



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

پیش بینی مقدار نشست سازه های بزرگ با روش های تجربی

محمد محمدنیا^۱

۱- دانشجوی مقطع دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

mo.mohammadnia@gmail.com

چکیده

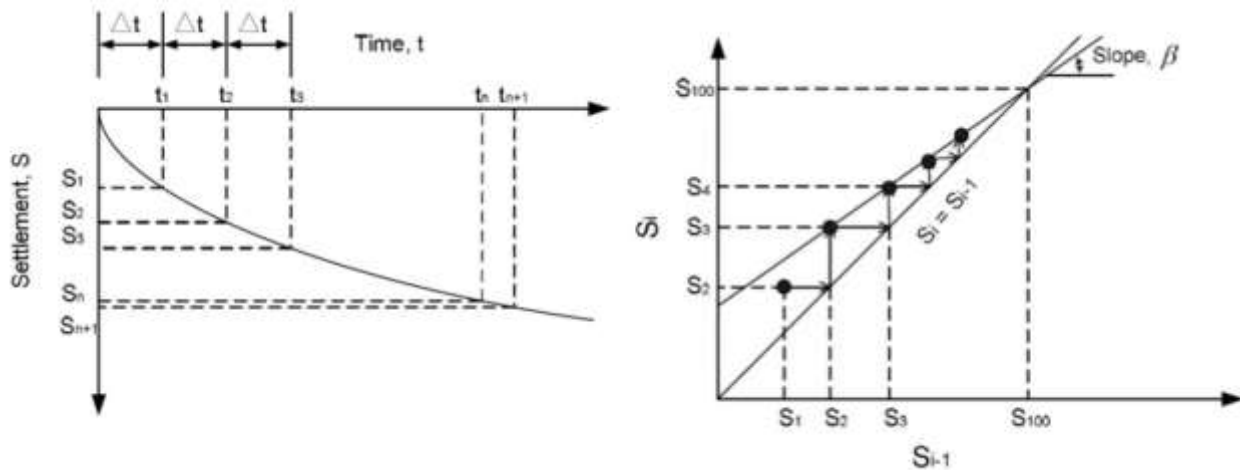
پیش بینی نشست سازه ها همواره یکی از مهمترین نکات قابل توجه مهندسی ژئوتکنیک بوده است. در تمام پروژه ها مخصوصا در پروژه های صنعتی، امکان تخمین نشست آتی و باقیمانده سازه ها براساس نشست های ثبت شده از لحظه اجرای سازه می تواند کمک شایانی به پیش برد پروژه بکند. روش های تجربی مختلفی توسط محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است تا براساس روند نشست های رخ داده در یک سازه امکان تخمین نشست های آتی سازه های انجام گیرد. در مقاله حاضر از دو روش تجربی Asaoka و T90 برای تخمین نشست های آتی کیسون های بکار رفته در بدنه موج شکن استفاده شده است. بررسی ها نشان می دهد که استفاده از دو روش تجربی مذکور می تواند تا حد قابل قبولی نشست های آتی کیسون ها را تخمین بزند.

کلمات کلیدی: روش Asaoka، روش T90، تخمین نشست آتی سازه ها، کیسون، مطالعه موردی

۱- مقدمه و روش انجام کار

به منظور امکان ارزیابی و تخمین میزان نشست باقی مانده سازه های بزرگ نظیر کیسون از دو روش (1978) Asaoka و روش T90 (Taylor, 1948) استفاده می گردد. با در دست داشتن مقدار نشست واقعی سازه در یک مدت زمان مشخص می توان مقدار نشست نهایی و آتی سازه ها را با دو روش مذکور پیش بینی نمود. از روش Asaoka به منظور تخمین درجه تحکیم و پیش بینی میزان نشست تحکیمی کل، براساس مقادیر نشست مشاهده شده میدانی استفاده می شود. در این روش بازه زمانی که نشست ها در محل قرائت و ثبت شده است به چند بازه زمانی یکسان تقسیم می شود، سپس میزان نشست تحکیمی تجمعی رخ داده در پایان هر بازه زمانی به عنوان S_i یادداشت می گردد. سپس منحنی $S_i - S_{i-1}$ ترسیم می شود. محل تلاقی خط نیمساز $y=x$ با خط برازش شده از بین نقاط نمودار $S_i - S_{i-1}$ بیانگر مقدار نشست تحکیمی کل خواهد بود. در شکل ۱ روش Asaoka نشان داده شده است.

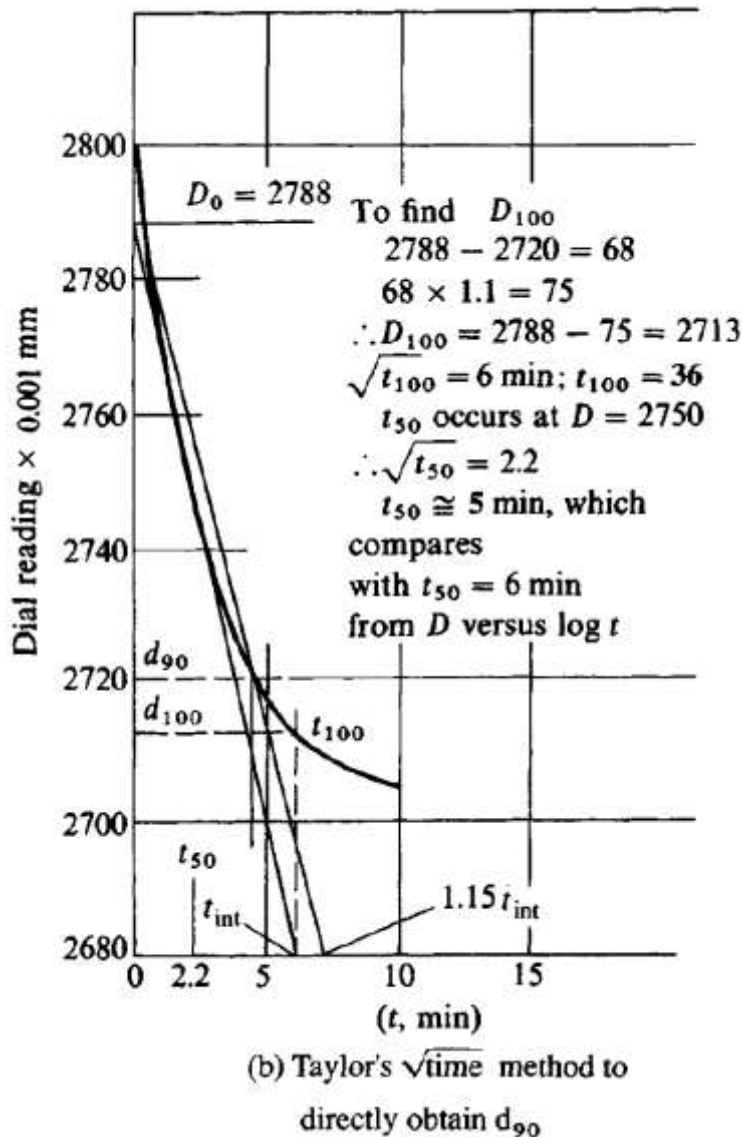
شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۱ نمودار محاسبه نشست نهایی یک سازه با روش Asaoka (۱۹۷۸)

از روش T90 به منظور تعیین زمان رخ دادن ۹۰ درصد نشست تحکیمی استفاده می‌گردد. همچنین براساس این روش می‌توان زمان وقوع ۱۰۰ درصد نشست تحکیمی را نیز تعیین نمود. برای استفاده از این روش ابتدا بایستی داده‌های حاصل از پایش نشست‌ها را مطابق با شکل ۲ در فضای جذر زمان ترسیم نمود. در این حالت سه ناحیه نشست ایجاد می‌گردد. قسمت اول نمودار که دارای شیب نسبتاً تندی است و بیانگر نشست آبی است. پس از آن یک ناحیه تقریباً خطی ایجاد می‌گردد و در ادامه یک منحنی ایجاد می‌گردد که به حالت افقی مجانب می‌گردد. برای تعیین زمان رخ دادن ۹۰ درصد نشست تحکیمی کافیست تا از قسمت خطی نمودار یک خط صاف کشیده شود و سپس از نقطه محل تلاقی خط رسم شده با محور قائم یک خط دیگر ترسیم می‌گردد تا در محور افقی فاصله آن ۱،۱۵ برابر نسبت به خط اولیه باشد. در این حالت محل تلاقی محور نشست با خط ترسیم شده ۱،۱۵ بیانگر زمان رخ دادن ۹۰ درصد نشست تحکیم است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۲ نمودار محاسبه زمان رخ دادن ۹۰ درصد نشست کل یک سازه با روش T90 (Taylor, 1943)

در ادامه نتایج بررسی نشست های سه کیسون مورد بررسی قرار گرفت.

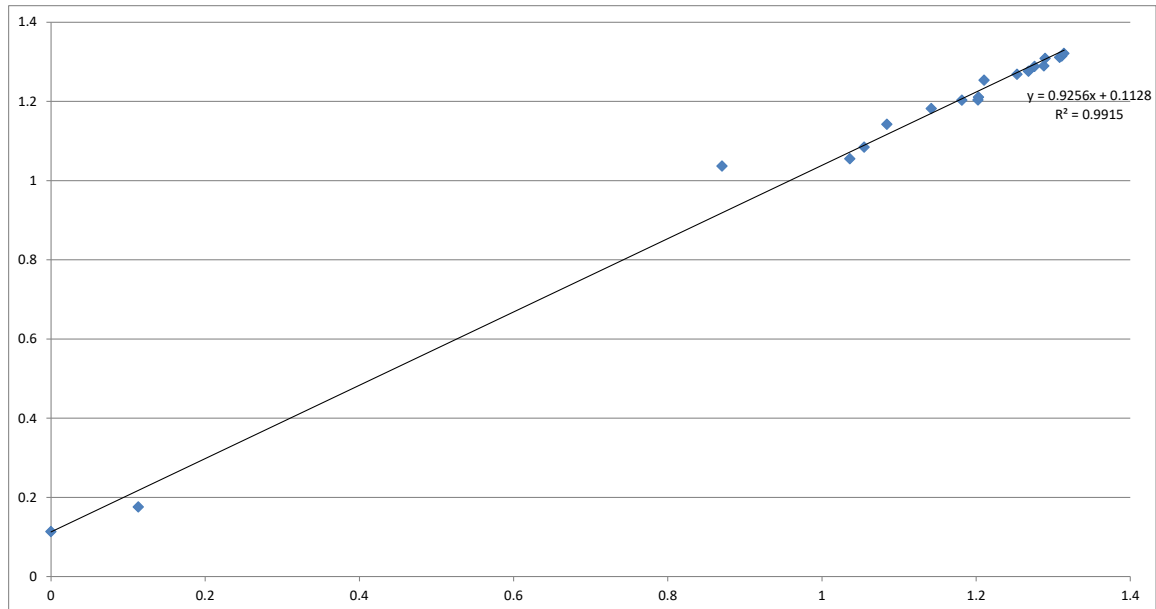
۲- یافته های تحقیق

موج شکن بندر صادراتی خدماتی تمبک به صورت موج شکن مرکب کیسونی ساخته شده است. ابعاد کیسون های به کار رفته در موج شکن بسیار عظیم است. طول کیسون ها برابر ۳۰ متر، عرض برخی از آنها برابر ۱۴ متر و ارتفاع آنها برابر ۱۷ متر است. نشست کیسون ها به صورت منظم و دوره ای در مدت زمان زیادی مورد ارزیابی قرار گرفت و کیسون ها بیشتر از یک متر نشست کردند. در حال حاضر نیز کیسون ها با روند نسبتاً کندی در حال نشست می باشند. در این مقاله هدف بررسی و ارزیابی مقدار نشست باقیمانده کیسون ها می باشد. برای این منظور سه کیسون به نام های M1، M7 و R6 مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه پیش بینی مقدار نشست باقیمانده کیسون های مذکور با دو روش فوق الذکر ارزیابی شده است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

• ارزیابی نشست کل کیسون M1 با روش Asaoka

مدت زمان نشست قرائت شده برای کیسون M1 برابر ۲۰ ماه است. برای انجام محاسبات روش Asaoka بازه زمانی ۱ ماه در نظر گرفته شد. بدین ترتیب مقدار نشست تجمعی رخ داده در پایان بازه‌های زمانی مورد نظر در فضای $S_i - S_{i-1}$ در شکل ۳ حاصل می‌گردد.



شکل ۳ رابطه بین $S_i - S_{i-1}$ برای کیسون M1 در روش Asaoka (۱۹۷۸)

با برازش یک خط از بین نقاط نمودار، معادله خط مذکور به شرح زیر است:

$$y = 0.9256x + 0.1128$$

با تلاقی دادن این خط با خط $y=x$ محل تلاقی برابر است با:

$$x = 1.52$$

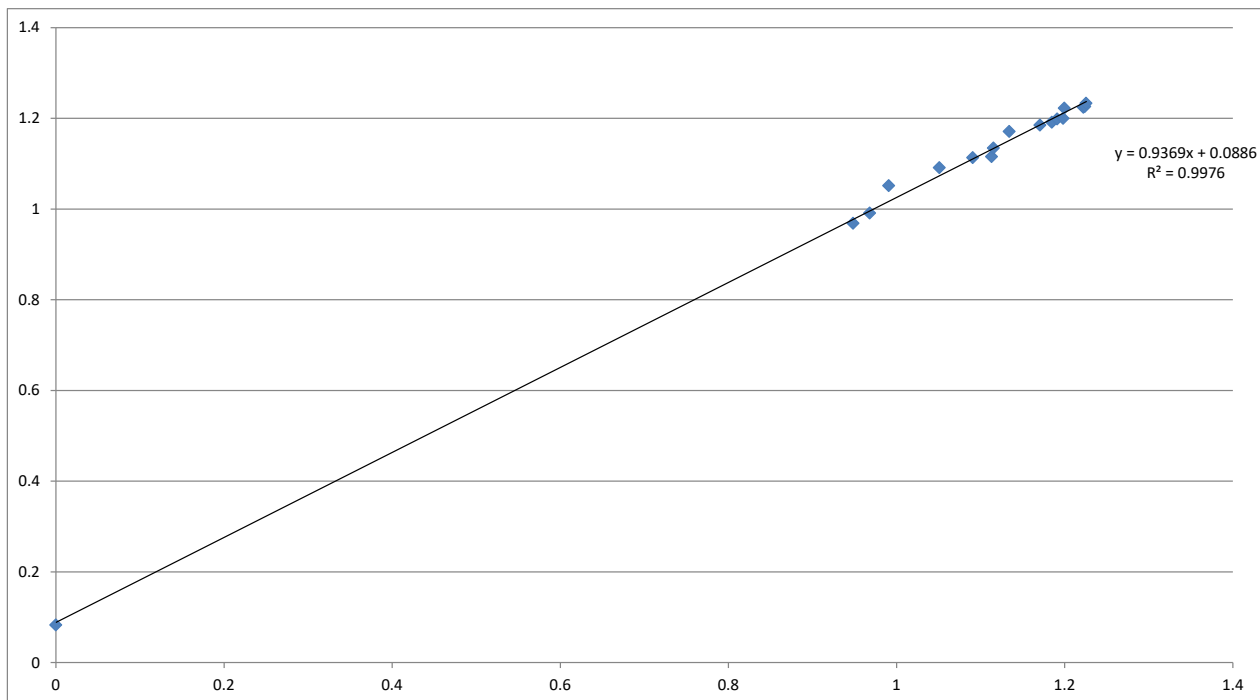
$$y = 1.52m$$

لذا میزان نشست تحکیمی کل تخمین زده شده با روش Asaoka برابر با ۱۵۲ سانتیمتر خواهد گردید. با توجه به اینکه تا کنون حدود ۱۳۲ سانتیمتر نشست رخ داده است لذا تنها ۲۰ سانتیمتر دیگر نشست کل باقی مانده است. لازم به توضیح است که در محاسبات نشست باقیمانده براساس روش Asaoka تمام اطلاعات نشست شامل نشست تحکیم و نشست تراکمی مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور در محاسبات ضخامت دال روسازی براساس روش Asaoka نیازی به محاسبه نشست تراکمی به صورت جدا نخواهد بود.

• ارزیابی نشست کل کیسون M7 با روش Asaoka

مدت زمان نشست قرائت شده برای کیسون M7 برابر ۱۹ ماه است. برای انجام محاسبات روش Asaoka بازه زمانی ۱ ماه در نظر گرفته شد. بدین ترتیب مقدار نشست تجمعی رخ داده در پایان بازه‌های زمانی مورد نظر در فضای $S_i - S_{i-1}$ در شکل ۴ حاصل می‌گردد.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۴ رابطه بین S_i-S_{i-1} برای کیسون M7 در روش Asaoka (۱۹۷۸)

با برازش یک خط از بین نقاط نمودار، معادله خط مذکور به شرح زیر است:

$$y=0.9369x+0.0886$$

با تلاقی دادن این خط با خط $y=x$ محل تلاقی برابر است با:

$$x=1.41$$

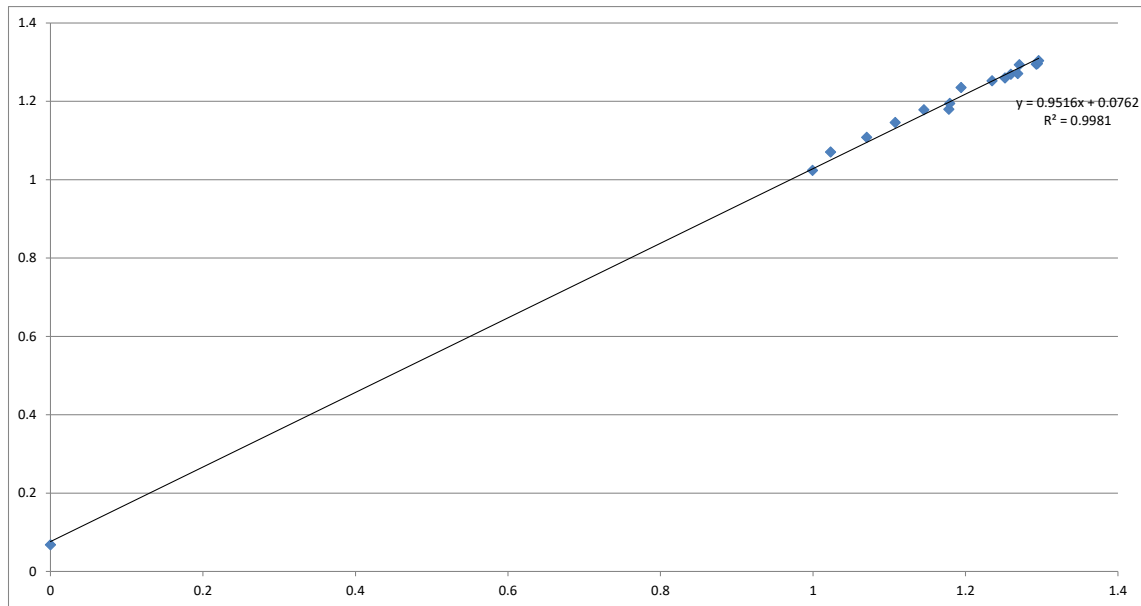
$$y=1.41m$$

لذا میزان نشست تحکیمی کل تخمین زده شده با روش Asaoka برابر با ۱۴۱ سانتیمتر خواهد گردید. با توجه به اینکه تا کنون حدود ۱۲۳ سانتیمتر نشست رخ داده است لذا تنها ۱۷ سانتیمتر دیگر نشست کل باقی مانده است. لازم به توضیح است که در محاسبات نشست باقیمانده براساس روش Asaoka تمام اطلاعات نشست شامل نشست تحکیم و نشست تراکمی مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور در محاسبات ضخامت دال روسازی براساس روش Asaoka نیازی به محاسبه نشست تراکمی به صورت جدا نخواهد بود.

• ارزیابی نشست کل کیسون R6 با روش Asaoka

مدت زمان نشست قرائت شده برای کیسون R6 برابر ۱۸ ماه است. برای انجام محاسبات روش Asaoka بازه زمانی ۱ ماه در نظر گرفته شد. بدین ترتیب مقدار نشست تجمعی رخ داده در پایان بازه‌های زمانی مورد نظر در فضای S_i-S_{i-1} در شکل ۵ حاصل می‌گردد.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۵ رابطه بین S_i-S_{i-1} برای کیسون R6 در روش Asaoka (۱۹۷۸)

با برازش یک خط از بین نقاط نمودار، معادله خط مذکور به شرح زیر است:

$$y=0.9516x+0.0762$$

با تلاقی دادن این خط با خط $y=x$ محل تلاقی برابر است با:

$$x=1.57$$

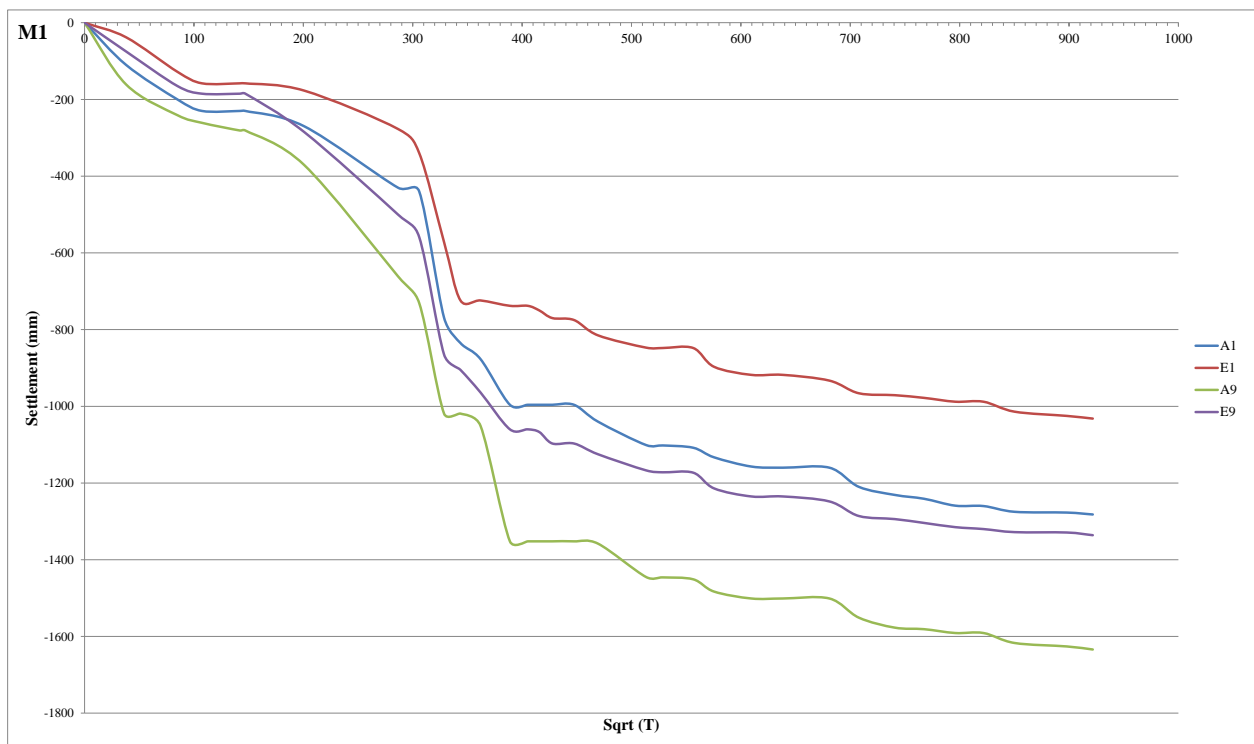
$$y=1.57m$$

لذا میزان نشست تحکیمی کل تخمین زده شده با روش Asaoka برابر با ۱۵۷ سانتیمتر خواهد گردید. با توجه به اینکه تا کنون حدود ۱۳۰ سانتیمتر نشست رخ داده است لذا تنها ۲۷ سانتیمتر دیگر نشست کل باقی مانده است. لازم به توضیح است که در محاسبات نشست باقیمانده براساس روش Asaoka تمام اطلاعات نشست شامل نشست تحکیم، نشست تراکمی مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور در محاسبات ضخامت دال روسازی براساس روش Asaoka نیازی به محاسبه نشست تراکمی به صورت جدا نخواهد بود.

• ارزیابی نشست کل کیسون MI با روش T90

برای استفاده از روش T90 بایستی منحنی افقی زمان بر حسب جذر زمان به دقیقه باشد و منحنی قائم برحسب میلیمتر نشان داده شود. منحنی نشست- جذر زمان برای کیسون MI در شکل ۶ نشان داده شده است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۶ منحنی نشست - جذر زمان برای کیسون M1 در روش T90

برای انجام محاسبات نشست در روش T90 چهار گوشه کیسون به صورت جداگانه بررسی می گردد. محاسبات برای گوشه E1 در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ منحنی نشست - جذر زمان برای گوشه E1 کیسون M1 در روش T90

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

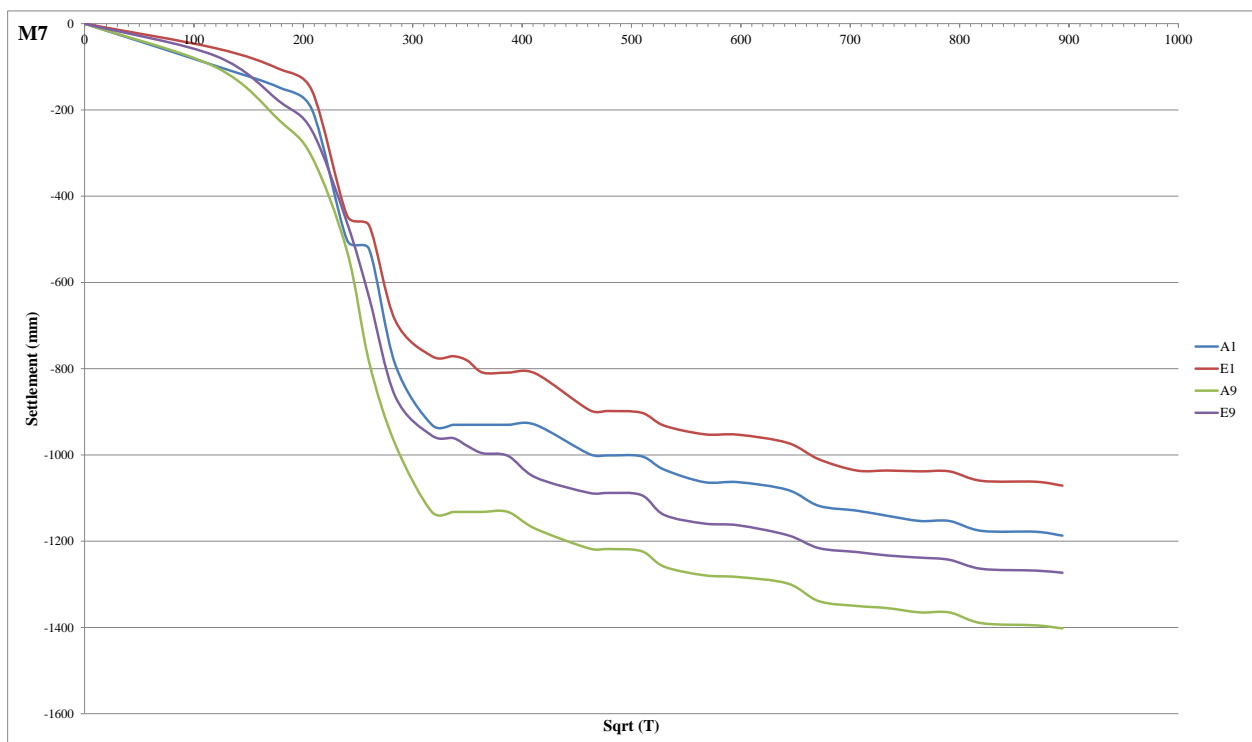
بر اساس این روش تا کنون نشست تحکیمی اولیه کیسون M1 رخ داده است و به اتمام رسیده است و نشست هایی که در ادامه در حال رخ دادن است نشست ناشی از خزش می باشد. نتایج محاسبات برای چهار گوشه کیسون در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ مقدار نشست خزشی باقی مانده ۴ گوشه کیسون M1

گوشه	c_{CR}	$(cm)\Delta h$
A1	0.0503	35.8
E1	0.0466	40
A9	0.0378	26.9
E9	0.0245	17.4

• ارزیابی نشست کل کیسون M7 با روش T90

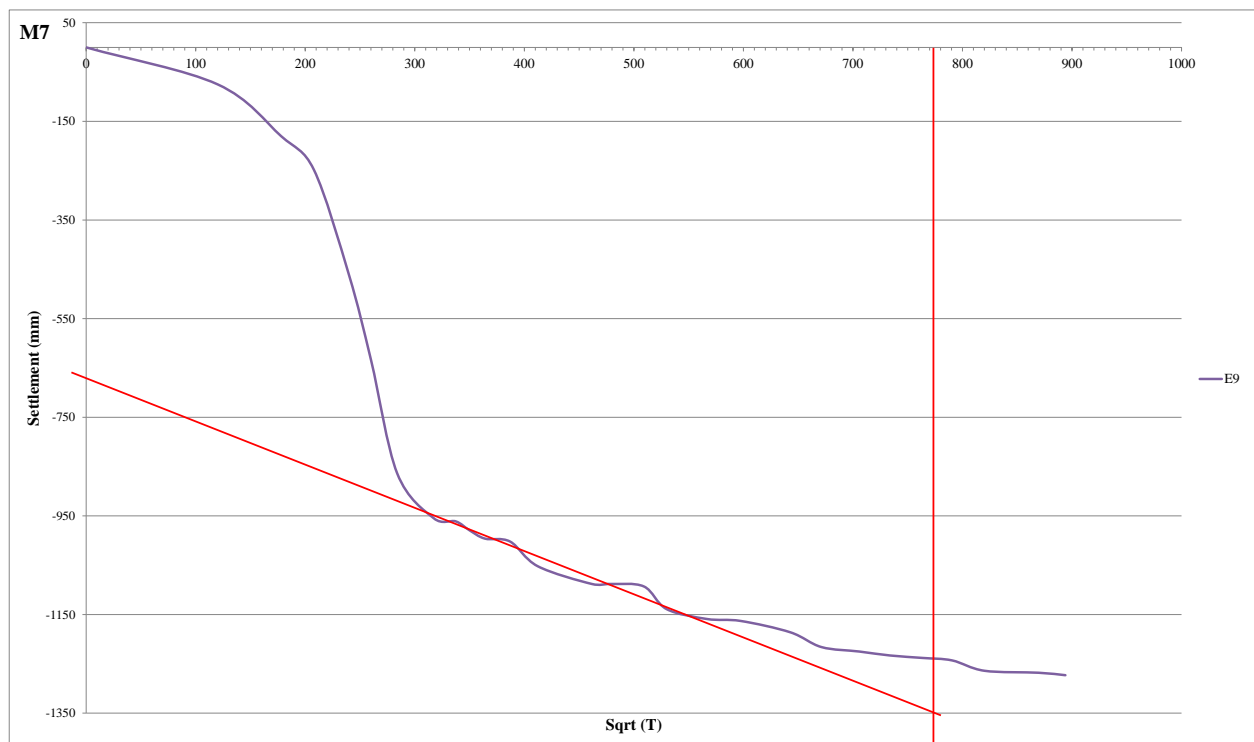
برای استفاده از روش T90 بایستی منحنی افقی زمان بر حسب جذر زمان به دقیقه باشد و منحنی قائم بر حسب میلیمتر نشان داده شود. منحنی نشست- جذر زمان برای کیسون M7 در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ منحنی نشست- جذر زمان برای کیسون M7 در روش T90

برای انجام محاسبات نشست در روش T90 چهار گوشه کیسون به صورت جداگانه بررسی می گردد. محاسبات برای گوشه E9 در شکل ۹ نشان داده شده است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۹ منحنی نشست - جذر زمان برای گوشه E9 کیسون M7 در روش T90

براساس این روش تا کنون نشست تحکیمی اولیه کیسون M7 رخ داده است و به اتمام رسیده است و نشست هایی که در ادامه در حال رخ دادن است نشست ناشی از خزش می باشد. نتایج محاسبات برای چهار گوشه کیسون در جدول ۲ آمده است.

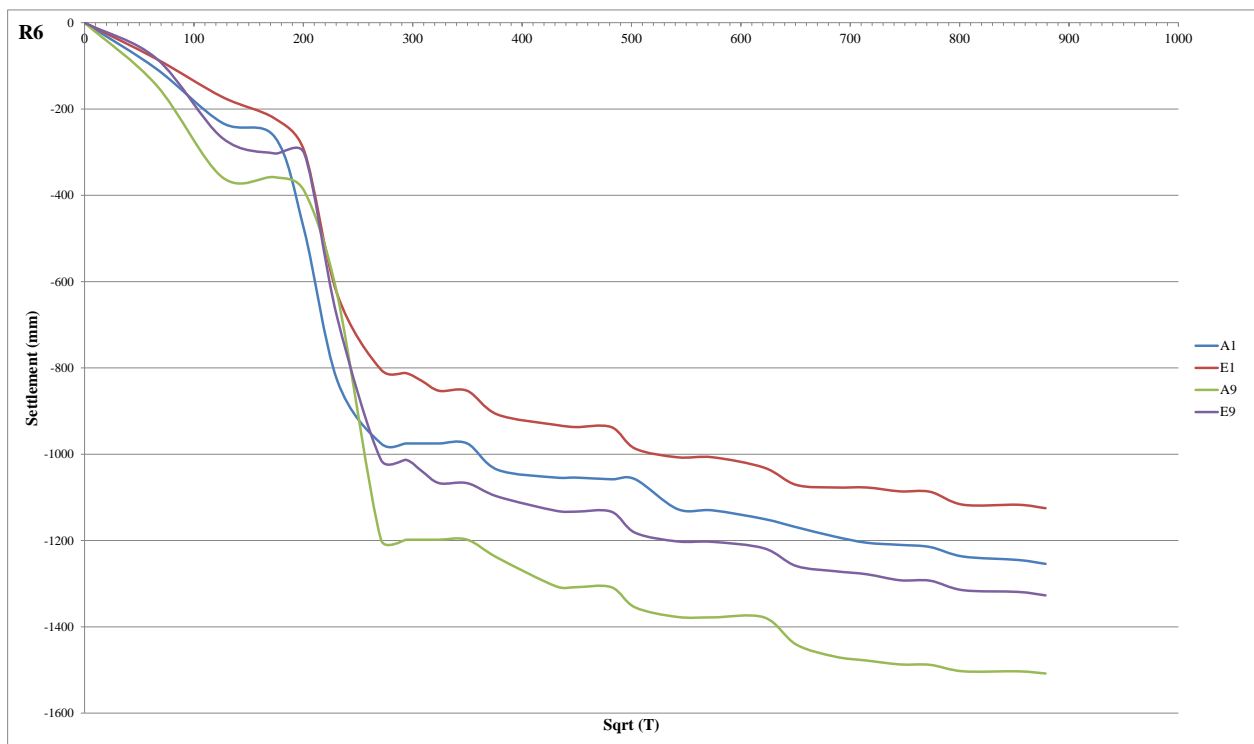
جدول ۲ مقدار نشست خزشی باقی مانده ۴ گوشه کیسون M7

Δh (cm)	c_{CR}	گوشه
25.7	0.0349	A1
17.8	0.0242	E1
24.6	0.0334	A9
22	0.0299	E9

• ارزیابی نشست کل کیسون R6 با روش T90

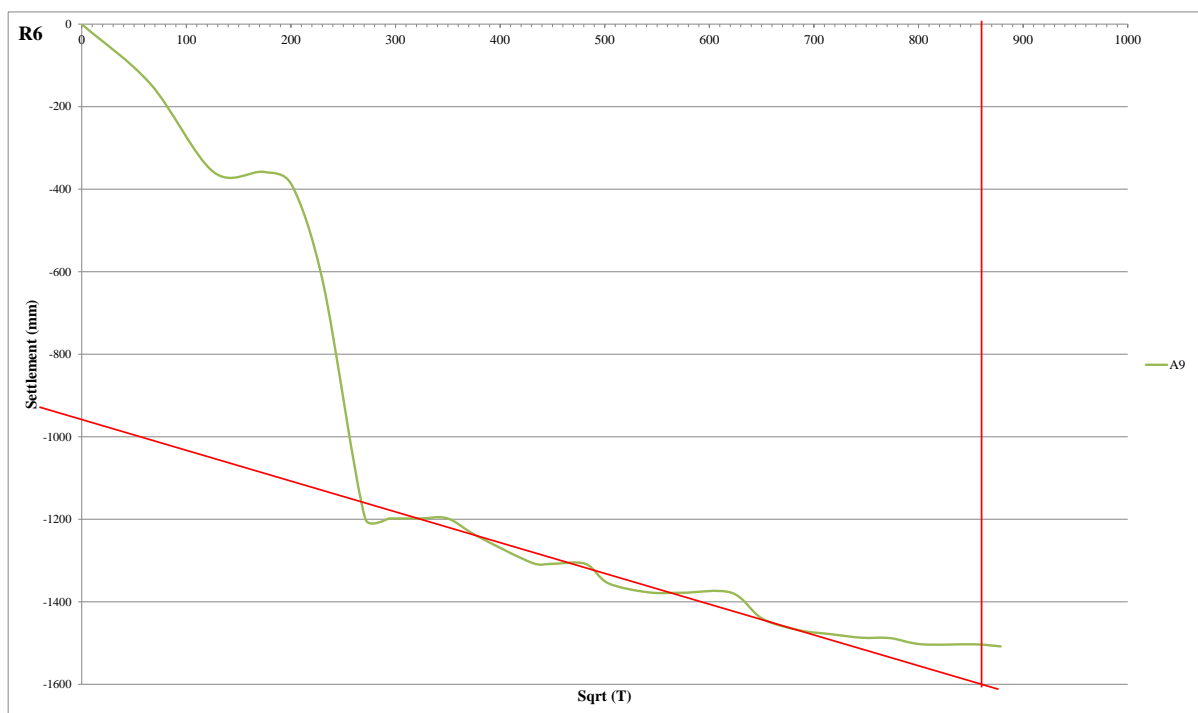
برای استفاده از روش T90 بایستی منحنی افقی زمان بر حسب جذر زمان به دقیقه باشد و منحنی قائم بر حسب میلیمتر نشان داده شود. منحنی نشست - جذر زمان برای کیسون R6 در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۱۰ منحنی نشست - جذر زمان برای کیسون R6 در روش T90

برای انجام محاسبات نشست در روش T90 چهار گوشه کیسون به صورت جداگانه بررسی می گردد. محاسبات برای گوشه A9 در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ منحنی نشست - جذر زمان برای گوشه A9 کیسون R6 در روش T90



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

براساس این روش تا کنون نشست تحکیمی اولیه کیسون R6 رخ داده است و به اتمام رسیده است و نشست هایی که در ادامه در حال رخ دادن است نشست ناشی از خزش می باشد. نتایج محاسبات برای چهار گوشه کیسون در جدول ۲ آمده است.

جدول ۳ مقدار نشست خزشی باقی مانده ۴ گوشه کیسون R6

گوشه	c_{CR}	Δh (cm)
A1	0.0262	19.7
E1	0.0375	28.2
A9	0.0247	18.5
E9	0.0225	16.9

۳- جمع بندی

- بررسی و ارزیابی نشست کل و آتی کیسون ها با دو روش تجربی Asaoka و T90 مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.
- برآزش های اولیه از نشست رخ داده فعلی کیسون ها نشان داد که دو روش تجربی مذکور توانایی قابل قبولی برای ارزیابی نشست ها دارد.
- بررسی ها نشان می دهد که تخمین نشست های صورت گرفته با روش Asaoka اندکی بهتر و دقیق تر از روش T90 می باشد.

مراجع

1. Asaoka, A. (1978). Observational procedure of settlement prediction. Soils and foundations, 18(4), 87-101.
2. Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil mechanics in engineering practice. John Wiley & Sons.
3. Taylor, D. W. (1948). Fundamentals of soil mechanics. Wiley, New York. Terzaghi, K., Peck, R. B., and Mesri, G. (1996). Soil mechanics in engineering practice, 3rd Ed., Wiley, New York.
4. Verhaeghe, H., Van Damme, L., Goemaere, J., Boone, E., & De Rouck, J. (2012). SETTLEMENT MEASUREMENTS OPTIMISING CONSTRUCTION OF A BREAKWATER ON SOFT SOIL. Coastal Engineering Proceedings, (33), 87-87.
5. Masoudi, S., Shahir, H., & Pak, A. (2021). Large Deformation Finite Element Modeling of Rubble Mound Breakwater Built on Soft Seabed Using Coupled Eulerian-Lagrangian Method. Indian Geotechnical Journal, 51(2), 315-328.
6. Tang, L., & Na, S. (2021). Comparison of machine learning methods for ground settlement prediction with different tunneling datasets. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 13(6), 1274-1289.