابر عمق گودبرداری) تاثیر این پارامتر بر تغییر شکل های دیوار و لنگر خمشی ماکزیمم آن به شدت کاهش یافته و قابل صرف نظر می باشد. تغییر شکل ماکزیمم در این حالت به ازای وجود سازه در لبه گود، برابر ۰٫۴۵٪ عمق نهایی گودبرداری می باشد.

جدول ۶: تغییرات لنگر خمشی ماکزیمم، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار یک ردیف مهار شده با تغییر فاصله سازه

فاصله سازه m	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	IM_{max1} KN-m	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	F_s
0	67.96887		1689.854		1.73
10	61.98351	%8.81	1551.462	%8.19	1.81
20	59.5404	%3.94	1478.173	%4.72	1.858
30	58.81022	%1.22	1457.062	%1.43	1.858
40	58.57432	%0.40	1451.572	%0.37	1.859
50	58.43451	%0.23	1449.105	%0.17	1.859



ب



الف

شکل ۸: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار یک ردیف مهار شده با تغییر فاصله سازه

همچنین مشاهده می شود با گذر از فاصله ای معادل دو برابر عمق گودبرداری از لبه گود (ناحیه موثر اولیه در مطالعات هسیه و اوو) حتی ضرایب اطمینان پایداری بدست آمده برای دیوار دیافراگمی به یک عدد ثابت همگرا گردیده اند. جمیع مطالب ذکر شده حاکی از همخوانی بسیار خوب نتایج به دست آمده با مطالعات هسیه و اوو برای الگوی تغییر شکل مقعر یا قاشقی شکل می باشد.

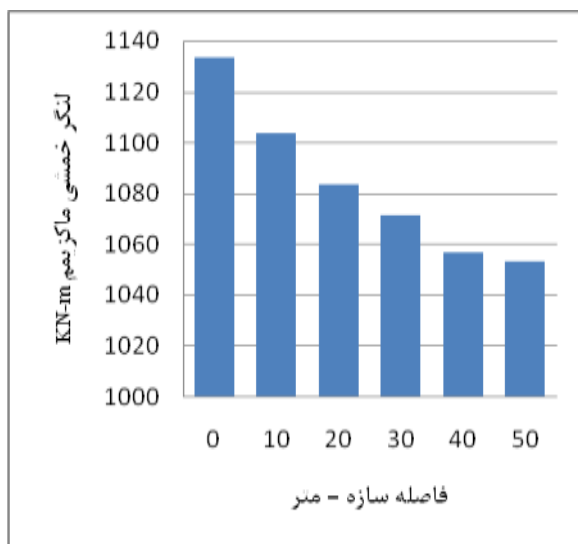
۳-۲-۳- دیوار مهار شده با دو ردیف مهار

در این حالت نیز مشابه حالت قبل عمق گودبرداری ۱۵ متر می باشد و سربار را در فواصل لبه گود، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ متری از لبه گود قرار می دهیم. با توجه به شکل ۹ و جدول ۷ مشاهده می شود در حالت دیوار مهار شده با دو ردیف مهار، وابستگی مقادیر تغییر شکل ها و لنگر خمشی ماکزیمم به فاصله سربار نسبت به حالت قبل باز هم کمتر گردیده است، به نحوی که با دور شدن سربار از لبه گود به فاصله ۱۰ متری از آن سبب کاهش ۲ درصدی تغییر شکل ماکزیمم و کاهش ۳ درصدی لنگر خمشی ماکزیمم می گردد، و با افزایش این فاصله به ۲۰ متر از لبه گود این مقادیر به ترتیب به ۶٪ و ۴٪ می رسد. با وجود کاهش بسیار شدید وابستگی رفتار دیوار به فاصله سربار از آن در این حالت، باز هم حساسیت پارامترهای تغییر شکل ها و نیز لنگر خمشی ماکزیمم به فاصله سربار از لبه گود در ناحیه موثر اولیه که هسیه و اوو تعریف نمودند بیشتر از ناحیه موثر ثانویه است. تغییر شکل ماکزیمم در این حالت به ازای وجود سازه در لبه گود، برابر ۰.۲۷٪ عمق نهایی گودبرداری می باشد. لازم به ذکر است مقادیر تغییر شکل های ماکزیمم دیوارهای مهار شده با یک و دو ردیف مهار در تمامی آنالیز های

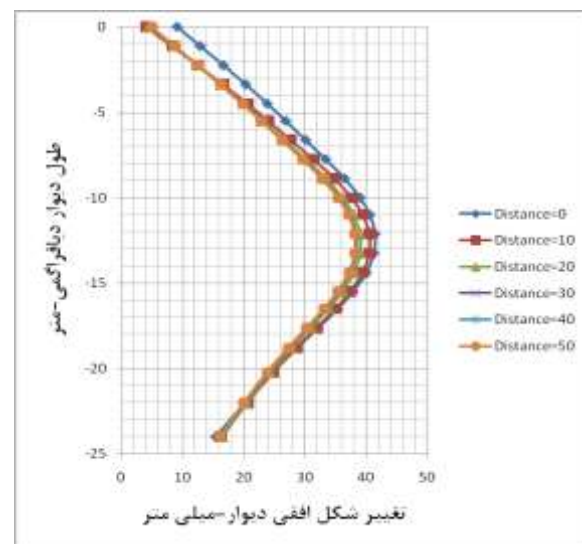
انجام شده در این پژوهش در محدوده سایر پروژه های انجام شده با دیوارهای دیافراگمی در کشورهای مختلف قرار می گیرد (Long, 2001), (Wang et al, 2010).

جدول ۷: تغییرات لنگر خمشی ماکزیمم، تغییر شکل و ضریب اطمینان دیوار دو ردیف مهار شده با تغییر فاصله سازه

فاصله سازه m	U_{max} mm	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	IM_{max} KN-m	درصد تغییرات نسبت به حالت قبلی	F_s
0	41.56215		1133.487		3.412
10	40.7097	%2.05	1103.554	%2.64	3.523
20	39.2194	%3.66	1083.798	%1.79	3.532
30	38.59227	%1.60	1071.478	%1.14	3.557
40	38.37627	%0.6	1057.087	%1.34	3.985
50	38.2907	%0.22	1053.41	%0.35	3.991



ب



الف

شکل ۹: تغییر شکل ماکزیمم و لنگر خمشی طراحی دیوار دو ردیف مهار شده با تغییر فاصله

۴- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش به منظور بررسی تاثیر شرایط مهاربندی دیوار بر عملکرد دیوارهای دیافراگمی در شرایط وجود سازه در نزدیکی گود، مدل های متفاوت المان محدود ساخته شد و در هر حالت، تغییر شکل های دیواره گود به همراه بیشینه لنگر وارد به دیوار دیافراگمی به عنوان لنگر طراحی دیوار، ارائه گردید. نتایج حاصله همخوانی خوبی با مطالعات هسیه و اوو در تخمین ناحیه موثر اولیه و ثانویه در مجاورت گودبرداری دارد، همچنین مقادیر تغییر شکل های ماکزیمم بدست آمده در تمامی آنالیزها در محدوده سایر پروژه های انجام شده در نقاط مختلف دنیا قرار گرفت. با توجه به تحلیل های انجام شده، نتایج زیر حاصل گردید.

۱- محل رخداد تغییر شکل ماکزیمم دیوار وابستگی چندانی به میزان سربار و فاصله آن از گود نداشته و تابع وضعیت مهاربندی دیوار است به نحویکه با افزایش ردیف دوم مهارها در تراز ۷ متری زیر سطح زمین، محل رخداد تغییر شکل ماکزیمم از ۱۱ متری زیر سطح زمین به حدود ۱۳ متری زیر سطح زمین منتقل خواهد شد.

۲- تغییر شکل ماکزیمم در تمامی آنالیزهای انجام شده در این پژوهش، برای دیوارهای مهار شده با یک ردیف مهار بین ۰.۴۵٪ و ۰.۶۸٪ و برای دیوارهای مهار شده با دو ردیف مهار بین ۰.۲۷٪ تا ۰.۳۳٪ عمق نهایی گودبرداری قرار گرفت که این

مقادیر با ماکزیمم تغییر شکل‌های پروژه‌های مهارشده سایر نقاط دنیا کاملاً همخوانی دارد. همچنین با بهبود وضعیت مهاربندی از یک به دو ردیف مهار، لنگر خمشی طراحی دیوار در بحرانی‌ترین شرایط در پارامتر سازه در مجاور گود بیش از ۵۰٪ و در مورد فاصله سازه از لبه گود ۳۳٪ کاهش می‌یابد. موارد فوق حاکی از تاثیر بسزای بهبود وضعیت مهاربندی بر عملکرد دیوارهای دیافراگمی دارد.

۳- با افزایش بار سازه مجاور گود، تغییر شکل‌ها و مقادیر لنگر خمشی طراحی دیوار مهار نشده به شدت افزایش می‌یابد در حالیکه در دیوار مهارشده با یک ردیف مهار، با افزایش سربار تا یک ساختمان چهار طبقه تغییر شکل‌ها و لنگر خمشی طراحی، با یک شیب نامحسوس افزایش می‌یابد اما با بزرگتر شدن سربار این دو پارامتر با شدت بیشتری افزایش خواهند یافت. اما این روند در مورد دیوار مهار شده با دو ردیف مهار متفاوت است و با بهبود وضعیت مهاربندی در این حالت، دیوار متحمل تغییر شکل‌های بسیار کمتری نسبت به دو وضعیت مهاربندی پیشین خواهد شد. به نحویکه با افزایش سربار به یک ساختمان ۱۰ طبقه تغییر شکل ماکزیمم دیوار ۳۲٪ و نیز لنگر خمشی طراحی آن تنها ۲۲٪ افزایش می‌یابد در حالی که این مقادیر برای دیوار مهار شده با یک ردیف مهار به ترتیب ۷۷٪ و ۷۹٪ می‌باشد.

۴- با افزایش فاصله سازه تا دو برابر عمق گود از لبه آن، میزان تغییر شکل‌های دیوار و نیز لنگر خمشی طراحی آن به شکل محسوسی کاهش می‌یابد اما از این فاصله به بعد و تا چهار برابر عمق گود تاثیر فاصله سازه از لبه گود بر تغییر شکل‌های دیوار و نیز لنگر خمشی دیوار به شدت ناچیز خواهد بود. ضریب اطمینان دیوار نیز با افزایش فاصله سازه از لبه گود تا دو برابر عمق حفاری با یک شیب ملایم افزایش خواهد یافت و پس از آن تقریباً ثابت می‌شود. لازم به ذکر است با بهبود وضعیت مهاربندی وابستگی تغییر شکل‌ها و نیز لنگر خمشی به فاصله سازه از لبه گود به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. نتیجه به دست آمده برای هر دو حالت دیوار مهار نشده و مهار شده، با مطالعات همسیه و اوو در تعیین ناحیه موثر اولیه و نیز ناحیه موثر ثانویه کاملاً همخوانی دارد.

۵- با بررسی جداول ارائه شده در حالات مختلف مشخص می‌شود با بهبود وضعیت مهاربندی دیوار مقادیر ضرایب اطمینان پایداری گود به طور چشمگیری افزایش یافته همچنین از مقادیر لنگر خمشی طراحی آن به شدت کاسته خواهد شد. توجه به مسائل فوق و طراحی یک وضعیت بهینه مهاربندی، می‌تواند کمک شایانی به مهندسين در جهت طراحی اقتصادی و مناسب دیوار دیافراگمی نماید.

منابع

منصوری، مرتضی؛ برخوردار، کاظم و بلوری، جعفر. (۱۳۹۳) "بررسی و مقایسه عملکرد روش‌های مختلف پایدار سازی گودبرداری های عمیق"، دومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تبریز.

اشرفی، حمیدرضا. (۱۳۹۲). "اصول و مبانی گودبرداری و سازه‌های نگهدارنده". دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. انتشارات بهینه.

Kempfert, HG. ; Gebreselassie, B. (2006). "Excavations and Foundations in Soft Soils", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Netherlands.

Pakbaz, M.S. ; Imanzadeh, S. and Bagherinia, K.H. (2013). "Characteristics of diaphragm wall lateral deformations and ground surface settlements: Case study in Iran-Ahwaz metro". Tunnelling and Underground Space Technology, 35. 109–121.

Wang, Z.W. ; Ng, C.W.W. and Liu, G.B. (2005). "Characteristics of wall deflections and ground surface settlements in Shanghai". Can. Geotech. J. 42. 1243-1254.

Hsieh, P.G. ; Ou, C.Y. (1998). "Shape of ground surface settlement profiles caused by excavation", Canadian Geotechnical Journal, 35, 1004–1017.

Long, M. (2001). "Database for retaining wall and ground movements due to deep excavations". Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, ASCE. 127(3), 203–224.

Wang, J.H. ; Xu, Z.H. and Wang, W. D. (2010). "Wall and Ground Movements due to Deep Excavations in Shanghai Soft Soils". Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, ASCE. 136, 985-994.

Surf and download all data from SID.ir: www.SID.ir

Translate via STRS.ir: www.STRS.ir

Follow our scientific posts via our Blog: www.sid.ir/blog

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: www.sid.ir/workshop