



SO-Foundation

Version 2.3.8598.1

راهنمای صحت‌سنجی نرم‌افزار

این برنامه توسط گروه نرم‌افزاری Soil Office تهیه شده و به منظور تعیین ظرفیت باربری شالوده‌های سطحی با در نظر گرفتن همزمان هر دو معیار گسیختگی برشی و کنترل نشست مجاز می‌باشد.



تیر ماه ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....	۱
۱	مثال‌ها.....	۲
۲	۱-۲ ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی برشی - معادله ترزاقی.....	۲
۴	۲-۲ ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی برشی - معادله وسیک.....	۲
۶	۳-۲ اضافه تنش ناشی از بارگذاری در تراز شالوده - روش بوسینسک.....	۶
۹	۴-۲ نشست الاستیک شالوده گسترده - روش اشتاین‌برنر.....	۹
۱۲	۵-۲ نشست الاستیک و تحکیمی شالوده منفرد.....	۱۲
۱۵	۶-۲ ضریب عکس‌العمل بستر شالوده در نقاط مختلف.....	۱۵
۱۹	۳ مراجع.....	۱۹

۱ مقدمه

راهنمای حاضر به منظور آشنایی بیشتر با امکانات، منوها و همچنین سهولت کار با نرم‌افزار SO-Foundation می‌باشد که توسط گروه نرم‌افزاری Soil Office تهیه شده است. در این راهنما تعدادی از مثال‌های کاربردی که در برخی کتب مرجع ژئوتکنیکی مطرح شده‌اند، با استفاده از نرم‌افزار بررسی و مقایسه می‌گردند. هماهنگی نتایج بدست آمده از نرم‌افزار و مراجع، مؤید صحت محاسبات خواهد بود.

نکته: در صورت نیاز جهت مطالعه تئوری‌های مورد استفاده در محاسبات و همچنین نمادهای بکار گرفته شده، می‌بایست به راهنمای علمی نرم‌افزار مراجعه گردد که از لینک زیر قابل دریافت است.

www.soiloffice.com

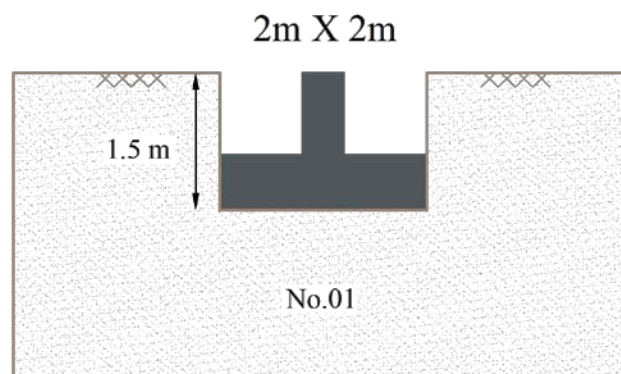
۲ مثال‌ها

همانگونه که می‌دانید، به منظور تعیین ظرفیت باربری شالوده، می‌بایست هر دو معیار گسیختگی برشی و نشست مجاز به صورت همزمان کنترل شوند. اما هر یک از مثال‌های ارائه شده، تنها به بررسی یکی از دو معیار موجود پرداخته است. از این‌رو اطلاعات مرتبط با مسئله عیناً منعکس و سایر پارامترها به صورت فرضی در نرم‌افزار لحاظ شده‌اند. این مقادیر فرضی به انضمام سلول‌های دیگری که تأثیری در جواب مسئله ندارند، با زمینه هاشورخورده مشخص شده‌اند.

ضمن بررسی فایل‌های sof.* مسائل، باید توجه شود که اعداد و پارامترهای در نظر گرفته شده در سلول‌های غیر مرتبط و هاشور خورده، لزوماً هیچ‌گونه هماهنگی با سایر پارامترها نداشته و صرفاً جهت تکمیل محاسبات و مشاهده نتایج می‌باشند. ضمناً با توجه به قابلیت نرم‌افزار مینی بر تفکیک ظرفیت باربری در دو حالت گسیختگی برشی و کنترل نشست، نتایج نرم‌افزار را می‌توان به سهولت با مراجع مقایسه کرد. در نهایت می‌بایست به این نکته توجه شود که سیستم واحدهای استفاده شده در کلیه مسائل “SI” می‌باشد.

۱-۲ ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی برشی – معادله ترزاکی^۱

مثال ۱-۳ از مرجع شماره ۱: یک شالوده مربعی به بعد ۲ متر، در عمق ۱/۵ متری از سطح زمین قرار گرفته است. مشخصات خاک محل نیز در زیر ارائه شده است. با فرض وقوع گسیختگی برشی کلی در خاک و همچنین ضریب اطمینان کلی برابر با ۳، ظرفیت باربری مجاز این شالوده را تعیین کنید.



شکل ۱- هندسه مسئله

No.	USCS	Bounds [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [deg.]	c [kPa]	E_s [kPa]	ν	Consolidation	C_c	C_s	e_0	Auto	Sublayers
01		0.0 – 1000.0	16.5	25.0	20.0								

General

g [m/s ²]

T [m]	D [m]	D_w [m]
1.5	1.5	-

Footing type	B [m]	L/B
Spread	2.0	1.0

Shear failure

Method	Failure type	F.S.	RF_ϕ	RF_c
Terzaghi	General	3.0		

Water effect

Large footing effect
False

^۱ Terzaghi

همانگونه که در جدول‌های بالا ملاحظه می‌گردد:

❖ **تنظیمات عمومی:** شالوده از نوع منفرد بوده و از آن‌جا که سطوح گسیختگی از کف شالوده یعنی عمق $1/5$ متری تا سطح زمین گسترش می‌یابند، لذا T و D ، برابر با این مقدار در نظر گرفته می‌شوند. سطح آب نیز در محدوده پروژه مشاهده نشده است.

❖ **گسیختگی برشی:** در این مثال از معادله ترزاقی استفاده شده است. گسیختگی برشی از نوع کلی با ضریب اطمینان ۳ می‌باشد. ضمناً از اصلاح اثر اندازه (r_f) نیز صرف‌نظر شده است.

❖ **کنترل نشست:** کلیه تنظیمات نشست فرضی بوده و حائز اهمیت نمی‌باشند.

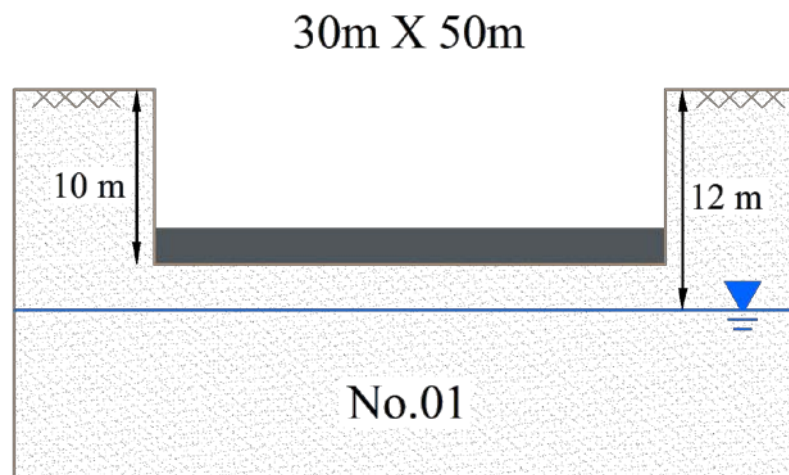
با مراجعه به تب Results، قسمت Shear Failure & Settlement، می‌توان ظرفیت باربری بر اساس هر یک از معیارها را به صورت جداگانه مشاهده کرد. جدول ۱ به مقایسه نتیجه بدست آمده از نرم‌افزار با مقدار ارائه شده در مرجع می‌پردازد. علت این اختلاف ناشی از رابطه مورد استفاده جهت محاسبه N_f می‌باشد که اختلاف اندکی با اعداد ارائه شده توسط ترزاقی دارد.

جدول ۱

اختلاف	نرم‌افزار	مرجع	نام پارامتر
1.0 [%]	363.2 [kPa]	359.5 [kPa]	q_{all-sh}

۲-۲ ظرفیت باربری بر اساس گسیختگی برشی – معادله وسیک^۱

مثال ۶-۳ از مرجع شماره ۲: مطلوبست ظرفیت باربری نهایی شالوده گسترده به ضخامت ۱/۵ متر، طبق لایه‌بندی و مشخصات ارائه شده، با استفاده از معادله وسیک.



شکل ۲ – هندسه مسئله

No.	USCS	Bounds [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [deg.]	c [kPa]	E_s [kPa]	ν	Consolidation	C_c	C_s	e_0	Auto	Sublayers
01		0.0 – 1000.0	18.5	30.0	0.0								

General	g [m/s ²]				T [m]	D [m]	D_w [m]	Footing type	B [m]	L/B
	9.8				1.5	10.0	12.0	Mat	30.0	1.667
Shear failure	Method	Failure type	F.S.	RF_ϕ	RF_c	Water effect		Large footing effect		
	Vesic	General	1.0			Das		False		

^۱ Vesic

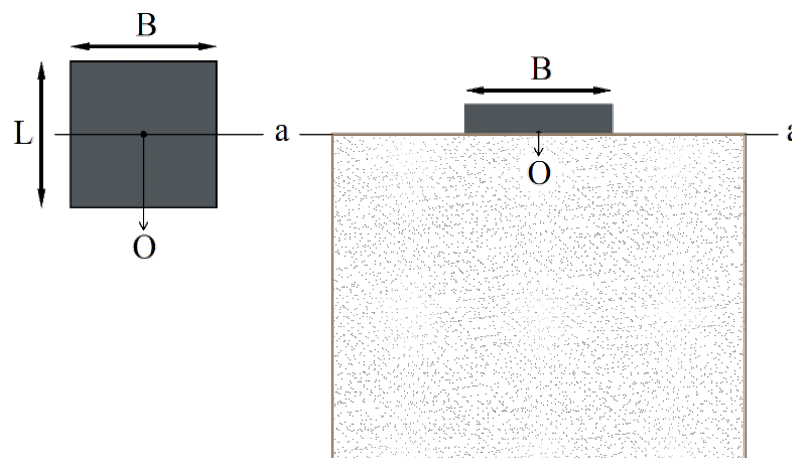
- ❖ **تنظیمات عمومی:** مقادیر T و D، به ترتیب برابر با ۱/۵ و ۱۰ متر می‌باشند. فاصله سطح ایستایی تا سطح زمین (D_w) نیز برابر با ۱۲ متر و مقدار شتاب گرانش ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد.
 - ❖ **گسیختگی برشی:** به منظور اصلاح اثر سطح ایستایی از روش داس^۱ استفاده شده است. همچنین علیرغم ابعاد بزرگ شالوده، اصلاح اثر اندازه صورت نگرفته است. ضمناً به منظور مشاهده ظرفیت باربری نهایی، ضریب اطمینان کلی برابر واحد لحاظ می‌گردد.
 - ❖ **کنترل نشست:** کلیه تنظیمات نشست فرضی بوده و حائز اهمیت نمی‌باشند.
- با مراجعه به تب Results، قسمت Shear Failure & Settlement، می‌توان مقدار ظرفیت باربری نهایی را مشاهده کرد. این نتیجه، با جواب نهایی مسئله مقایسه و در جدول ۲ آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که گرد کردن پارامترها پیش از قرارگیری در رابطه ظرفیت باربری، موجب اختلاف نتایج شده است.

جدول ۲

اختلاف	نرم‌افزار	مرجع	نام پارامتر
0.6 [%]	7413.1 [kPa]	7455 [kPa]	q_{ult-sh}

۲-۳ اضافه تنش ناشی از بارگذاری در تراز شالوده - روش بوسینسک^۱

مثال ۵-۳ از مرجع شماره ۳: یک نیروی ۸۰۰ کیلونیوتنی بر یک شالوده مربعی به بعد ۲ متر وارد می‌شود. مطلوب است افزایش تنش ناشی از این بارگذاری در اعماق ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ متری از مرکز شالوده با استفاده از روش بوسینسک.



شکل ۳ - محل ترسیم خطوط همفشار

در تب Pressure isobars، خطوط همفشار در زیر منصف طول شالوده، قابل ترسیم می‌باشند. این خطوط نشان‌دهنده میزان افزایش تنش ناشی از بارگذاری در تراز شالوده می‌باشند. لذا به منظور یافتن جواب مسئله می‌بایست ابتدا هندسه مسئله تعریف گردد که در این مورد صرفاً ابعاد شالوده مد نظر است. سایر پارامترها و مشخصات، در نتایج خروجی تأثیری ندارند. سپس با ورود به تب Pressure isobars، روش محاسبه (بوسینسک) و ابعاد شالوده، انتخاب و کانتور توزیع تنش زیر شالوده ترسیم می‌گردد. در انتها با کلیک بر روی نقاط مختلف، می‌توان مختصات آن‌ها را به همراه مقدار افزایش تنش ناشی از بارگذاری در تراز شالوده (I [%])، مشاهده کرد. جدول ۳ نشانگر هماهنگی نتایج می‌باشد.

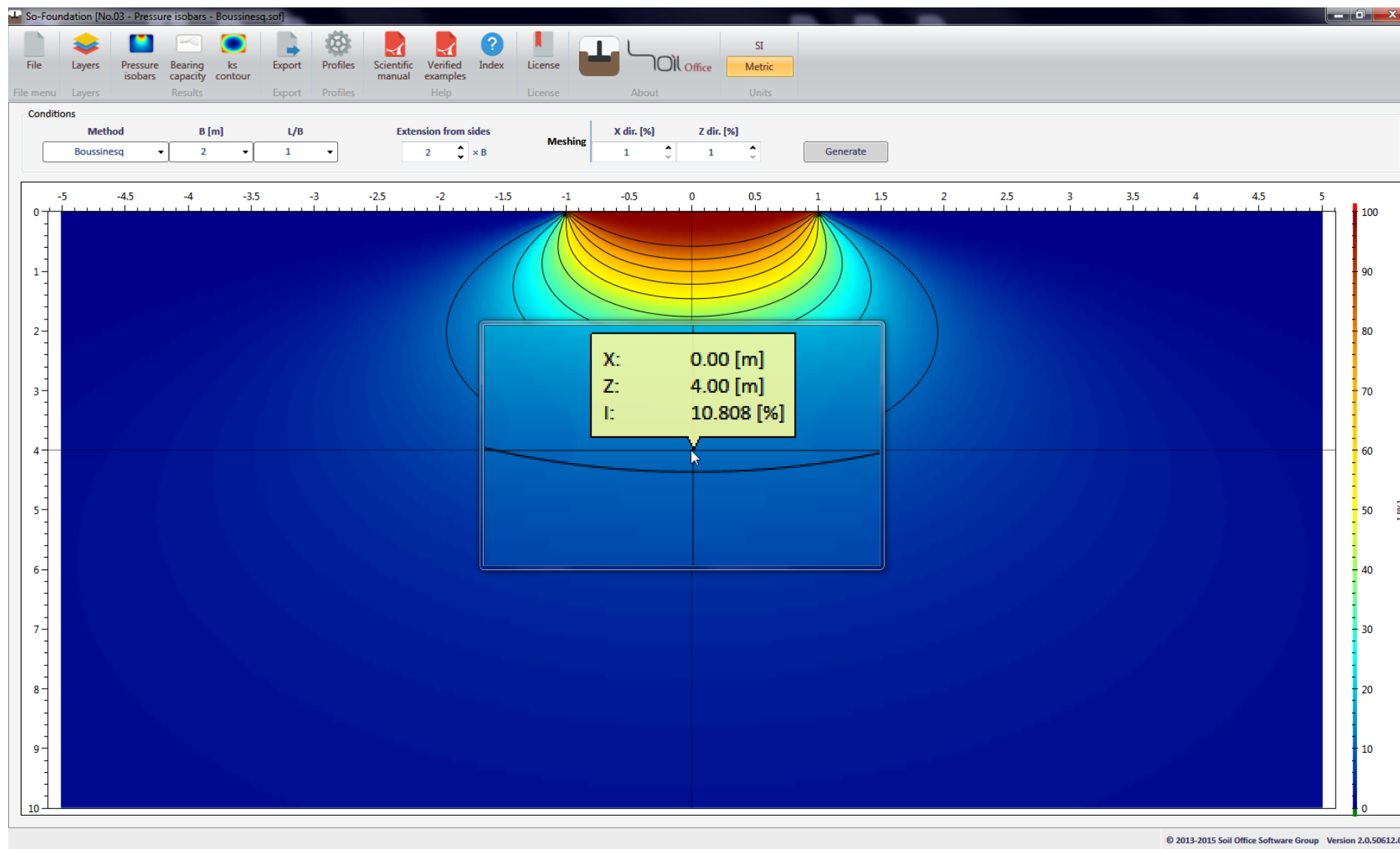
^۱ Boussinesq

نکته حائز اهمیت اینست که با انتخاب عمق موثر (در محاسبات نشست) برابر مضرری از عرض شالوده و همچنین مش‌بندی مناسب محیط، می‌توان شرایطی را فراهم نمود که محاسبات در تمامی نقاط مطلوب صورت پذیرد. به عنوان نمونه در شکل ۴، مقدار پارامتر I در عمق ۴ متری از مرکز شالوده نشان داده شده است.

جدول ۳

اختلاف	نرم‌افزار	مرجع	Z [m]	نام پارامتر
0.0 [%]	100.0 [%]	100.0 [%]	0	I
0.1 [%]	70.1 [%]	70.0 [%]	1	
0.0 [%]	33.6 [%]	33.6 [%]	2	
0.6 [%]	17.9 [%]	18.0 [%]	3	
0.0 [%]	10.8 [%]	10.8 [%]	4	

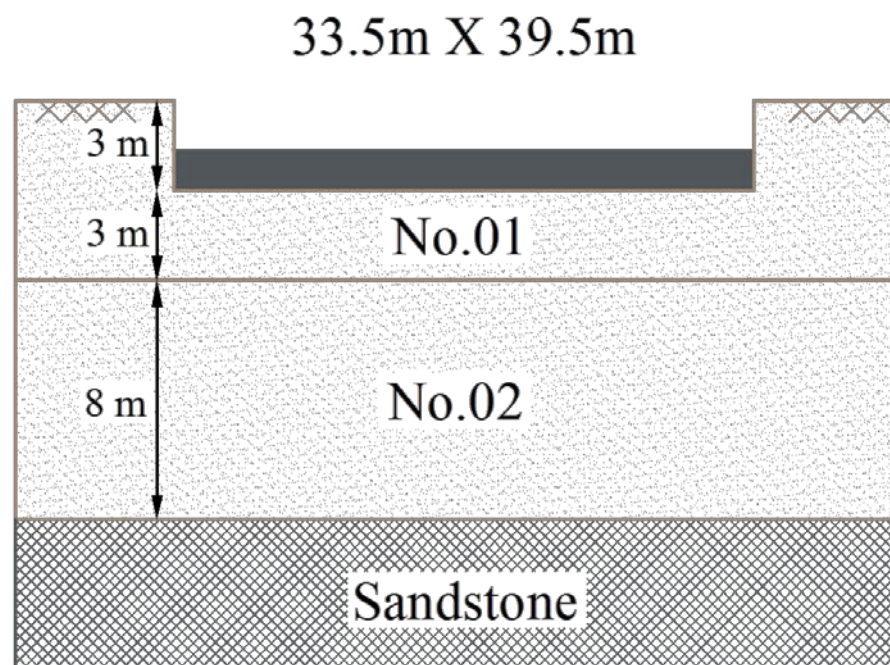
شایان ذکر است که در صورت مسئله، پارامتر مذکور در عمق ۲ متری از گوشه شالوده نیز خواسته شده است، اما از آن‌جا که در حال حاضر قابلیت ترسیم کانتور سه‌بعدی توزیع تنش در نرم‌افزار فراهم نشده است، لذا از بررسی آن صرف‌نظر شده است.



شکل ۴ - مقدار پارامتر I در عمق ۴ متری از مرکز شالوده

۴-۲ نشست الاستیک شالوده گسترده - روش اشتاین‌برنر^۱

مثال ۵-۷ از مرجع شماره ۳: مطلوبست تخمین نشست الاستیک شالوده گسترده ساختمان سیوینگز بانک^۲، طبق لایه‌بندی و مشخصات ارائه شده. لازم به ذکر است که نشست این ساختمان در حدود ۱۸ میلیمتر اندازه‌گیری شده است.



شکل ۵ - هندسه مسئله

No.	USCS	Bounds [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [deg.]	c [kPa]	E_s [kPa]	ν	Consolidation	C_c	C_s	e_0	Auto	Sublayers
01	CL	0.0 – 6.0				42,500	0.35	False	-	-	-	-	1
02	CL	6.0 – 14.0				60,000	0.35	False	-	-	-	-	1
03	Rigid												

General	g [m/s ²]					T [m]		D [m]		D _w [m]		Footing type		B [m]		L/B	
						1.0		3.0		-		Mat		33.5		1.179104	
Settlement	Basic	Allowable settlement [m]					Effective stratum depth					Criteria		Method		Value [%]	
		0.0165										Pressure isobars		Approximate 2V:1H		0.01	
	Elastic	Es method		Excavation effect								Influence factor		Rigidity		Criteria	
		Weighted average		Er/Es	1.0	Steinbrenner						Flexible		Center			
	Consolidation	P'c method		Loading effects					α _{cons}		Excavation effect						

❖ **تنظیمات عمومی:** مقادیر T و D، به ترتیب برابر با ۱ و ۳ متر می‌باشند. البته از آن‌جایی که شالوده از نوع گسترده است، ضخامت فونداسیون (T) در ظرفیت باربری آن (با معیار گسیختگی برشی) تأثیری ندارد. همچنین به سطح ایستایی برخورد نشده است.

❖ **گسیختگی برشی:** این تنظیمات تأثیری در محاسبات نشست شالوده ندارند.

❖ **کنترل نشست:** توجه به نکات زیر ضروری است.

- از آن‌جایی که در نرم‌افزار حاضر، ظرفیت باربری به ازای نشست مجاز تعریف شده توسط کاربر تعیین می‌گردد، لذا مقدار نشست بدست آمده در مسئله حل شده (۱۶/۵ میلیمتر) را به عنوان نشست مجاز در نظر گرفته و ظرفیت باربری بدست آمده، با تنش مورد استفاده در صورت مسئله (۱۳۴ کیلو پاسکال) مقایسه می‌گردد.
- با توجه به مرجع، ضخامت لایه تراکم‌پذیر زیر شالوده برابر با ۱۱ متر در نظر گرفته شده است. لذا به لحاظ تطابق فرضیات محاسبات، می‌توان با استفاده از گزینه‌های مختلف، عمق موثر در نشست را به نحوی تعیین کرد که عیناً برابر همین مقدار باشد. هر یک از دو شیوه زیر را می‌توان به کار گرفت:

أ- استفاده از تعریف لایه Rigid و تعیین معیار خطوط هم فشار به نحوی که از عمق قرارگیری لایه صلب فراتر رفته و لذا کنترل‌کننده نباشد (همانند جدول فوق).

ب- استفاده از معیار خطوط هم‌فشار و روش تقریبی ۲ به ۱ به نحوی که عمق موثر عیناً برابر عمق موثر مطلوب مسئله باشد:

$$I = \frac{B \times L}{(B+Z) \times (L+Z)} \rightarrow I = \frac{33.5 \times 39.5}{(33.5+11) \times (39.5+11)} = 58.883 \text{ [\%]}$$

- مدول الاستیسیته با میانگین‌گیری وزنی در محدوده لایه تراکم‌پذیر بدست می‌آید. از این‌رو، گزینه Weighted average انتخاب می‌گردد.
 - اثر گودبرداری در نشست الاستیک دیده نشده است، بنابراین از گزینه $E_r/E_s = 1$ استفاده می‌شود. با انتخاب این گزینه، مدول الاستیسیته خاک در هر دو حالت استاتیکی و بارگذاری مجدد، یکسان در نظر گرفته می‌شود.
 - در نهایت شالوده از نوع انعطاف پذیر بوده و از رابطه اشتاین‌برنر استفاده شده است.
- نتیجه چنین خواهد بود:

جدول ۴

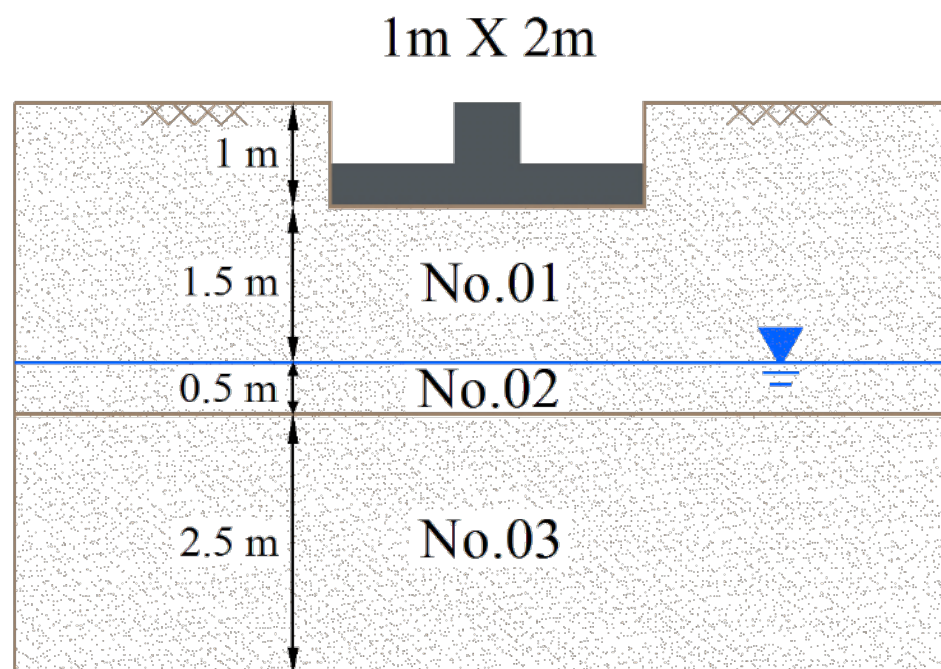
اختلاف	نرم‌افزار	مرجع	نام پارامتر
4.1 [%]	139.5 [kPa]	134 [kPa]	q_{set}

محاسبه تقریبی پارامترهای I_F و I_S در مرجع، موجب اختلاف در نتایج می‌گردد.

نکته: به عنوان راهکار دوم جهت بررسی صحت انجام محاسبات نرم‌افزار، می‌توان با رجوع به تب Load-Settlement و انتخاب حالت q_{user} ، مقدار تنش را برابر با ۱۳۴ کیلوپاسکال قرار داده و نشست ایجاد شده در اثر این بارگذاری را با مقدار محاسبه شده در مرجع، مقایسه کرد.

۲-۵ نشست الاستیک و تحکیمی شالوده منفرد

مثال ۳-۱۵ از مرجع شماره ۴: مطلوبست نشست کل شالوده در شکل زیر.



شکل ۶ - هندسه مسئله

No.	USCS	Bounds [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [deg.]	c [kPa]	E_s [kPa]	ν	Consolidation	C_c	C_s	e_0	OCR	Sublayers
01	SP	0.0 – 2.5	16.5			10,000	0.3	False	-	-	-	1	1
02	SP	2.5 – 3.0	17.5			10,000	0.3	False	-	-	-	1	1
03	CL	3.0 – 1000.0	16.0			10,000	0.3	True	0.32	0.09	0.8	1	1

General	g [m/s ²]		T [m]		D [m]	D _w [m]	Footing type		B [m]	L/B	
	9.81		1.0		1.0	2.5	Spread		1.0	2.0	
Settlement	Basic	Allowable settlement [m]				Effective stratum depth	Criteria		Method		Value [%]
		0.06328					Pressure isobars		Approximate 2V:1H		5.594
	Elastic	Es method		Excavation effect		Influence factor		Rigidity			
		Weighted average		Er/Es	1.0	Das		Rigid			
	Consolidation	P'c method		Loading effects			α _{cons}		Excavation effect		
		OCR		Approximate 2V:1H		(T+4M+B)/6	1		False		

❖ **تنظیمات عمومی:** مقادیر T و D، هر دو ۱ متر می‌باشند. سطح ایستابی نیز در عمق ۲/۵ متری از سطح زمین قرار دارد.

❖ **کسیختگی برشی:** این تنظیمات تأثیری در محاسبات نشست شالوده ندارند.

❖ **کنترل نشست:** توجه به نکات زیر ضروری است.

- در این مثال نیز از روش توضیح داده شده در بند ۲-۴ استفاده می‌شود. مقدار نشست بدست آمده در مسئله حل شده (۶۳/۲۸ میلیمتر) را به عنوان نشست مجاز در نظر گرفته و ظرفیت باربری بدست آمده، با تنش مورد استفاده در صورت مسئله (۱۵۰ کیلو پاسکال) مقایسه می‌گردد.
- با توجه به مرجع، ضخامت لایه تراکم‌پذیر زیر شالوده، ۴/۵ متر می‌باشد. با توجه به توضیحات ارائه شده در بند ۲-۴ دو راهکار موجود است:

ا- استفاده از تعریف لایه Rigid و تعیین معیار خطوط همفشار به نحوی که از عمق قرارگیری لایه صلب فراتر رفته و لذا کنترل‌کننده نباشد.

ب- استفاده از معیار خطوط همفشار و روش تقریبی ۲ به ۱ به نحوی که عمق موثر عیناً برابر عمق موثر مطلوب مسئله باشد (همانند جدول فوق):

$$I = \frac{B \times L}{(B+Z) \times (L+Z)} \rightarrow I = \frac{1.0 \times 2.0}{(1.0+4.5) \times (2.0+4.5)} = 5.594 \text{ [%]}$$

- به منظور محاسبه نشست الاستیک در مرجع، با قضاوت مهندسی، صرفاً از ضریب پواسون و مدول الاستیسیته خاک ماسه‌ای استفاده شده است. اما روش کلی محاسبه، عبارتست از میانگین‌گیری وزنی این پارامترها در محدوده لایه تراکم‌پذیر. لذا جهت اعمال فرضیات محاسبات مرجع، E_s و ν در لایه رسی می‌بایست برابر با لایه ماسه‌ای باشد.
- اثر گودبرداری در نشست الاستیک دیده نشده است، بنابراین $E_r/E_s = 1$.
- شالوده از نوع صلب بوده و از رابطه داس استفاده شده است.
- خاک از نوع عادی تحکیم‌یافته می‌باشد، لذا نسبت پیش‌تحکیمی لایه، برابر واحد در نظر گرفته می‌شود ($OCR=1$).
- جهت محاسبه افزایش تنش ناشی از بارگذاری در تراز شالوده، از روش ۲ به ۱ طبق قانون سیمپسون استفاده می‌شود.

$$\Delta q = 1/6 (\Delta q_{top} + 4\Delta q_{middle} + \Delta q_{bottom})$$

- تنش موثر اولیه از سطح زمین محاسبه می‌گردد، لذا از اثر گودبرداری در محاسبات نشست تحکیمی صرف‌نظر شده است.
- نشست تحکیمی بطور کامل در محاسبات لحاظ شده است، لذا $\alpha_{cons} = 1$.

در نهایت چنین خواهیم داشت:

جدول ۵

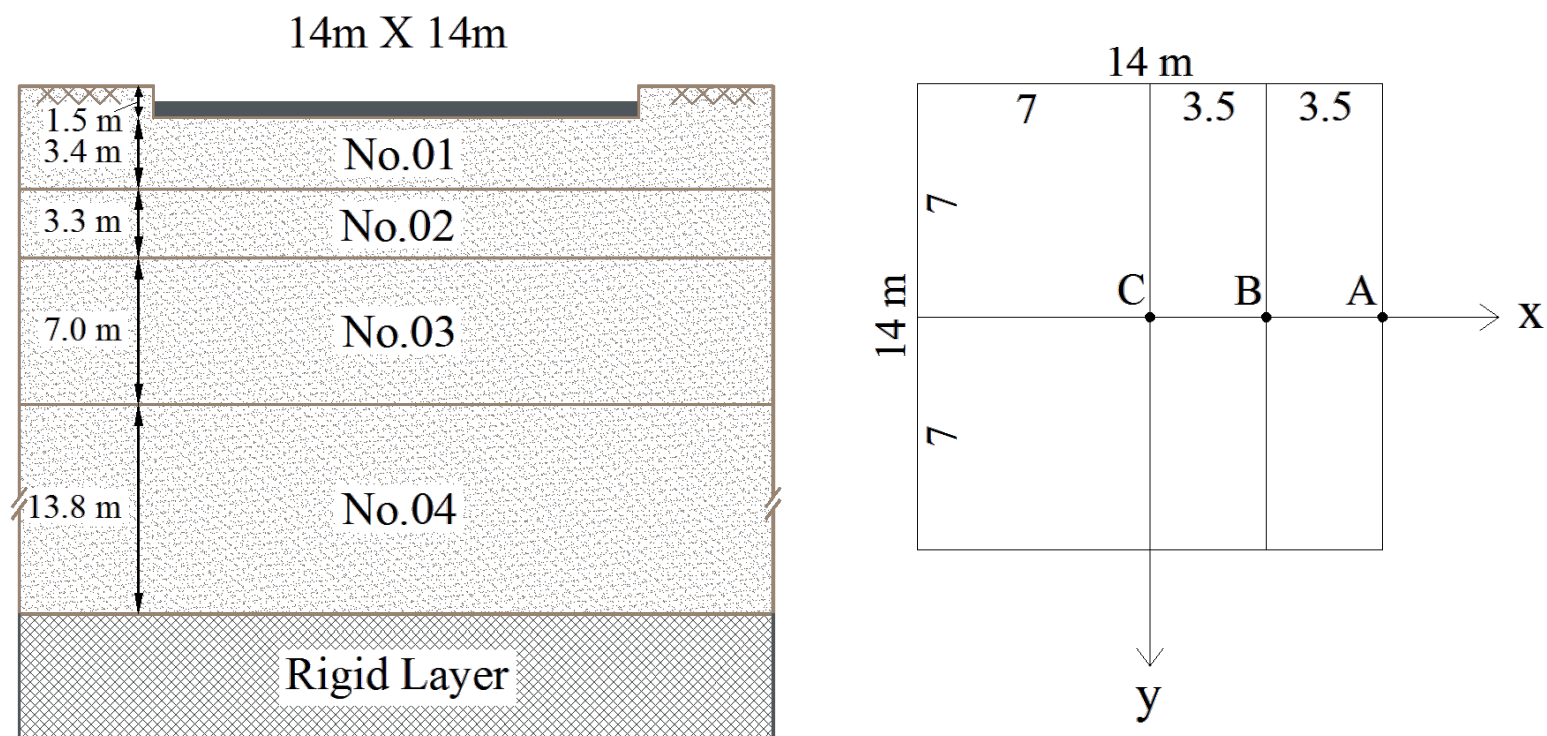
اختلاف	نرم‌افزار	مرجع	نام پارامتر
0.3 [%]	149.6 [kPa]	150 [kPa]	q_{set}

علت اختلاف در این مورد، قرائت ضریب α_r از روی گراف می‌باشد.

نکته: در این جا نیز همانند مثال قبل می‌توان به عنوان راهکار دوم، با رجوع به تب Load-Settlement و انتخاب حالت q_{user} ، مقدار تنش را برابر با ۱۵۰ کیلوپاسکال لحاظ کرده و نشست متناظر آن را با مقدار محاسبه شده در مرجع مقایسه کرد.

۲-۶ ضریب عکس‌العمل بستر شالوده در نقاط مختلف

مثال ۱۰-۲ از مرجع شماره ۳: مطلوبست تعیین ضریب عکس‌العمل بستر در شالوده گسترده طبق مشخصات زیر.



شکل ۷ - هندسه مسئله

No.	USCS	Bounds [m]	γ [kN/m ³]	ϕ [deg.]	c [kPa]	E_s [kPa]	ν	Consolidation	C_c	C_s	e_0	Auto	Sublayers
01	CL-ML	0 – 4.9				150,000	0.3	False	-	-	-	-	1
02	SW	4.9 – 8.2				18,950	0.3	False	-	-	-	-	1
03	SW	8.2 -15.2				22,000	0.3	False	-	-	-	-	1
04	SW	15.2 -29.0				32,900	0.3	False	-	-	-	-	1
05	Rigid												

General	g [m/s ²]		T [m]		D [m]	D _w [m]	Footing type		B [m]	L/B
			1.5		1.5	-	Mat		14.0	1.0

Settlement	Basic	Allowable settlement [m]		Effective stratum depth	Criteria		Method			
					Pressure isobars		Approximate 2V:1H			
	Elastic	Es method		Excavation effect		Influence factor		Rigidity		
		Weighted average		Er/Es	1.0	Steinbrenner		Flexible		
	Consolidation	P'c method		Loading effects			α _{cons}		Excavation effect	

❖ **تنظیمات عمومی:** مقادیر T و D، هر دو ۱/۵ متر می‌باشند. سطح ایستایی نیز مشاهده نشده است.

❖ **کسیختگی برشی:** از آن‌جا که در مثال حاضر، نشست صرفاً از نوع الاستیک است، این تنظیمات تأثیری در مقدار ضریب عکس‌العمل بستر شالوده نخواهند داشت.

❖ **کنترل نشست:** توجه به نکات زیر ضروری است.

- این مثال در ادامه مثال ۱۰-۱ از همین مرجع آورده شده و از آن‌جایی که ضریب عکس‌العمل بستر شالوده‌ها در شرایطی که نشست تحکیمی رخ ندهد، مستقل از نشست مجاز است، لذا اختیار کردن مقادیر مختلف نشست مجاز تفاوتی در نتیجه نهایی ایجاد نمی‌کند.
- با توجه به توضیحات پیشین (بندهای ۲-۴ و ۲-۵) و ضخامت لایه موثر در نشست که برابر با ۲۷/۵ متر از زیر شالوده می‌باشد، از روش تعیین لایه صلب استفاده شده است.
- اثر گودبرداری در نشست الاستیک دیده نشده است، بنابراین $E_r/E_s = 1$.
- شالوده از نوع انعطاف‌پذیر بوده و از رابطه اشتاین‌برنر استفاده شده است.

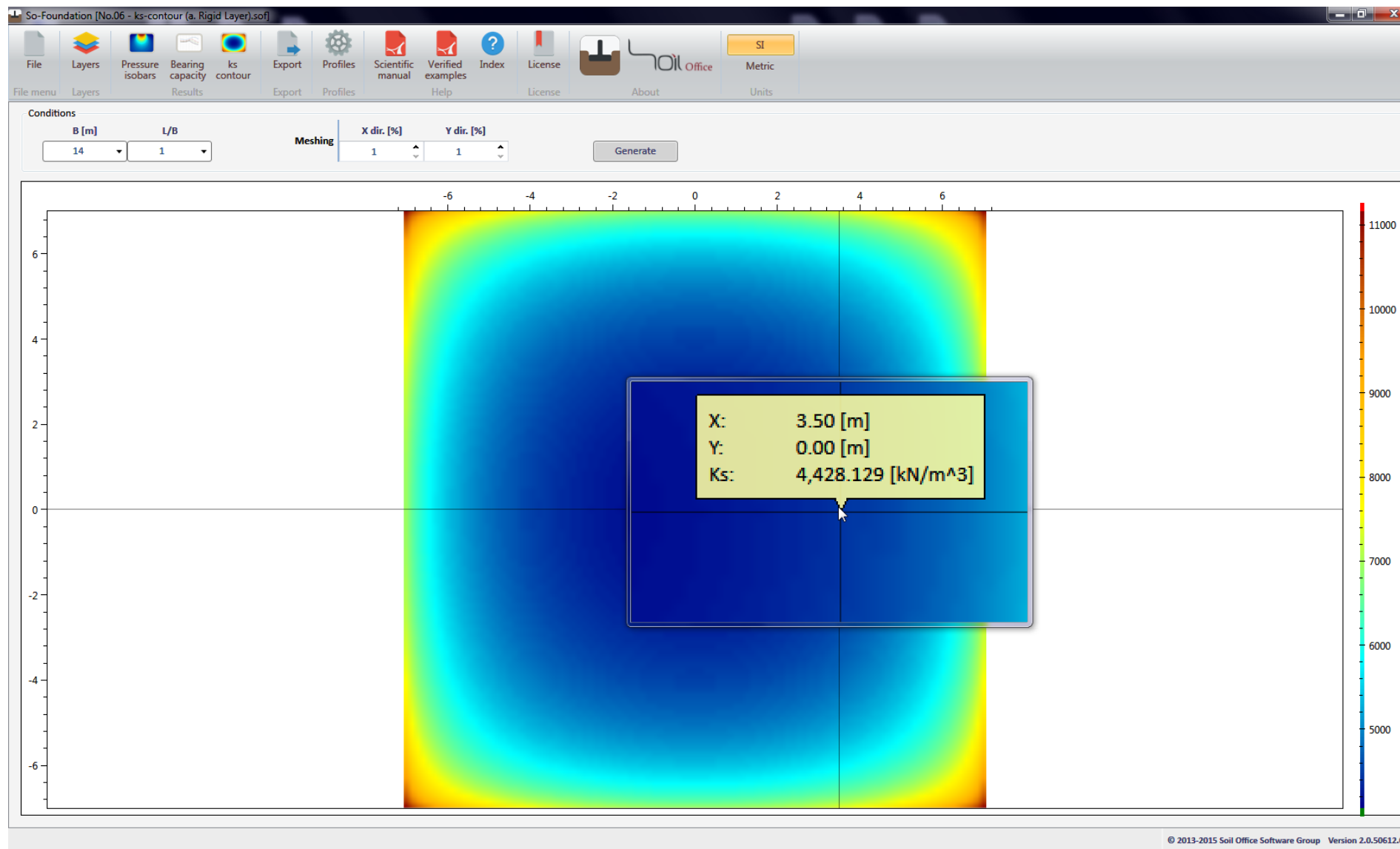
در شرایطی که شالوده صلب باشد، ضریب عکس‌العمل بستر یک عدد واحد است. این در حالی است که در شالوده‌های انعطاف‌پذیر، این پارامتر در نقاط مختلف سطح شالوده متغیر می‌باشد. از این‌رو در شالوده‌های انعطاف‌پذیر، این محاسبات در نقاط مختلف سطح انجام گرفته و به صورت کانتور به کاربر ارائه می‌گردد. کاربر می‌تواند با کلیک بر روی هر یک از نقاط، مختصات آن را به همراه ضریب عکس‌العمل بستر در آن نقطه، مشاهده کند. به عنوان نمونه شکل ۸ مقدار ضریب عکس‌العمل بستر را در نقطه B نشان می‌دهد.

در نهایت چنین خواهیم داشت:

جدول ۶

نام پارامتر	محل	مرجع	نرم‌افزار	اختلاف
k_s	A	6887 [kN/m ³]	6906.0 [kN/m ³]	0.3 [%]
	B	4445 [kN/m ³]	4428.1 [kN/m ³]	0.4 [%]
	C	4167 [kN/m ³]	4132.5 [kN/m ³]	0.8 [%]

در این مثال نیز تقریب مرجع در محاسبه I_s و I_F موجب اختلاف شده که البته قابل اغماض است.



شکل ۸ - مقدار ضریب عکس‌العمل بستر در نقطه B از سطح شالوده

۳ مراجع

[1] B. M. Das, Principles of Foundation Engineering, 7th ed., Stamford: Cengage Learning, 2010.

[2] D. P. Coduto, Foundation Design: Principles and practices, 2nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 2001.

[3] J. E. Bowles, Foundation Analysis and Design, 5th ed., New York: McGraw-Hill, 1997.

[4] ب. ام. داس، اصول مهندسی ژئوتکنیک، ویرایش دوم، جلد ۲، تهران: موسسه انتشارات پارس آئین، ۱۳۸۳.