تحلیل وضعیت موجودوارائه طرح جدید برای فونداسیون تیرهای بتنی ۲۰کیلوولت

نصرت‌الله هادیان

شرکت مهندسی مشاورنیروی مازندران

چکیده :

تجربیات چندین ساله نشان می‌دهدکه جهت نصب پایه‌های‌بتنی خطوط ۲۰ کیلوولت ، گودبرداری وپرکردن چاله‌هاطبق جداول موجوددربعضی ازانواع زمینها دچاراشکالات اصولی وجدی است ولذاپیشنهادنوینی جهت طراحی یک پی مناسب ارائه میگردد. ضمناً دراین مقاله جهت اختصار محاسبات وطراحی فقط برای یک نوع پایه (۱۲×۸۰۰)وبرای زمین‌های شالیزاری انجام گردیده و نشان داده شده است که با اجرای این پیشنهادات هم پایداری پایه‌های مذکور تأمین میشود و هم‌اینکه درمجموع ازنظر اقتصادی استفاده قابل توجهی برای شرکتهای توزیع حاصل میگردد .

شرح مقاله

یکی ازمواردی که دربازدیدازشبکه‌های برق به شدت نظرم رابه خودجلب نمودایجاد چپ‌شدگی وبعضاً واژگونی درتیرهای بتنی ۲۰ کیلوولت بودودرمأموریت‌هائی که‌به‌نواحی مختلف داشتم متوجه میزان شدت معضل ،بویژه درنواحی‌غرب مازندران‌گردیدم.واینکه چراوچگونه ممکن است این وضعیت‌ناهنجار تااین حدگسترش یافته وهمچنان ادامه داشته‌باشد حکایت ازعدم خدمت‌گیری علوم وفنون مهندسی می‌نماید.

به هرحال این امرانگیزه‌ای شدتااینجانب مبادرت به تهیه‌این مقاله که درحقیقت تجزیه وتحلیل موضوع‌می‌باشد،نمایم.آنچه مسلم‌است‌این عدم تعادل وناپایداری تیرهابه شالوده آنهامربوط می‌شود که به عنوان نمونه یک تیربتنی ۱۲/۸۰۰ رادرخط دومداره موردبررسی وتحلیل قرارمی‌دهم .

البته‌برای انجام یک‌کاراساسی لازم‌است موضوع درآلترناتیوهای مختلف برحسب نوع خاک و درزاویه وانتهای ویامیانی بودن تیرموردبررسی دقیق قرارگیرد وبه صورت یک یاچندطرح تیپ درقالب یک پروژه ونهایتا"دستورالعمل ارائه گردد.

۱ـ کلیات

به طورکلی جمیع نیروهای وارده برهرسازه‌بوسیله شالوده به زمین منتقل می‌شود وطراحی آن بایدبه گونه‌ای‌باشدکه‌این نیروهادرزمین‌ایجادمقاومتی بالاترازظرفیت باربری مجازخاک ننماید در غیراین‌صورت گسیختگی ونشست درخاک قطعی‌است وبه عبارت ساده‌ترخاک‌اززیربارشانه خالی کرده و نهایتا"موجبات واژگونی سازه‌رافراهم می سازد.

خاک‌ازنقطه‌نظرموادمتشکله ،میزان آب ورطوبت ،مقاومت برشی وظرفیت باربری تحکیم‌و... مشخصات‌مکانیکی گوناگون دارد وچنانچه علیرغم این گوناگونی باتوجه به وسعت کاروتیپ سازی جهت سهولت دراجراءبخواهیم دسته‌بندی معینی ازآن داشته باشیم می‌توانیم آنرابه سه گونه ،

زمینهای‌لجنی ، زمینهای دارای خاک بادانه‌بندی بد وخاک بادانه‌بندی خوب دسته‌بندی نمائیم . بنابراین درطراحی فونداسیون حداقل به‌سه‌نوع طرح خواهیم‌رسیداماهم‌اکنون تقریباًازیک‌نوع طرح درانواع متفاوت زمین‌استفاده می‌شود. بعبارت دیگرهمان فونداسیون که‌درزمین لجنی‌اجراء می‌شودبرای زمین دج‌بامقاومت‌بالانیزانجام‌می‌گردد.که‌این‌امرقابل توجیه‌ازنظرفنی واقتصادی نیست . بنابراین طراحی فونداسیون براساس مبانی مهندسی ساختمان برای هرسازه ازاهمیت ویژه‌ای برخوردار است وپایداری واستحکام آن راتضمین می‌نماید.

۲ـ طراحی فونداسیون جدید

قبل ازاینکه واردمحاسبات دقیق تئوریک گردیم لازم‌است دراینجاطرح ومشخصات سکوی آزمایش‌این تیرهادرراهنمای ساخت واستانداردپایه‌های بتنی مسلح چارگوش منتشره ازامورب‌رق وزارت‌نیروراموردتوجه‌قراردهیم ،(ضمیمه پنج)خواهیم دیدکه هنگام آزمایش خمش تحت قدرت اسمی برای جلوگیری ازتغییرمکان سکوی آزمایش ،محاسبات مهندسی به چه ابعادوانـدازه‌هائی رسیده است واین عدم تغییرمکان درسکو چه به صورت جابجائی ویادوران بایددرحالت بهره‌برداری در فونداسیون تیرهاایجادشود.

لازم به یادآوری‌است که دراین طرح نمونه به گونه‌ای غیرمحافظه‌کارانه تنهانیروی جانبی حاصل‌ازباد،آن هم نه براساس استاندارد شماره ۵۱۹ مؤسسه تحقیقات صنعتی‌ایران بلکه به موجب اطلاعاتی که ازسازمانهای هواشناسی بابلسرورامسردرموردسرعت بادد‌ریافت گردید منظورشد و این درصورتی‌است که حداقل قدرت‌اسمی تیر ۱۲/۸۰۰ ، ۸۰۰ کیلوگرم‌اعمال نیروی افقی درقسمت انتهائی تیر،درفاصله ۶۰ سانتیمتری ،روی سکوی‌آزمایش‌است‌وچنانچه‌محاسبات‌بارگذاری برای‌اثر نیروی بادبراساس‌استاندارد ۵۱۹ انجام گیردبه نیروئی درحدودقدرت‌اسمی تیرخواهیم رسید.

۲-۱ - اطلاعات اولیه - برای طراحی فونداسیون جدید درابتدا لازم است مبانی کلی و اطلاعات اولیه که در طراحی خط مورد استفاده قرار میگیرد دردست باشد لذا دراین رابطه اطلاعات زیر درمحاسبات بخشهای بعدی انتخاب گردید.

- فاصله تیرها (l) : $\approx$ 100(m)
- وضعیت تیردرخط :میانی
- قطرسیم (d) :1.55(cm)
- تعدادهادیها :6
- وزن واحدطول سیم (w) :0.5(Kg.m)
- وزن تیر (W1) :2765(Kg)
- ظرفیت باربری مجازخاک (Qa) :1(Kg/cm^2)
- ابعادتیردرسمت بادگیر:ابتدا41 وانتها 23cm (c=23cm,b=41)
- سرعت باد :19(m/S) میانگین سرعت باددربابلسرورامسر
- مقاومت برشی خاک(C) :چون دربیش ازنیمی ازسال زمینهای این نواحی مغروق درآب می‌باشند صفردرنظرگرفته شد.
- مقاومت ۲۸ روزبتن F_c :210 (Kg/Cm^2)
- ضریب شکل :1.35(مرجع شماره ۳)

۲-۲- بارگذاری : برای محاسبه نیروی مکانیکی وارده بر فونداسیون براساس روشهای متداول‌بشرح زیر اقدام میگردد:

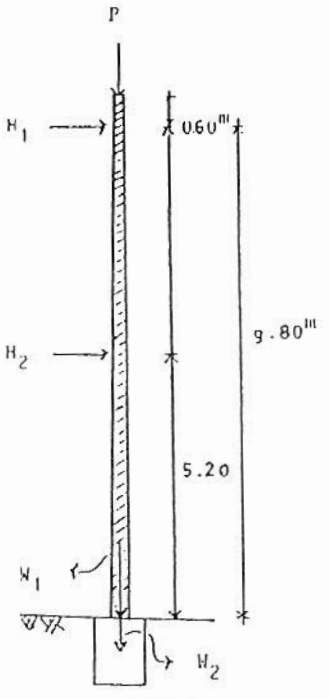
۱-۲-۲- محاسبهٔ نیروی باد- برای محاسبهٔ نیروی باد از روابط (۱ و۲) استفاده میگردد:

$$q= V^2/16 \qquad (۱)$$

$$H= n.l.w.q \qquad (۲)$$

باتوجه به روابط فوق و اطلاعات بخش ۱-۲ فشار مبنای باد (q) و نیروی وارده برسیم (H_1) و نیروی وارده برتیر (H_2) بصورت زیر محاسبه میگردد:

H_2=100 kg و H_1= 214 kg و q= 23 kg/m^2



بارهای خارجی

بدون مقیاس

۲-۲-۲ - محاسبه وزن سیم - باتوجه به نوع سیم (Hyena) میتوان وزن سیم (P) را درطول یک‌اسپن از خط دو مداره ۲۰ کیلو ولت بصورت زیرمحاسبه نمود:

$$P = 6 \times 100 \times 0.5 = 300 \quad Kg$$

۳-۲- طراحی فونداسیون - باتوجه به موارد فوق‌الذکرمیتوان فونداسیون خط را بشرح زیر طراحی نمود:

۱-۳-۲- مقاومت برشی بتن - دراولین مرحله لازم است مقاومت برشی بتن (Vc) ازرابطه زیر محاسبه کرد:

$$Vc = 0.53 \sqrt{F'c}$$

باتوجه به اینکه $F'c = 210\ kg/cm^2$ میباشد مقدار $Vc = 7.68\ kg/cm^2$ خواهد شد

۲-۳-۲- محاسبه ابعادسطح - دراین مرحله لازم است ابعاد سطح فونداسیون بصورت زیر محاسبه گرددو وزن پی (W_2) برای شروع محاسبات باتوجه به ابعاد (۱۷۰×۸۰×۷۵) سانتی‌متر و وزن‌مخصوص $2400\ kg/m^3$ بتن معادل ۲۵۰۰ کیلوگرم منظور میگردد.

سطح پی (A) $A = \frac{\text{بارهای قائم بدون ضریب}}{\text{تنش مجازخاک}} = \frac{W_1+W_2+P}{Q_a} \rightarrow 5565\ Cm^2$

عرض پی (B) وطول پی (L)

$B = 70(Cm)$

$L = 80(Cm)$

۲-۳-۲- ضخامت پی (d) - ضخامت پی فونداسیون رامیتوان باتوجه به روابط زیر محاسبه نمود:

$$d: \quad \rightarrow \quad 4d^2 + 2\,(b+c) \times d = \frac{b \,.\, L \,.\, Q_{ult}}{V_c}$$

$B = 41(Cm) \qquad C = 23(Cm)$

بادرنظرگرفتن ضریب اطمینان برابر 3: $Q_{uLT} = Q_a.F$

$Q_{ULT} = 1 \times 3 = 3\ Kg/Cm_2$

$$4d^2 + 2\,(41+23)\,d = \frac{60\times80\times3}{7.68}$$

$d \approx 10\ (Cm)$

ملاحظه می‌شودکه بدون اثرلنگرناشی ازنیروی‌افقی درتعیین ابعادپی ،ابعاد کوچک تنهاپاسخگوی اثرنیروهای قائم‌می‌باشند.

۳-۳-۲- محاسبه لنگرنهائی - باتوجه به آنچه که گفته شد میتوان لنگر نهایی تحمیلی برفونداسیون را بصورت زیرمحاسبه نمود:

$$M = (214 \times 9\,.\,80 \times 10^2) + (100 \times 5\,.\,20 \times 10^2) = 2\,.\,62 \times 10^5\ \ Kg\text{-}Cm$$

فاصله بروزن محوری (e) : $e = \frac{M}{P+W_1+W_2} = \frac{2.62 \times 10^5}{300+2500+2765} = 47.1 \ Cm$

تنش موجود (Q) $Q = \frac{\text{کل}V}{A}(1 \pm \frac{6.e}{L}) = \frac{5565}{80 \times 70}(1 \pm \frac{6 \times 47.1}{80}) \rightarrow$

درنتیجه $Q_{max} = 4.5 \ , \ Q_{min} = -2.52 \ Kg/Cm_2$

$Q_{max} > Q_a \rightarrow$ not Ok.

به همین ترتیب باروش سعی وخطاادامه داده ونهایتا"خواهیم داشت :

$B = 100 \ Cm \ , \ L = 175 \ Cm \ , \ d = 80 \ Cm$

وزن پی را W نامیده لذاباتوجه به وزن مخصوص بتن برابر $2400 \ Kg/m^3$ خواهیم داشت :

$W = 1 \times 1.75 \times 0.8 \times 2400 = 3360 \ kg$

وزن کل (W_t) $W_t = 3360 + 2765 + 300 = 6425 \ Kg$

$e = \frac{2.62 \times 10^5}{6425} = 40.8 \ Cm$

$Q = \frac{6425}{100 \times 175}(1 \pm \frac{6 \times 40.8}{175}) \rightarrow$

$Q_{max} = +0.88 \ (Kg/Cm^2) < Q_a = 1 \ Kg/Cm^2 \quad O.k.$

$Q_{min} = -0.15 \ (Kg/Cm^2) \quad O.K.$ بعلت کوچک بودن

۴-۳-۲- کنترل B - بمنظور کنترل فونداسیون در راستای خط نیروی بادبرتیردرجهت طول خط برابر می شودبا:

$\frac{61(\text{انتها}) + 31 \ (\text{ابتدا})}{2} \times 10^2 \times 10.30 \times 23 \times 1.35 = 147 \ Kg$

مُمان (M) $M = 147 \times 5.15 \times 100 = 75705 \ Kg \cdot Cm$

فاصله برون محوری (e) $e = \frac{75705}{6425} = 11.78 \ Cm$

$Q = \frac{6425}{100 \times 175}(1 \pm \frac{6 \times 11.78}{100}) \rightarrow$

$Q_{max} = 0.62 \ , \ Q_{min} = 0.1 \ Kg/Cm^2 \quad O.K.$

۵-۳-۲- کنترل واژگونی - براساس بند ۷-۱۳ استاندارد ۵۱۹ ایران ،مؤسسه تحقیقات صنعتی :

لنگرمقاوم : $(300 + 276 + 3360)\frac{175}{2} = 56187 \ \ Kg - Cm$

لنگرواژگونی : $= \left[(0.214 \times 10.80) + (0.10 \times 6.10)\right] \times 10^5 = 292120 \ Kg - Cm$

$$\frac{\text{لنگرمقاوم}}{\text{لنگرواژگونی}} = \frac{562187}{292120} = 1.92 > 1.75 \quad \rightarrow \quad O.K.$$

۳- نتیجه گیری :

بدین‌ترتیب‌ابعادفونداسیون ۱۷۵ Cm طول ، ۱۰۰ Cm عرض و ۸۰ Cm ضخامت نتیجه‌داده است . جهت‌استقرارتیردرپی ایجادایستائی موقت برای ترازکردن وآکس‌بندی ،درکف ومرکزپی چاله‌ای به عمق (۶۰ Cm)درسطح (۷۵×۷۰ Cm)پیش‌بینی می‌گردد.که پس ازاستقرارتیر،باسنگ لاشه تاارتفاع کف پی اصلی پرشده وبادوغاب بتن مغروق خواهدشدتاایستائی موقت ایجادگردد و سپس بتن اصلی ریخته شود(باعیار ۳۰۰کیلوگرم سیمان درمترمکعب).

ازجمله مواردی که ازحوصله‌این مقاله خارج است وبه لحاظ ارتباط بامسائل تئوریک وبا استفاده‌ازروابط ریاضی ومکانیک جامدات قابل بررسی‌است کنترل وضعیت فولاددربتن ، کنترل چسبندگی بین تیروبتن پی ،دانه‌بندی مصالح وکنترل (Kern) مقطع است‌که درقالب یک پروژه جامع قابل طرح وبررسی است .اماتاهمین جامحاسبات نشان داد بسیاری ازفونداسیون‌هائی که برای تیرهای بتنی اجراءمی‌گردد حداقل دراستان‌مازندران پاسخگونمی‌باشد.

یکی ازمهمترین عوامل مؤثردرطراحی پی ،ظرفیت بارداری مجازکم درزمینهای این استان است . ودریک مقایسه می‌توان بیان نمودکه مثلا"ظرفیت بارداری مجازدرزمین‌های معمولی در شهرستان ساری حداکثر $1 \ Kg/Cm^2$ است .امااین ظرفیت برای تهران به پیش از $2 \ Kg/Cm^2$ می‌رسدیعنی ۲ برابر.

درضمن توصیه این مطلب ضروری به نظرمی‌رسدکه درتعیین مسیرحتی المکان بایدسعی شود

خط ازمسیرخاکریزکنارجاده‌هاکه اکثرا"دارای خاکهای مصنوعی هستند وهمواره درحال جابجائی ونشست می‌باشند عبورداده نشوند ویاازنزدیک لبه فوقانی ترانشه‌ها نگذردتاهمانندمسیرساری به کیاسر درطول بیش از ۵۰کیلومترازمیان تیرهای کاشته شده بیش از ۶۰٪ چپ شده ومجبوربه مهار با بکسل نگردند.

دراین طرح بجای (m) ۱/۷ مترعمق فونداسیون های فعلی (m) ۱/۴ مترعمق نهائی پی می‌باشدکه درنتیجه (Cm) ۳۰ سانتیمتربه ارتفاع مفیدتیرپس ازاستقراراضافه خواهدشد.

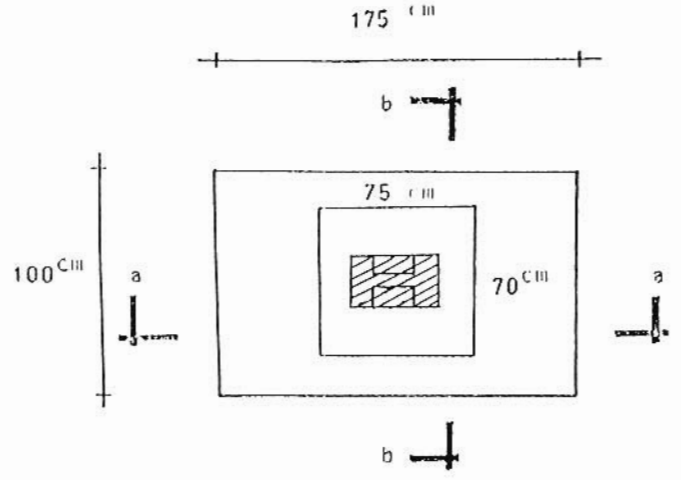
۴- تقدیروتشکر :

ازهمکارارجمندم آقای مهندس علی فیاض که همواره باراهنمائیهاوارشادات خود در امرتهیه مقاله کمک شایانی نموده‌اندتشکروقدرانی می‌گردد.

۵- مراجع :

۱ـ راهنمای ساخت واستانداردپایه‌های بتونی مسلح چهارگوش - اموربرق وزارت نیرو
۲ـ طرح سازه‌های بتون مسلح (جلداول)تألیف شاپورطاحونی .
۳ـ آئین نامه بارگذاری استانداردشماره ۵۱۹ مؤسسه تحقیقات صنعتی ایران .
4- Foundation Analysis and design - bowles

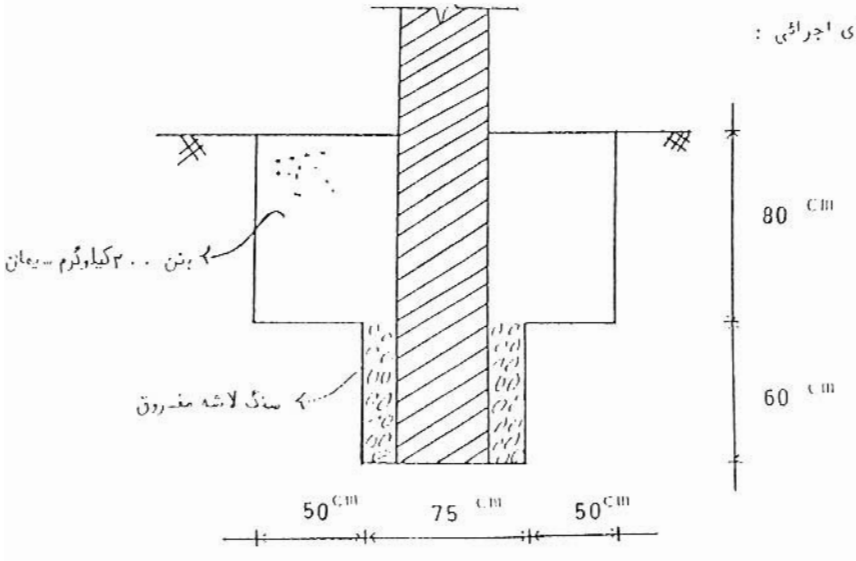
نقشه های اجرائی :



پلان

S_c 1/25

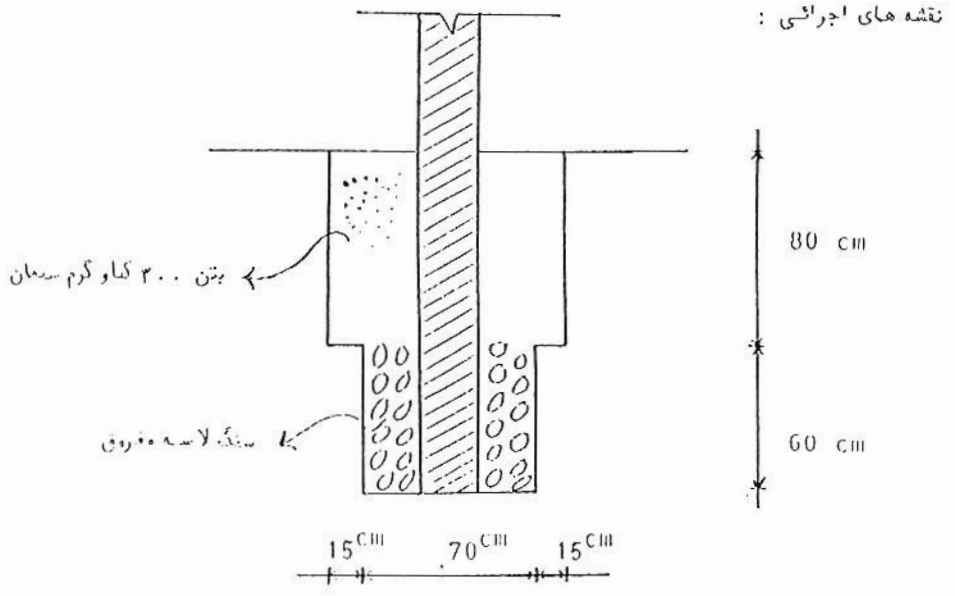
نقشه های اجرائی :



مقطع a - a

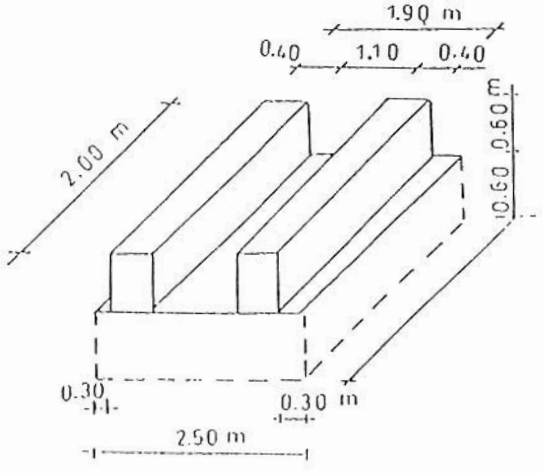
S_c 1/25

نقشه های اجرائی :



مقطع b - b

$S_{c.}$ 1/25



طراح: کارشناسان برق مترو (مهندسین مشاور)	وزارت نیرو	دفتر آزمایش تیپ
بررسی: کارشناسان برق شرکت (مهندسین مشاور)	امور برق	پروسه کابل
تهیه: امور برق (شرکت)	تاریخ تهیه: [illegible]	شماره نقشه: ۴

ضمیمه ۵