

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی  
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

HN10104420657

## ارایه یک طرح بهینه از سیستمهای نگهدارنده گودبردارها در خاک رس (سیستم مرکب دیوار برلنی و نیلینگ پیشنهادی)

بشیر عیدی، ناصر عرفاتی، سید مهدی موسوی، فوزیه روزمهر

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تفرش

استادیار دانشگاه تفرش

کارشناس ارشد دانشگاه تفرش

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان

moosavismm@yahoo.com

### خلاصه

در بعضی موارد کار ساخت، نیازمند گودبرداری با شیب قائم است و نیاز به سیستم نگهدارنده موقتی یا دائم دارد تا دیوارهای گود عمیق را پایدار نگهدارد. طراحی سیستم های نگهدارنده گودهای عمیق نیازمند تحلیل دقیق، طراحی و مانیتور کردن عملکرد آن است. این موضوع برای گودهای شهری که نیاز به فضا و قیمت بالای زمین است توجه پذیر میباشد. با پیشرفت تکنولوژی، نرم افزارهای بسیار آمده که قابلیت محاسبه نرم افزار سیستمهای حائل را دارند مانند پلکسیس دو بعدی. این مقاله نیز با استفاده از این نرم افزار، مدل کردن سیستمهای نگهدارنده و همچنین تحلیل نرم افزاری این سیستمها را ارایه میکند.

در این مقاله ابتدا انواع مختلف سیستمهای مهارتی و میخکوبی بررسی میگردد. سپس انواع سیستمهای حائل مرکب شامل انواع مهارتها و میخکوبیها و دیوارها بررسی میشود و در نهایت پایداری یک سیستم حائل نمونه مرکب دیوار برلنی و نیلینگ پیشنهادی تحلیل نرم افزاری میگردد. در پایان ضمن ارائه خلاصه‌های از بحث، طرحی بهینه از سیستمهای نگهدارنده گودبردارها (سیستم مرکب دیوار برلنی و نیلینگ پیشنهادی) از نظر نویسندگان بر اساس نتایج تحلیل با نرم افزار پلکسیس دو بعدی ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: دیوار برلنی، نیلینگ پیش تنیده، Plaxis2D

### ۱. مقدمه

در بعضی موارد کار ساخت، نیازمند گودبرداری با شیب قائم است و نیاز به سیستم نگهدارنده موقتی یا دائم دارد تا دیوارهای گود عمیق را پایدار نگهدارد، سرعت و کیفیت ساخت پروژه را ارتقاء دهد و اطمینان دهد که آسیبهای محتمل مانند تلفات انسانی، از دست رفتن اموال و خانه مردم در مجاورت گود، آسیب به خیابان، آسیب نسبی به ساختمانها، آسیب به خطوط آب، فاضلاب، برق و تلفن رخ نمیدهد. طراحی سیستمهای نگهدارنده گودهای عمیق نیازمند تحلیل دقیق، طراحی و مانیتور کردن عملکرد آن است. این موضوع برای گودهای شهری که نیاز به فضا و قیمت بالای زمین است توجه پذیر میباشد. به علت مجاورت ساختمانهای موجود انتخاب دقیق سیستم حائل مهم است و ملاحظات زیر باید لحاظ شود: کنترل حرکت زمین، مجوز استفاده از زمین مجاور، پایداری کلی، آنالیز اجزاء محدود، پی ساختمان مجاور، شرایط خاک بستر، هزینه و زمان ساخت، دائمی یا موقت بودن گود، سهولت و توانایی ساخت.

### ۲. مروری بر انواع سیستمهای پایداری گود

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی  
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

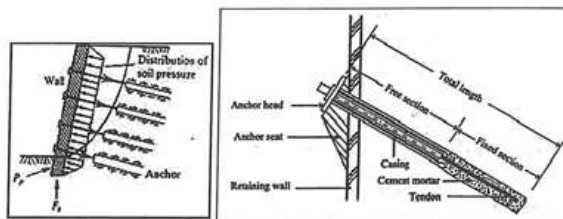
دو سیستم منتخب برای نگهداری گودهای عمیق شهری، میخکوبی و مهار میباشند.

**میخکوبی**

میخکوبی روش مسلحکردن در جای خاک میباشد. مفهوم پایهای میخکوبی شامل مسلحکردن زمین توسط المانهای غیرفعال و نزدیک هم، به منظور ایجاد سازه ثقلی منسجم میباشد و بدین وسیله مقاومت برشی کلی خاک محل افزایش مییابد و جابجایی آن محدود میشود. سیستم میخکوبی برای کاربردهای موقت و دائمی میتواند لحاظ شود. دیوار میخکوبی میتواند بارهای قائم استاتیکی و دینامیکی را، بدون متحملشدن جابجاییهای بیش از اندازه، تحمل کند. [1]

**زمین مهارها**

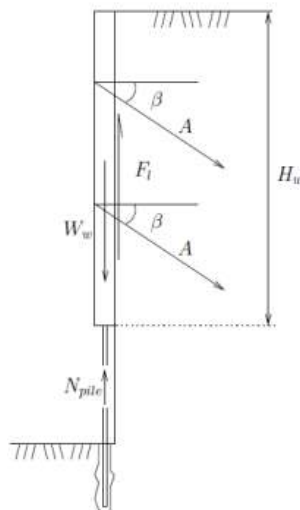
زمینمهارها تاندونهای پیشتنیده تزریقشده با سیمان هستند که برای کنترل جابجایی دیواره گود استفاده میشوند. مهارها در سوراخهای حفاری شده نصب میشوند و تا بار طراحی پیشتنیده میگردند تا نیروی مقاومت مورد نیاز را بسیج و از زمین به المان سازه‌ای منتقل کنند. اجزاء مهار در شکل ۱ نشان داده شده است. [2]



شکل ۱- اجزاء مهار و مکانیسم انتقال بار

**۳. پایداری قائم سولجر پایل بتنی مهار شده (دیوار برلنی) در خاک رس**

خاکبرداری عمیق در مناطق شهری گاهی اوقات از طریق سولجر پایلهای مهارشده حفاظت می شوند که دیوارهای از نوع برلنی نامیده میشوند. در برخی موارد این سازه‌ها فقط به عنوان سازه موقت استفاده میشوند. که شامل شمعهای فولادی گنجانده شده در سوراخهای قائم حفر شده در کناره گود خاکبرداری با چوببندی بین بالها میشوند. تحت شرایط خاص ژئوتکنیکی، دیوار دائم میتواند با یک مرحله مشابه ایجاد شود در صورتی که پائل های بتنی تقویت شده درجا، به جای چوببندی استفاده شوند. شکل ۲ نیروهای دخیل در تعادل قائم در دیوارهای برلنی را نشان میدهد. [3]



شکل ۲- نیروهای دخیل در تعادل قائم [3]

تعادل قائم نیاز دارد که معادله زیر اثبات شود: (۱)

$$W_w + \sum A \sin \beta = N_{pile} + F_1 \quad (1)$$

$W_w$  وزن دیوار در واحد طول دیوار است.

$\sum A \sin \beta$  نیروی قائم به کار گرفته شده توسط مهار در واحد طول دیوار است.

$N_{pile}$  واکنش عکسالعمل و جابجایی نسبت به دیوار برلنی در واحد طول دیوار است،

$F_l$  نیروی برشی بسیج شده رو به دیوار خاک در واحد طول دیوار است. که میتواند اینطور نوشته شود.

$$F_l = pc_a H_w (2)$$

$p$  نسبت مقاومت اندر کنش بسیج شده است، که میتواند مقادیر بین ۱- (بسیج کامل به طرف پایین) . ۱+ (بسیج کامل به طرف بالا)

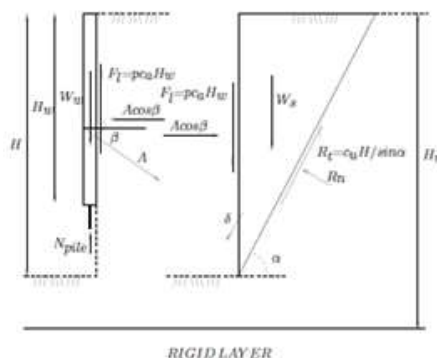
$c_a$  مقاومت خاک رو به دیوار (چسبندگی)

$H_w$  ارتفاع دیوار در هر سطح خاکبرداری است و از اینرو با طول در تماس خاک با دیوار مطابقت میکند. [3]

### بیان مسئله

برای اطمینان از پایداری خاکبرداری در توده خاک دیوار حائل لازم است نیروی افقی کافی ایجاد شود. اگر در تماس خاک با دیوار چسبندگی باشد، مقدار بسیج شده نیروی افقی مورد نیاز برای پایداری خاکبرداری را تحت تاثیر قرار میدهد. در دیوارهای سولجر پایل دائمی این نیروی افقی، تنها از طریق مهارها کنترل میشود. [3, 4]

محاسبات روشن میسازد که اگر مقاومت شمع کمتر از مقدار داده شده باشد، نیروهای مهار، با انطباق ناکافی بودن نیروی افقی برای اطمینان از تعادل زمین مهار شده کاهش خواهند یافت. یک راه حل کران بالا میتواند برای محاسبه مقدار نیروی افقی مورد نیاز برای جلوگیری از ریزش و سقوط خاکبرداری انجام شود. با این هدف از لحاظ سنیما تیکی میدان سازگار تغییر شکل پلاستیک نشان داده شده در شکل ۳ در نظر گرفته خواهد شد. [3, 4]



شکل ۳- گوه گسیختگی و نیروهای دخیل در دیوار [4]

این شامل پذیرفتن تغییر شکل پلاستیک متمرکز در مقطع سطح پلان منحنی خاکبرداری و تعریف شده با زاویه  $\alpha$  میشود. بنابراین مانع بالاتر خاک در مسیر سطح متحرک نسبت به خاک باقیمانده تا مقدار  $\delta$  جابجا میشود بنابراین کار نیروهای بیرونی برابر است با کار تغییر شکل پلاستیک، که منجر به معادله ۳ میشود.

$$(W_s + pc_a H_w) \delta \sin \alpha - A \lim \cos \beta \delta \cos \alpha = \frac{c_u H}{\sin \alpha} \quad (1)$$

که  $A \lim$  کل نیروی مهار در وضعیت حدی است.

$W_s$  وزن خاک است و پارامترهای دیگر همان معنایی را دارند که قبلا شرح داده شد. اگر  $\mu$  اینطور تعریف شود:

$$\mu = \frac{1}{2} \gamma H^2 \quad (2)$$

$\gamma$  واحد وزن خاک میشود، و اگر عدد پایداری،  $N_s$  باشد،

$$N_s = \frac{\gamma H}{c_u} \quad (3)$$

معادله ۳ میتواند به قرار زیر نوشته شود:

$$1 - \frac{A \lim \cos \beta}{\mu} + \left( \frac{1}{2} \chi_{am} \tan \alpha - \frac{1}{\sin 2\alpha} \right) \frac{4}{N_s} = 0 \quad (4)$$

جایی که معادله ۷ یک مقاومت بسیج شده نرمال را نشان می‌دهد.

$$\chi_{am} = \frac{p c_a H_{\omega}}{c_u H} \quad (5)$$

با حداکثر کردن  $A \lim$  مقدار  $\alpha$  به دست می‌آید

$$\frac{dA \lim}{d\alpha} = 0 \rightarrow \tan \alpha = (1 - \chi_{am})^{-1/2} \quad (6)$$

استفاده از معادله ۸ در ۶ منجر به معادله ۹ میشود.

$$1 - \frac{A \lim \cos \beta}{\mu} - (1 - \chi_{am})^{1/2} \frac{4}{N_s} = 0 \quad (7)$$

برای خاکبرداری خود حفاظت شده  $P=0, A=0$  را  $N_s$  را برابر مقدار بحرانی آن فرض میکنند که برابر است با:

$$N_s = N_{Scrit} = 4 \quad (8)$$

بنابراین یک خاکبرداری در صورتی خود حفاظت میشود که عدد پایداری  $N_s$  کمتر از یا برابر با عدد پایداری لازم  $N_{Scrit}$  باشد. از آنجا که مشتق قبلی بر پایه راه حل کران بالا است  $N_{Scrit} = 4$  نا امن است. در واقع مسئله خاکبرداری خود مهار شده به طور گسترده‌ای از طریق آنالیز اجزای محدود مطالعه شده است و مقادیر دقیقتر شناسایی میشوند: [4]

$$N_{Scrit} = 3.7603 \quad \text{بر پایه راه حل کران پایینتر (ایمن)}$$

$$N_{Scrit} = 3.7859 \quad \text{بر پایه راه حل کران بالاتر (نا ایمن).}$$

هم چنین نشان داده شد که ((۴)) در معادله (۹) عدد پایداری بحرانی است و با به خاطر داشتن این که این مقدار نتایج نا ایمن را ارائه میدهد و تا حدودی دور از مقدار دقیق است پیشنهاد میشود ((۴)) توسط  $N_{Scrit}$  در آن معادله جایگزین شود و آزمایشات محاسبه ای به منظور ارزشیابی مقدار خاص برای  $N_{Scrit}$  انجام شود.

معادله نیمه تجربی زیر سپس با منطبق کردن معادله (۱۰) مطابق با بررسیهای قبلی پیشنهاد میشود:

$$1 - \frac{A \lim \cos \beta}{\mu} - (1 - \chi_{am})^{1/2} \frac{N_{Scrit}}{N_s} = 0 \quad (9)$$

با جایگزینی کردن مقدار  $A$  از معادله  $I$  در معادله  $II$  بدست می‌آید:

$$N_{pile}^{lim} - W_{\omega} = \mu \tan \beta \left\{ 1 - \left[ \frac{2\chi_{am}}{N_{Scrit} \tan \beta} + (1 - \chi_{am})^{1/2} \right] \frac{N_{Scrit}}{N_s} \right\} \quad (10)$$

برای مقاومت تماسی خاک با دیوار،  $C_a$  و مقاومت خاک داده شده  $G_v$  این معادله تخمین حداقل مقدار مقاومت شمع را ارائه میکند که منجر به وضعیت حدی میشود. این مقدار به نسبت  $\rho$  مقاومت تماسی بسیج شده در وضعیت حالت حدی بستگی دارد، که پیش از آن شناخته نیست [3,4]:

#### ۴. تحلیل نرم افزاری:

به منظور ارایه یک طرح بهینه از دیوار برنی برای خاک مورد مطالعه که مشخصات آن به شرح زیر میباشد، پنج مدل در نظر گرفته میشود.

مشخصات ژئوتکنیکی:

$$c_u = 80 \text{ Kpa} \quad \text{چسبندگی زهکشی نشده}$$

$$E_u = 24000 \text{ Kpa} \quad \text{مدول الاستیسیته}$$

$$k_0 = 0.7 \quad \text{ضریب فشار جانبی خاک}$$

$$\frac{KN}{m^3} \gamma = 20 \quad \text{وزن مخصوص طبیعی خاک}$$

$$v = 0.49 \quad \text{ضریب پواسون}$$

مشخصات سیستم انکراژ:

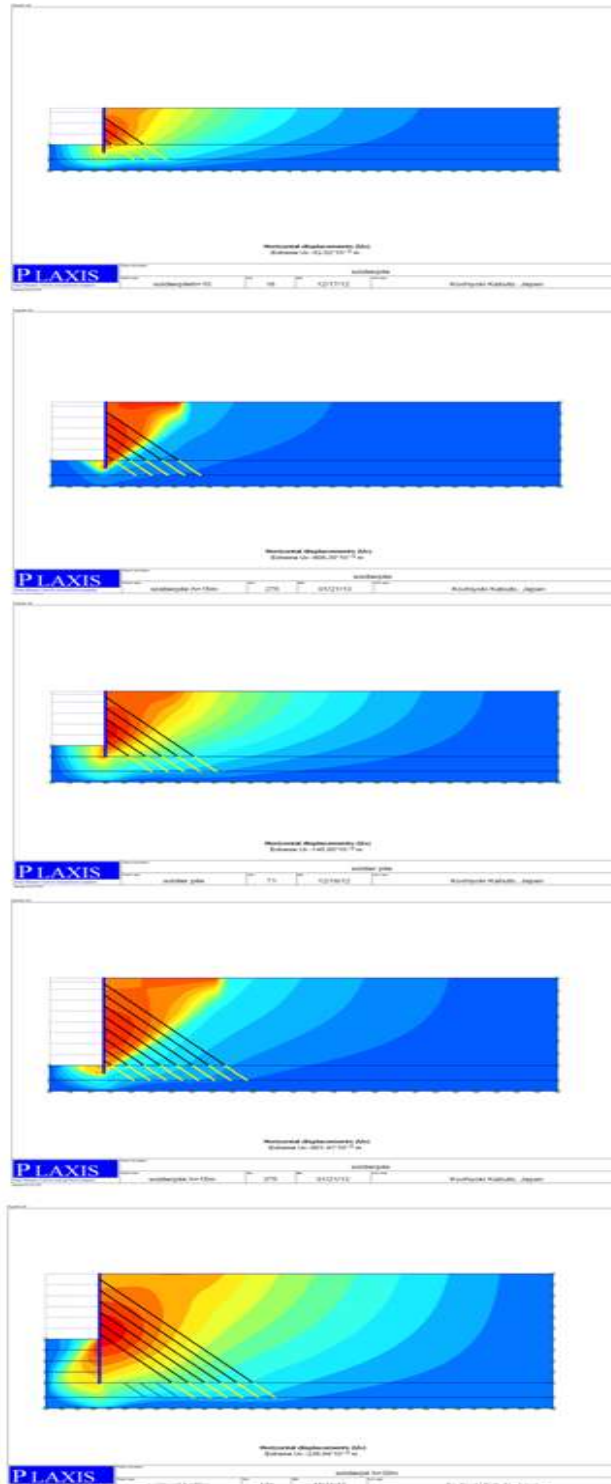
$$E_{anchors} = 200 \text{ Gpa} \quad \text{مدول الاستیسیته}$$

$$= 4.2 \text{ cm}^2 / m \quad S_{anchors} \quad \text{مساحت}$$

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی  
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

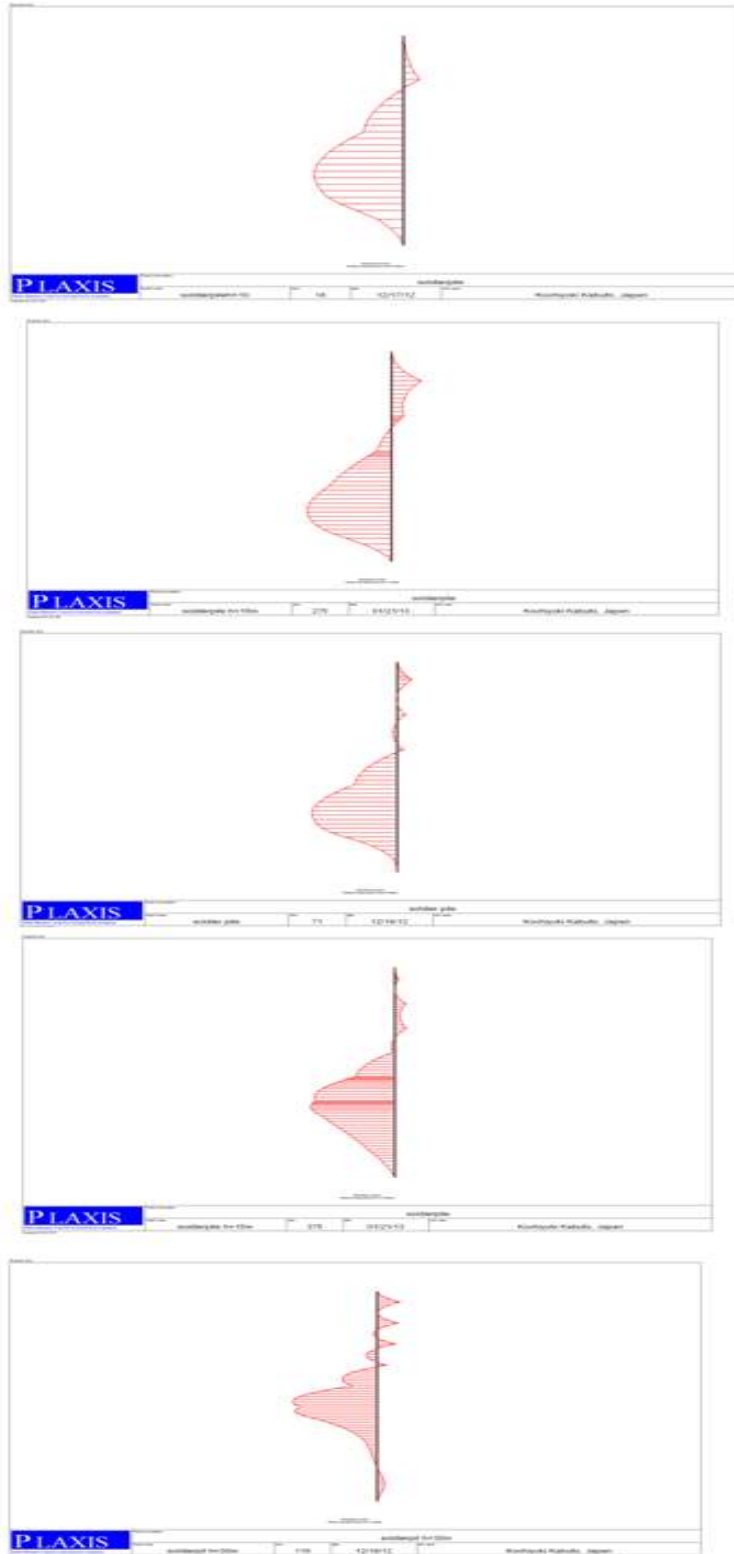
زاویه مهارها  $\beta = 45^\circ$

مدلهای در نظر گرفته شده دیوارهای به ارتفاع ۱۰، ۱۵، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ متری میباشد. جنس مصالح به کار گرفته شده برای سولجرها و انکرها در هر پنج مدل یکسان در نظر گرفته میشود. کانتورهای تغییر مکانهای افقی برای مدل ۱۰ الی ۳۰ متری در شکل ۴ آورده شده است. نمودار توزیع لنگرهای خمشی هر یک از پنج مدل ساخته شده در شکل ۵ آمده است.



اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی  
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

شکل ۴- تغییر مکان افقی گود ۱۰ متری (بالا) تا گود ۳۰ متری (پایین)



شکل ۵- تغییر مکان افقی گود ۱۰ متری (بالا) تا گود ۳۰ متری (پایین)

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی

۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

مدلها ۴ مبحث متفاوت را دربر میگیرند که شامل حداکثر تغییر مکان افقی، حداکثر تغییر مکان قائم، تنشهای مؤثر و حداکثر لنگرهای خمشی می شود. در بحث تغییر مکانهای افقی برای مدل ۱۰ متری حداکثر تغییر مکان ۵ سانتیمتر، مدل ۱۵ متری ۶۰.۸ سانتیمتر، مدل ۱۸ متری ۵۶.۱ سانتیمتر، مدل ۲۴ متری ۶۰.۱ سانتیمتر و مدل ۳۰ متری ۲۳.۶ سانتیمتر است و این نشان از جابجاییهای تقریباً برابر گودها از ارتفاع حدود ۱۵ تا ۲۵ متری دارد و اینکه با افزایش ارتفاع گود از حدود ۱۵ متر تغییر مکانها بطور فجیعی افزایش مییابد اما در یک محدوده تقریباً برابر سیر میکند. در بحث حداکثر جابجایی قائم برای مدل ۱۰ متری حداکثر تغییر مکان ۲.۲۳۷ سانتیمتر، مدل ۱۵ متری ۶۰.۸۴ سانتیمتر، مدل ۱۸ متری ۴۶.۹۳ سانتیمتر، مدل ۲۴ متری ۴۸.۶۳ سانتیمتر و مدل ۳۰ متری ۳۵.۱۳۳ سانتیمتر است. از مقایسه نتایج بدست آمده استنباط میشود که گودهای با ارتفاع حدود ۱۵ تا ۲۵ متری تغییر مکانهای قائم تقریباً برابری داشتهاند. در بحث لنگرهای خمشی مبینیم که برای مدل ۱۰ متری حداکثر لنگر برابر  $KN.m246.86$ ، مدل ۱۵ متری  $KN.m 494.37$ ، مدل ۱۸ متری  $KN.m 541.93$ ، مدل ۲۴ متری  $KN.m 657.63$  و مدل ۳۰ متری  $KN.m344.73$  بدست میآید. مقایسه نتایج حاصل از لنگر خمشی می رساند که اگرچه در مدل ۳۰ متری نسبت به مدلهای ۱۰ و ۱۸ متری ارتفاع افزوده گردیده است، اما حداکثر ممان خمشی افزایش چندانی نداشته است. برعکس، نسبت به مدل ۱۸ متری نهنها ممان افزایش نداشته بلکه کاهش نیز داشته است و این بدان معنیست که اگرچه ارتفاع خاکبرداری بیشتر شده، اما به دلیل آنکه حداکثر ممان خمشی کاهش داشته، نیاز به استفاده از سولجرهای خیلی قویتر نیست چرا که سولجرها مانند یک تیر طره طراحی میگردند و حداکثر لنگر خمشی نقش تعیین کننده در انتخاب سولجرها دارد. پس یک نتیجه کلی میتوان از این فرایند گرفت و آن اینکه افزایش ارتفاع گود تا یک حد مشخص نیاز به سولجرهای قویتری دارد و از یک ارتفاع خاص که حدوداً در ارتفاع ۲۰ متری اتفاق میافتد لنگرهای خمشی نهنها افزایش ندارند بلکه کاهش نیز دارند. مقایسه نمودارهای لنگرهای خمشی برای مدلهای ساخته شده میرساند که در مدلهای ۱۰، ۱۵ و ۱۸ متری میتوان اینطور استنباط کرد که شبیهسازی سولجرها با یک تیر طره دور از واقعیت نیست چرا که حداکثر لنگرهای خمشی در نواحی انتهایی گود قرار گرفته است، اما برای مدل ۳۰ و ۲۴ متری وضعیت به شکل دیگریست؛ بررسی نمودار لنگر خمشی این مدل این نتیجه را میرساند که حداکثر لنگرهای خمشی در ارتفاع حدود ۲۰ متری اتفاق میافتد و از این ارتفاع به بعد لنگرهای خمشی روبه کاهش مینهد و کاهش فاحشی از خود نشان میدهد. اگر بتوان مبنای طراحی را بر لنگر خمشی گذاشت میتوان به عنوان یک قاعده کلی گفت که: خاکبرداری تا ارتفاع ۲۰ متری همواره با افزایش ممان خمشی روبروست اما برای خاکبرداریهای بیش از این ارتفاع لنگرهای خمشی کاهش مییابند. از آنجاییکه لنگرهای حداکثر در ارتفاع حدود ۲۰ متری اتفاق میافتد میتوان گفت که سولجرهای به کار رفته برای گود تا ارتفاع ۲۰ متری برای گودهای بیش از این ارتفاع نیز کفایت میکند. البته سایر شرایط مانند تغییر مکانهای مجاز، تنش های مجاز و... نیز باید در نظر گرفته شود. چرا که بررسی پنج مدل به کار رفته نشان داد که اگرچه هر پنج مدل از یک نوع سولجر استفاده شدند ولی با اینحال تغییر مکانهای افقی و قائم سازهها با افزایش ارتفاع، افزایش فاحشی را از خود نشان داد. اما جدا از تمام پارامترها میتوان از لحاظ پایداری در مقابل لنگرهای خمشی عنوان کرد که سولجرهای به کار رفته برای گودهای تا ارتفاع ۲۰ متر میتوانند پارامترهای لنگر برای گودهای بیش از ۲۰ متر را اقلان نمایند.

در مورد نیروهای بدست آمده از انکرها میتوان نتیجه کلی زیر را گرفت:

در هر پنج مدل عنوان شده میتوان گفت بطور کلی هرچه ارتفاع خاکبرداری افزایش مییابد نیروی انکرها نیز افزوده میگردد. مثلاً در ارتفاع ۱.۵ متری از سطح نیروی انکر برای مدل ۱۰ متری  $KN190$  مدل ۱۸ متری  $KN225.5$  و مدل ۳۰ متری  $KN335.2$  بدست آمد. نتیجه جالبی که از بررسی هر سه مدل بطور جداگانه میتوان دریافت این است که در مدل ۱۵، ۱۰ و ۱۸ متری نیروی انکرها با افزایش ارتفاع از سطح، سیر نزولی داشتهاند اما در مدلهای ۲۴ و ۳۰ متری وضعیت به شکل دیگریست. در مدل ۲۴ متری نیروهای انکرها از انکر ۱ به ۴ افزایش و از انکر ۴ به بعد کاهش داشتهاند. البته این نکته نیز باید مدنظر گرفته شود که حداکثر نیروهای انکرها در انکر ۴ اتفاق افتاده است. اما بررسی مدل ۳۰ متری نتایج دیگری را ارائه میکند: نیروی انکرها از انکر ۱ تا انکر ۵ سیر صعودی داشته به نحوی که از  $KN335.2$  در انکر ۱ به  $KN432.5$  در انکر ۵ رسیده است و پس از آن کاهش فاحشی از خود نشان داده است به نحوی که نیروی انکر ۶ تقریباً نصف نیروی انکر ۵ است. در بحث ممان خمشی عنوان گردید که حداکثر ممان در ارتفاع حدود ۲۰-۲۰ متری است و اینجا نیز مبینیم که حداکثر نیروی انکر نیز در حدود این ارتفاع وجود دارد و این نتیجه جالبیست چرا که بیشترین نیروها و ممانها در این ارتفاع اتفاق میافتد.

## ۵. نتیجه گیری:

پس از در نظر گرفتن کلیه شرایط و اجزا و مدلها و نتایج بدست آمده و بررسی آنها میتوان نتایج زیر را استنباط کرد:

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران  
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی  
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

بهطور کلی با افزایش ارتفاع خاکبرداری و استفاده از دیوار برلنی، جابجاییهای افقی و قائم افزایش مییابد که چیزی خلاف قاعده نمیباشد چراکه با افزایش ارتفاع، فشارهای جانبی وارده به دیوار بیشتر میگردد و وزن دیوار و خاک پشت آن افزایش مییابد و طبیعی است که تغییر مکانها نیز افزوده گردد اما در ارتفاعات حدود ۱۵ تا ۳۰ متری مقادیر تقریباً برابری دارند. در مورد نیروی انکرها نیز میتوان عنوان داشت که برای انکرها قرار گرفته در ارتفاعات یکسان با افزایش ارتفاع خاکبرداری نیروها نیز افزوده میگردد. در مورد لنگرهای خمشی و خصوصاً حداکثر لنگر خمشی میتوان گفت که با افزایش ارتفاع گود تا ارتفاع حدود ۲۰ متر عملکرد سولجرها تقریباً شبیه یک تیر طره است و برای ارتفاعات بیشتر، حداکثر لنگر در همان ارتفاع حدود ۲۰ متر اتفاق میافتد و این یکی از نتایج جالب این بررسی است. ضرایب اطمینان نیز در مدل ۱۸ متری بهترین مقدار خود را از لحاظ آییننامه دارد.

میتوان به عنوان یک نتیجه کلی گفت:

برای استفاده از سازه حایل از نوع دیوار برلنی بهترین ارتفاع گود برای استفاده از این نوع سازه حایل، ارتفاع حدود ۲۰ متر میباشد یعنی ۶ تا ۷ طبقه خاکبرداری در زیر زمین.

## ۶. مراجع

1. Lazarte, C.A., et al. **Geotechnical engineering circular-soil nail walls**. No. 7, U.S.: FHWA 0-IF-03-017, March 2003
- Gedeon, G. (1994). *Design of Sheet Pile Walls*. Washington: U.S. Army Corps of Engineers.
2. Ou, Chang-Yu. **Deep Excaviation (Theory and Practice)**. Taipei, Taiwan: Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, 2006.
4. Arafati, M. (1998). *Modélisation par éléments finis du comportement du rideau de palplanches expérimental de Hochstetten*. BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES.
3. Guerra, N.M. da C., Armando, N.A., Guerra, M.C., "**Limit analysis of concrete soldier-pile walls in clay: influence of the height of the excavation levels on vertical stability**", COMPLAST VIII, Barcelona, 2005.
4. Guerra, N.M. da C., Cardoso A.S., Fernandes M.M., Coreia A.G., "**Vertical stability of anchored concrete soldier-pile walls in clay**", COMPLASTVIII, Barcelona, 2005.