Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

اطمینان پذیری نتایج آزمون دینامیکی شمع با استفاده از PDA

محمد مهدی خوشبخت مروی[1]، علی فاخر[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

[2] دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

چکیده

آزمون دینامیکی شمع با استفاده از Pile Driving Analyzer، امروزه به عنوان روشی جدید در تخمین ظرفیت باربری شمع مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، تطابق اطلاعات نمودار نیرو- زمان محاسبه شده با اطلاعات ثبت‌شده و انتخاب متغیرهای مقاومتی خاک، با استفاده از نرم‌افزار مکمل آن، CAPWAP، جهت بدست آوردن ظرفیت باربری شمع، یک روند تجربی است. لذا با در نظر گرفتن طبیعت آزمون و خطای موجود در الگوریتم برنامه و تنوع در تعداد متغیرهای موثر خاک که CAPWAP در طی فرآیند بدست‌آوردن بهترین تطابق از آن استفاده می‌کند، این امکان وجود دارد که با انتخاب متغیرهای مختلف به شاخص تطابق (Match quality) یکسان با نتایج ظرفیت باربری متفاوت دست یافت. در این مقاله سعی شده است میزان تغییر در پارامترهای مختلف خاک و اثر آن روی توزیع ظرفیت باربری بین جدار و نوک شمع و ظرفیت باربری کلی، با هدف رسیدن به شاخص تطابق مشابه برای یک رکورد مشخص، مورد بررسی قرار گیرد.

1- مقدمه

اساس کار آزمون دینامیکی شمع با استفاده از PDA در تخمین اولیه ظرفیت باربری با استفاده از تحلیل معادلات دینامیکی انتشار موج یک‌جهته در طول یک میله می‌باشد. به عنوان مکمل این دستگاه، برنامه‌ای مبتنی بر روش اجزاء محدود با عنوانCAPWAP وجود دارد، که این نرم‌افزار با درنظرگرفتن معادلات تحلیل موج، شمع را به یکسری المان‌های جرم متمرکز تقسیم می‌کند. سپس، بایستی متغیرهای خاک برای هریک از المانهای اطراف شمع و برای المان زیر نوک به عنوان داده‌های ورودی تعیین گردند. در ادامه، نرم‌افزار نمودار نیرو- زمان ناشی از موج مورد نظر را محاسبه کرده و آنرا با نمودار نیرو- زمان ناشی از اطلاعات ثبت شده مقایسه می‌کند. در این مرحله آنقدر متغیرهای مقاومتی خاک تغییر می‌یابد تا بهترین همپوشانی بین نمودار محاسبه شده و نمودار ثبت‌شده بدست آید.

علی‌رغم جدیدبودن نسبی آزمایش دینامیکی شمع، تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. البته اکثر این تحقیقات در زمینه مبانی و معادلات تئوری موضوع و ارزیابی صحت نتایج حاصل از استفاده آنها در برنامه، مفاهیم فیزیکی پارامترها، منابع خطا در هنگام انجام آزمایش و بررسی محدوده تغییرات پارامترهای موثر، برای خاک‌های مختلف بوده‌است. برای مثال، گارلند (Garland) روابط همبستگی مورد استفاده در CAPWAP و نتایج حاصل از آن را مطالعه و ارزیابی کرده است. [1]. راشه (Rausche) در مقاله خود به ارزیابی تطابق (Signal Matching) با استفاده از روش اتوماتیک برنامه CAPWAP پرداخته است. [2]. ژانگ (Zhang) سعی در بیان یک مفهوم فیزیکی از میرایی روش کیس (Case damping) در دینامیک شمع داشته‌است. [3].

2- شرح تحقیق انجام شده

روش این تحقیق مشابه کار انجام‌شده توسط رجحانی و فاخر، [4]، در خصوص اثر متغیرهای مختلف در فرمول هیلی با اندازه‌گیری برجهندگی است. لیکن به دلیل پیچیدگی و تداخل در آزمایش دینامیکی، بررسی اثر متغیرهای گوناگون در این تحقیق، با روش دیگری انجام می‌شود. در این تحقیق، ابتدا تعداد زیادی رکورد از آزمایش‌های PDA انجام شده برروی شمع‌های بتنی و فلزی کوبیده‌شده در خاک‌های مختلف، در نرم‌افزار PDA-W مورد بررسی قرار گرفت. سپس، پس از حصول اطمینان از اینکه رکوردهای مورد نظر چه از لحاظ نصب و کالیبره بودن سنسورها و چه از لحاظ وجود خرابی و یا عدم یکنواختی

www.SID.ir

Archive of SID

بدنه شمع فاقد خطا در هنگام ثبت سیگنال سرعت و شتاب می‌باشند و همچنین پس از کنترل مجازبودن تنش‌های ماکزیمم فشاری و کششی ایجاد شده در شمع، تعداد دوازده رکورد برای تحلیل دقیق‌تر با استفاده از برنامه CAPWAP انتخاب شد. اما با توجه به حجم زیاد نمودارها، تنها نتایج شش مورد از آنها در این مقاله ارائه می‌گردد. مشخصات شمع‌های مذکور در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1. مشخصات شمع‌های بررسی شده

نمونه	شمع	عمق نفوذ (متر)	مشخصات خاک
1	بتنی – مربع با بعد 16 اینچ	21	لای
2	فولادی – لوله‌ای به قطر 14 اینچ	22/5	لای با تراکم متوسط روی لایه متراکم آبرفتی
3	بتنی – هشت ضلعی (اکتاگنال) به قطر 24 اینچ	21/3	لای و رس
4	فولادی – لوله‌ای به قطر 56 اینچ	21/2	ماسه – گراول
5	فولادی – H، 74*12 اینچ	8/2	لای رس دار روی شیل هوازده
6	فولادی – لوله‌ای به قطر 28 اینچ	33/5	رس

در مرحله بعد، هرکدام از رکوردها در نرم‌افزار CAPWAP تحلیل گردید تا شاخص تطابق (Match quality) مناسب، جهت تخمین ظرفیت باربری شمع بدست آید. تحلیل مورد نظر 3 بار برای هر رکورد و با هدف رسیدن به شاخص تطابق یکسان تکرار گردید. شایان ذکر است که در تحلیل هر رکورد، بیش از 12 متغیر اصلی و موثر وجود دارد که تغییر صرفا یک یا چند متغیر برای رسیدن به شاخص تطابق موردنظر، می‌تواند منجر به ایجاد خطای فاحش در سایر متغیرها گردد. لذا تغییر پارامترهای خاک مانند میرایی (Damping)، حداکثر تغییرمکان المان خاک (Quake)، میرایی شمع و پارامترهای مربوط به باربرداری شمع (Unloading Behaviour)، و همچنین توزیع مقاومت بین المان‌های مختلف برای یافتن بهترین تطابق بین نمودارهای Wave-up ثبت‌شده و محاسباتی، بایستی با در نظر گرفتن کلیه متغیرهای موثر، مشخصات ژئوتکنیک خاک در محل انجام آزمایش و همچنین تنش‌های قابل تحمل توسط جدار و نوک شمع صورت گیرد. چون در بعضی موارد می‌توان با توزیع نامناسب مقاومت بین المانهای خاک، و یا با تخصیص مقادیر غیر واقعی میرایی، حداکثر تغییرمکان و متغیرهای باربرداری به شاخص تطابق نسبتا قابل قبولی دست یافت، بنحوی‌که نتایج حاصل شده (خصوصا نتایج مربوط به تنش نهایی در جدار و نوک شمع) هیچ سنخیتی با خاک محل موردنظر نداشته و فاقد اعتبار باشند.

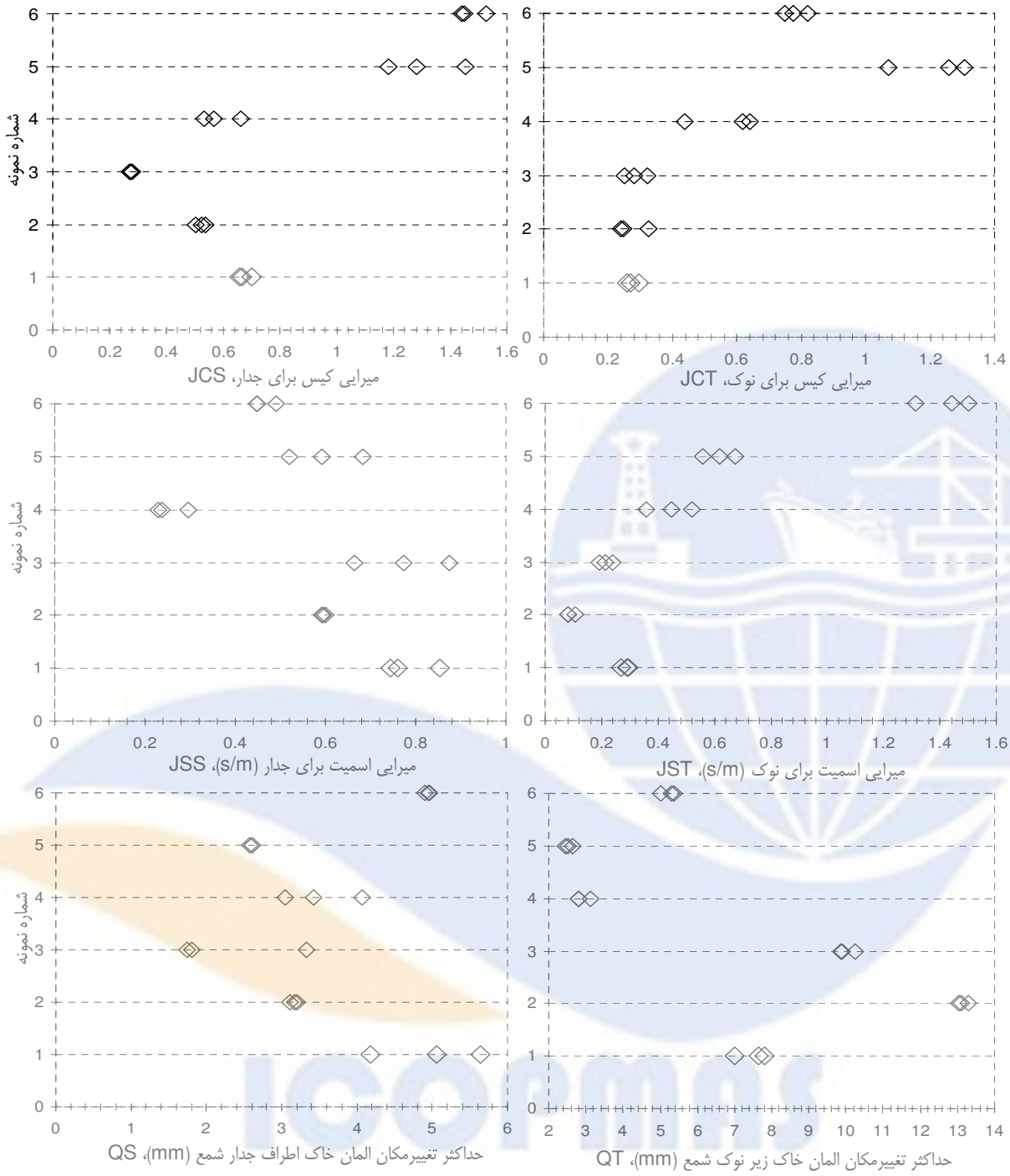
3- بررسی نتایج

3-1- تغییرات متغیرهای اصلی خاک با شاخص تطابق یکسان

در شکل (1) تغییرات متغیرهای اصلی خاک (میرایی و حداکثر تغییر مکان المان خاک اطراف شمع) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، این نتایج نشان می‌دهد که مقادیر متغیرهای میرایی و حداکثر تغییر مکان خاک، در بعضی موارد می‌تواند تغییر قابل‌توجهی در تحلیل‌های مختلف و با شاخص تطابق مشابه، نسبت بهم داشته باشند. لذا شناخت مشخصات مکانیکی خاک و قضاوت در مورد نوع خاک با داشتن این مقادیر، از دقت کافی برخوردار نخواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID



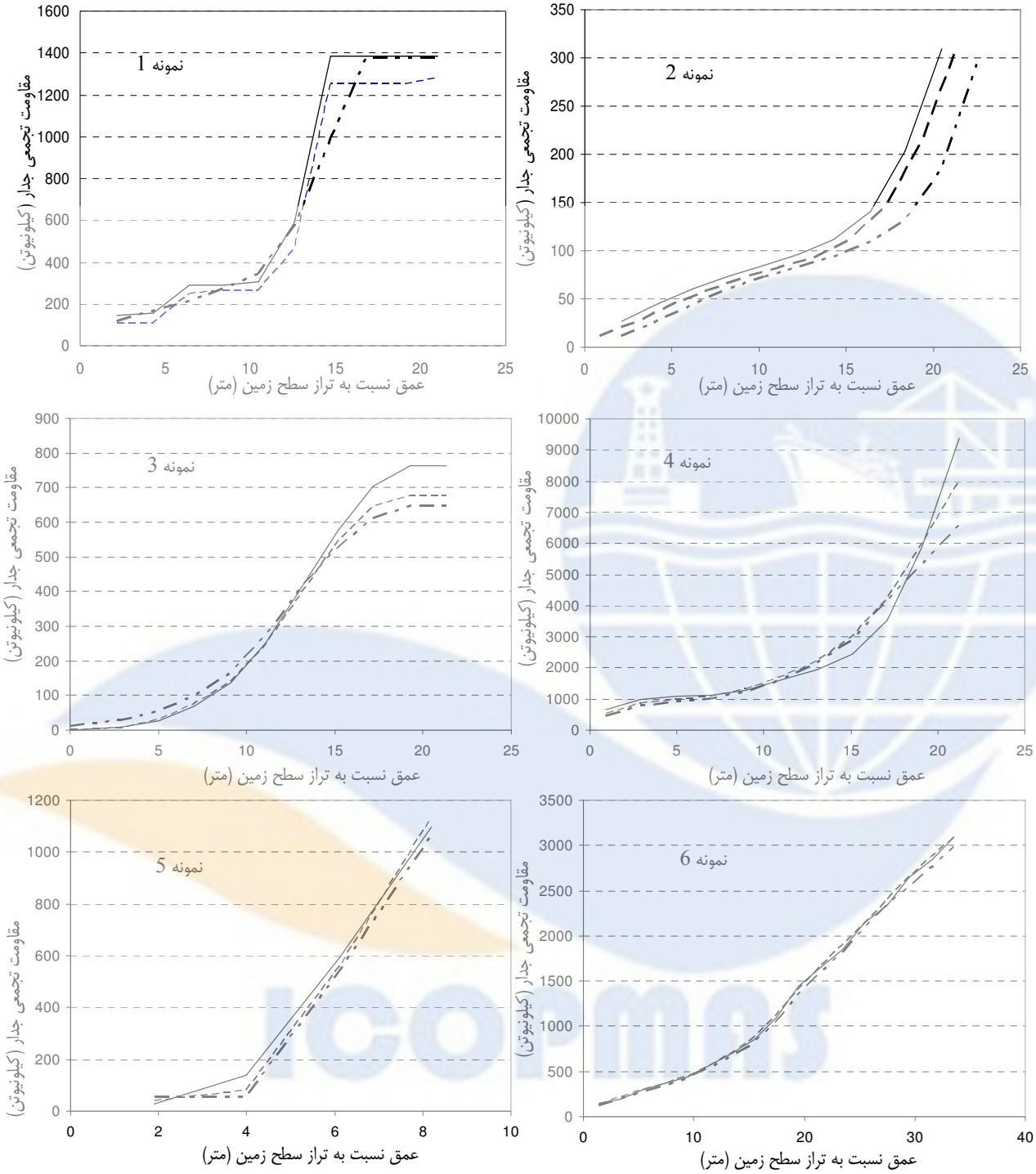
شکل 1. نمودار تغییرات پارامترهای میرایی و حداکثر تغییر مکان المان خاک مربوط به جدار و نوک شمع

3-2- تغییرات توزیع مقاومت جدار شمع با شاخص تطابق یکسان

همانطور که در شکل (2) ملاحظه می‌گردد، توزیع مقاومت در المان‌های جدار نیز می‌تواند متناسب با تغییر متغیرهای اصلی خاک، در یک محدوده کم (نمونه‌های 5 و6)، متوسط (نمونه‌های 2، 1 و3) و یا نسبتا زیاد (نمونه 4) تغییر کند. البته در نمونه 4 به دلیل اینکه حداکثر تغییرمکان المان نوک (QT) و المان جدار (QS) مقادیر نزدیک بهم دارند، آخرین المان جدار و المان سرشمع همزمان فعال می‌شوند، لذا دقیقا نمی‌توان مشخص نمود که توزیع مقاومت بین این دو المان چگونه صورت می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2. تغییرات نمودار توزیع مقاومت جدار در عمق خاک برای حالتهایی با شاخص تطابق یکسان

در این مورد نیز تفاوت قابل توجهی که بین مقاوت جدار و نوک شمع دیده می‌شود، در حقیقت تفاوت در توزیع مقاومت میان المان آخر جدار و نوک شمع بوده و بقیه المانهای جدار در یک محدوده مشخص تغییرکرده‌اند. اما در نهایت برای کلیه نمونه‌ها این نتیجه را می‌توان گرفت که مقدار ظرفیت باربری نهایی (مجموع ظرفیت باربری جدار و نوک شمع) که اصلی‌ترین خروجی

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون PDA است به ازای تحلیل‌های مختلف با در نظرگرفتن شاخص تطابق یکسان، تغییر چندانی نداشته و در یک محدوده کوچک ثابت می‌ماند. مقایسه مقادیر نهایی در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2. مقایسه مقادیر نهایی تحلیل CAPWAP

نمونه	شاخص تطابق	تحلیل اول			تحلیل دوم			تحلیل سوم		
		مقاومت جدار (kN)	مقاومت نوک (kN)	مقاومت نهایی (kN)	مقاومت جدار (kN)	مقاومت نوک (kN)	مقاومت نهایی (kN)	مقاومت جدار (kN)	مقاومت نوک (kN)	مقاومت نهایی (kN)
1	2.17	1278	1592	**2871**	1380	1435	**2815**	1386	1512	**2898**
2	2.87	310	1047	**1357**	293	1051	**1343**	310	1041	**1351**
3	2.19	677	2451	**3128**	763	2411	**3174**	648	2507	**3155**
4	1.64	6579	6106	**12684**	8012	4746	**12758**	9367	3407	**12774**
5	1.22	1096	1239	**2335**	1133	1199	**2332**	1065	1271	**2336**
6	2.90	2983	599	**3582**	3094	480	**3574**	3089	515	**3604**

4- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به شرح ذیل ارائه می‌گردد.

الف) از میان 12 متغیر ورودی مهم که معمولا برای رسیدن به شاخص تطابق مناسب درنظر گرفته می‌شوند، 6 متغیر میرایی کیس (Case damping) برای نوک و جدار شمع، میرایی اسمیت (Smith damping) برای نوک و جدار شمع و حداکثر تغییرمکان المان خاک (Qauke) برای نوک و جدار شمع از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

ب) با درنظر گرفتن شاخص تطابق یکسان، می‌توان مقادیر متفاوتی برای میرایی کیس یا اسمیت بدست آورد.

ج) حداکثر تغییرمکان المان‌های خاکی مجاور جدار شمع (QS) و المان‌های خاکی زیر نوک شمع (QT) در حالت کلی متفاوت است. حتی با مقادیر ثابت شاخص تطابق نیز، می‌توان مقادیر متفاوتی برای هرکدام بدست آورد.

د) با ثابت بودن شاخص تطابق، تغییرات توزیع مقاومت در المان جدار نزدیک به نوک و المان نوک شمع در شرایطی که حداکثر تغییرمکان المان خاکی زیر نوک شمع (QT) و المان خاکی جدار (QS) نزدیک به‌هم باشند، زیاد است.

ه) نسبت مقاومت نوک و جدار حتی به ازای شاخص تطابق یکسان نیز می‌تواند متفاوت باشد.

و) مقدار ظرفیت باربری نهایی (مجموع باربری جدار و نوک شمع) به ازای تحلیل‌های مختلف و با در نظر گرفتن شاخص تطابق یکسان، تغییر چندانی نداشته و در یک محدوده کوچک ثابت می‌ماند.

به عنوان نتیجه‌گیری عمومی ذکر می‌گردد که نتایج آزمون دینامیکی شمع با استفاده از PDA فقط برای تعیین ظرفیت باربری شمع اطمینان‌بخش است. لیکن نمی‌توان با استفاده از آن به تعیین متغیرهای بحث شده در این مقاله پرداخت.

5- مراجع

1. Likins, G. E., Rausche, F., Thendean, G. and Svinkin, M., "*CAPWAP Correlation Studies*", 1996. STRESSWAVE '96 Conference: Orlando, FL; pp.447-464.
2. Rausche, F., Robinson, B. and Liang, L., "*Automatic Signal Matching with CAPWAP*", 2000. Sixth International Conference on the Application of Stress-wave Theory to Piles: São Paulo, Brazil; pp.53-58.
3. L. Zhang, M.C. McVay and Charls W.W. Ng, "*A Possible physical Meaning of Case Damping in Pile Dynamics*", 2001, Canadian. Geotech. J. /Rev. 38(1): 83-94.
4. رجحانی، مهدی و فاخر، علی، "ارزیابی فرمول هیلی برای تعیین باربری درجای شمع"، دومین کنگره مهندسی عمران، اردیبهشت 1384، صفحه 17، کد مقاله 678 در CD مجموعه مقالات.

www.SID.ir

Archive of SID

Reliability of Results of Pile Dynamic Test using PDA

Abstract

Dynamic testing of pile using Pile Driving Analyzer has become modern solution to estimate pile bearing capacity. At the present time, to calculate such a capacity, the match of time-energy figure data that has been derived from recorded information and the selection of oil resistance variables using complementary software, CAPWAP, are matters of experiment. Therefore, considering the test and error in the algorithm and the existence of great variety of variables that affect soil which is used by CAPWAP in its process to achieve the best match, it is possible to achieve a match quality that corresponds to the results already achieved about pile bearing capacity. This article intends to study the impact of alterations in soil parameters and consider such effects on the bearing capacity distributed between pile tip and pile wall and totally on bearing capacity in order to achieve a match quality that is similar to a particular record. From among the total number of 12 samples which are considered to be suitable for achieving match quality, 6 variables are case damping for the tip and wall of the pile. Smith damping is of great importance for wall and tip of the pile as well as maximal quake displacement.

Keywords: *Dynamic testing, Pile Driving Analyzer, CAPWAP*

www.SID.ir