بهينه سازي آرايش شمع و دال تحت اثر توام بارگذاريهاي ثقلي و زلزله در حوض خشک ب – روش برنامه ريزي غيرخطي(NLP)

رضا طيبي، کارشناسي ارشد، دانشکده فني دانشگاه تهران – موسسه مکين – قرب نوح
حسين قرباني، دانشجوي دکتراي عمران،دانشکده فني دانشگاه تهران
خسرو برگي ، دکتراي عمران، دانشيار دانشکده فني دانشگاه تهران

***-** تلفن ۲۲۸۷۳۶۱۰،نمابر ۲۲۸۷۳۵۰۷،پست الکترونيکي abedin@nisn.ir

چکيده :

در بخش اول مقاله با استفاده از روش پارامتر مشخصه که مبتني بر مدلسازي واقعي تعداد زيادي نمونه با حجم محاسباتي زياد بود، بهينه سازي انجام گرديد.در اين مقاله با توجه به تکنيکهاي پيشرفته رياضي بهينه سازي،سعي گرديده است که بهينه سازي اقتصادي سيستم دال و شمع انجام پذيرد.در اين مسير نيازمند تعريف تمامي پارامترهاي موثر در قيمت بصورت تابعي از مجهولات مي باشيم .يکي از مهمترين پارمترهاي موثر محاسبه لنگرهاي طولي و عرضي دال و نيروي محوري شمع ها در اين سيستم مرکب (شمع و دال) مي باشد که در مقاله اخير تمامي اين لنگرها و نيروهاي محوري بصورت تابعي از مجهولات و داده هاي اوليه ارائه گرديده است.در پايان معادلات ساختاري تابع هدف مطابق ملزومات روش برنامه ريزي غيرخطي بازنويسي شده و با استفاده از اين روش پارامترهاي بهينه تعيين و با روش پارامتر مشخصه مقايسه گريده است. همچنين جهت کنترل صحت نتايج از يک مطالعه پارامتريک مبتني بر توابع ساختاري شکل يافته فوق استفاده شده است.در انتها با توجه به حساسيت زياد مدل به قيمت مصالح در ايران ، تحليل اقتصادي در اين زمينه صورت گرفته و راه حلهايي بدين منظور ارائه شده است.

کليدواژه: ***حوض خشك ،بهينه سازي،شمع،دال،برنامه ريزي غيرخطي***

۱- مقدمه :

رشد اقتصادي سريع در دنيا و نياز روزافزون در تبادل دريايي کالا توسط شناورهاي بـزرگ بـه عنوان اقتصادي ترين وسيله حمل و نقل باعث گرديده که تقاضا براي شناورهاي بزرگ افزايش يافتـه و بالطبع تاسيسات ساخت و تعميرات اين شناورها نيز توسـعه يابـد .در مـورد شـناورهاي بـزرگ (بيشـتر از ۱۰۰۰۰۰ تن) ، تنها گزينه، استفاده از حوض خشك مي باشد.

يكي از متداول ترين سيستمها براي طراحي كف اين سازه ها (بويژه حوض خشك) ، اسـتفاده از سيستم شمع ودال است . طراحي مناسب اين سيستم به گونه اي کـه بصـورت ايمـن درمقابـل بارهـاي

مختلف وارده مقاومت نمايد ، بسيار مهم و با ارزش است . با توجه به هزينه بالاي ساخت اين پروژه ها و همچنين سهم عمده اي كه سيستم كف از هزينه كل دارد . در صورت بهينه سازي هزينه ساخت در اين بخش (شمع ودال) ، به بهينه سازي هزينه كل پروژه نزديک خواهيم شد . در بخش اول اين مقاله ديديم كه براي طرح بهينه سيستم مجبور به حل سيستم سازه اي پروژه بصورت دقيق به دفعات زياد شديم كه اين امر از ديدگاه اقتصادي در مورد تمامي گزينه هاي ممكن غير اقتصادي و گاه غيرممكن مي نمايد. در اين تحقيق ، هدف بدست آوردن آرايش بهينه شمع ها و ضخامت دال در مقابل بارهاي سنگين وارده از طرف كشتي، با درنظر داشتن عوامل موثر فني و اقتصادي و با استفاده از ابزار سودمند بهينه سازي مي باشد .

۲- ساختار بهينه سازي

ساختار بهينه سازي مورد استفاده در اين تحقيق بر مبناي تدوين تابع هدف كمينه قيمت بر اساس پارامترهاي متغير و با درنظرگرفتن قيودمحدود كننده مي باشد.ميزان نيروي محوري و لنگرخمشي تابعي از سختي نسبي بين دال و شمع مي باشد. افزايش ضريب فنريت معادل شمعها(K_e)، باعث بالارفتن سختي شمع در مقايسه با دال گرديده و بالطبع از يكسو ميزان بار متمركز وارد بر شمع را افزايش داده و از سوي ديگر دهانه موثر را كاهش ميدهد ، از اين رو با توجه به تقابل سختي دال وشمع ميتواند منجر به افزايش يا كاهش لنگرهاي دال گردد (و بالعكس). يكي از مهمترين اركان فرآيند بهينه سازي NLP دستيابي به تابع پيچيده توزيع بار در سه حالت بارگسترده ، خطي ،خطي منقطع(متمركز)، در سيستم شمع ودال مي باشدكه پس از دستيابي به اين توابع مي توان،پروژه را ، در مدل بهينه سازي مناسب مورد ارزيابي قرارداد.با توجه به توابع حاصل در توزيع سختي در فرآيند برنامه ريزي غيرخطي از روش نيوتن استفاده شده است.درواقع هدف يافتن آرايش ويژه اي از سيستم شمع ودال با توجه به متغيرهاي تاثيرگذاري است كه كمينه هزينه ممكن را در طراحي موجب شوند .از اين رو تابع هدف، تابع هزينه مي باشد كه در تحقيق اخير اين تابع به شرح ذيل تعريف شده است:

$$C_{total} = C_{slab} + C_{pile} = C_c t + 7.85 \times 1.18 \times t C_s \rho_{total} + (7.85 A_s H C_{sp} + H^{1.5} D C_{d,spt}) / d^2 \qquad (۱)$$

كه در آن t ضخامت دال ، ρ_{tot} مقدار آرماتور در واحد حجم دال ، C_{sp} قيمت واحد لوله فولادي كه خود ميتواند تابع قطر شمع باشد ، $C_{d,SPT}$ قيمت واحد شمع كوبي (با توجه به SPT خاک محل)،d فاصله شمعها،H عمق (طول) شمعها ، F_{max} حداكثر نيروي محوري وارده به شمع ،Fs تنش مجاز ، A_s سطح مقطع شمع كه برابراست با $A_s = F_{max} / Fs$ ، D قطر شمع و C_c قيمت واحد تهيه ، توليد بتن و دستمزد اجراي آن كه تابعي از f_c' ميباشد. لازم به توضيح است كه با توجه به سايز بالاي آرماتورهاي مورد استفاده، ۱۰ درصد براي همپوشاني و ۶ درصد براي پرت آرماتور در مدل بهينه سازي لحاظ شد.

پارامترهاي بهينه سازي: اين پارمترها در تابع هدف عبارتند از : ضخامت دال (t) ، مقاومت فشاري بتن (f_c') ، فاصله شمع ها (d) ، قطر شمع ها (D) ، عمق شمع ها (H)

قيدها و محدوديت هاي مسأله : قيود درنظرگرفته شده در اين بخش به شرح ذيل مي باشند : الف)كنترل ضخامت دال در برابر برش پانچ وبرش يكطرفه،ب)قيد فاصله شمعها جهت اعمال اثر عملكرد گروهي شمعها بدين منظور از رابطه كانورس– لاباره استفاده شده است[۲۰].

$$h = 1 - \frac{(n_1 - 1)\ n_2 + (n_2 - 1)n_1}{9 n_1 n_2}\Theta \text{،} \qquad \Theta = tg^{-1}(D/d)\ (\text{degree}) \qquad (۲)$$

ج)قيد حداقل فاصله كه 2D در نظر گرفته شده است.د)محدوديت قطر بصورت تابع پله اي از لوله هاي موجود در بازار .ه)قيد حداقل ضخامت شمع براي جلوگيري از لهيدگي.

$$t_{min} = 0.001(2 + 10D) \qquad (۳)$$

و)قيد محدوديت عمق شمع با توجه به شرايط ژئوتكنيكي و محدوديتهاي اجرايي.ز)قيد باربري شمع كه جزءقيود بديهي است كه در مدل بصورت كنترلي عمل ميكند .ح)قيد مقاومت فشاري بتن كه در محدوده ۲۱۰ تا ۴۵۰ Kg/Cm^2 انتخاب گرديده است. ط) تناسب بين ابعاد و فاصله ها؛با توجه به نتايج بدست آمده در بخشهاي قبلي و به منظور دستيابي به محدوده هاي جواب مناسب، قيد ضريب لاغري سيستم شمع و دال به شرح ذيل تعريف ميگردد:

$$\phi = (\text{Lnk})^{0.4}\, d^2/t^4 < 10 \qquad (۴)$$

۲-۱)**اثر زلزله و تغيير مكان جانبي شمع ها :** درمورد اثر نيروي جانبي بر ظرفيت باربري شمع ،در مدل بهينه سازي به شرح ذيل اعمال گرديد: تنش ماكزيمم با استفاده از روش دايره مور در دو حالت بدون نيروي جانبي و با نيروي جانبي در اعماق مختلف محاسبه مي شود . سپس اين مقادير در ارتفاع انتگرال گيري شده و افزايش تنش حداكثر يا متناظرا كاهش باربري فشاري در اثر وجود بار جانبي برآورد مي شود . اين افزايش تنش(يا كاهش باربري مجاز) بصورت افزايش نيروي فشاري (يا كاهش باربري مجاز) درحالت زلزله اعمال مي شود . اين تابع كاهش يافته بصورت زير در حالت كلي قابل بازنويسي است:

$$P_{gE} = P_g \eta(f_h, D) \qquad (۵)$$

كه در آن P_{gE} باربري مجاز قائم شمع در حضور زلزله ، P_g باربري مجاز در شرايط عادي و η تابع كاهش باربري مجاز و f_h نيروي جانبي ناشي از زلزله مي باشد.

۳-توابع محاسبه لنگرها و نيروي محوري

همانطوريكه ذكر شده مهمترين هدف اين تحقيق اين است كه بتوان ميزان لنگرها و نيروهاي محوري شمعها را بتوان بر حسب متغيرهاي بهينه سازي تعريف نمود تا بتوان ميزان آرماتور ρ_{tot} و بار وارد بر شمع f_{max} را تحليل و تابع هدف را محاسبه نمود. در اين راستا يك مدل رايانه اي تهيه شده است. اين مدل عبارت است از یک دال بر روي تكيه گاههاي فنري كه درواقع جايگزين دال كف حوض و شمعهاي زير آن مي باشد . اين مدل با استفاده از نرم افزار SAP2000 تهيه شده است . مدل مذكور شامل یک دال به تقسيم بندي ۶ دهانه* ۶ دهانه و به ضخامتهاي ۰,۸ متر تا ۲,۵ متر مي باشدكه بر روي

تکيه گاههايي از نوع فنر با سختي ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ تن بر متر مدل شده است فاصله تکيه گاهها بين ۲ تا ۶ متر انتخاب شده است . جهت تعيين محدوده سختي ، يك شمع منفرد بصورت مجموعه اي از فنرها در ارتفاع شمع مدلسازي شده و با در نظر گرفتن شرايط مختلف از ديدگاه طول شمع ، قطر ، شرايط ژئوتکنيکي و مصالح شمع اين محدوده در نظر گرفته شده است.

۳-۱-لنگر خمشي تحت اثر بار گسترده يکنواخت :

با داده هاي گسترده جمع آوري شده از مدل دال و فنر مقادير لنگرهاي خمشي ماکزيمم نسبت به ضخامت دال ، سختي معادل شمع و فاصله شمعها برازش يافته است. در محدوده اعتبار تعريف شده براي فرمولها (قيد ضريب لاغري) ، ميزان خطاي حاصل زير ۵ درصد مي باشد.روابط در محدوده ضخامت دال وفاصله شمعها از درجه دوم و در محدوده سختي بصورت لگاريتمي است. در ذيل نتايج اين برازشها آمده است.

۳-۱-۱-لنگر خمشي مثبت تحت اثر بار گسترده واحد يکنواخت :

معادله کلي رابراي لنگرخمشي مثبت بار گسترده مي توان به شرح ذيل نوشت :

$$\begin{aligned} M_{wp}(k,t,d) &= (-0.1326d^2 + 1.0947d - 1.1399)t^2 LnK + (1.6065d^2 - 12.217d + 12.252)t^2 \\ &+ (0.2319d^2 - 3.0854d + 3.6968)tLnk + (-3.1085d^2 + 35.891d - 41.048)t + \\ &(-0.0695d^2 + 1.566d - 2.3454)Lnk + 1.093d^2 - 18.652 + 26.467 \end{aligned} \quad (۶)$$

با حل معادله فوق براي تمامي نقاطي که لنگر خمشي آنها قبلا توسط تحليل مدل بدست آمده و مقايسه نتايج بدست آمده از فرمول با تحليل انجام شده مشاهده مي شود که نتايج بدست آمده از فرمول در بيشتر موارد تطابق خيلي خوبي با نتايج حاصل از تحليل مدل دارد. با بررسي نتايج بدست آمده مشاهده مي شود که ميزان خطا بستگي به پارامترهاي t و K و d دارد . لذا به منظور مشخص نمودن اين رابطه و همچنين تعيين محدوده قابل قبول استفاده فرمول ، به شرح ذيل عمل مي کنيم :

رابطه پارامتري ذيل را براي تعيين ميزان خطا در نظر مي گيريم :

$$S = (Ln\,K)^{\alpha} d^{\beta} t^{\gamma} \quad (۷)$$

سپس ابتدا از طرفين لگاريتم گرفته و آنگاه به شرح ذيل مقادير α,β,γ را تعيين مي کنيم :

$$\begin{aligned} &Ln(S) = \alpha Ln(Ln\,K) + \beta Ln(d) + \gamma Ln(t) \\ &R^2 = (\alpha Ln(Ln\,K) + \beta Ln(d) + \gamma Ln(t) - Ln\,(S))^2 \\ &\partial R^2/\partial a = 0 \rightarrow 2\alpha Ln^2(Ln K) + 2\beta Ln(Ln(k))Ln(d) + 2\gamma Ln(Ln(k))Ln(t) - 2Ln(Ln(k)).Ln(s) = 0 \\ &\partial R^2/\partial b = 0 \rightarrow 2\beta Ln^2\,(d) + 2\alpha Ln(Ln(k))Ln(d) + 2\gamma Ln(d)Ln(t) - 2Ln(d).Ln(s) = 0 \\ &\partial R^2/\partial c = 0 \rightarrow 2\gamma Ln^2\,(t) + 2\alpha Ln(Ln(k))Ln(t) + 2\beta Ln(d)Ln(t) - 2Ln(t).Ln(s) = 0 \end{aligned} \quad (۸)$$

سه معادله آخري را براي مجموع تمامي مقادير(i) در داده هاي جمع آوري شده، به شکل زير و بصورت سه معادله و سه مجهول حل کرده و درنهايت مقادير α,β,γرا بدست مي آوريم :

$$\Sigma\partial R^2/\partial c = 0 \quad , \ \Sigma\partial R^2/\partial b = 0 \quad , \ \Sigma\partial R^2/\partial a = 0 \ \rightarrow \alpha = -0.39, \beta = -2.33, \gamma = 4$$

$$\rightarrow S = (\mathrm{Ln(K)})^{-0.39} d^{-2.23} t^{4} \quad (۹)$$

حال به منظور راحتي كار و داشتن معيار ساده تر ضريب لاغري دال f را بصورت ذيل تعريف مي كنيم

$$f = (\mathrm{Ln(K)})^{0.40} d^{2} / t^{4} \quad (۱۰)$$

مقادير برازش يافته به ازاي ضريب لاغري دال كوچكتر از ۱۰ جواب قابل قبولي دارند .

۳-۱-۲-لنگر خمشي منفي تحت اثر بار گسترده واحد يكنواخت :

$$M_{wn}(K,t,d) = (-0.821\mathrm{d} + 0.2496)\mathrm{tLn(k)} + (0.9777\mathrm{d} - 2.9829)\mathrm{t} + (0.0631\mathrm{d} - 0.1861)\mathrm{Ln(k)} - 0.7539\mathrm{d} + 2.2249 \quad (۱۱)$$

۳-۲-لنگر خمشي تحت اثر بار خطي واحد :

۳-۲-۱- لنگر خمشي مثبت تحت اثر بار خطي واحد در جهت x :

$$M_{lpx}(K,t,d) = (0.0038\mathrm{d} + 0.1771)\mathrm{t}^2\mathrm{Ln(k)} + (0.0155\mathrm{d} - 2.1427)\mathrm{t}^2 + (-0.1547d - 0.2115)tLn(K)) + (1.6885 + 3.1513)\mathrm{t} + (0.0886\mathrm{d} - 0.1013)\mathrm{Ln(K)} - 0.9313\mathrm{d} + 0.8284 \quad (۱۲)$$

۳-۲-۲- لنگر خمشي مثبت تحت اثر بار خطي واحد در جهت y:

$$M_{lpy}(K,t,d) = (0.0312\mathrm{d} - 0.008)\mathrm{t}^2\mathrm{Ln(k)} + (-0.2981 - 0.0632)\mathrm{t}^2 + (-0.1358d0.1309)tLn(K)) + (1.4298 - 0.9715)\mathrm{t} + (0.131\mathrm{d} - 0.2987)\mathrm{Ln(K)} - 1.4121\mathrm{d} + 3.0833 \quad (۱۳)$$

۳-۲-۳- لنگر خمشي منفي تحت اثر بار خطي واحد در جهت x :

$$M_{\ln x}(K,t,d) = (0.0965\mathrm{d}^2 + 0.4168\mathrm{d} - 0.3048)\mathrm{t}^2\mathrm{Ln(k)} + (0.9934\mathrm{d}^2 - 4.14\mathrm{d} + 2.6914)\mathrm{t}^2 + (0.5093d^{2} - 2.7121d + 2.9522)tLn(K)) + (-5.799\mathrm{d}^2 + 30.939\mathrm{d} - 33.351)\mathrm{t} + (-0.261\mathrm{d}^2 + 1.4041\mathrm{d} - 1.6665)\mathrm{Ln(K)} + 2.9894\mathrm{d}^2 - 16.059\mathrm{d} + 18.855 \quad (۱۴)$$

۳-۲-۴- لنگر خمشي منفي تحت اثر بار خطي واحد در جهت y :

$$M_{\ln y}(K,t,d) = (-0.0005\mathrm{d} + 0.03)\mathrm{t}^2\mathrm{Ln(k)} + (-0.0206\mathrm{d} - 0.2404)\mathrm{t}^2 + (-0.0075d - 0.0406)tLn(K) + (0.1595\mathrm{d} + 0.2581)\mathrm{t} + (0.0019\mathrm{d} + 0.0122)\mathrm{Ln(K)} - 0.0734\mathrm{d} + 0.057 \quad (۱۵)$$

۳-۲-۵-نيروي محوري شمع تحت اثر بار واحد گسترده يكنواخت :

$$P_w(K,t,d) = (0.7785\mathrm{d} - 1.5184)\mathrm{tLn(k)} + (-8.3934 + 15.606)\mathrm{t} + (0.0721\mathrm{d} - 0.0562)\mathrm{Ln(K)} - 0.0006\mathrm{d} + 0.14 \quad (۱۶)$$

۳-۲-۶-نيروي محوري شمع تحت اثر بار واحد خطي :

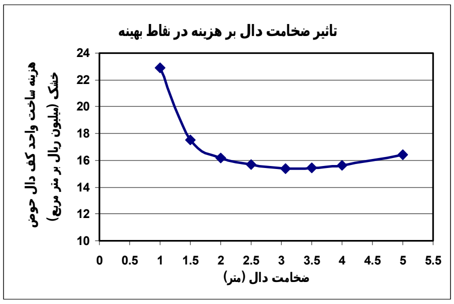
$$P_l(K,t,d) = (-0.01305\mathrm{d} - 0.0101)\mathrm{tLn(k)} + (0.0031 - 0.0078)\mathrm{t} + (0.0721\mathrm{d} - 0.0562)\mathrm{Ln(K)} - 0.0006\mathrm{d} + 0.14 \quad (۱۷)$$

بديهي است كه روابط فوق مبتني بر ساده سازيهاي بوده است و تلاش شده است تا حد ممكن بدين طريق بتوان مسئله را جامعيت بخشيد.با توجه به هدف طرح كه پيدا كردن محدوده جواب ميباشد روش مورد استفاده منطقي مي باشد.از ساده سازيهاي انجام شده مي توان به معلوم فرض شدن تابع باربري و تابع فنريت شمعها ، مدلسازي بار منقطع با بار متمركز، اعمال نيروي زلزله بصورت كاهش باربري مجاز قائم و فرض خطي بودن فنرهاي معادل شمعها در محدوده بارهاي طراحي اشاره نمود.

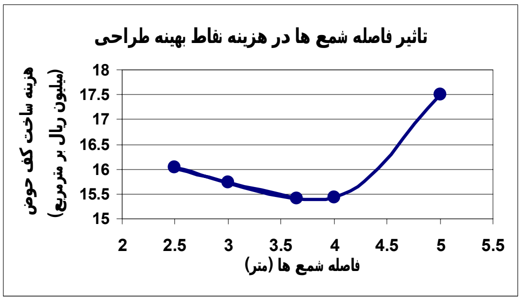
۴- تهيه برنامه بهينه سازي :

در جهت بهينه سازي سيستم دال-شمع متكي بر داده هاي فوق نرم افزاري تهيه گرديد كه حل معادلات رفتاري و قيود ذكر شده را به روش برنامه ريزي غيرخطي(NLP)با استفاده از روش نيوتن انجام داده و تركيب بهينه و نزديكترين تركيبات را به تركيب بهينه در محدوده ۵ درصدي جواب اعلام مي نمايد.در روش مورد استفاده پس از اخذ اطلاعات ورودي ،حالات بارگذاري و تركيبات محاسبه گرديده و با استفاده از خواص مصالح و هندسه حوض ، معادلات رفتاري ،مشتقات اول و دوم آن ، قيود محدود كننده و قيود كنترلي بصورت جداگانه اعمال ميگردد.توابع سختي و باربري شمع كه داده هاي ژئوتكنيكي مسئله مي باشند ، جزء وروديهاي مدل مي باشد .درصد آرماتور كلي دال با استفاده از آيين نامه ACI محاسبه ميگردد.در ادامه تاثيرات پارامترهاي تعديل پذير در طراحي بهينه آرايش شمع ودال حوض خشك مورد بررسي قرارگرفته است.

۴-۱- تاثير تغيير ضخامت دال و تغيير فاصله شمع ها بر مقدار هزينه : نمودارهاي۱ و ۲ اين تاثيرات را نشان مي دهد . نمودارهاي ۱ و ۲ محدوده بهينه ضخامت دال و فاصله شمع ها را نشان ميدهنـــد .همچنين با



نمودار۱- *اثر ضخامت دال بر هزينه ساخت سيستم شمع ودال حوض خشك* .(به ازاي هر ضخامت ، مقدار بهينه ساير متغيرها تعيين و قيمت محاسبه شده است .)



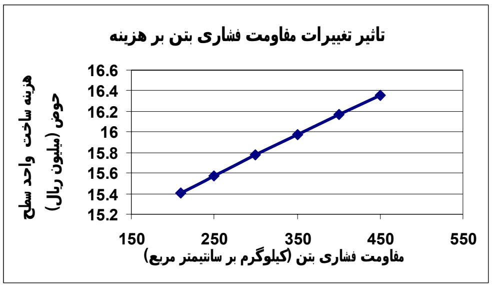
نمودار۲- *اثر فاصله شمع ها بر هزينه ساخت سيستم شمع ودال حوض خشك* .(به ازاي هر ضخامت ، مقدار بهينه ساير متغيرها تعيين و قيمت محاسبه شده است .)

نگاهي دقيق به نمودارهاي يك و دو در مي يابيم كه درصورت لزوم (بنا به مسائل اجرايي يا اقتصادي) مي توان با قبول مقداري اضافه هزينه (حدود سه تا پنج درصد از هزينه كل) ضخامت دال را بين فاصله ۲ تا ۳,۵ متر و فاصله شمع ها را بين فاصله ۳ تا ۴ متر تغيير داده و از نقاط شبه بهينه (نقاط نزديک به نقطه بهينه) استفاده نموده و شرايط اجرايي را تسهيل نمود، كه اين امر يكي باارزشترين كاربردهاي مدل ابداع شده است كه امكان برقراري ارتباط مناسب بين اجزاء تابع هدف را ميسر ميسازد.

۴-۲-تاثير مقاومت فشاري بتن (f'_c) و مقاومت جاري شدن فولاد (f_y) بر مقـدار هزينـه : اثـر تغيير مقاومت فشاري بتن(f'_c) روي مقدار هزينه روي نمودار ۳ نمايش داده شده است . همانطور كه مشاهده مي شود ، مقدار هزينه ساخت بصورت تقريبا خطي با كاهش مقاومت فشاري بتن كـه در واقـع كـاهش مصرف سيمان و افزودني ها و درنتيجه كاهش هزينه اجراي دال را بـه همـراه دارد ، كـاهش مـي يابـد . همچنين نمودار ۴ نيز مطلب ذكر شده در مورد تاثير مقاومـت فشـاري بـتن در كـاهش ضـخامت دال در نقاط بهينه و همچنين ميزان اين تاثير را به وضوح نشان مي دهد . ولي عليرغم كاهش هزينـــه در اثر

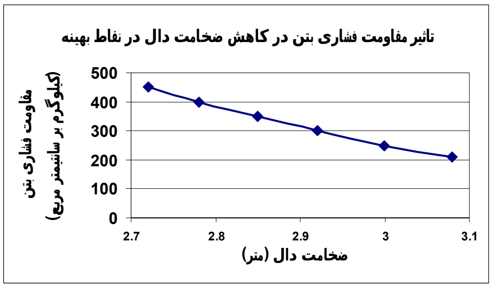
كاهش مقاومت بتن ، استفاده از بتن با مقاومت پايين به علت مسائل خاص بتن در نواحي ساحلي توصيه نميگردد و بهتر است f_c' از پارامترهاي بهينه سازي حذف گرديده و بتن مطلوب انتخاب شود.

همانطوركه در نمودار ۵ مشاهده مي شـود بـا افزايش مقاومت جاري شدن ميلگردها در محـــدوده آرماتورهاي ايراني ، هزينـــه ها كاهش مي يابد ،

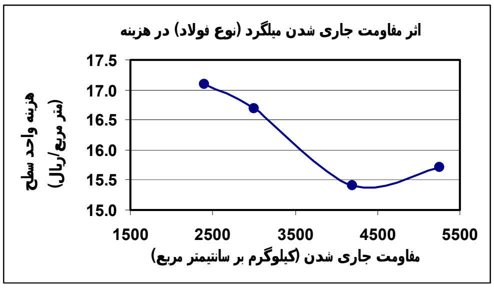


نمودار۳- *اثر مقاومت فشاري بتن بر هزينه ساخت سيستم شمع ودال حوض خشك .*

آرماتورهاي ايراني ، هزينه ها كاهش مي يابد ، ولي با استفاده از آرماتورهاي پرمقاومت خارجي عليرغم كاهش مصرف آرماتور ، به دليل قيمت بالاي اين آرماتورها (حدود ۲۵% گرانتر از آرماتورهاي داخلي) ، هزينه كل پروژه نه تنها كاهش نمي يابد ، بلكه افزايش نيزخواهد داشت. لذا بعنوان گزينه مناسب، استفاده از آرماتورهاي مقاومت بالاي توليدكارخانه هاي داخلي توصيه ميگردد .



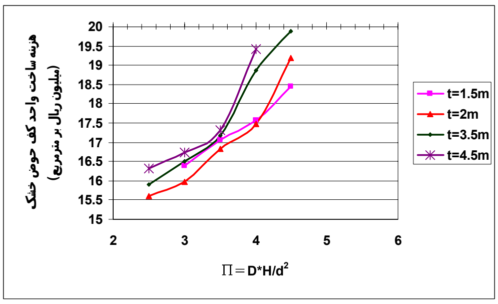
نمودار ۴- *اثر مقاومت فشاري بتن در كاهش ضخامت دال در نقاط بهينه*



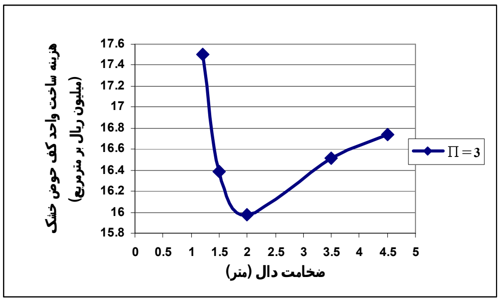
نمودار ۵- *اثر مقاومت جاري شدن ميلگردها بر هزينه ساخت سيستم شمع ودال حوض خشك .*

۴-۳- تاثير مقدار (نسبت) شمع در هزينه سيستم شمع و دال حوض خشك :با توجه به تاثير بسيار زياد ميزان و نحوه استفاده از شمع در هزينـه تمـام شـده سـاخت سيسـتم شـمع و دال كـف حـوض خشـك ضريبي به شكل زير كه به نوعي نشان دهنده ميزان و يا نسبت شمع استفاده شده در طرح هـاي مختلـف مي باشد ، تعريف شده و تاثير آن بر هزينه ساخت ، در ضخامت هاي مختلف بررسي شـده اسـت.ايـن ضريب به شكل زير تعريف مي شود كه در حقيقت طول شمع بكار رفته در متر مربع مي باشد.

$$\Pi = DH / d^2 \qquad (۱۸)$$



نمودار۶- *رابطه ضريب Π با هزينه در ضخامت هاي مختلف دال*



نمودار۷ - *ضخامت بهينه دال درΠ=۳*

كه در آن D قطر شمع و H عمق شمع و d فاصله شمع ها ، نمودار ۶ نشان دهنده رابطـه ايـن ضـريب بـا هزينه در ضخامت هاي مختلف دال مي باشد همانطور كـه در نمـودار ۶ مشـخص اسـت ، هرچـه ميـزان ضريب Π بيشتر مي گردد ، به دليل افزايش ميـزان اسـتفاده از شـمع در طـرح ، مقـدار هزينـه لازم بـراي ساخت كف متكي بر شمع در حوض خشک افزايش مي يابد . همچنين مشاهده مي شود (نمودار ۷)كـه خط متناظر با ضخامت دو متر درواقع ضخا مت بهينـه مـي باشـد . بـه عبـارت ديگـر بـا درنظرگـرفتن Π ثابت، حداقل هزينه با ضخامت دال دو متري حادث ميشود.لازم به توضيح است كه در حداقل Π تابعي از ميزان بارUplift و شرايط ژئوتكنيكي است.

۵- نتيجه گيري و كاربرد

اين تحقيق به بهينه سازي آرايش شمع ودال تحت اثر بارهاي سنگين در حوضچه هاي خشک دريايي پرداخته است .در روش برخورد با مساله پيچيده توزيع سختي ها و نيروها ،با روشي ابتكاري روابطي براي تخمين ميزان اين لنگر و نيروها بدست آمده كه قابل استفاده براي بسياري از مسائل مشابه مي باشد . در جهت بهينه سازي برنامه اي به اين منظور نوشته شد كه نقاط مختلف بهينه را در محدوده ۵ درصد نقطه بهينه مطلق ارائه ميدهد كه ابزار مناسبي براي طراح ايجاد مي نمايد.

متغير بدون بعدي با عنوان Π تعريف شده كه رابطه مستقيمي با مقدار شمع استفاده شده دارد . همچنين با توجه به وضعيت كنوني بازار فولاد و به ويژه تامين لوله شمع و شمع كوبي ، بهتر است حتي الامكان به طرف طرح هايي كه مقدار شمع و شمعكوبي كمتري دارند ، متمايل بود . نتيجه حاصله از مطالعه پارامتريک نشان مي دهد كه مي توان درصورت نياز و برحسب ضرورت هاي اجرايي يا اقتصادي با تقبل هزينه اي معقول ، طرح را با شرايط به وجود آمده منطبق ساخته و دربرابر تكانه هاي اقتصادي و تغييرات (افزايش) بي قاعده قيمتها و هزينه ها ، راهكارهاي مناسب براي جلوگيري از افزايش بي رويه هزينه احداث طرح يافت .درمورد مقاومت جاري شدن ميلگرد نيز ،با شرايط فعلي استفاده از آرماتورهاي پرمقاومت داخلي توصيه مي گردد ،و در مورد بتن مي توان گفت عليرغم كاهش هزينه پروژه در صورت استفاده از بتن كم مقاومت ، بدليل مسائل ناشي از خوردگي، اين كاهش هزينه توصيه نميگردد.

۶- منابع و مراجع :

1- Tsinker, Gregory P. (1995), "Marine Structures Engineering: Specialized Applications “, Chapman & Hall, 548 p.
2- Tsinker, Gregory P. (1997), “Hand Book of Port and Harbor Engineering, Geotechnical and Structural Aspects”, Chapman & Hall,
3- Bowles, J .E. (1982), “Foundation Design and Analysis “McGraw Hill, New York
4- Vesic , A.S. (1977) , "Design of Pile Foundations " , National Cooperative Highway Research Program Synthetic of Practice NO.42 , Transportation Research Board , Washington , D . C.
5 – Nash, Stephen, Ariela Sofer, G., (1996), “Linear and Non-linear Programming”, Mc Graw Hill,
6- Moris, A. J., (1982), “Foundation of Structural Optimization ", John Wiely & Sons
7 – Rozvany, G. N. (1989), “Structural Design via Optimality Criteria”, Kluwer
8- Belegund , V. and Rajan , S. D. , (1988) , " A Shape Optimization Approach Based on Natural Design Variables and Shape Functions " , Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering .

9- Simmons, D. M., (1983)," Nonlinear-Programming for Operation Research", John Wiely & Sons
10 – Karihaldo , B. L. , and , Kanagas ,U. S. , (1988) , " Optimum Structures Under Strength and Stiffness Constructions " , In Computers and Structures , Vol.28 , N0.5 ,pp . 641 -661
11 – Neittanmaki, P., and, Salmenjoki, K., (1989), "Sensitivity Analysis for Optimal Shape Design Problems." , In Structural Optimization, 1, pp .241-251,
12 – Russell, D. L., (1970), "Optimization – Theory", W .A. Benjamin, New York
13 – EAU, (1996), "Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbors and Water Waves ",
14 – B.S. 6349, (1984-1991), "Code of Practice for Maritime Structures", BSI (British Standard Institution),
15 – The Over Seas Coastal Area Development Institute of Japan, (2002)," Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan", Daikousha Printing Co .LTD, 664 p.
16 – Rao , S. S. , (1992) , " Optimization , Theory and Applications " , Wiley Eastern Limited
۱۷- اصغرپور ، محمد جواد ،(۱۳۷۳) ، " برنامه ريزي خطي " ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۳۱۱ صفحه
۱۸ - اصغرپور ، محمد جواد ،(۱۳۸۰) ، " برنامه ريزي غيرخطي و تحقيق در عمليات " ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۴۴۳ص
۱۹ – داس ، ب ، م ، (۱۳۷۲) ،" اصول مهندسي ژئوتكنيک – مهندسي پي" ، طاحوني (مترجم) ، انتشار مترجم ، ۹۹۲ صفحه