

بررسی اثر پارامتر حالت در معادلات رفتاری با استفاده از نتایج آزمایش‌های سانتریفوژ

منوچهر لطیفی نمین^{۱*} و زهرا سبزی^۲

(// // //)

چکیده

VELACS 50g
Pastor & Zienkiewicz Mark III

DIANA-SWANDYNE II

واژه‌های کلیدی:

مقدمه

()

" "

[]

[]

Been & Jefferies(1985)

(p) Pastor & Zienkiewicz(1990)

[]

(e)

(η)

$$\eta = q / p' ; d_g = (1 + \alpha_g) \cdot (M_g - \eta) \quad ()$$

$$\eta \quad \alpha_g \quad M_g \quad ()$$

(q)

(p')

$$\eta = M_g$$

Ishihara et al (1975)

(θ)

M_g

[]

$$M_g = 6 \cdot \text{Sin} \varphi'_g / (3 - \text{Sin} \varphi'_g \cdot \text{Sin} 3\theta) \quad ()$$

φ'_g

Pastor & III []

Zienkiewicz Mark

() **مدل Pastor & Zienkiewicz Mark III**

فرضیات اساسی

بردار (تنسور) امتداد جریان پلاستیک در حالت
بارگذاری

[]

$$q = 6 p' \cdot \text{Sin} \varphi'_g / (3 - \text{Sin} \varphi'_g \cdot \text{Sin} 3\theta) \quad ()$$

[]

$$d_g = d\varepsilon_p^p / d\varepsilon_q^p \approx d\varepsilon_p / d\varepsilon_q \quad ()$$
$$d\varepsilon_q^p \quad d\varepsilon_p^p$$

:

$$G = q - 6 \cdot \text{Sin} \varphi'_g / (3 - \text{Sin} \varphi'_g \cdot \text{Sin} 3\theta) \times \quad ()$$
$$(1 + 1/\alpha_g)(1 - (p' / p'_g))$$

$d\varepsilon_q \quad d\varepsilon_p$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & \alpha_g & M_f \alpha_f \\ & & p'_g \end{array} \right) \quad \alpha$$

$$\left(\begin{array}{ccc} & & n_{\theta}^{gL}, n_q^{gL}, n_p^{gL} \\ n_q^{gL} = 1 & ; & n_p^{gL} = d_g = (1 + \alpha_g).(M_g - \eta) \end{array} \right) \quad ()$$

$$M_f = 6.Sin\phi'_f / (3 - Sin\phi'_f.Sin3\theta) \quad () \quad n_{\theta}^{gL} \quad \text{Pastor \& Zienkiewicz}$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & M_g \quad M_f \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_f & & \\ | & | & " \\ & & M_g \end{array} \right) \quad n_{\theta}^{gL} = -q.M_g.Cos3\theta / 2 \quad ()$$

بردار جریان پلاستیک باربرداری

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & n_{\theta}^{gu}, n_q^{gu}, n_p^{gu} \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & n_p^{gu} = -|n_p^{gL}| \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & \end{array} \right) \quad []$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} & & \frac{1}{1 + 1/\alpha_g} \\ & & (M_f = M_g) \end{array} \right) \quad n_q^{gu} = n_q^{gL} \quad ; \quad n_{\theta}^{gu} = n_{\theta}^{gL} \quad ()$$

بردار (تنسور) امتداد بارگذاری - باربرداری

$$\left(\begin{array}{ccc} M_g & M_f & \\ & & n_{\theta}, n_q, n_p \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} M_f & & n_q = 1 \quad ; \quad n_p = d_f = (1 + \alpha_f).(M_f - \eta) \end{array} \right) \quad ()$$

$$\left(\begin{array}{ccc} & & n_{\theta} = -q.M_g.Cos3\theta / 2 \end{array} \right) \quad ()$$

(Dr) α_f

α_g

M_f

$$\eta_{\max} \quad []$$

γ_{DM}

مدول پلاستیک بارگذاری

مدول پلاستیک باربرداری

$$H_L = H_0 \cdot p' \cdot (1 - \eta / \eta_f)^4 \cdot (H_v + H_s) \times \quad ()$$

$$(\eta / \eta_{\max})^{-\gamma_{DM}} \quad ()$$

$$\eta_f = (1 + 1/\alpha_f) \cdot M_f \quad ()$$

$$H_u = H_{u0} (\eta_u / M_g)^{-\gamma_u} \quad ()$$

H_{u0}

p'

H_0

η_u

γ_u

$$(1 - \eta / \eta_f)^4$$

ثابت‌های الاستیک

η_f

H_v

$$(H_{evop}, H_{esop})$$

$$H_v = (1 - \eta / M_g) \quad ()$$

H_v

M_g

η

$$K = H_{evop} \cdot p' \quad ()$$

$$G = H_{esop} \cdot p' / 3 \quad ()$$

H_s

H_s

H_v

[]

استفاده از پارامتر حالت در مدل Pastor & Zienkiewicz Mark III

Wilde (1977)

H_s

$$H_s = \beta_0 \cdot \beta_1 \cdot \exp(-\beta_0 \xi) \quad ()$$

$$\xi = \int |d\varepsilon_q| \quad ()$$

$d\varepsilon_q$

$\beta_1 \quad \beta_0$

$M_g \quad M_f$

[]

[]

H_s

M_g

$p' - q$

H_s

M_g

$e - \ln(p')$ $\lambda \Gamma$ Manzari & Dafalias
 () (1997)
 [] Ishihara et.al. []

اصلاح مدل

M_g
 M_{cs}
 M_g / M_{cs}
 M_g ()
 ()
 M_g

ارزیابی مدل اصلاح شده

VELACS

تعریف مکانیزمی برای تعیین M_g

VELACS

M_g (CSL)

% %

if $\psi \geq 0 \Rightarrow M_g = M_{cs} * (2 - \exp(-\psi))$ ()

if $\psi < 0 \Rightarrow M_g = M_{cs} * (\exp(\psi))$
 ψ M_{cs}

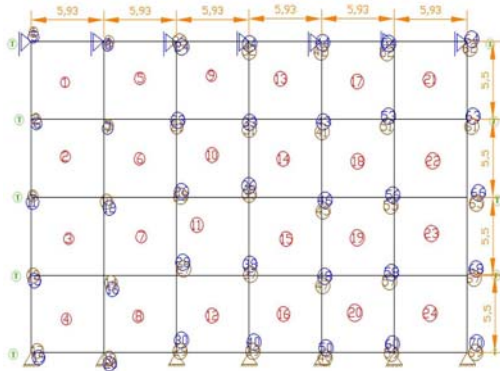
() () () ()
 VELACS

[]
 $\psi = e - e_{cr}$ ()

%

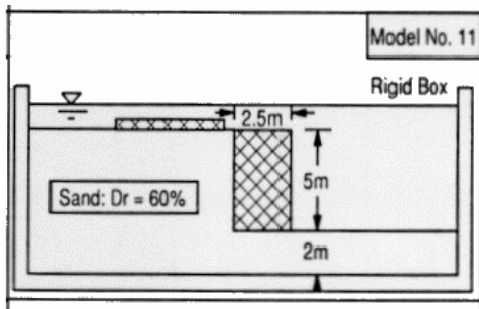
e_{cr}

$e_{cr} = \Gamma - \lambda * \ln(p')$ ()



T : Tide Nodes

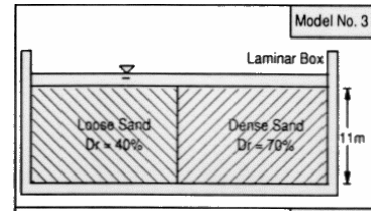
شکل ۳: مش مدل شماره ۳ پروژه VELACS.



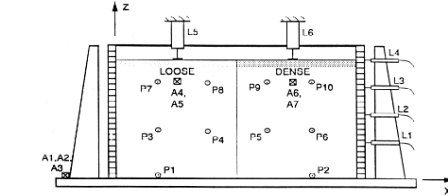
شکل ۴: هندسه مدل شماره ۱۱ پروژه VELACS.

() () () ()

[]

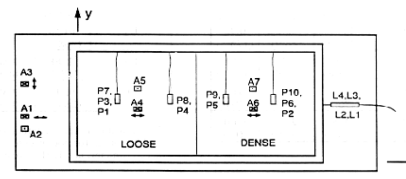


شکل ۱: هندسه مدل شماره ۳ پروژه VELACS.



- Pore Pressure Transducer
- ⊗ Horizontal & Vertical Accelerometers
- ⊥ Displacement Transducer (LVDT)

(a) Front View Elevation



(b) Plan View

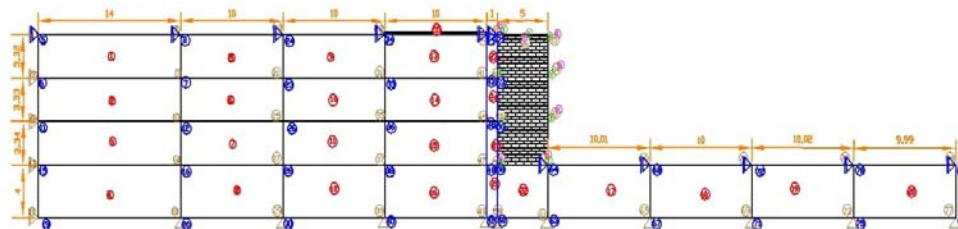
Figure 3. Test specimen instrumentation

شکل ۲: محل قرار گیری ابزار دقیق در مدل شماره ۳.

جدول ۱: محل قرار گیری ابزار دقیق در مدل شماره ۳.

Transducer	Instrument ID	Coordinates (in)		
		x	y	z
Accelerometer	A1	-3/00	2/73	0/00
	A2	-3/00	2/20	0/00
	A3	-3/00	4/50	0/00
	A4	3/50	3/00	6/96
	A5	3/50	4/00	6/96
	A6	10/50	3/00	6/96
	A7	10/50	4/00	6/96
Linear variable differential transducer	LVDT1	14/50	2/80	2/68
	LVDT2	14/50	2/80	4/69
	LVDT3	14/50	2/80	6/69
	LVDT4	14/50	2/80	8/70
	LVDT5	2/90	3/50	8/80
	LVDT6	11/19	3/50	8/85
Pore pressure transducer	P1	2/33	3/50	0/13
	P2	11/67	3/50	0/13
	P3	2/33	3/50	3/48
	P4	5/25	3/50	3/48
	P5	8/75	3/50	3/48
	P6	11/67	3/50	3/48

		:		
	P7	2/33	3/50	6/96
	P8	5/25	3/50	6/96
	P9	8/75	3/50	6/96
	P10	11/67	3/50	6/96



شکل ۵: مش مدل شماره ۱۱ پروژه VELACS.

T : Tide Nodes
R : Rigid Box

جدول ۲: پارامترهای مدل اصلی خاک 70% , Nevada Sand Dr=40%

	M_g	M_f	α_g	α_f	H_{evop}	H_{esop}	β_0	β_1	H_0	H_{u0}	γ_u	γ_{DM}
Nevada Sand 40%	۱/۱۵	۱/۰.۲۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۷۷۰۰۰۰	۱۱۵۵۰۰۰	۴/۲	۰/۲	۶۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	۲/۰	۰/۰
Nevada Sand 70%	۱/۳۲	۱/۳۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۲۰۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰	۴/۲	۰/۲	۷۵۰	۴۰۰۰۰۰۰	۲/۰	۴/۰

جدول ۳: پارامترهای مدل اصلاح شده خاک 70% , Nevada Sand Dr=40%

	M_{cs}	Γ	λ
Nevada Sand 40%	1/15	2/5	0/2
Nevada Sand 70%	1/32	2/5	0/2

جدول ۴: محل قرار گیری ابزار دقیق در مدل شماره ۱۱.

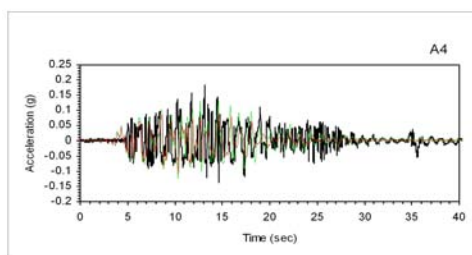
Transducer	Instrument ID	Coordinates (m)		
		x	y	z
Accelerometer	ACC1	470	35	1.5
	ACC2	470	205	1.5
	ACC3	190	120	0.25
	ACC4	240	120	1.4
	ACC8	195	120	4.0
	ACC9	180	120	6.0
	ACC10	85	120	6.0
	ACC11	238	120	7.0
Pore Pressure Transducer	ACC12	210	120	7.1
	PPT2	150	120	4.5
	PPT3	100	120	5.8
	PPT4	210	120	2.0
	PPT5	210	120	4.0
	PPT6	210	120	6.0
	PPT7	270	120	1.4
Vertical Displacement	PPT8	400	120	1.4
	LVDT1	250	120	7.0

جدول ۵: پارامترهای مدل اصلی خاک Nevada Sand Dr=60%

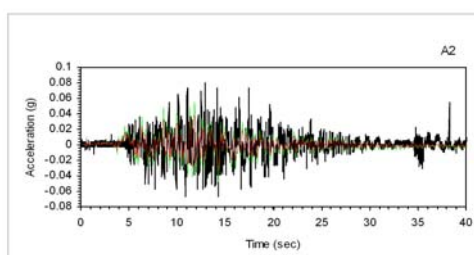
M_g	M_f	α_g	α_f	H_{evop}	H_{esop}	β_0	β_1	H_0	H_{u0}	γ_u	γ_{DM}
۱/۴۲	۱/۰۳۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۷۷۰۰۰۰	۱۱۵۵۰۰۰	۴/۲	۰/۲	۶۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	۲/۰	۰/۰

جدول ۶: پارامترهای مدل اصلاح شده خاک Nevada Sand Dr=60%

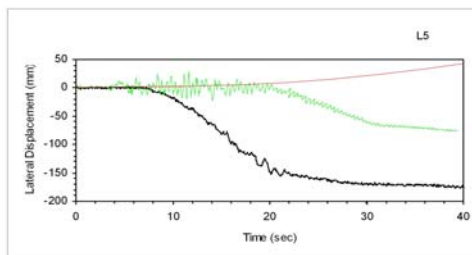
M_{cs}	Γ	λ
1/42	1/4	0/2



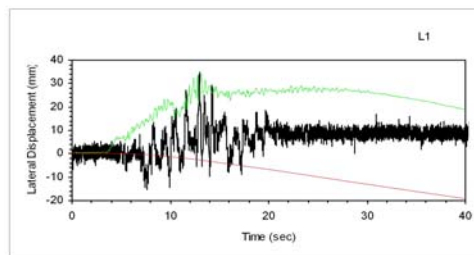
شکل ۷: نمودار شتاب در A4 در مدل شماره ۳.



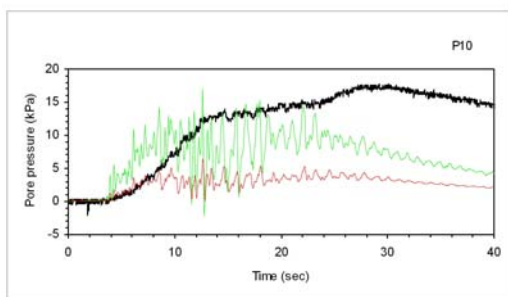
شکل ۸: نمودار شتاب در A2 در مدل شماره ۳.



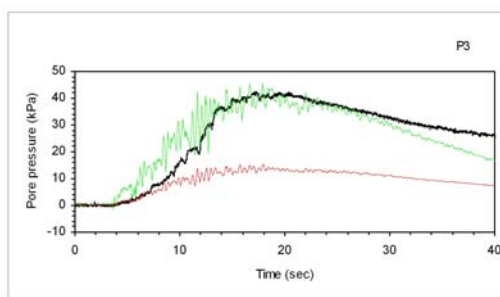
شکل ۹: نمودار تغییر شکل در L5 در مدل شماره ۳.



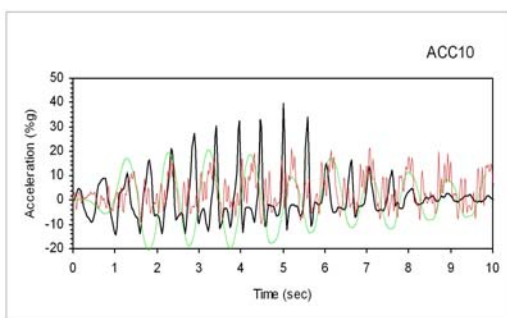
شکل ۱۰: نمودار تغییر شکل در L1 در مدل شماره ۳.



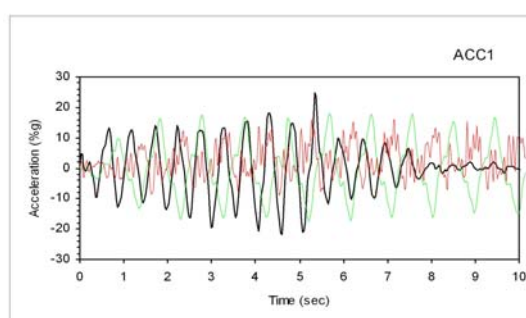
شکل ۱۱: نمودار فشار آب حفره ای در p10 در مدل شماره ۳.



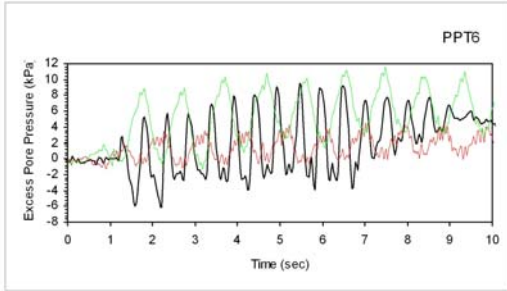
شکل ۱۲: نمودار فشار آب حفره ای در p3 در مدل شماره ۳.



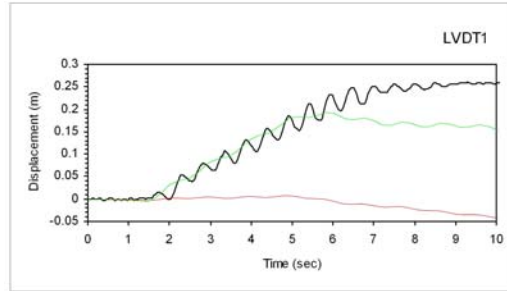
شکل ۱۳: نمودار شتاب در ACC10 در مدل شماره ۱۱.



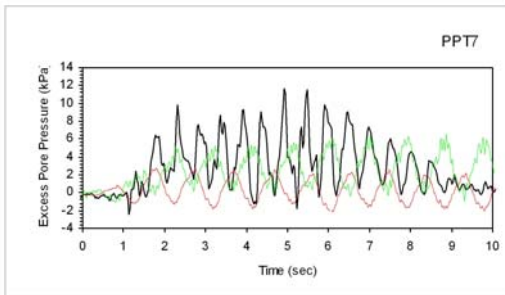
شکل ۱۴: نمودار شتاب در ACC1 در مدل شماره ۱۱.



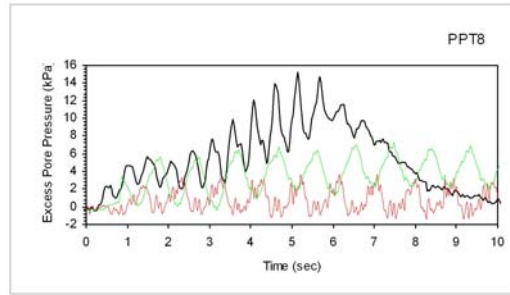
شکل ۱۵: نمودار فشار آب حفره ای در PPT5 در مدل شماره 11.



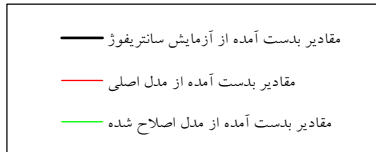
شکل ۱۴: نمودار تغییر شکل در LVDT1 در مدل شماره 11.



شکل ۱۷: نمودار فشار آب حفره ای در PPT7 در مدل شماره 11.



شکل ۱۶: نمودار فشار آب حفره ای در PPT8 در مدل شماره 11.



نتیجه گیری

() ()

Pastor & Zienkiewicz

(ψ)

Mark III

()

DIANA-SWANDYNE II

()

()

VELACS

() ()

-
- 1 - Sabzi, Z. (2008). *The Study of the Effect of State Parameter in Constitutive Models in the Field Problems*. M.Sc. Thesis, the University of Tehran.
 - 2 - Been k. and Jefferies, M. G. (1985). *A State Parameter for Sands*. *Geotechnique*, Vol. 35, No. 2, PP. 99-112.
 - 3 - Jefferies, M. B. (1993). *Nor-sand: a simple critical state model for sand*. *Geotechnique*, Vol. 43. No.1. PP. 91-103.
 - 4 - Zolfaghari, Mohammad (2002). *The Study of Sands Behaviour under Undrained Conditions and Modification of an Elastoplastic Model*. M.Sc. Thesis, the University of Tehran.
 - 5 - Chan, A. H. C. (1988). *A Unified Finite Element Solution to Static and Dynamic Problem of Geomechanics*. PhD Thesis. University College of Swansea.
 - 6 - Pastor, M., Zienkiewicz, O. C. and Leung, K. H. (1985a). "Simple Model for Transient Soil Loading in Earthquake Analysis. II. Non-Associative Model for Sands." *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. Vol. 9, PP. 447-498.
 - 7 - Zienkiewicz, O. C., Leung, K. H. and Pastor, M. (1985b). "Simple Model for Transient Soil Loading in Earthquake Analysis. I. Basic Model and Its Application." *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. Vol. 9, PP. 453-447
 - 8 - Chan, A. H. C., Zienkiewicz, O. C. and Pastor, M. (1986). "Transformation of Incremental Plasticity Relation from Defining Space to General Cartesian Stress Space." *Research Report of Institute for Numerical Methods in Engineering*, Department of Civil Engineering, University College of Swansea. 592. 87
 - 9 - Pastor, M., Zienkiewicz, O. C. and Chan, A. H. C. (1990). "Theme/Feature Paper. Generalized Plasticity and the Modelling of Soil Behaviour." *Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. Vol. 14, PP. 151-190.
 - 10 - Manzari, M. T. and Defalias, Y. F. (1997). *A critical state two-surface plasticity model for sands*. *Geotechnique* Vol. 47, No.2. PP. 255-272.
 - 11 - Ishihara, K., Tatsuoko, F. and Yasuba, S. (1975). "Undrained Deformation and liquefaction of sand under cyclic stress." *Soil and Foundations*, Vol. 15, PP. 29-44
 - 12 - Arulanandan, K. and Scott, R. F. (1993). "Verifvication of Numerical Procedure for the analysis of Liquefaction Problems." *Proceeding of the International Confrence on the Verifivcation of Numerical Procedure for the analysis of Liquefaction Problems*. Balkema, Rotterdam.

- | | |
|--|-------------------------|
| 1 - Fabric | 2 - State |
| 3 - Critical state | 4 - Characteristic Line |
| 5 - Deviatoric | 6 - Steady State Line |
| 7 - VELACS: VERification of Liquefaction Analysis using Centrifuge Studies | |
| 8 - Laminar Box | 9 - Nevada Sand |
| 10 - Rigid Box | |
-