

Η Μηχανική Συμπεριφορά της Αναζυμωμένης Αργίλου Vallericca υπό Συνθήκες Ακτινικής Συμπίεσης

The Mechanical Behaviour of Reconstituted Vallericca Clay under Radial Compression Conditions

ΜΠΕΛΟΚΑΣ, Γ.
ΚΑΒΒΑΔΑΣ, Μ.

Δρ Πολιτικός Μηχανικός
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Δείγματα από αναζυμωμένη άργιλο Vallericca υποβλήθηκαν σε ακτινικές τασικές οδεύσεις ($\eta=q/p$ =σταθερό) υπό τις αξονοσυμμετρικές συνθήκες της τυπικής τριαξονικής συσκευής. Οι δοκιμές αυτές περιελάμβαναν λόγους τάσης $\eta = 0, 0.3, 0.5$ και 0.7 , ενώ δύο δοκίμια υποβλήθηκαν σε αστράγγιστη θλίψη μετά το πέρας της ακτινικής τασικής οδεύσης. Τα αποτελέσματα των δοκιμών επιβεβαιώνουν πως στη μη δομημένη κατάσταση υπάρχει εξάρτηση των καμπυλών εγγενούς συμπίεσης στο επίπεδο $\nu - \sigma$ και της σχέσης τάσης διαστολικότητας από το λόγο τάσης της ακτινικής τασικής οδεύσης.

ABSTRACT : Samples of reconstituted Vallericca clay were subjected to radial stress paths ($\eta=q/p$ =constant) under the axisymmetric conditions of the typical triaxial device. These tests included stress ratios $\eta=0.0, 0.3, 0.5$ and 0.7 , while two specimens were subject to undrained compression after the end of the radial stress path. The tests results confirm that at the structureless state there is a dependence of the intrinsic compression curves on the $\nu - \sigma$ plane and of the stress dilatancy relationship on the radial path stress ratio.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τους Leroueil & Vaughan (1990), ένα εδαφικό υλικό βρίσκεται σε μή-δομημένη κατάσταση (structureless state) όταν η μηχανική συμπεριφορά του ελέγχεται μόνο από την τρέχουσα ενεργό τάση (σ, s) και τον τρέχοντα ειδικό όγκο ($\nu=1+e$). Υπό αυτές τις συνθήκες, το εδαφικό υλικό έχει απολέσει πλήρως τη μνήμη του λόγω δομής (structure), δηλαδή της ιστορίας φόρτισης (stress history) και της δέσης (bonding).

Η επιβολή οποιασδήποτε ακτινικής τασικής οδεύσης ($\eta=q/p$ =σταθερό) σε ένα εδαφικό υλικό μπορεί να οδηγήσει σε μια μή-δομημένη κατάσταση (βλ. Belokas & Kanvadas, 2010a). Ειδικές περιπτώσεις ακτινικής τασικής οδεύσης είναι η ισότροπη και η μονοδιάστατη συμπίεση. Η ακτινική συμπίεση είναι η μοναδική συνεχώς κρατυνόμενη φόρτιση που δεν οδηγεί το υλικό σε αστοχία.

Ο Burland (1990), για τις συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης, παρήγαγε τη Γραμμή Εγγενούς Συμπίεσης (Intrinsic Compression Line – ICL), η οποία περιγράφει μη δομημένες καταστάσεις. Το σύνολο των μή-δομημένων καταστάσεων έχει περιγραφεί μαθηματικά από τους Belokas & Kanvadas (2010a) και Μπελόκας (2008).

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται τα εργαστηριακά δεδομένα από την επιβολή ακτινικών τασικών οδεύσεων σε αναζυμωμένη άργιλο Vallericca. Γίνεται επεξεργασία των δεδομένων αυτών και συγκρίνονται με το Πλαίσιο Εγγενούς Συμπιεστότητας (Intrinsic Compressibility Framework) των Belokas & Kanvadas (2010a) και Μπελόκας (2008).

Οι δοκιμές εκτελέστηκαν χρησιμοποιώντας τον εργαστηριακό εξοπλισμό του Πανεπιστημίου La Sapienza της Ρώμης, ο οποίος περιελάμβανε συσκευές αξονοσυμμετρικής φόρτισης (οιδήμετρο και τυπικές

τριαξονικές συσκευές). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό όρους ισότροπης και διεκτροπικής τάσης ($p=(\sigma_v+2\sigma_h)/3$ και $q=\sigma_v-\sigma_h$) και ογκομετρικής και διεκτροπικής παραμόρφωσης ($\varepsilon_{vo}=\varepsilon_v+2\varepsilon_h$ και $\varepsilon_q=2(\varepsilon_v-\varepsilon_h)/3$). Τα μεγέθη σ_v και σ_h αναφέρονται στην κάθετη και στην οριζόντια τάση και τα μεγέθη ε_v και ε_h αναφέρονται στην κάθετη και στην οριζόντια παραμόρφωση. Όλες οι τάσεις είναι ενεργές.

2. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ VALLERICCA

Η άργιλος της Vallericca είναι μια θαλάσσια άργιλος της γεωλογικής περιόδου πλειόκαινο – πλειστόκαινο από μια περιοχή λίγα χιλιόμετρα βόρεια της Ρώμης. Αποτελεί μια σιφρή, προφορισμένη, δομημένη, μέσης πλαστικότητας και δραστηριότητας άργιλο, που χαρακτηρίζεται από ένα ποσοστό σε ανθρακικό ασβέστιο περί το 30% (Rampello *et al*, 1993; Amorosi, 1996). Τα φυσικά χαρακτηριστικά του δείγματος που εξετάστηκε, συνοψίζονται στον Πίνακα 1. Το υλικό αυτό έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές, οι οποίοι έχουν δώσει τα φυσικά χαρακτηριστικά του Πίνακα 2.

Πίνακας 1. Φυσικά χαρακτηριστικά της άργιλου Vallericca.

Table 1. Index properties of Vallericca Clay.

LL (%)	PL (%)	PI (%)	G_s
55.5	25.3	30.3	2.78

Πίνακας 2. Φυσικά χαρακτηριστικά της άργιλου Vallericca από διάφορους ερευνητές.

Table 2. Index properties of Vallericca Clay from various authors.

LL (%)	PL (%)	PI (%)	G_s	Clay (%)	
53.90	24.70	29.20	2.780	47	[1]
60.20	26.80	33.40	2.780		[2]
54.00	28.00	26.00	2.730	42	[3]
59.20	27.60	31.60	2.780	42	[4]
47.00	23.00	24.00			[5]
50.70	22.30	28.40	2.704	48	[6]
49.60	23.00	26.60	2.714	48	[7]

Υπόμνημα:

- [1]: Amorosi & Rampello (2007)
- [2]: Burland *et al* (1996)
- [3]: d' Onnofrio *et al* (1998)
- [4]: Rampello *et al* (1993)
- [5]: Rampello *et al* (1994)
- [6]: Rampello *et al* (1997)
- [7]: Rampello *et al* (1997)

3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

Δείγμα της άργιλου αναζυμώθηκε σε ένα ποσοστό υγρασίας περί το 75% του ορίου υδαρότητας και στη συνέχεια υποβλήθηκε σε μονοδιάστατη συμπίεση και στερεοποίηση σε μια μεγάλης διαμέτρου συσκευή οιδημέτρου (Σχήμα 1). Σε αυτή τη φάση επιβλήθηκε κατακόρυφη τάση ίση με $\sigma_v=100\text{kPa}$. Από το δείγμα αυτό λήφθηκαν τέσσερα κυλινδρικά δείγματα με τυπικές διαστάσεις $D=38.2\text{mm}$ διάμετρο και $H=76.4\text{mm}$ ύψος. Επειδή η προετοιμασία του κυλινδρικού δείγματος περιλαμβάνει αστράγγιστη αποφόρτιση, κατά την οποία το υλικό φτάνει σε μηδενική εξωτερική ισότροπική τάση, αναπτύσσονται αρνητικές πιέσεις πόρων εσωτερικά του δείγματος.



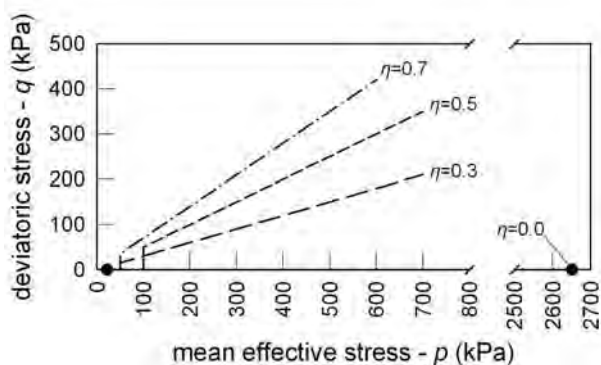
Σχήμα 1. Η άργιλος Vallericca στη συσκευή οιδημέτρου.

Figure 1. Vallericca clay in the oedometer device.

Ο σχεδιασμός των δοκιμών περιελάμβανε αρχικά τέσσερις ανισότροπες συμπίεσεις (βλ. Πίνακα 3 και Σχήμα 2) σε κυλινδρική τριαξονική συσκευή και στη συνέχεια την επιβολή διάτμησης στην ίδια συσκευή. Πιο αναλυτικά επιβλήθηκαν: α) ισότροπη συμπίεση ($\sigma_v=\sigma_h$) ίση με 50 έως 100kPa, ώστε να ξεπεραστεί η αρχική αρνητική πίεση πόρων που προκλήθηκε από την προετοιμασία του δείγματος, β) τασική όδευση με $p=ct$ μέχρι τον επιθυμητό λόγο τάσης $\eta=q/p$ (μόνο στις δοκιμές 2, 3, 4), γ) ακτινική τασική όδευση με $\eta=ct$ (βλ. Πίνακα 3 και Σχήμα 2), δ) επιβολή αστράγγιστης διάτμησης στα δοκίμια των δοκιμών 1 και 3 με σημείο εκκίνησης την τελική κατάσταση της ακτινικής τασικής όδευσης.

Πίνακας 3. Εργαστηριακό πρόγραμμα δοκιμών.

Δοκιμή	1	2	3	4
$\eta = q/p$	0.0	0.3	0.5	0.7
p_{max} (kPa)	2650	700	700	600
Αστράγγιστη θλίψη	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι



Σχήμα 2. Οι επιβληθείσες ακτινικές τασικές οδεύσεις.

Figure 2. Imposed radial stress paths.

Η δοκιμή 1 (ισότροπη συμπίεση) εκτελέστηκε σε τυπική τριαξονική συσκευή εξοπλισμένη με θάλαμο από plexiglass (Σχήμα 3). Στο δοκίμιο επιβλήθηκε ολόπλευρη υδροστατική πίεση, η οποία μεταβλήθηκε βαθμιδωτά μέχρι τη μέση ορθή τάση $p=2650\text{kPa}$ σε 10 συνολικά βήματα. Το κάθε βήμα φόρτισης διατηρήθηκε για 24 ώρες, μέχρι να ολοκληρωθεί η εκτόνωση των υπερπιέσεων πόρων. Φίλτρο στράγγισης τοποθετήθηκε στην άνω και κάτω επιφάνεια του δοκίμιου επιτρέποντας κατακόρυφη στράγγιση από τα σύνορα αυτά. Στο Σχήμα 3 φαίνεται το δοκίμιο στο τέλος (μετά την ολοκλήρωση της διάτμησης) της δοκιμής.

Οι δοκιμές 2, 3 και 4 εκτελέστηκαν σε μια τυπική τριαξονική συσκευή υψηλής πίεσης εξοπλισμένη με χαλύβδινο θάλαμο και πολύ σφιχτό χαλύβδινο πλαίσιο, το οποίο ελαχιστοποιεί την ενδοτικότητα όλου του συστήματος επιβολής της φόρτισης (Σχήμα 4). Κατά τη διάρκεια των $p=ct$ και $\eta=ct$ τασικών οδεύσεων η αξονική δύναμη αυξανόταν με χαμηλό ρυθμό, τέτοιον ώστε να μην αναπτύσσονται υπερπιέσεις πόρων εσωτερικά στα δοκίμια. Η στράγγιση στα δοκίμια επιταχύνθηκε με τη χρήση λωρίδων στράγγισης στην περίμετρό τους. Οι εφαρμοζόμενες αξονική δύναμη και κάθετη μετατόπιση μετρήθηκαν τόσο εξωτερικά όσο

και εσωτερικά. Εσωτερικά, η μέτρηση των μετατοπίσεων έγινε με την εφαρμογή δύο αισθητήρων LVDT τοποθετημένων εκατέρωθεν του δοκίμιου (π.χ. Σχήμα 5). Οι εξωτερικές και οι εσωτερικές μετρήσεις ήταν σε καλή συμφωνία μεταξύ τους (Σχήματα 6 και 7), αποδεικνύοντας πως η ενδοτικότητα του συστήματος φόρτισης είναι πράγματι πολύ μικρή. Στη δοκιμή για $\eta=0.7$ η διαφορά στο τέλος μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής μέτρησης οφείλεται σε αποκόλληση του αισθητήρα.

Οι δοκιμές 1 και 3 υποβλήθηκαν σε αστράγγιστη τριαξονική θλίψη με ρυθμό αξονικής μετατόπισης ίσο με 0.1 mm/min , μια τιμή τόσο μικρή, ώστε να εξασφαλίζει ομοιομορφία στην ανάπτυξη των πιέσεων πόρων εσωτερικά του δείγματος. Στη δοκιμή 1 η διάτμηση εκκίνησε αμέσως μετά το τέλος της ακτινικής συμπίεσης, ενώ στη δοκιμή 3 επιτράπηκε ένας μικρός ερπυσμός υπό τη μέγιστη τάση πριν την αστράγγιστη διάτμηση. Τέλος, η πίεση πόρων μετρήθηκε μέσω της πίεσης στη βάση του δοκίμιου (back pressure).



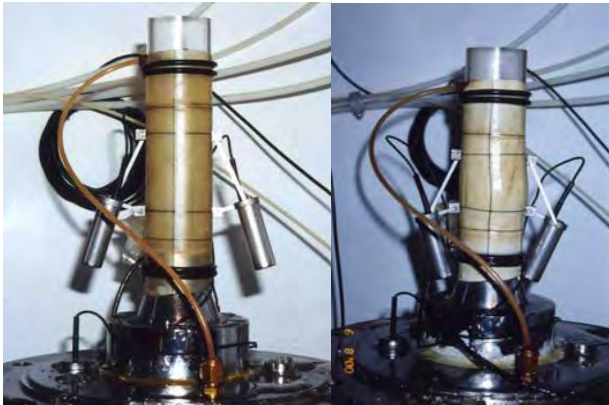
Σχήμα 3. Το δοκίμιο στο τέλος της διάτμησης της δοκιμής 1.

Figure 3. The specimen at the end of shearing of test 1.



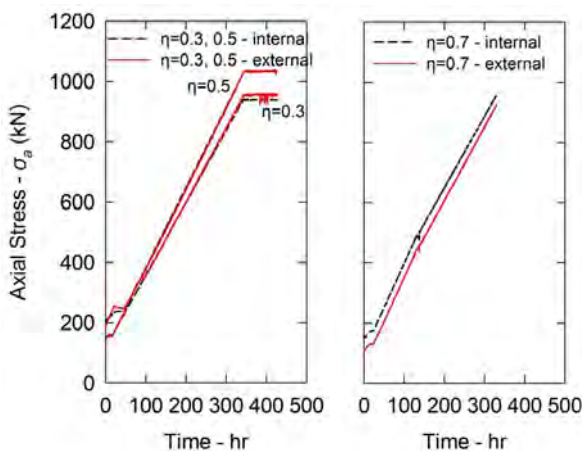
Σχήμα 4. Εργαστηριακή διάταξη για τις δοκιμές 2, 3 και 4.

Figure 4. Experimental device for tests 2, 3 and 4.



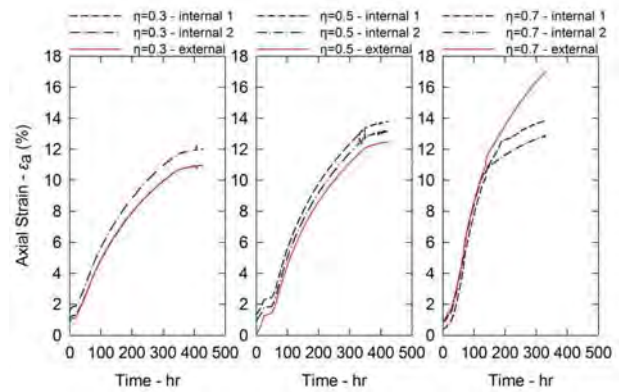
Σχήμα 5. Αισθητήρες LVDT τοποθετημένοι στο δοκίμιο 3, αρχή και τέλος δοκιμής.

Figure 5. LVDT transducers at specimen 3, start and end of test.



Σχήμα 6. Αξονική δύναμη – σύγκριση δεδομένων εξωτερικής με εσωτερική μέτρηση.

Figure 6. Axial force – comparison of internal and external measurements data.

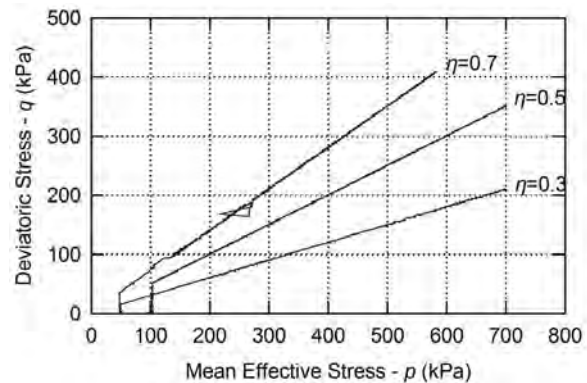


Σχήμα 7. Κατακόρυφη μετατόπιση – σύγκριση δεδομένων εξωτερικής με εσωτερική μέτρηση.

Figure 7. Vertical movement – comparison of internal and external measurements data.

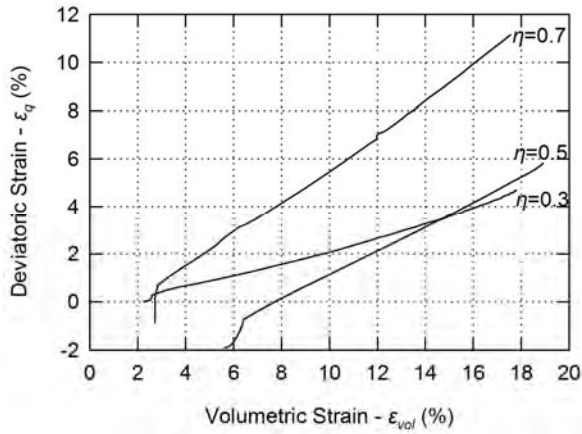
4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στη δοκιμή ισότροπης συμπίεσης μόνο η μέση ορθή τάση και η ογκομετρική παραμόρφωση μπορούν να μετρηθούν. Έτσι, γίνεται η παραδοχή πως η διεκτροπική τάση και η διεκτροπική παραμόρφωση είναι μηδενικές. Αυτό ισχύει στην περίπτωση που το εδαφικό υλικό είναι ισότροπο. Το δείγμα που εξετάστηκε είχε αρχικά συμπίεσει μονοδιάστατα μέχρι την κατακόρυφη τάση $\sigma_v=100\text{kPa}$ (η οποία μετά τη λήψη του δοκιμίου αποτελεί και την τάση προφόρτισης) και συνεπώς είχε αρχική ανισοτροπία. Ωστόσο, επειδή η τάση προφόρτισης ήταν σχετικά μικρή, τα αποτελέσματα επηρεάζονται από την ανισότροπη συμπίεση μόνο στα αρχικά στάδια της φόρτισης. Στο Σχήμα 8 φαίνονται οι επιβληθείσες τασικές οδεύσεις, και στα Σχήματα 9 έως 13 διάφορα διαγράμματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των αποτελεσμάτων.

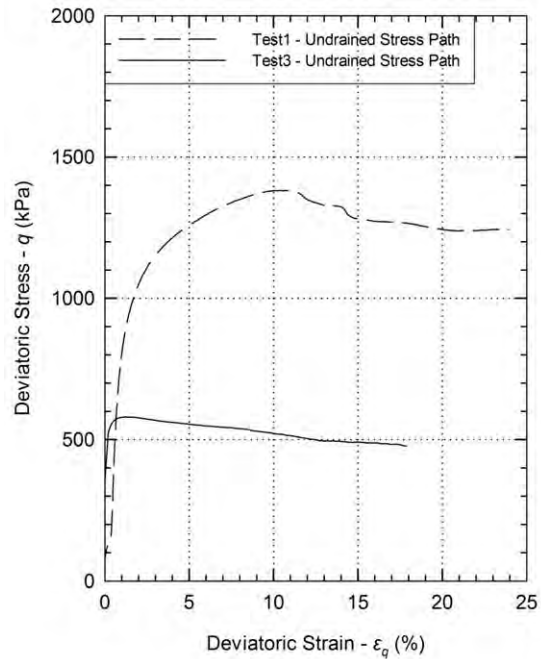


Σχήμα 8. Επιβληόμενες ακτινικές τασικές οδεύσεις.

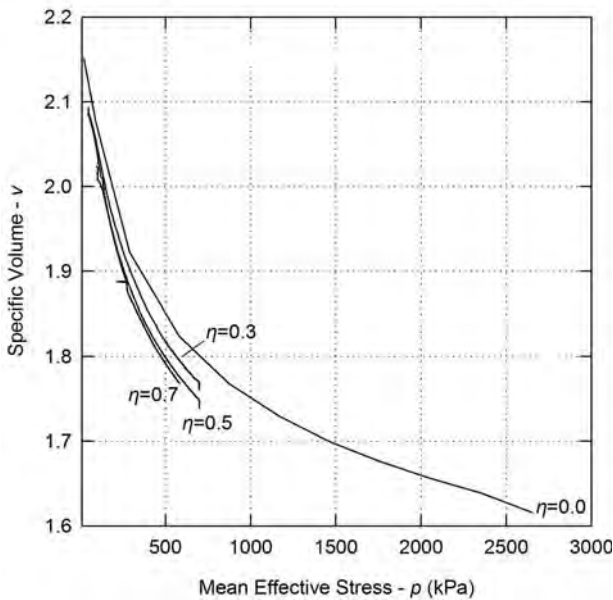
Figure 8. Imposed radial stress paths.



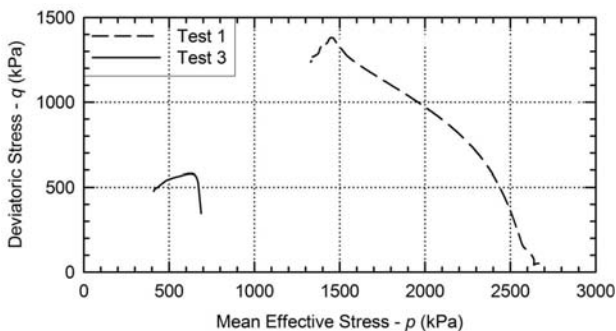
Σχήμα 9. Διάγραμμα ογκομετρικής προς διεκτροπική παραμόρφωσης.
Figure 9. Volumetric versus deviatoric strain diagram.



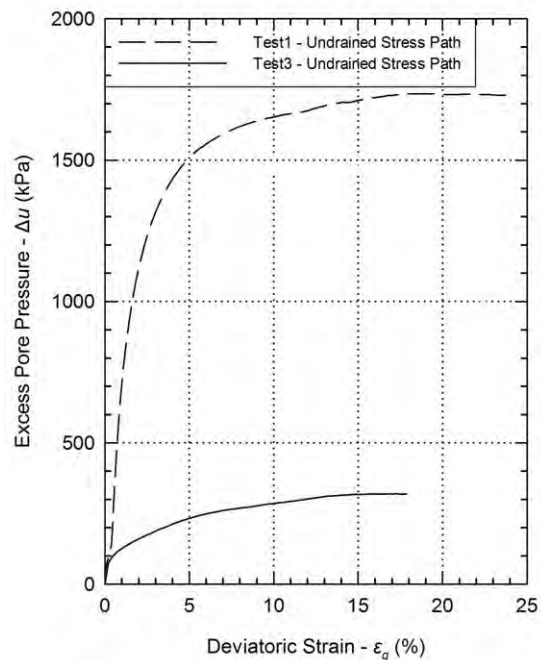
Σχήμα 12. Δοκιμές διάτμησης – διεκτροπική τάση προς διεκτροπική παραμόρφωση.
Figure 12. Shearing tests – deviatoric stress versus deviatoric strain.



Σχήμα 10. Καμπύλες συμπίεσης.
Figure 10. Compression curves.



Σχήμα 11. Δοκιμές διάτμησης – τασικές οδεύσεις.
Figure 11. Shearing tests – stress paths.



Σχήμα 13. Δοκιμές διάτμησης – υπερπίεση πόρων προς διεκτροπική παραμόρφωση.
Figure 13. Shearing tests – excess pore pressures versus deviatoric strain.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ορίζοντας τη διαστολικότητα σύμφωνα με την εξίσωση 1, προκύπτει από το Σχήμα 9 πως αυτή τείνει να σταθεροποιηθεί όσο αυξάνεται η μέση ορθή τάση, κάτι το οποίο έχει

διαπιστωθεί και σε άλλα υλικά (βλ. Belokas & Kanvadas, 2010a). Αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα κριτήριο για τη σταθεροποίηση της ανισοτροπίας του υλικού (Belokas & Kanvadas, 2010a). Οπότε, για κάθε λόγο τάσης αντιστοιχεί μια οριακή τιμή της διαστολικότητας, η οποία εξαρτάται μόνο από την τασική κατάσταση. Οι Belokas & Kanvadas (2010a) έχουν προτείνει την εξίσωση 2, η οποία περιγράφει την εξάρτηση της διαστολικότητας από τον κανονικοποιημένο λόγο τάσης (η/M) κατά τις μή-δομημένες καταστάσεις.

$$d_q = \dot{\epsilon}_{vol} / \dot{\epsilon}_q \quad (1)$$

$$d_q = (1/a) \ln(1 - \eta/M) \quad (2)$$

Στην εξίσωση 2, M είναι η κρίσιμη κλίση και a είναι μια σταθερά. Για το υλικό του παρόντος άρθρου προκύπτει από τις αστράγγιστες διατμήσεις (Σχήμα 11) ότι είναι $M=0.98$. Από τα δεδομένα του Σχήματος 9 προκύπτει ο Πίνακας 4, ενώ εφαρμόζοντας την εξίσωση 2 στα δεδομένα του Πίνακα 4 προκύπτει $a=1.3$ (βλ. Σχήμα 14)

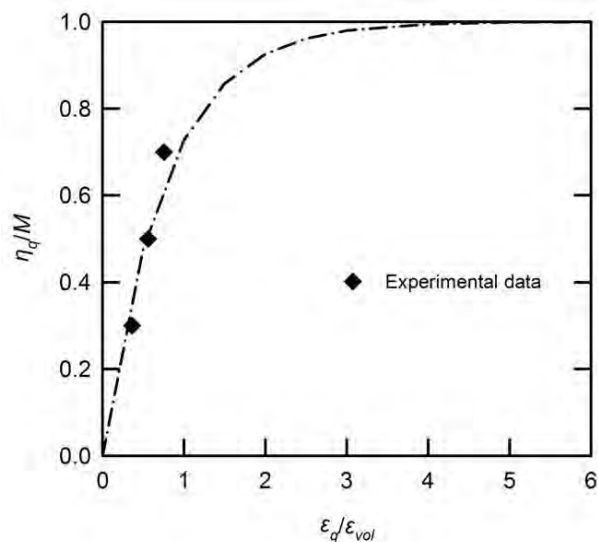
Επίσης, στη μή-δομημένη κατάσταση οι καμπύλες συμπίεσης στο επίπεδο $v - p$ βρίσκονται επί των εγγενών καμπυλών συμπίεσης (intrinsic compression curves – ICC). Οι ICC καμπύλες περιγράφουν όλες τις δυνατές μη δομημένες καταστάσεις (Belokas & Kanvadas, 2010a). Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται η προσομοίωση των ICC καμπυλών εάν αυτές περιγράφονται από την εξίσωση 3. Οι σταθερές των καμπυλών αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5, όπου για $\eta=0$ δίνουν την Ισότροπη Καμπύλη Εγγενούς Συμπίεσης και για $\eta=M$ δίνουν την Καμπύλη Κρίσιμης Κατάστασης (Critical State Curve – CSC).

$$v = N_\eta - \ln p \quad (3)$$

Πίνακας 4. Εξάρτηση της διαστολικότητας από το λόγο τάσης.

Table 4. Dilatancy dependence on stress ratio.

$\eta = q/p$	0.3	0.5	0.7
$K = \sigma_r / \sigma_a$	0.748	0.6243	0.5217
$d_q = \dot{\epsilon}_{vol} / \dot{\epsilon}_q$	0.3621	0.5598	0.7554
$\dot{\epsilon}_r / \dot{\epsilon}_a$	0.2184	0.0597	-0.0408



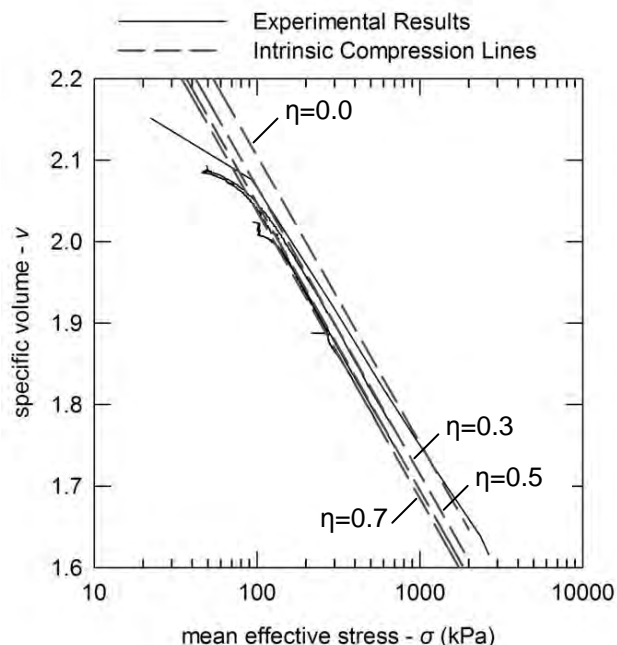
Σχήμα 14. Εφαρμογή της εξίσωσης 2 στα δεδομένα του Πίνακα 4, εφαρμόζοντας σταθερές $M=0.98$ και $a=1.3$.

Figure 14. Application of equation 2 to the data of Table 4, applying constants $M=0.98$ and $a=1.3$.

Πίνακας 5. Παράμετροι εγγενούς συμπίεσης.

Table 5. Intrinsic Compression Parameters.

$\eta =$	0	0.3	0.5	0.7	0.98(=M)
$N_\eta =$	2.810	2.772	2.752	2.742	2.710
$\lambda =$	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153



Σχήμα 15. Προσομοίωση των εγγενών καμπυλών συμπίεσης (βασισμένο στους Belokas & Kanvadas, 2010a).

Figure 15. Simulation of intrinsic compression curves (based on Belokas & Kanvadas, 2010a).

Στο Σχήμα 15 η προκύπτουσα πειραματική καμπύλη συμπίεσης για $\eta=0.0$ (δοκιμή 1) τείνει να γίνει παράλληλη με τις υπόλοιπες ($\eta=0.3, 0.5$ και 0.7) σε μεγάλα επίπεδα τάσης μόνο. Η διαφορά αυτή ίσως να οφείλεται στο γεγονός πως η δοκιμή 1 έγινε με τη μέθοδο βαθμιδωτού φορτίου ανά 24 ώρες, στην οποία η χρονική διάρκεια του φορτίου επηρεάζει το βαθμό στερεοποίησης διαφορετικά σε κάθε βαθμίδα φορτίου (λόγω μείωσης του πορώδους).

Επίσης, επειδή σε όλες τις περιπτώσεις το υλικό είναι αρχικά προφορτισμένο, η αρχική του κατάσταση (v, σ) βρίσκεται αριστερά της αντίστοιχης ICC καμπύλης και το υλικό χαρακτηρίζεται δομημένο. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης, όταν σταθεροποιηθεί η διαστολικότητα για κάθε λόγο τάσης (η), η κατάσταση του υλικού πέφτει επί της ICC. Σε αυτήν την περίπτωση το υλικό είναι μη δομημένο.

Η εξάρτηση των ICC καμπυλών από το λόγο τάσης η έχει περιγραφεί μαθηματικά από τους Μπελόκας (2008) και Belokas & Kanvadas (2010a) σύμφωνα με την εξίσωση 4, όπου n σταθερά. Η σχέση αυτή έχει εφαρμοστεί στο καταστατικό προσομοίωμα των Belokas & Kanvadas (2010a). Για το υλικό που εξετάζεται στο παρόν άρθρο είναι $n=1.0$. Έτσι, για τις σταθερές N_{iso}, Γ και M του Πίνακα 5 οι εκτιμώμενες τιμές της παραμέτρου N_η για διάφορους λόγους τάσης η (βλ. Πίνακα 6) με εφαρμογή της εξίσωσης 4 είναι κοντά στις πειραματικά εκτιμώμενες τιμές του Πίνακα 6. Βλέπουμε συνεπώς πως η εξίσωση 4 μπορεί να μας δώσει μια καλή εκτίμηση των παραμέτρων N_η .

$$N_{\eta,norm} = \frac{N_{iso} - N_\eta}{N_{iso} - \Gamma} = 1 - \left(1 - \frac{\eta_q}{M_q}\right)^n \quad (4)$$

Πίνακας 6. Εκτιμώμενες τιμές της παραμέτρου N_η εφαρμόζοντας τη σχέση 4.
Table 6. Estimated values of N_η parameter by applying equation 4.

$\eta=$	0.3	0.5	0.7
$N_\eta=$	2.776	2.754	2.731

Οι Μπελόκας (2008) και Belokas & Kanvadas (2010a), έχουν προτείνει μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία εκτίμησης των εγγενών ιδιοτήτων των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών μέσω συσχετίσεων από τα φυσικά χαρακτηριστικά. Έτσι, είναι δυνατή η εκτίμηση

όχι μόνο των σταθερών Γ, M και λ που παρουσιάστηκε από τους Μπελόκας & Καββαδάς (2006), αλλά πλέον και των σταθερών N_{iso}, N_{ko}, n και η_o (ή K_o). Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε στα δεδομένα της αργίλου Vallericca από τους Belokas & Kanvadas (2010a).

Ολοκληρώνοντας, για την πειραματική εκτίμηση των εγγενών ιδιοτήτων είναι απαραίτητη η εκτέλεση μιας ισότροπης συμπίεσης ακολουθούμενη από αστράγγιστη τριαξονική θλίψη και μιας ακτινικής τασικής όδευσης ακολουθούμενη από αστράγγιστη τριαξονική θλίψη.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο άρθρο παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα από δοκιμές ακτινικής αξονοσυμμετρικής συμπίεσης (η =σταθερό) και αστράγγιστης τριαξονικής θλίψης σε αναζυμωμένη άργιλο Vallericca.

Από τις δοκιμές ακτινικής συμπίεσης επιβεβαιώνεται η εξάρτηση της θέσης της καμπύλης εγγενούς συμπίεσης στο επίπεδο $v - \rho$ από το λόγο τάσης $\eta=q/p$. Μάλιστα, το υλικό καταλήγει σε μή-δομημένη κατάσταση όταν κατά την επιβολή της ακτινικής τασικής όδευσης (η =σταθερό): α) η κατάσταση του υλικού βρίσκεται επί της καμπύλης εγγενούς συμπίεσης και β) όταν σταθεροποιηθεί η ανισοτροπία και η διαστολικότητα d_q αποκτήσει σταθερή τιμή.

Υπό αυτές τις συνθήκες, το υλικό καλύπτει τον ορισμό των Leroueil & Vaughan (1990) περί μή-δομημένων καταστάσεων, αφού η τρέχουσα κατάσταση (v, ρ, q) αρκεί για να περιγράψει όλη την παραμορφωσιακή κατάσταση ($\epsilon_{vol}, \epsilon_q$) του εδαφικού υλικού.

Οι σχέσεις τάσης - διαστολικότητας (εξίσωση 2) και η μαθηματική περιγραφή του πλαισίου εγγενούς συμπίεσότητας (εξισώσεις 3 και 4) μπορούν να εφαρμοστούν για τη βαθμονόμηση ανισότροπων καταστατικών προσομοιωμάτων (π.χ. Μπελόκας, 2008, και Belokas & Kanvadas, 2010b).

Τέλος, οι σταθερές που περιγράφουν τις μή-δομημένες καταστάσεις καλούνται εγγενείς ιδιότητες και μπορούν να εκτιμηθούν εμπειρικά μέσω των συσχετίσεων που έχουν προτείνει οι Belokas & Kanvadas (2010a). Όσον αφορά την πειραματική τους εκτίμηση, αρκεί η εκτέλεση δύο εργαστηριακών δοκιμών.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amorosi, A. (1996), "Il comportamento meccanico di una argilla naturale consistente" Tesi di Dottorato. Sapienza – Università di Roma. Italy
- Amorosi, A. and Rampello, S. (2007), "An experimental investigation on the mechanical behaviour of a structured stiff clay". *Géotechnique*, Vol. 57, No. 2, pp.153-166.
- Belokas G. and Kavvadas, M. (2010a). "An Intrinsic Compressibility Framework for Clayey Soils". *Geotechnical and Geological Engineering* (accepted for publication under modifications).
- Belokas G. and Kavvadas, M. (2010b), "An Anisotropic Model for Structured Soils. Part I: Theory". *Computers and Geotechnics* (DOI: 10.1016/j.compgeo.2010.05.001).
- Burland, J.B. (1990), "On the compressibility and shear strength of natural clays". *Géotechnique*. Vol. 40, No. 3, pp. 329-378.
- Burland, J.B., Rampello, S., Georgiannou, V.N. and Calabresi, G. (1996). "A laboratory study of the strength of four stiff clays". *Géotechnique*, Vol. 46, No. 3, pp. 491-514.
- Leroueil S., and Vaughan, P.R. (1990), "The general and congruent effects of structure in natural soils and weak rocks". *Géotechnique*. Vol. 40, No. 3, pp. 467-488.
- Μπελόκας, Γ. (2008), "Προσομοίωση της Μηχανικής Συμπεριφοράς Δομημένων και Ανισότροπων Εδαφικών Υλικών". Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- d'Onofrio A., de Magistris F.S. and Olivares L. (1998), "Influence of soil structure behaviour of two natural stiff clays in the pre-failure range". *Proc. 2nd Int. Symp. on the Geotechnics of Hard Soils – Soft Rocks*. in Napoli. Balkema. Rotterdam. Vol. 1, pp. 497-505.
- Rampello S., Viggiani G. and Georgiannou V.N. (1993), "Strength and dilatancy of natural and reconstituted Vallericca clay". *Proc. Int. Symp. on the Geotechnical Engineering of Hard Soils – Soft Rocks*, in Athens. Rotterdam, Balkema. Vol. 1, pp. 761-768.
- Rampello S., Viggiani, G. and Silvestri, F. (1994), "The dependence of small strain stiffness on stress state and history for fine grained soils: The example of Vallericca clay". *Proc 1st Int. Conf. On Prefailure Deformation Characteristics of Geomaterials*, Sapporo, Japan, Balkema, Vol. 1, pp. 273-278.
- Rampello, S., Viggiani G.M.B. and Amorosi A. (1997), "Small-strain stiffness of reconstituted clay compressed along constant triaxial effective stress ratio paths". *Géotechnique*, Vol. 47, No. 3, pp. 475-489.