

معادله تجربی بین سرعت موج برشی و عدد اس پی تی در خاکهای شهر زاهدان

فریدون خسروی^۱، جعفر رهنما^۲، احمد ادیب^۳، داود شعلی^۳

(۱) گروه مهندسی عمران دانشگاه امام حسین

(۲) گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

(۳) گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده

جهت مطالعه و مشخص نمودن معادله تجربی بین عدد اس پی تی و سرعت موج برشی، در پنج منطقه شهر زاهدان عملیات لرزه نگاری درون چاهی همراه با آزمایش اس پی تی صورت پذیرفت. سرعت امواج برشی متناسب با تراکم ضعیف لایه های سطحی، پایین می باشد، به همین ترتیب در اعماق بیش از ۵ متر با توجه به جنس ماسه متراکم، معادله بدست آمده با نقشه های تهیه شده همخوانی نشان می دهد.

واژه های کلیدی؛ اس پی تی، سرعت موج برشی، لرزه نگاری درون چاهی، ماسه متراکم

Achieved equation between the SPT (N value) and V_s in Zahedan soils

F. Khosravi¹, J. Rahnema-Rad², A. Adib³, D. Sholibor²

1) Department of Civil engineering, Emam Hosain University, Tehran, I.R.Iran

2) Department of Engineering Geology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, I.R.Iran

3) Department of Geology, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, I.R.Iran

Abstract

In order to study and recognized the achieved equation between the SPT (N value) and the V_s in Zahedan ground, the seismic geotechnical down hole and the SPT Studies have been carried out for five places in the city. The shear wave velocity is low, by taking into account the low density of surface layers. However, in the depth of more than 5 meters and considering the kind of dense sands, the achieved equation harmonizes with the prepared maps.

Key words: SPT, shear wave velocity, down hole test, dense sand

مقدمه

یکی از پارامترهای مهم برای تعیین واکنش خاک محل در برابر زلزله، مدول برشی یا سرعت موج برشی لایه های خاک است. مدول برشی (G) بوسیله اندازه گیریهای آزمایشگاهی بر روی نمونه های دست نخورده بدست آمده

و یا می توان آن را از سرعت موج برشی (V_s) محاسبه نمود. (کرامر، ترجمه میرحسینی ۱۳۷۸)

$$G_{\max} = \rho V_s^2$$

با توجه به این که تعیین مدول برشی یا سرعت موج برشی خاک از هر دو روش آزمایشگاهی و صحرایی هزینه گزافی دارد، محققین دنبال روشهایی بودند تا آنها را به طور غیر مستقیم بدست آورند. یکی از روشهایی که از سالها پیش به فکر استفاده از آن برای بدست آوردن سرعت موج برشی یا مدول برشی خاک بودند، آزمایش نفوذ استاندارد و عدد مربوط به آن است (اصغری ۱۳۷۵). آزمایش نفوذ استاندارد، آزمایشی است که از سالها پیش در سطح

وسعی در پروژه های ژئوتکنیکی معمول بوده و از نتایج آن برای ارزیابی پارامترهای مختلف زمین استفاده می شود. از محاسن این آزمایش ساده و ارزان بودن انجام آن است (حائری ۱۳۸۴).

سابقه تحقیق مربوط به معادلات تجربی موجود بین سرعت موج برشی و عدد اس پی تی

محققان مختلف تا سال ۱۹۷۰ روابط تجربی مختلفی را بین عدد اس پی تی و سرعت موج برشی پیشنهاد کرده اند ولی بخاطر اینکه این روابط از تعداد آزمایش کمتری استنتاج شده و همچنین از تجهیزات کامل و روش آزمایش اس پی تی دقیقی برخوردار نبودند، دارای اعتبار و دقت پایینی هستند. آزمایش اس پی تی در کشورهای مختلف استاندارد های مختلفی دارد، بنابراین رابطه تجربی پیشنهاد شده برای یک کشور یا منطقه ممکن است برای کشوری دیگر، اعتبار کمتری داشته باشد. به این خاطر امروزه توصیه می شود که از عدد اس پی تی اصلاح شده برای هر منطقه استفاده شود (اصغری ۱۳۷۵).

معمولاً در بدست آوردن روابط جدیدتر از نتایج آزمایشات اندازه گیری سرعت موج برشی و اس پی تی دقیق تر و بیشتری استفاده می شود. از جمله آزمایشات دقیق تر اندازه گیری سرعت موج برشی، می توان به روشهای درون چاهی اشاره کرد. (حائری ۱۳۷۸) علاوه بر اینها، تاثیرات سن زمین شناسی و نوع خاک نیز در نظر گرفته می شود. اوزاکی و ایوازاکی (Ohsaki & Iwasaki 1973) بر اساس تحلیل برگشتی آماری ساده بر روی ۲۰۰ سری داده جمع آوری شده از آزمایشات لرزه ای (غالباً روش سطح به گمانه) سراسر ژاپن رابطه ای را پیشنهاد کردند. آنها داده ها را بر اساس نوع خاک و سن زمین شناسی به گرو هایی تقسیم کرده و سپس سعی نمودند ضرایب بهترین منحنی برازش همبستگی مدول برشی و عدد اس پی تی و همچنین سرعت موج برشی و عدد اس پی تی را بدست آورند. (Sykora 1988)

$$G = 12 N^{0.78} \quad (\text{Mpa})$$

$$V_s = 82 N^{0.39} \quad (\text{m/s})$$

اوتا و گوتو در سال ۱۹۷۸ (Ohta & Goto 1978) با مطالعات دقیق تر و تحلیل آماری بر روی ۳۰۰ سری داده که هر کدام دارای سرعت موج برشی و عدد اس پی تی، عمق، سن زمین شناسی و نوع خاک بودند، روابط قبلی خویش را اصلاح کرده و ۱۵ رابطه مختلف با ضرایب تناسب مختلف ارائه نمودند (Otha 1976). آنها در نهایت رابطه ساده شده ای را بصورت زیر ارائه کردند. (Sykora 1988)

$$V_s = 85.3 N^{0.348} \quad (\text{m/s})$$

سید و ادریس و آرگانو (Seed & Idriss & Argano 1983) برای خاکهای ماسه ای و ماسه سیلت دار روابط زیر را پیشنهاد کرده اند (Sykora 1988)

$$V_s = 56.4 N^{0.5} \quad (\text{m/s})$$

$$G_{max} = 6.22 N \quad (\text{Mpa})$$

ایمای و یوشیمورا (Imai & yoshimura 1990) نیز با تحقیقات فراوان، روابط زیر را پیشنهاد داده اند. (اصغری ۱۳۷۵)

$$G_{max} = 14.1 N^{0.68} \quad (\text{Mpa})$$

$$V_s = 97 N^{0.314} \quad (\text{m/s})$$

آنها اظهار داشته اند که استفاده از رابطه مدول برشی، دقیق تر از رابطه سرعت موج برشی برای بدست آوردن مدول برشی خاکهای دانه ای است، ولی در مورد خاکهای چسبنده عکس این حالت صادق است.

سیکورا و استوک (Sykora & Stokoe 1983) با استفاده از روش لرزه نگاری چاه به چاه برای خاکهای دانه ای، رابطه زیر را پیشنهاد کرده اند. (Sykora 1988)

$$V_s = 100.6 N^{0.29} \quad (\text{m/s})$$

در جدول (۲) بطور خلاصه علاوه بر روابط فوق الذکر تعداد دیگری رابطه پیشنهاد شده، نمایش داده شده است.

ایشیهارا و همکاران (Ishihara et al. 1982) در مطالعات خویش در کشورهای حوضه بالکان، ارتباط بین عدد اس پی تی و سرعت موج برشی را به صورت جدول (۳) مشاهده نموده اند. (Ishihara 1982)

جدول (۲) روابط تجربی موجود بین عدد SPT (N) و سرعت موج برشی (Vs) بر حسب متر بر ثانیه می باشد)

معادله بدست آمده	مؤلف	جنس خاکها	ردیف
$V_s = 82 N^{0.39}$	Ohsaki & Iwasaki (1973)	همه خاکها	۱
$V_s = 85 N^{0.341}$	Ohta & Goto (1978)	همه خاکها	۲
$V_s = 88 N^{0.34}$	Ohta & Goto (1978)	ماسه ها	۳
$V_s = 94 N^{0.34}$	Ohta & Goto (1978)	گراول ها	۴
$V_s = 97 N^{0.314}$	Imai & Tanouchi(1982)	همه خاکها	۵
$V_s = 56 N^{0.5}$	Seed & Idriss & Argano(1983)	ماسه ها	۶
$V_s = 107 N^{0.27}$	Sykora & Stokoe (1983)	ماسه ها	۷
$V_s = 125 N^{0.3}$	Okamota et al. (1989)	ماسه بادی ها	۸
$V_s = 76 N^{0.33}$	Imai & yoshimura(1990)	همه خاکها	۹

جدول (۳) ارتباط بین سرعت موج برشی (Vs) و عدد SPT (ایشیهارا و همکاران، ۱۹۸۲) الف- خاکهای غیر چسبنده

شدیداً متراکم	متراکم	تغریباً متراکم	شل	
>۵۰	۳۰-۵۰	۸-۳۰	۸	عدد آزمایش نفوذ استاندارد
۸۰۰-۱۰۰۰	۶۰۰-۸۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۳۰۰	سرعت موج برشی متر بر ثانیه

ب- خاکهای چسبنده

سخت	شدیداً سفت	سفت	تغریباً سفت تا سفت	
>۳۲	۱۶-۳۲	۸-۱۶	۸	عدد آزمایش نفوذ استاندارد
۵۰۰-۷۵۰	۳۰۰-۵۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۲۰۰	سرعت موج برشی متر بر ثانیه

روش تحقیق

معادله سرعت موج برشی و عدد اس پی تی بدست آمده در این مطالعات

در شهر زاهدان جمعاً ۵۱ گمانه برداشت گردیده است. که در ۹ ناحیه در شهر زاهدان حفر شده اند. در هر ناحیه تعداد گمانه ها از ۲ تا ۲۲ حلقه متغیر است. عمق کل حفاری ۴۷۸ متر و عمق هر گمانه از ۲ تا حداکثر ۲۰ متر متغیر می باشد، که عمدتاً دارای خاکهای ماسه ای، ماسه شن دار، شن و ماسه گراول دارو درصد کمتری سیلت و رس می باشد.

جدول ۳: موقعیت و مترائز حفاری در سایتهای دارای اطلاعات ژئوتکنیکی جمع آوری شده

مترائز حفاری (m)	تعداد گمانه ها	مختصات جغرافیایی (UTM)		عنوان پروژه	شماره سایت
		Y	X		

۶۰	۴	۳۲۲۶۱۵۰	۲۹۰۲۰۰	۱۹۲ واحدی مسکن	۱
۵۵	۴	۳۲۶۲۵۰۰	۲۹۰۸۰۰	فرهنگسرای جوان	۲
۴۵	۳	۳۲۶۱۱۴۶	۲۹۱۵۰۰	آپارتمانهای مشارکتی مسکن	۳
۴۸	۴	۳۲۷۱۰۰۰	۲۸۹۲۰۰	شهرک کارگاهی	۴
۲۴	۲	۳۲۶۴۰۴۲	۲۹۳۱۱۰	مرکز پرورش اسلامی	۵
۲۴/۴	۴	۳۲۶۶۰۰۰	۲۹۱۱۰۰	دیوان محاسبات	۶
۶۰	۴	۳۲۶۲۴۴۳	۲۹۲۷۴۷	دانشکده اقتصاد	۷
۳۰	۲	۳۲۶۳۲۰۴	۲۹۴۵۱۳	موزه	۸
۱۳۱/۳	۲۲	۳۲۶۸۱۰۰	۲۹۷۱۰۰	تصفیه خانه فاضلاب	۹

جدول ۴: مشخصات ژئوتکنیکی گمانه های حفاری شده جهت مطالعات

Archive of SID

سرعت موج برشی (m/s)	عدد نفوذ استازان دارد	وزن مخصوص مرطوب	وزن مخصوص خشک	درصد رطوبت	طبقه بندی دي	عمق نمونه	مختصات جغرافیایی سایت (UTM)
۳۷۰	>۵۰	۱/۶۱	۱/۶۰	۰/۴۱	SW	۰/۵	
۳۷۰	>۵۰	۱/۶۳	۱/۶۲	۰/۵۲	SW	۲	
۳۷۵	>۵۰	۱/۶۸	۱/۶۷	۰/۵۴	SW	۳	
۴۷۰	>۵۰	۱/۶۹	۱/۶۸	۲/۱۰	SP	۵	میدان امام
۵۱۰	>۵۰	۱/۷۳	۱/۶۸	۲/۷۶	SP	۷	رضا (ع)
۵۵۰	>۵۰	۱/۹۰	۱/۸۱	۴/۸۶	SP	۹	(غرب)
۵۷۰	>۵۰	۱/۹۰	۱/۸۵	۲/۶۰	SW	۱۱	۳۲۶۳۲۶۳
۵۷۰	>۵۰	۱/۹۲	۱/۸۷	۲/۵۹	SP	۱۳	Y=
۵۷۵	>۵۰	۱/۹۲	۱/۸۷	۳/۲۷	SW	۱۵	۲۸۹۳۳۷
۶۲۰	>۵۰	۱/۹۴	۱/۸۸	۳/۳۴	SP	۱۷	X=
۶۳۰	>۵۰	۱/۹۳	۱/۹۰	۱/۵۶	SP	۱۹	
۶۳۰	>۵۰	۱/۹۹	۱/۹۶	۱/۵۶	GW	۲۱	
۴۳۵	>۵۰	۱/۸۶	۱/۸۴	۱/۱۹	GP-GM	۲	
۴۳۵	>۵۰	۱/۸۰	۱/۷۸	۱/۲۷	SW	۵	
۵۴۱	>۵۰	۱/۸۲	۱/۸۰	۱/۰۵	SW	۷	
۵۷۰	>۵۰	۱/۸۵	۱/۸۱	۲/۱۲	SW	۱۰	
۶۱۵	>۵۰	۱/۸۹	۱/۸۶	۱/۵۵	GP	۱۱	
۶۱۵	>۵۰	۱/۹۲	۱/۹۰	۱/۲۱	SW	/۵	شهرک جوشکاران
۶۲۰	>۵۰	۱/۹۸	۱/۸۶	۶/۳۱	SP	/۵	(شمال)
۶۶۰	>۵۰	۱/۹۷	۱/۹۴	۱/۴۵	SW	/۵	(غرب)
۶۶۰	>۵۰	۱/۹۸	۱/۹۴	۲/۱۶	SP	/۵	۳۲۶۸۱۵۵
۶۶۰	>۵۰	۲/۱۵	۳/۱۳	۱/۱۱	GP	۱۷	Y=
۶۶۰	>۵۰	۲/۱۵	۳/۱۳	۱/۱۱	GP	۱۹	۲۸۹۴۴۵
۶۶۰	>۵۰	۲/۱۵	۳/۱۳	۱/۱۱	GP	۲۰	X=
۴۱۸/۵	>۵۰	۱/۶۹	۱/۵۹	۶/۰۲	GW-GM	۲	
۴۱۸	۴۱	۱/۶۸	۱/۶۴	۲/۲	SP	۴	
۴۲۰	۲۵	۱/۷۳	۱/۵۱	/۷۹ ۱۴	SP	۶	
۴۲۰	۴۵	۱/۷۰	۱/۵۲	/۶۷ ۱۱	SP	۷/۵	پشت فرودگاه
۵۰۵	۳۱	۱/۷۶	۱/۳۸	/۳۰ ۲۷	SP	۹	(شرق)
۵۳۷	۲۳	۱/۷۱	۱/۵۳	/۵۸ ۱۱	SP-SM	۱۱	۳۲۶۴۲۶۵
۵۳۷	>۵۰	۱/۷	۱/۵۸	۷/۲۹	SP	/۵	Y=
۵۳۷	۳۷	۱/۷۲	۱/۶۱	۶/۶۰	SP	۱۲	۲۹۶۳۱۶
۵۳۷	۴۰	۱/۷۴	۱/۵۶	/۸۱ ۱۱	SP	/۵	X=
۵۳۷	۴۰	۱/۷۴	۱/۵۶	/۸۱ ۱۱	SP	۱۵	

جدول ۵: مشخصات ژئوتکنیکی گمانه های حفاری شده جهت مطالعات

مختصات نرافیایی سایت (UTM)	عمق نمونه	طبقه بندی	درصد رطوبت	وزن مخصوص خشک	وزن مخصوص مرطوب	عدد نفوذ استاندارد	سرء موج برش n/s)
	۱/۵	SW	۰/۹۹	۱/۸۴	۱/۸۶	>۵۰	۲۲
	۳	SW	۱/۹۲	۱/۸۴	۱/۸۸	>۵۰	۲۲
	۵	SW	۲/۰۲	۱/۸۵	۱/۸۹	>۵۰	۱۱۰
دانشگاه آزاد	۷	SW	۲/۰۲	۱/۸۷	۱/۹۱	>۵۰	۱۵۰
	۹	SW	۲/۵۸	۱/۸۸	۱/۹۳	>۵۰	۱۵۰
(جنوب)	۱۱	SW	۱/۲۱	۱/۹۲	۱/۹۴	>۵۰	۲۰
Y= ۳۲۶۸۱۷	۱۳	SW	۰/۶۶	۱/۹۶	۱/۹۷	>۵۰	۲۰
X= ۲۸۹۴۴	۱۵	SW	۱/۰۹	۱/۹۶	۱/۹۸	>۵۰	۲۰
	۱۷/۵	SW	۲/۷۶	۱/۹۹	۲/۰۵	>۵۰	۶۵
	۲۰	SW	۱/۱۲	۲/۱۳	۲/۱۵	>۵۰	۶۵
	۳/۵	SP	۹/۴۹	۱/۴۱	۱/۴۰	۱۶	۸۹
	۵	SP-SM	۶/۴۴	۱/۳۴	۱/۴۳	۲۶	۸۹
بدان امام علی (ع)	۶/۵	SP	۹/۴۹	۱/۴۱	۱/۵۴	۳۰	۱۲
(مرکز)	۸	SW	۲/۷۱	۱/۶۲	۱/۶۶	>۵۰	۱۲
	۱۰	SW	۲/۷۱	۱/۶۲	۱/۶۶	>۵۰	۱۲
Y= ۳۲۶۴۰۷	۱۱/۵	SP	۳/۸۶	۱/۶۰	۱/۶۶	۴۰	۸۵
X= ۲۹۶۳۱	۱۳	SP	۱۱/۴۷	۱/۴۹	۱/۶۶	>۵۰	۸۵
	۱۴/۵	SP	۱۱/۵۲	۱/۴۹	۱/۶۶	>۵۰	۸۶
	۱۶	SP	۴/۷۸	۱/۵۷	۱/۶۵	>۵۰	۱۳۳
	۱۷/۵	SW	۷/۸۹	۱/۵۷	۱/۶۹	>۵۰	۱۳۳
	۱۹	SP	۴/۲۸	۱/۶۰	۱/۶۷	>۵۰	۲/۴
	۲۰/۵	SW	۱/۸۷	۱/۸۷	۱/۶۸	>۵۰	۲/۴

همانگونه که مشاهده می شود پراکندگی گمانه ها در سطح شهر یکنواخت نمی باشد و همچنین فاقد اطلاعات سرعت موج لرزه ای هستند. در گمانه های ژئوتکنیکی گردآوری شده جهت تعیین سرعت امواج لرزه ای می باید از مقادیر عدد نفوذ استاندارد آنها استفاده نمود. لذا جهت یکنواخت نمودن پراکندگی اطلاعات ژئوتکنیکی و همچنین به منظور بدست آوردن یک رابطه منطقی و صحیح بین عدد نفوذ استاندارد و سرعت موج برشی در شهر زاهدان اقدام به حفر پنج گمانه ژئوتکنیک دیگر نیز شده است که موقعیت این گمانه ها به همراه لیست آزمایشات انجام شده در جدول شماره (۴) آورده شده است. عمق این گمانه ها حداکثر ۲۱ متر می باشد. اطلاعات و نتایج حاصل از بررسی گمانه های ژئوتکنیکی گردآوری و حفر شده بطور کامل در جداول ۴ و ۵، آورده شده است.

با بررسی و مقایسه سرعتهای موج برشی حاصله از این آزمایشات و اعداد اس پی تی بدست آمده از لوگ گمانه های موجود در محل یا نزدیکی محل آزمایش، ملاحظه می شود که رابطه بین آنها با غالب روابط تجربی موجود مطابقت ندارد و از این روابط بطور کلی از عدد اس پی تی معینی مقدار سرعت موج برشی کمتر از آنچه که در آزمایشات لرزه ای دیده می شود، بدست می آید. به عنوان مثال برای عدد اس پی تی ۵۰، سرعت موج برشی

حاصله از روابط اوزاکی و ایوزاکی (۱۹۷۳)، اوتا و گوتو (۱۹۷۸)، سیکورا و استوک (۱۹۸۳)، ایمای و یوشیمورا (۱۹۹۰) به ترتیب ۳۷۷،۳۳۲،۳۱۰،۳۳۱ متر بر ثانیه بدست می آیند که با سرعت بدست آمده برای این حدود عدد اس پی تی که بطور متوسط ۶۰۰ متر بر ثانیه است مشابهت ندارد. از روابط تجربی ذکر شده در بخش قبلی، تنها رابطه ایشیهارا و همکاران (۱۹۸۲) سازگاری خوبی با نتایج مطالعات نشان می دهد. ارتباط بین اعداد اس پی تی و سرعت موج برشی بدست آمده برای منطقه مطالعاتی دیده می شود. در صورتی که بهترین منحنی برازش، بین نقاط داده ها رسم شود (تصویر ۱) و معادله منحنی بدست آمده به فرم روابط معمول نوشته شود، بصورت زیر خواهد بود.

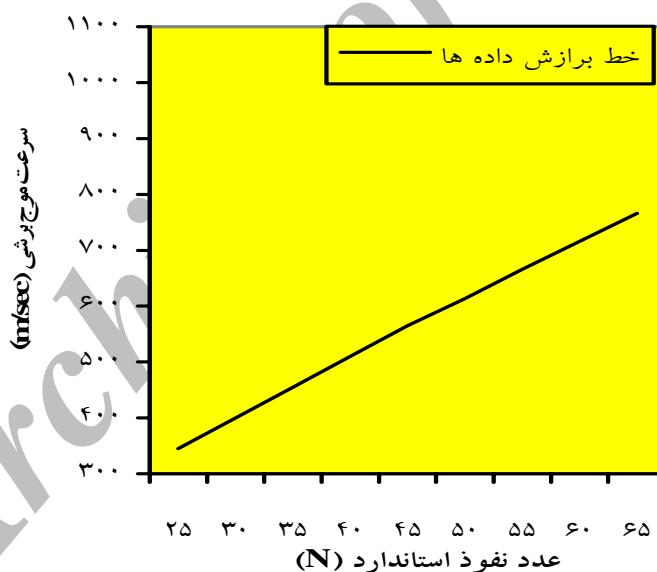
$$V_s = 23 N^{0.84} \quad (\text{m/s}) \quad (30 < N < 50) \quad (h > 5)$$

N: عدد اس پی تی

Vs: سرعت موج برشی بر حسب متر بر ثانیه

h: عمق به متر

پیوست نقشه های بدست آمده برای عدد اس پی تی و سرعت موج برشی در عمق ۵ تا ۱۰ متری سطح زمین که از مطالعات صحرایی این تحقیق بدست آمده اند جهت بررسی و تدقیق منضم گردیده اند.



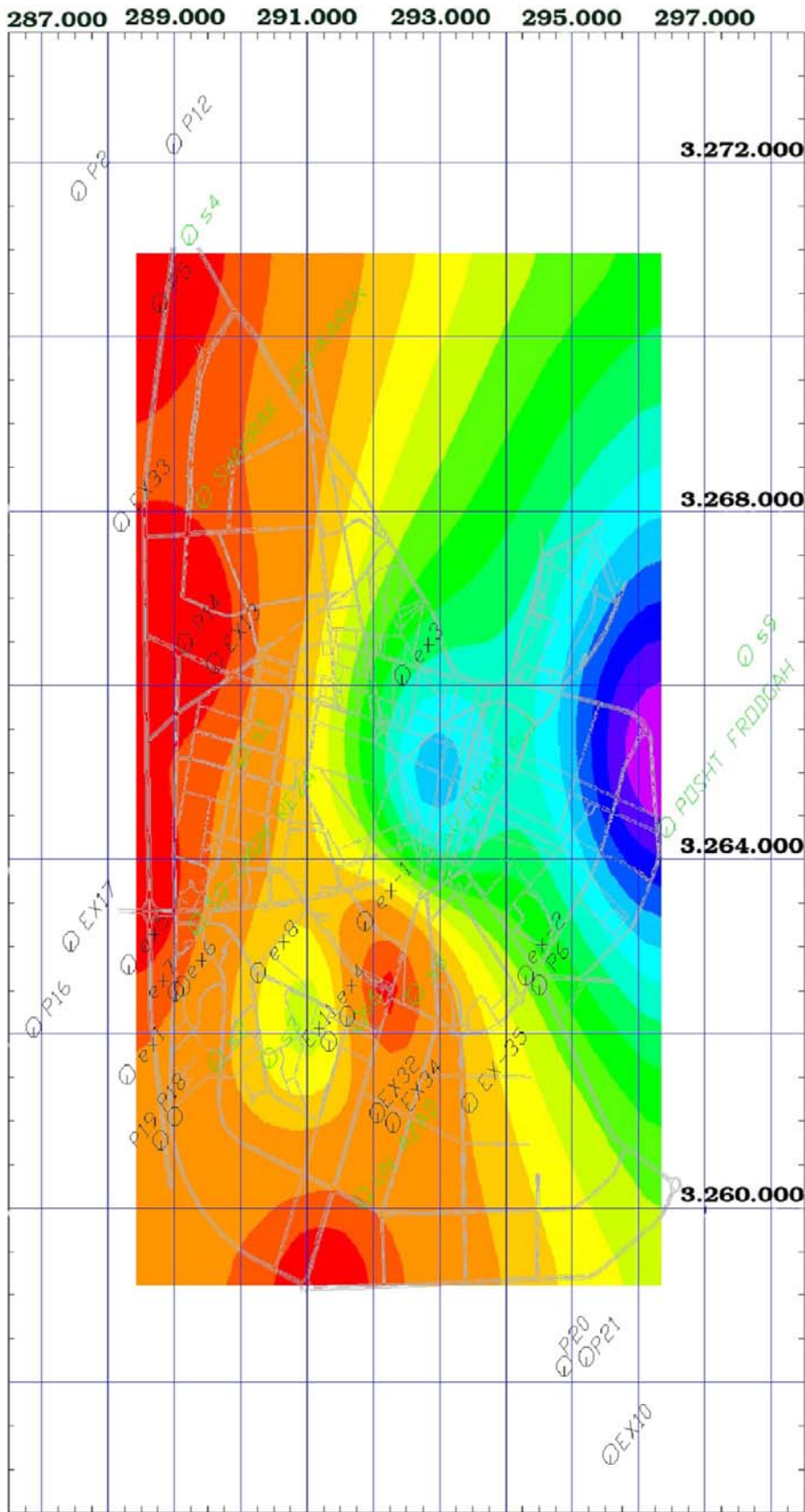
تصویر ۱: ارتباط بین عدد اس پی تی و سرعت موج برشی در شهر زاهدان

نتیجه گیری

بدلیل این که اعداد اس پی تی موجود برای خاکهای ماسه ای و ماسه گراولی زاهدان مابین ۳۰ الی ۵۰ می باشند لذا رابطه بدست آمده نیز برای این محدوده اعتبار دارد و از آنجاییکه نتایج اس پی تی در خاکهای ریز دانه جواب دقیقی ارائه نمی نماید و این موضوع با انجام عملیات صحرایی کاملاً در شمال شرق و تغریباً شرق زاهدان بدلیل وجود خاکهای رسی و سیلتی مشهود و در نقشه ها و معادله حاصله قابل کنترل و تحقیق می باشد. بدلیل اینکه لایه های سطحی خاک زاهدان ماسه گراولی دارای تراکم پایین می باشد، لذا اعداد اس پی تی بدست آمده با معادله بالا هم خوانی ندارد چون تعداد ضربات بیشتری جهت فرو بردن اس پی تی بداخل خاک نیاز می باشد در صورتی که سرعت عبور امواج با توجه به تراکم پایین لایه ها پایین می باشد. اما در لایه های پایین تر از عمق ۵ متری با توجه به نوع لایه ها که عمدتاً از جنس ماسه متراکم می باشند معادله بدست آمده کاملاً هم خوانی نشان می دهد

لازم به ذکر است مولف با اطمینان به این که اجرای سازه های بیش از سه طبقه در شهر زاهدان حداقل در ۴- متر جهت احداث زیر زمین رعایت می گردد لذا نقشه ها و معادله حاصله را در عمق ۵- و پایتیر از آن بررسی و ارائه نموده است. معادله حاصل شده از روابط تجربی پیشنهادی دیگران که با مطالعه بر روی خاک کشورهای دیگر بدست آمده اند مناسب بیشتری در برآورد سرعت موج برشی از عدد اس پی تی دارد.

Archive of SID



N

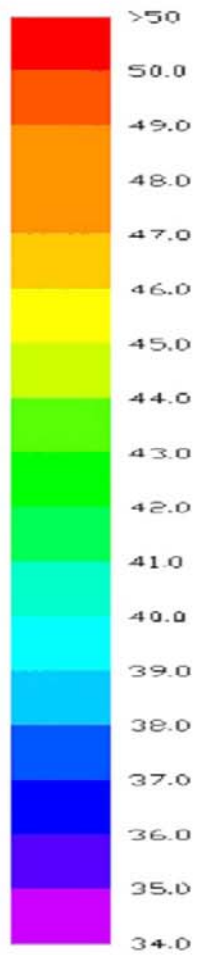
ZAHEDAN AREA -SCALE 1:10000

250 METERS 500 1000meters
Scale 1:10000

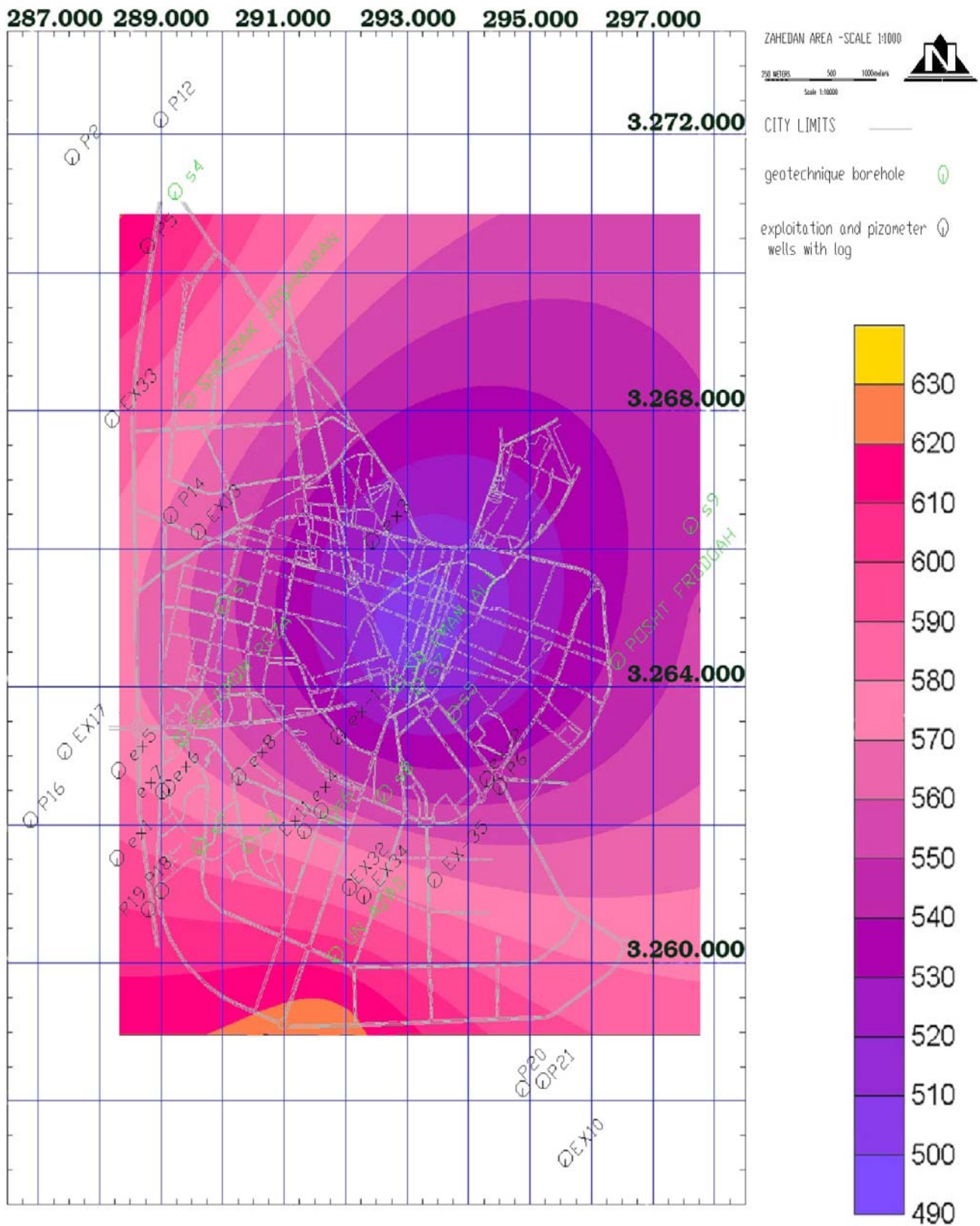
CITY LIMITS ———

geotechnique borehole

exploitation and pizometer wells with log



تصویر ۲: نقشه تغییرات SPT در عمق ۱۰-۵ متری در گستره شهر زاهدان



تصویر ۳: تغییرات سرعت موج برشی V_s در عمق ۱۰ متر در شهر زاهدان

مراجع

- کرامر (Kramer)، اس (S.)، ترجمه میر حسینی، س.، ۱۳۷۸، "مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای"، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۹۳۲ صفحه.
- حائری، س.م.، ۱۳۸۴، "ریزپهنه بندی لرزه ای و تهیه طیف طراحی برای شهرهای بزرگ" (مطالعه موردی شهر تبریز) - ناشر: بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (پژوهشکده سوانح طبیعی)، ۳۱۴ صفحه
- حائری، م.، ۱۳۷۸، "گزارش ریزپهنه بندی لرزه ای شهر کرمانشاه"، مرکز پژوهش و مطالعات سوانح طبیعی، ۱۴۵ صفحه
- اصغری، ا.، ۱۳۷۵، "ریزپهنه بندی ژئوتکنیک لرزه ای جنوب تهران از دیدگاه ساختگاهی"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

Ishihara, K.Asal, A.M., 1982., "Dynamic behavior of soils, soil amplification and soil structure interaction", final report for working group d., UNDP/UNESCO project on earthquake risk reduction in Balkan region.

Otha, Y.Goto, N.1976, "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes", Eq.Eng and structural dynamics, Vol6, pp.167-187

Sykora, W.D.koester, P.j.1988, "Correlation between dynamic shear resistance and standard penetration resistance in soils", Earthquake engineering and soil dynamics II, pp.389-404

Archive of SID