1. **But de l’essai :**

*Toute structure qui est fondée dans ou sur le sol, applique des charges sur le sol supportant les fondations. Ces charges engendrent des déformations dans le sol et peuvent provoquer sa rupture si la résistance au cisaillement du sol est entièrement mobilisée en tout point du sol.*

*Le but de cet essai est donc de mesuré la résistance au cisaillement du sol et d’en déduire les valeurs des deux constantes* ***“ C ”*** *et* ***“ ϕ ”*** *qui représente les caractéristiques de résistance du milieu.*

1. **Analyse théorique :**

*L’équilibre limite d’un sol, dans la représentation du Mhor, est défini par la loi de Coulomb :*



*Avec :* ***τ****: Résistance au cisaillement du sol considéré.****ϭ****: Contrainte normale appliqué a la surface de rupture.****c****: cohésion du sol.****ϕ****: l’angle de frottement interne du sol.*

*Cette courbe, enveloppe des cercles de Mhor a la rupture, est appelé courbe intrinsèque du matériau.*

1. **Principe de l’essai :**

*L’essai consiste à cisailler, selon un plan de rupture imposé, un échantillon de sol contenu dans deux demi-boites et soumis a une contrainte normale constante.*

*La connaissance du champ de contrainte (* ***τ****et* ***ϭ*** *) appliqué permet la détermination d’un point de la courbe intrinsèque dans la représentation de Mhor*

*Si l’on effectue déférentes essais de cisaillement, sur des échantillons identiques des sols, sous différentes contraintes normales ϭ, on peut tracer entièrement la courbe intrinsèque du matériau.*

*On remarque que la courbe obtenue à partir des maximums du courbe effort déformation permet la détermination des caractéristiques de résistance* ***c*** *et* ***ϕ.***

1. **Etude expérimentale :**

* ***Appareillage :***

*L’essai de cisaillement est réalisé au moyen d’un appareil de cisaillement direct (boite de Casagrande).*

*Dans la boite de Casagrande l’échantillon de sol à étudier est placé entre deux demi-boites qui peuvent se déplacer horizontalement l’une par rapport à l’autre. La demi –boite supérieur est entrainée horizontalement à une vitesse de déplacement constante. Un piston permet d’exercer sur le sol une contrainte normale.*

*L’échantillon est donc cisaillé suivant un plan imposé sur le quel s’exercent une contrainte normale et une contrainte tangentielle déterminées au moyen d’un anneau dynamométrique fixé à la demi-boite supérieure, on mesure la contrainte totale de cisaillement.*

*La connaissance des efforts appliqués ( p : efforts de compression et T :effort de cisaillement ) agissant sur la surface de cisaillement au moment de la rupture permet la détermination de la courbe intrinsèque du matériau. En effet, si A est la section du plan de glissement, les champs de contraintes appliquées est donnée par :*

 *Et* 

*En répétant trois fois l’essai avec des valeurs différentes de la contrainte normale on peut alors tracer la courbe intrinsèque et déterminer graphiquement la cohésion c et l’angle de frottement interne du sol.*

* *Le diamètre de l’échantillon est de 6 cm.*

* ***Préparation de l’échantillon :***

*Le problème de préparation d’un échantillon de sol est connu à tous les essais, lorsqu’on cherche à modéliser le sol dans son état naturel.*

*Pour le cas d’un sol pulvérulent, l’échantillon est compacte directement dans la boite. On pèse à part une masse appropriée du sol et l’échantillon est compacte dans la boite (selon 3 couches) jusqu’à atteindre la hauteur désirée.*

* ***Déroulement de l’essai :***

*Les opérations successives à suivre pour la réalisation de l’essai sont :*

* *On assemble les deux demi-boites à l’aide de deux goupilles.*
* *On verse le sable dans la boite en la compactant par piquage jusqu’à la hauteur désirée.*
* *On place le piston à la partie supérieure et on amène l’étrier de chargement en appui sur le piston.*
* *On positionne le chariot de telle sorte que l’étrier se trouve en position verticale.*
* *On mettra la charge correspondante à la contrainte normale désirée.*
* *La mise à zéro du comparateur de déplacement et celui du capteur de force.*
* *On règle la vitesse de cisaillement, modifier la au besoin.*
* *On enlève les goupilles de fixation des deux demi-boites, éloigner ces dernière de 1 mm environ afin d’éliminer le frottement boite sur boite.*
* *On met la machine en marche, et on commence l’essai. Les comparateurs n’enregistrent d’abord aucun déplacement. L’essai commence lorsque l’aiguille du comparateur de l’anneau se met à bouger.*
* *On arrête l’essai quand le cisaillement s’achève.la fin est observée lorsque l’indication du capteur de force ne bouge plus.*



***1ére essai :*** 



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Essai pour 1Kg*** | | | ***Essai pour 1Kg*** | | |
| L | T |  | L | T |  |
| 0 | 0 | 0,0 | 1050 | 59 | 32,0 |
| 50 | 17 | 9,2 | 1100 | 55 | 29,8 |
| 100 | 26 | 14,1 | 1150 | 54 | 29,3 |
| 150 | 32 | 17,3 | 1200 | 53 | 28,7 |
| 200 | 38 | 20,6 | 1250 | 41 | 22,2 |
| 250 | 41 | 22,2 | 1300 | 31 | 16,8 |
| 300 | 44 | 23,9 | 1350 | 25 | 13,6 |
| 350 | 48 | 26,0 | 1400 | 23 | 12,5 |
| 400 | 51 | 27,6 | 1450 | 22 | 11,9 |
| 450 | 54 | 29,3 | 1500 | 21 | 11,4 |
| 500 | 55 | 29,8 | 1550 | 20 | 10,8 |
| 550 | 56 | 30,4 | 1600 | 19 | 10,3 |
| 600 | 56 | 30,4 | 1650 | 19 | 10,3 |
| 650 | 56 | 30,4 | 1700 | 19 | 10,3 |
| 700 | 57 | 30,9 |  |  |  |
| 750 | 59 | 32,0 |  |  |  |
| 800 | 59 | 32,0 |  |  |  |
| 850 | 59 | 32,0 |  |  |  |
| 900 | 59 | 32,0 |  |  |  |
| 950 | 59 | 32,0 |  |  |  |
| 1000 | 59 | 32,0 |  |  |  |

***2éme essai :*** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Essai pour 2Kg*** | | | ***Essai pour 2Kg*** | | |
| L | T |  | L | T |  |
| 0 | 0 | 0,00 | 1300 | 124 | 67,29 |
| 50 | 23 | 12,48 | 1350 | 123 | 66,74 |
| 100 | 35 | 18,99 | 1400 | 122 | 66,20 |
| 150 | 46 | 24,96 | 1450 | 120 | 65,12 |
| 200 | 54,5 | 29,57 | 1500 | 118 | 64,03 |
| 250 | 62 | 33,64 | 1550 | 117 | 63,49 |
| 300 | 70 | 37,98 | 1600 | 115 | 62,40 |
| 350 | 78 | 42,33 | 1650 | 113 | 61,32 |
| 400 | 84 | 45,58 | 1700 | 112 | 60,78 |
| 450 | 90 | 48,84 | 1750 | 108 | 58,60 |
| 500 | 96 | 52,09 | 1800 | 106 | 57,52 |
| 550 | 100 | 54,26 | 1850 | 105 | 56,98 |
| 600 | 103 | 55,89 | 1900 | 103 | 55,89 |
| 650 | 105 | 56,98 | 1950 | 103 | 55,89 |
| 700 | 109 | 59,15 | 2000 | 103 | 55,89 |
| 750 | 113 | 61,32 |  |  |  |
| 800 | 115 | 62,40 |  |  |  |
| 850 | 117 | 63,49 |  |  |  |
| 900 | 120 | 65,12 |  |  |  |
| 950 | 121 | 65,66 |  |  |  |
| 1000 | 122 | 66,20 |  |  |  |
| 1050 | 123 | 66,74 |  |  |  |
| 1100 | 124 | 67,29 |  |  |  |
| 1150 | 124 | 67,29 |  |  |  |
| 1200 | 124,5 | 67,56 |  |  |  |
| 1250 | 124 | 67,29 |  |  |  |

***2éme essai :*** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Essai pour 3Kg*** | | | ***Essai pour 3Kg*** | | |
| L | T |  | L | T |  |
| 0 | 0 | 0 | 1050 | 199 | 107,98 |
| 50 | 28 | 15,19 | 1100 | 190 | 103,10 |
| 100 | 45 | 24,42 | 1150 | 182 | 98,76 |
| 150 | 59 | 32,02 | 1200 | 175 | 94,96 |
| 200 | 73 | 39,61 | 1250 | 165 | 89,53 |
| 250 | 87 | 47,21 | 1300 | 158 | 85,74 |
| 300 | 102 | 55,35 | 1350 | 149 | 80,85 |
| 350 | 115 | 62,40 | 1400 | 144 | 78,14 |
| 400 | 129 | 70,00 | 1450 | 138 | 74,88 |
| 450 | 141 | 76,51 | 1500 | 132 | 71,63 |
| 500 | 152 | 82,48 | 1550 | 128 | 69,46 |
| 550 | 161 | 87,36 | 1600 | 126 | 68,37 |
| 600 | 162 | 87,91 | 1650 | 125 | 67,83 |
| 650 | 170 | 92,25 | 1700 | 123 | 66,74 |
| 700 | 172 | 93,33 | 1750 | 121 | 65,66 |
| 750 | 181 | 98,22 | 1800 | 119 | 64,57 |
| 800 | 188 | 102,02 | 1850 | 118 | 64,03 |
| 850 | 191 | 103,64 | 1900 | 118 | 64,03 |
| 900 | 198 | 107,44 |  |  |  |
| 950 | 201 | 109,07 |  |  |  |
| 1000 | 201 | 109,07 |  |  |  |

1. **Interprétation et exploitation des résultats :**

*D’après la courbe* 

* *On remarque que plus le chargement augmente plus la contrainte mesurée augmente .C est pourquoi la courbe*  *pour 3 Kg surmonte les deux autres courbes c'est-à-dire pour un chargement de 1 Kg et de 2 Kg.*

*Ce résultat est prévisible puisque le poids augmente en fonction de la masse et la surface sur la quelle est répartie ce poids ne change pas pour les 3 chargements.*

* *Les courbes pour les trois chargements présentent tous un pique. Les piques représentent les contraintes de cisaillement ou on a rupture de l’échantillon (sable).*



***A partir de ces piques on obtient 3 points caractéristiques  A (σ,τ) .***

***Pour le chargement de 3 Kg :***



*Avec :*

*B : Bras de levier*

*A : Surface ou on applique la contrainte*



 *( Pique de la courbe*  *)*



***De même pour le chargement de 2 Kg :***







***De même pour le chargement de 1 Kg***







*On obtient une droite* 



*Avec :*

*c : cohésion de l’échantillon (sable)*

*On remarque que c est presque nulle. Ce résultat est prévisible puisque le sable a une cohésion négligeable. C’est à dire les grains de sable ne collent pas entre eux.*

*De plus*  *0 c’est à dire le frottement interne entre les grains est grand.*

* + *Puisque la cohésion est presque nulle (chaque grain est indépendant) le frottement entre les grains va être important.*
  + *Toute sollicitation externe va provoquer généralement l’augmentation de frottement entre les grains sableux a frottement est généré pour* *= 30° caractéristique fixe du sable ainsi que c =* 

* + *Il est à noter que l’eau peut modifier ces deux caractéristique c et*  *puisqu’elle est un lubrifiant donc l’eau va augmenter la cohésion et diminuer l’angle de frottement interne des grains.*

1. **Conclusion :**

*La valeur de l’angle de frottement*  *doit être presque égale a 30° mais on a trouvé une valeur proche de 40°, cette différence est expliquée par les anomalies de l’appareil et l’opérateur, d’une manière générale pour déterminer les caractéristiques c et* *pour un sol donné on effectue au moins deux de cisaillement.*

*L’équilibre limite d’un sol est défini par le passage de l’état élastique à l’état plastique qui se traduit par l’apparition des grandes déformations irréversibles c'est-à-dire dans la pratique par la rupture.*

*Le dimensionnement adéquat de l’ouvrage nécessite donc la connaissance des caractéristiques de résistance ou cisaillement de sol*