

تنش های وارده به شمع بحرانی در گروه شمع زیر سد بتنی به روش المان محدود، مطالعه موردی: سد هایقر واقع در استان فارس

آرمان محمدی

کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه واحد علوم و تحقیقات سیرجان

Email: Rman.mohammady@gmail.com

محمد ذونعمت کرمانی

استادیار، بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

شمع همانند ستونی است که در خاک اجرا می شود تا بار سطحی را به لایه های عمیق منتقل کند. در ضمن، شمع می تواند کاربردهایی مثل ایجاد ابنیه نگهبان و... داشته باشد و ممکن است برای کار در دریا و رودخانه هم استفاده شود. شمع بارهای سطحی روسازه را به لایه های عمیق زمین منتقل می کند. گاهی لایه های عمیق سخت تر از لایه های سطحی هستند و در این حالت، شمع وظیفه انتقال بار از لایه های سست سطحی به لایه های سخت عمیق را دارد. در این پژوهش یک گروه شمع ۳۶ تایی با آرایش ۹×۴ و به ابعاد کلاهی ۸۵×۴۱ متر زیر سد بتنی قوسی هایقر فارس به صورت اتکایی که بر روی یک لایه خاک ماسه ای به ضخامت ۱۸ متر قرار دارد و نیروهای وارده را به بستر سنگی مستحکم منتقل می کند با استفاده از نرم افزار المان محدود آباکوس مدل سازی شد و تنش های وارده به گروه شمع مورد تحلیل قرار گرفت و بحرانی ترین شمع در گروه شمع تعیین شد و سپس شمع بحرانی مورد تحلیل قرار گرفت.

واژگان کلیدی: شمع، سد، هایقر، المان محدود، آباکوس

۱. مقدمه

جابجایی افقی خاک در جلو شمع هایی که بطور جانبی بارگذاری شده بودند توسط تومیناگا و همکاران (۱۹۸۳) بررسی شد. نتایج حاصله نشان می داد که در حالت کلی جابجایی های افقی خاک بزرگتر از جابجایی قائم آن است و هر دوی این جابجایی ها با افزایش فاصله از سطح شمع به سرعت کاهش می یابند.

در سال ۱۹۹۸ مدل گوه کرنش به وجود آمده در جلوی یک شمع تحت بار جانبی توسط آشور و همکاران (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه این مطالعه نشان داد که مدل گوه کرنش، روشی موثر در حل مسئله ی شمع هایی که به طور جانبی بارگذاری شده اند.

در سال ۲۰۰۶ الگوهای گسیختگی خاک ماسه ای در اطراف شمع تحت بار جانبی با استفاده از مدل سازی فیزیکی و دستگاه CT اسکن صنعتی (عکس برداری با استفاده از اشعه ایکس) بررسی شد. اوتانی و همکاران (۲۰۰۶) این آزمایش ها در چند تراز بارگذاری که به سر شمع اعمال می شد، صورت گرفت. در تحلیل این آزمایش ها، علاوه بر عکس های مقطع عرضی، تصاویر سه بعدی گسیختگی خاک باز سازی شد.

سپس با استفاده از تحلیل پردازش تصویری، CT اسکن های تهیه شده و الگوهای گسیختگی خاک اطراف شمع های تحت بار جانبی بازسازی شد. آن ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش بار جانبی اعمالی بر شمع، ناحیه ی گسیختگی گسترش یافته و حجم و زاویه ی آن زیاد می شود. همچنین با افزایش فاصله از سطح خاک، اندازه ی ناحیه ی گسیختگی کاهش می یابد. به اعتقاد این دانشمندان شکل ناحیه گسیختگی در حالت سه بعدی تقریباً مخروطی است. روح الامین و روشن ضمیر (۱۳۸۹) پس از مدل سازی گروه شمع ۳×۳ با استفاده از نرم افزار FLAC3D با توجه به تعریف کارآیی، ظرفیت باربری شمع منفرد و شمع گروهی در فواصل مختلف را محاسبه کردند. آن ها پس از محاسبه ظرفیت های باربری، در هر فاصله ای که کارآیی گروه برابر واحد شد، آن فاصله را فاصله بهینه بیان کردند.

یزدانی و حیدری پناه (۱۳۹۲) با استفاده از روش های عددی به بررسی اثر بار قائم بر رفتار شمع تحت بار جانبی پرداختند. ابتدا اثر بار قائم بر روی رفتار شمع تکی را بررسی کردند و سپس با استفاده از نتایج این بررسی، رفتار گروهی شمع تحت تاثیر بار قائم و افقی بررسی شد. نتایج نشان داد که بار قائم باعث افزایش ظرفیت باربری می گردد.

حسین و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که بارهای عمودی باعث افزایش مقاومت جانبی شمع ها می شود آن ها با بررسی چهار شمع به صورت مجزا مشاهده کردند بارهای عمودی وارده باعث افزایش ۲۳٪، ۳۶٪، ۶۴٪ و ۸۲٪ مقاومت جانبی هر کدام از شمع ها می شود.

نقیبی و همکاران (۲۰۱۴) مطالعاتی بر روی نشست شمع در خاک الاستیک انجام دادند آن ها بیان کردند با استفاده از برنامه المان محدود می توان نشست شمع در یک خاک الاستیک را پیش بینی کرد و بر اساس نشست پیش بینی شده (δ) طبق یک رابطه مشخص و حل آن می توان طول شمع را به دست آورد و شمع مورد نظر را طراحی کرد.

در این مقاله یک گروه شمع زیر سد بتنی قوسی هایقر واقع در استان فارس توسط نرم افزار اجزاء محدود Abaqus 6.12-3 مدل سازی می شود و پس از به دست آوردن نیروهای وارده به صورت معادل و اعمال آن به کلاهک، به صورت استاتیکی آنالیز می شود و مقادیر تنش در قسمت های مختلف برای گروه شمع مورد تحلیل قرار می گیرد و پس از مشخص شدن بحرانی ترین شمع در گروه، شمع بحرانی مورد تحلیل قرار می گیرد.

International Conference on
Modern Research in Civil Engineering,
Architectural & Urban Development

November 26, 2015
IRIB International Conference Center – Tehran

کنفرانس بین المللی
پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی

۵ آذر ماه ۱۳۹۴ / تهران - مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

ISC ISI

۲. روش تحقیق

۱،۲ تعیین ظرفیت باربری لایه سنگی با استفاده از روش های تحلیلی

برای محاسبه ظرفیت باربری سنگ، روش های مختلفی ارائه شده است که از بین این روش ها، ۶ روش انتخاب شده است. روش های به کار برده شده بر اساس روابط تجربی از جمله رابطه ترزاقی، مطالعات آزمایشگاهی، معیار گسیختگی هوک و براون و روش حد بالا ارائه شده اند. با بکارگیری پارامترهای ژئومکانیکی لایه سنگی و استفاده از این روش ها، ظرفیت باربری نهایی و مجاز پی سنگ سد هایقر فارس در شرایط رطوبتی خشک و اشباع به صورت جداول زیر محاسبه شده است.

جدول ۱: مقادیر ظرفیت باربری نهایی به دست آمده از روش های مختلف (Mpa)

| حالت اشباع | حالت خشک | روش |
|------------|----------|-----------------------|
| ۷۶ | ۹۵ | انجمن ژئوتکنیک کانادا |
| ۵۱،۱۴ | ۱۰۵،۳۳ | روش باولز |
| ۶۷ | ۸۷،۵۲ | روش راممورتی |
| ۴۱،۵۵ | ۸۵،۹۷ | روش سرانو و اولالا |
| ۴۲،۳۵ | ۹۶،۵۶ | روش حد بالا |

جدول ۲: مقادیر ظرفیت باربری مجاز به دست آمده (Mpa)

| حالت اشباع | حالت خشک | روش |
|------------|----------|---------------------|
| ۱،۴ | ۲،۴ | Rochester, New York |
| ۱،۷۷ | ۲،۸۲ | روش سرانو و اولالا |

۲،۲ هندسه مدل

ابتدا محیط خاکی در منوی Part ساخته می شود. ابعاد محیط خاکی $41 \times 400 \times 18$ متر می باشد. جهت مدل سازی این نمونه خاکی از المان کلی Solid از نوع Homogeneous استفاده شده است. در این محیط خاکی ۳۶ دایره خالی به قطر ۳ متر و طول ۱۸ متر به وسیله گزینه Cut ایجاد می شود. فاصله این سوراخ ها در راستای محور Z، ۹،۷۵ متر و در راستای محور X، ۱۱،۳ متر می باشد. این سوراخ ها در حقیقت مکان قرار گیری شمع ها می باشد.

در مرحله بعد محیط سنگی و گروه شمع مدل سازی شده است. برای مدل سازی گروه شمع ابتدا کلاهدک شمع به صورت مکعب مستطیل با ابعاد $85 \times 41 \times 5$ متر در مدول Part مدل می شود و سپس ۳۶ شمع با قطر ۳ متر و طول ۱۸ متر ساخته شده است. فاصله مرکز به مرکز این شمع ها در راستای محور X، ۱۱،۳ متر و در راستای محور Z، ۹،۷۵ متر می باشد.

۳،۲ جنس مصالح تعریف شده

جنس گروه شمع از بتن با رفتار الاستیک خطی جنس خاک با خواص الاستوپلاستیک با مدل رفتاری دراکر پراگر و جنس سنگ به صورت اشباع با خواص الاستوپلاستیک با مدل رفتاری موهر - کولمب تعریف شده است.

جدول ۳: جنس گروه شمع

| پارامترهای الاستیک بتن | | |
|------------------------|-------------------------|--------|
| ν | $\gamma(\text{kg/m}^3)$ | E(Gpa) |
| 0.3 | 2400 | 21 |

جدول ۴: جنس لایه خاک

| پارامترهای پلاستیک دراکر پراگر | | | پارامترهای الاستیک | |
|--------------------------------|--------|--------|--------------------|---------|
| k | ψ | ϕ | ν | E (Gpa) |
| 0.8 | 1 | 30 | 0.3 | 0.1 |

جدول ۵: رابطه تنش و کرنش در خاک

| | | | |
|--------|--------|-------|--------------------|
| 150000 | 100000 | 75000 | Yield stress |
| 0.01 | 0.005 | 0 | Abs Plastic strain |

جدول ۶: جنس لایه سنگی

| پارامترهای پلاستیک موهر - کولمب | | پارامترهای الاستیک | | |
|---------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------|---------|
| ψ | ϕ° | ν | $\gamma(\text{kg/m}^3)$ | E (Gpa) |
| 2 | 24.08 | 0.2 | 2580 | 32 |

۴.۲ تعریف تماس

در این مرحله قبل از تعریف مراحل اندرکنش، به تعریف سطوحی که قرار است با یکدیگر در تماس باشند، پرداخته می شود، به همین منظور ۳۶ سطح جانبی و ۳۶ سطح تحتانی برای تمامی شمع ها و یک سطح که در ناحیه زیر کلاهی که با خاک در تماس است، تعریف شده است.

در بخش خاک نیز ۳۶ سطح جانبی که با سطوح جانبی شمع ها در تماس می باشد، یک سطح مجزا که در محل تماس خاک با کلاهی می باشد و سه سطح که در تماس با لایه سنگی قرار دارد تعریف شده است.

International Conference on
Modern Research in Civil Engineering,
Architectural & Urban Development

November 26, 2015
IRIB International Conference Center – Tehran

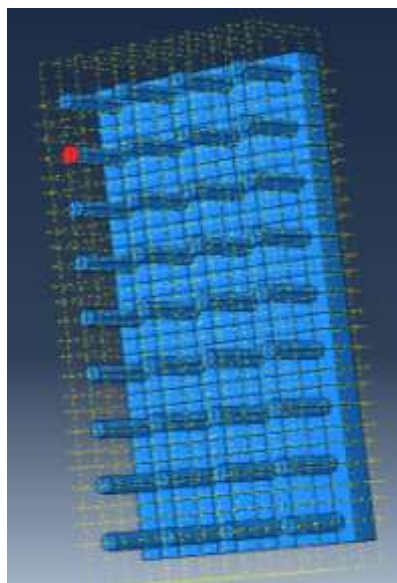
کنفرانس بین المللی
پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی

۵ آذر ماه ۱۳۹۴ / تهران - مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

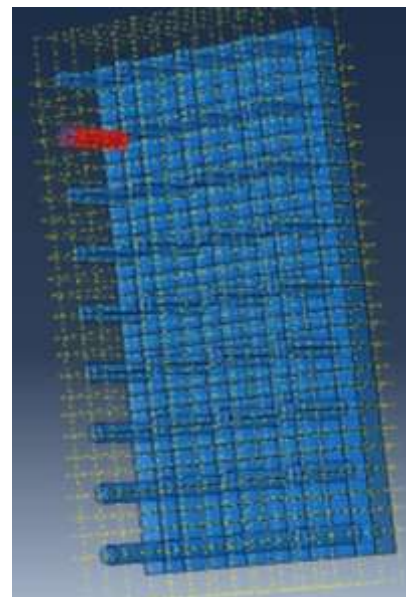
ISC ISI

در بخش سنگ نیز یک سطح در لایه سنگی که با سطوح تحتانی شمع ها در تماس می باشد و همچنین سه سطح که با لایه خاک در تماس می باشد تعریف شده است.

سطح لایه خاک که با زیر کلاهک در تماس است و همچنین سطح لایه سنگ که با سطوح تحتانی شمع ها در تماس است به وسیله منوی Partition ابتدا تفکیک شده است.



شکل ۲: تعریف سطح تحتانی شمع شماره ۵



شکل ۱: تعریف سطح جانبی شمع شماره ۵

با توجه به تماس سطح جانبی شمع و خاک، سطح تحتانی کلاهک و خاک، سطح تحتانی شمع ها با سنگ و همچنین سطوح خاک و سنگ، رفتار اندرکنش سطوح به دو صورت تماس مماسی و تماس عمودی در نظر گرفته شده است. با استفاده از سطوح تعریف شده، این اندرکنش ها ایجاد می شود. در تماس بین سطوح، ضریب پناستی ۰٫۴ برای تماس مماسی و برای تماس عمودی از فرمولاسیون پناستی و تماس سخت با امکان ایجاد جدایی بین دو سطوح تعریف شده است

۵٫۲ اعمال شرایط مرزی و بارگذاری

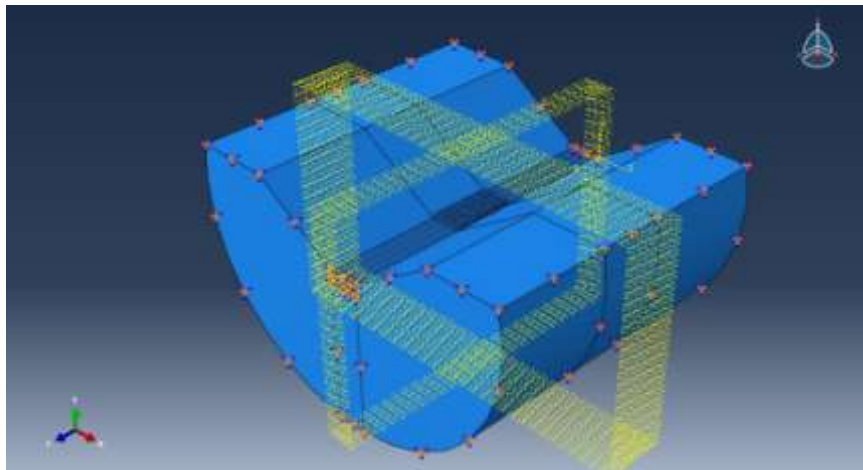
به دلیل اینکه تحلیل استاتیکی می باشد در نتیجه در اثر نیروهای استاتیکی وارده به کلاهک شمع، جابه جایی در مرزهای دور به سمت صفر میل می کند به همین دلیل جابه جایی در تمامی جهت ها در مرزهای دور صفر در نظر گرفته شده است.

International Conference on
Modern Research in Civil Engineering,
Architectural & Urban Development

November 26, 2015
IRIB International Conference Center – Tehran

ISC ISI

کنفرانس بین المللی
پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی
۵ آذر ماه ۱۳۹۴ / تهران - مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

شکل ۳: ایجاد شرایط مرزی برای مدل

پس از ایجاد شرایط مرزی بایستی نیروهای وارده به کلاhek شمع اعمال شود. در ابتدا این نیروها به صورت دستی محاسبه شده است و سپس به کلاhek شمع اعمال می شود.

۶،۲ مجموع نیروهای استاتیکی وارده به کلاhek شمع

$$\text{نیروی جانبی} : 406.3 \text{ ton/m}^2 = 3984.2 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{نیروی فشاری} : 212.63 \text{ ton/m}^2 = 2085 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{لنگر متمرکز بر اثر برون محوریت نیروها} : -2946900.3 \text{ ton.m} = -28897304.34 \text{ KN.m}$$

لنگر متمرکز به صورت دو نیروی خطی مختلف العلامت که معادل استاتیکی این دو نیرو لنگر متمرکز در مرکز سطح می باشد، به کلاhek شمع اعمال شده است.

۳. یافته ها

۱،۳ محدوده تنش های به دست آمده در هر کدام از شمع ها

مقادیر تنش فون میسز به دست آمده به وسیله نرم افزار از طریق جدول ذیل، برای هر کدام از شمع ها به صورت تکی مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل شماتیک زیر که از نمای پایین گروه شمع می باشد، شماره شمع ها بیان شده است تا هر کدام از شمع ها به صورت مجزا مورد تحلیل قرار گیرد.

بالا دست

| | | | |
|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 | 30 | 31 | 32 |
| 33 | 34 | 35 | 36 |

پایین دست

شکل ۴: شماره شمع ها از نمای پایین گروه شمع

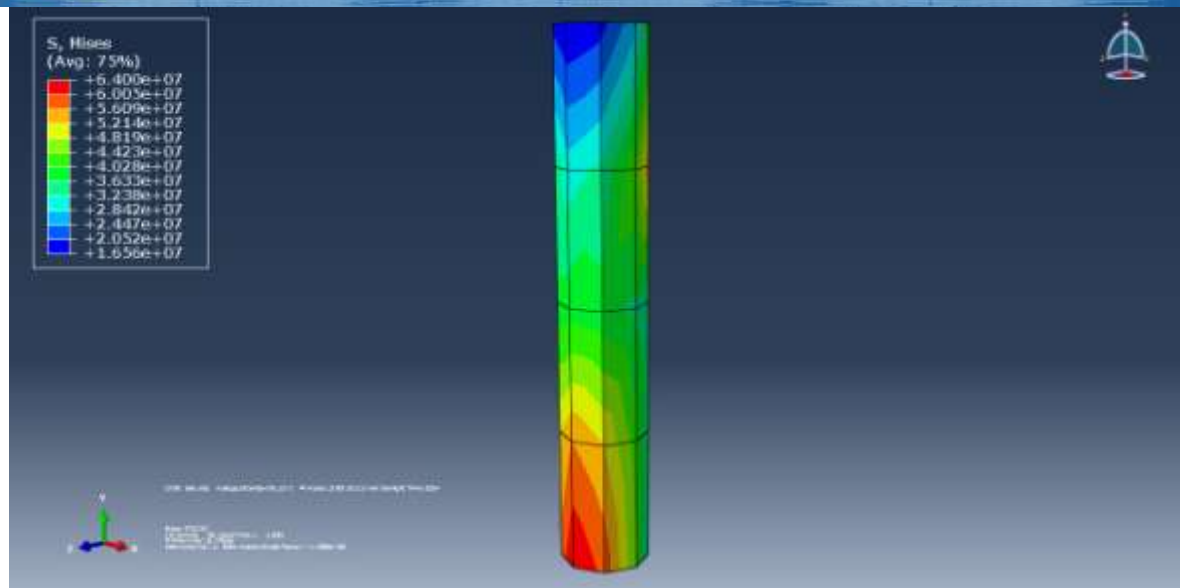
جدول ۷: محدوده تنش فون میسز در شمع ها (Mpa)

| توضیحات | مقدار مینیمم | مقدار ماکزیمم | شماره شمع |
|--|--------------|---------------|-----------|
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 16.8 | 60.9 | 1 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 16.6 | 64 | 2 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 16.6 | 64 | 3 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 16.9 | 60.7 | 4 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 14.4 | 56.5 | 5 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 14.5 | 60.6 | 6 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 14.5 | 60.6 | 7 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 14.2 | 56.2 | 8 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.3 | 55 | 9 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.3 | 59.6 | 10 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.3 | 59.6 | 11 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.3 | 54.7 | 12 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.9 | 54.7 | 13 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13 | 59.4 | 14 |

| | | | |
|--|------|------|----|
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13 | 59.4 | 15 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.9 | 54.5 | 16 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.6 | 54.8 | 17 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13 | 59.5 | 18 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13 | 59.5 | 19 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.6 | 54.5 | 20 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.5 | 55.4 | 21 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.2 | 60.3 | 22 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.2 | 60.2 | 23 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.5 | 55.2 | 24 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.4 | 57.1 | 25 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.8 | 61.9 | 26 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.8 | 61.8 | 27 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 13.4 | 56.8 | 28 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.4 | 58.5 | 29 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 15 | 62.7 | 30 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 15 | 62.7 | 31 |
| مقادیر ماکزیمم در پایین پایه شمع و مقادیر مینیمم در بالا و پایین شمع می باشد | 12.2 | 58.2 | 32 |
| مقادیر ماکزیمم و مینیمم هر دو در پایین پایه شمع می باشد | 6.5 | 54.7 | 33 |
| مقادیر ماکزیمم و مینیمم هر دو در پایین پایه شمع می باشد | 8.4 | 59.2 | 34 |
| مقادیر ماکزیمم و مینیمم هر دو در پایین پایه شمع می باشد | 8.4 | 59.2 | 35 |
| مقادیر ماکزیمم و مینیمم هر دو در پایین پایه شمع می باشد | 6.4 | 54.4 | 36 |

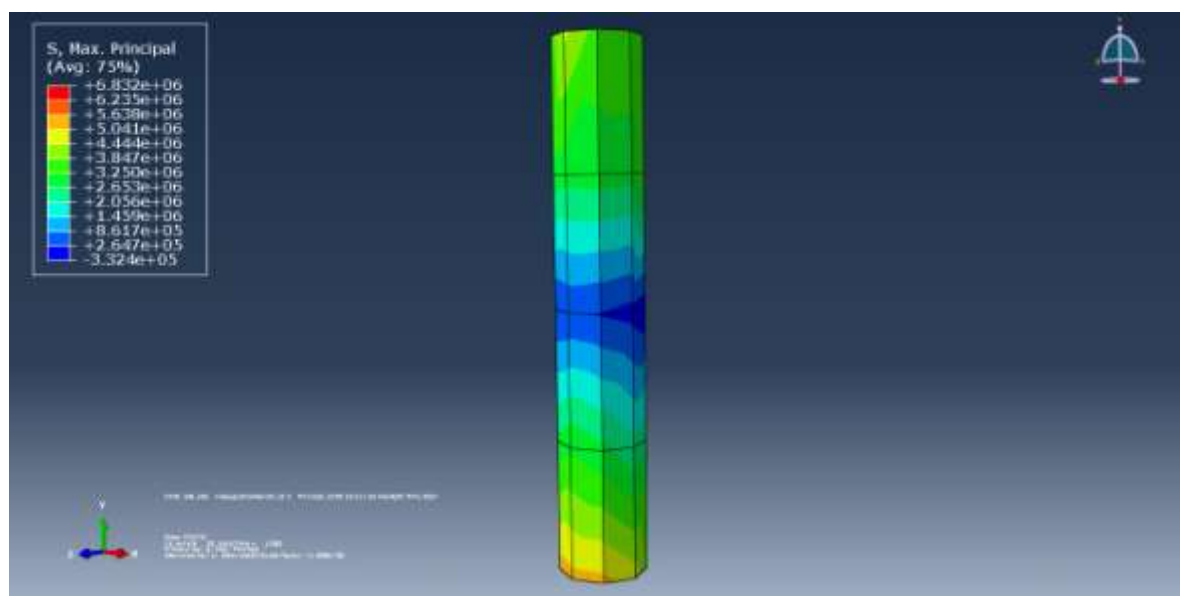
۴. بحث و نتیجه گیری

- ۱- با توجه به نتایج به دست آمده به وسیله نرم افزار می توان به این نتیجه رسید که شمع های ردیف جلویی بحرانی ترین شمع ها در گروه می باشد که رولینز (۲۰۰۶) و رواستا و تونسند (۱۹۹۷) نیز با آزمایشات گروه شمع در ماسه به این نتایج رسیدند و همچنین می توان شمع شماره ۲ را به عنوان بحرانی ترین شمع معرفی نمود. در شکل ذیل تنش فون میسز به دست آمده برای شمع شماره ۲ نمایش داده شده است.



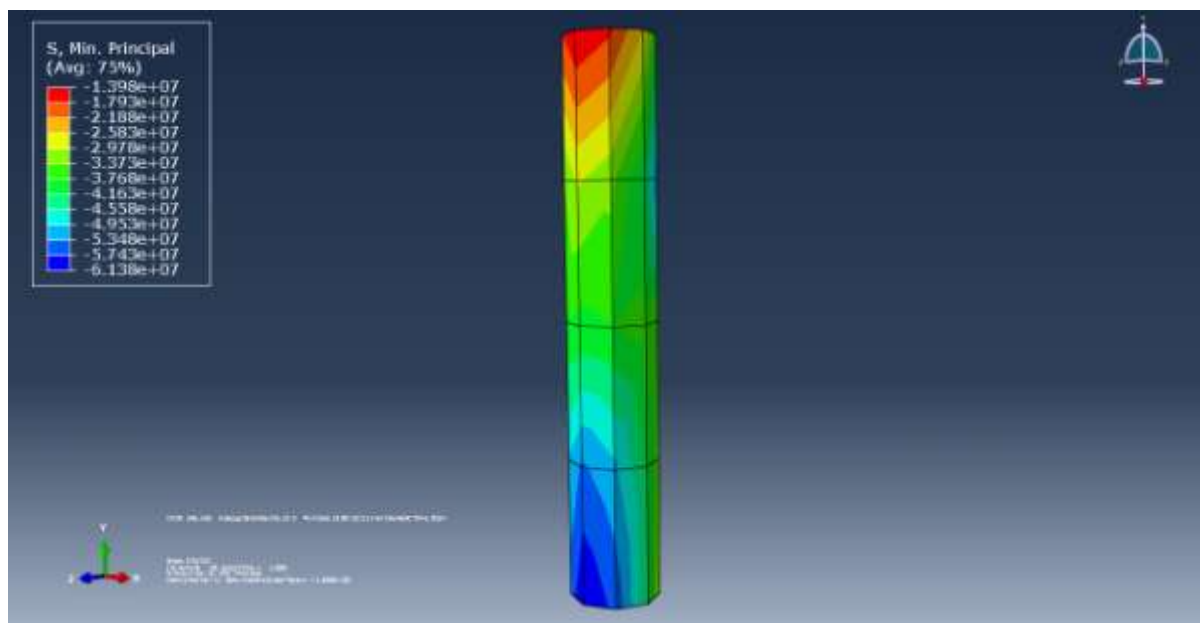
شکل ۵: تنش فون میسز در شمع شماره ۲ به عنوان بحرانی ترین شمع (Pa)

۲- بیشینه تنش اصلی ماکزیمم در شمع شماره ۲، 6.32 Mpa که در قسمت بالا و پایین پایه شمع و کمترین مقدار 0.265 Mpa که در قسمت های وسط می باشد.



شکل ۶: تنش اصلی ماکزیمم در شمع شماره ۲ به عنوان بحرانی ترین شمع (Pa)

۳- بیشینه تنش اصلی مینیمم در شمع شماره ۲، 61.4 Mpa و کمترین آن 13.99 Mpa می باشد.



شکل ۷: تنش اصلی مینیمم در شمع شماره ۲ به عنوان بحرانی ترین شمع (Pa)

۵. منابع

۱. اردکانی، ر.، احمد آبادی، م.، جباری، م.، "برآورد مقاومت اصطکاکی جداره شمع های زیر سدها، با استفاده از تحلیل شعاعی (روش قطعات افقی در حالت سه بعدی)" ، دومین همایش ملی سد سازی، ۱۳۸۸
۲. براجا، ام. داس ، ترجمه طاحونی، ش. ، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد اول، انتشارات پارس آئین، چاپ سیزدهم، ۱۳۸۷
۳. براجا، ام. داس ، ترجمه طاحونی، ش.، "اصول مهندسی ژئوتکنیک" ، جلد دوم، انتشارات پارس آئین، چاپ سیزدهم، ۱۳۸۸
۴. حصاری، م.، سرداری، ه.، لطق الهی یقین، م.، "مرجع کامل مدل سازی و آنالیز با نرم افزار ABAQUS"، انتشارات فروزش، چاپ اول، ۱۳۸۶
۵. رحمانیان، س.، ملکی، م.، "نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS"، انتشارات سیمای دانش، چاپ سوم، ۱۳۸۹
۶. روح الامین، م.، روشن ضمیر، م.، "بررسی راندمان گروه شمع تحت بارگذاری مرکب"، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۸۹
۷. روح الامین، م.، روشن ضمیر، م.، "بررسی راندمان گروه شمع تحت بارگذاری مرکب"، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۸۹
۸. سامانی، ح.، "طراحی سازه های هیدرولیکی" انتشارات شرکت مهندسی مشاور دزآب، چاپ سوم، ۱۳۹۳
۹. فاخر، ع.، "مهندسی پی پیشرفته"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۹۲
۱۰. گزارش جلد سوم: "نتایج مطالعات زمین شناسی مهندسی محل سد مخزنی هایقر، سد تنظیمی دهرود، تونل انتقال و مسیر خط لوله ی انتقال آب به جنوب"، مطالعات مرحله دوم: "طرح سد مخزنی هایقر (دهرود) و خط انتقال آب شرب و صنعت به منطقه جنوب و شبکه آبیاری اراضی دهرود و احمدآباد و آزادگان"، مهندسین مشاور آب نیرو، اردیبهشت ۱۳۸۶.
۱۱. گزارش جلد سوم: "مشخصات فنی عمومی کارهای سیویل سد مخزنی هایقر"، مهندسین مشاور آب نیرو، اسفند ماه ۱۳۸۶.

۱۲. گزارش جلد چهارم (قسمت الف): "گزارش مطالعات ژئوتکنیکی جایگاه های سد مخزنی هایقر و سد تنظیمی-انحرافی دهرود+مسیر تونل انتقال"، مطالعات مرحله دوم: "طرح سد مخزنی هایقر (دهرود) و خط انتقال آب شرب و صنعت به منطقه جنوب و شبکه آبیاری اراضی دهرود و احمدآباد و آزادگان"، مهندسين مشاور آب نیرو، مهرماه ۱۳۸۵.
۱۳. یزدانی، ح، حیدری پناه، ع، "بررسی اثرات بار قائم بر رفتار گروه شمع تحت بار جانبی در خاک ماسه ایی"، هفتمین کنگره مهندسی عمران، ۱۳۹۲

14. "ABAQUS General Finite Element Analysis program" version 6.12.3 Manual.
15. Ashour, M.; Norris, G. and Pilling, P. "Lateral loading of a pile in layered soil using the strain wedge model", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 124(4), pp. 303-315, 1998.
16. Hussien, M., Tobita, T., Iai, S., Karray, M., "On the influence of vertical loads on the lateral response of pile foundation", Computers and Geotechnics, Vol 55, pp. 392-403, 2013.
17. Naghibi, F., Fenton, A., Griffiths, D.V., "Prediction of pile settlement in an elastic soil", Computers and Geotechnics, Vol 60, pp. 29-32, 2014
18. Otani, J., Pham, K.D. and Sano, J. "Investigation of failure patterns in sand due to laterally loaded pile using X-ray CT", Soils and Foundations, 46(4), pp. 529-535, 2006.

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