

ESTA J.

Société Arabo-Européenne de la Terre Armée, Liban

Culées en terre armée au Liban**Reinforced earth abutments in Lebanon**

Two abutments were constructed on the Highway of Beirut-Tripoli in Lebanon, in the period of 1st October and November 15, 1978.

The initial proposal was to use a traditional concrete abutment resting on piles. However, the use of reinforced earth represented a saving of about 30 % and was adopted. For more safety, two stages for the construction were to be selected. A study demonstrated that the factor of safety of the abutments was unacceptable under the full loading condition. Differential settlements were also of concern. It was therefore decided to construct in two stages.

I. HISTORIQUE

Les culées exécutées sont celles d'un passage inférieur situé à proximité de la ville de BATROUN à une cinquantaine de kilomètres au Nord de BEYROUTH sur l'Autoroute BEYROUTH-TRIPOLI.

La première reconnaissance de sol a été réalisée en Janvier 1968 et consistait en un puits manuel de 2,5m de profondeur et en trois pénétrations au moyen d'un pénétromètre dynamique dont la pointe avait une section de 22 cm².

L'organisme chargé de l'étude en avait conclu à "l'existence d'un limon plastique sur les deux ou trois premiers mètres surmontant une couche graveleuse comportant des blocs de rocher fissuré ne donnant que de faibles résistances au pénétromètres". L'ouvrage comportant des culées lourdement chargées le Bureau d'Etude avait jugé préférable " l'adoption d'une solution sur pieux de 50cm de diamètre forés jusqu'au niveau du rocher sain".

En Mars 1975, l'Entreprise chargée de l'exécution des travaux a proposé une solution en terre armée qui éliminait les pieux et qui apportait de ce fait une économie substantielle de l'ordre de 30%.

L'accord fut donné par le Maître d'Oeuvre, le Conseil Exécutif des Grands

Projets, pour la réalisation de ces premiers ouvrages en terre armée au LIBAN et au Proche Orient ; il fut même décidé de commencer la mise en place en Novembre 1975.

La guerre qui avait pris de l'ampleur en Septembre 1975 devait en retarder l'exécution de trois ans.

II. STABILITE DES CULEES**II.1 Reconnaissance complémentaire**

La stabilité au poinçonnement et l'aptitude au tassement surtout différentiel sont les deux principaux problèmes posés par ces deux culées en terre armée.

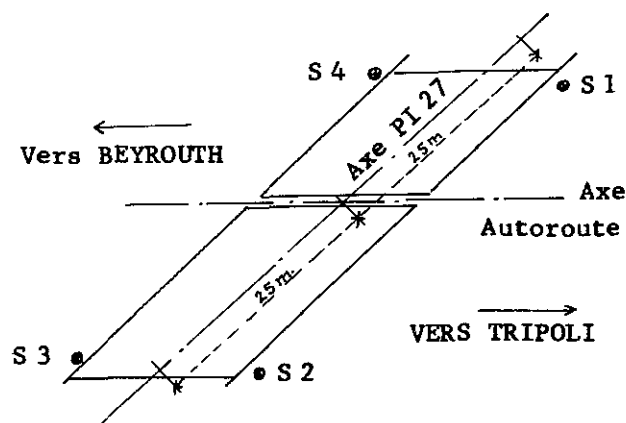


Fig. 1 Emplacement des culées et des sondages.

Pour mieux les définir on exécuta en Juin 1978, avant de réaliser la mise en place, 2 sondages pénétrométriques au moyen du Super Pénétrömètre statique dynamique ANDINA aux extrémités de chacune des deux culées. L'implantation

des sondages et les coupes géotechniques sont données sur les Figures 1 et 2. En même temps des prélèvements d'échantillons et des essais de laboratoire classiques furent exécutés.

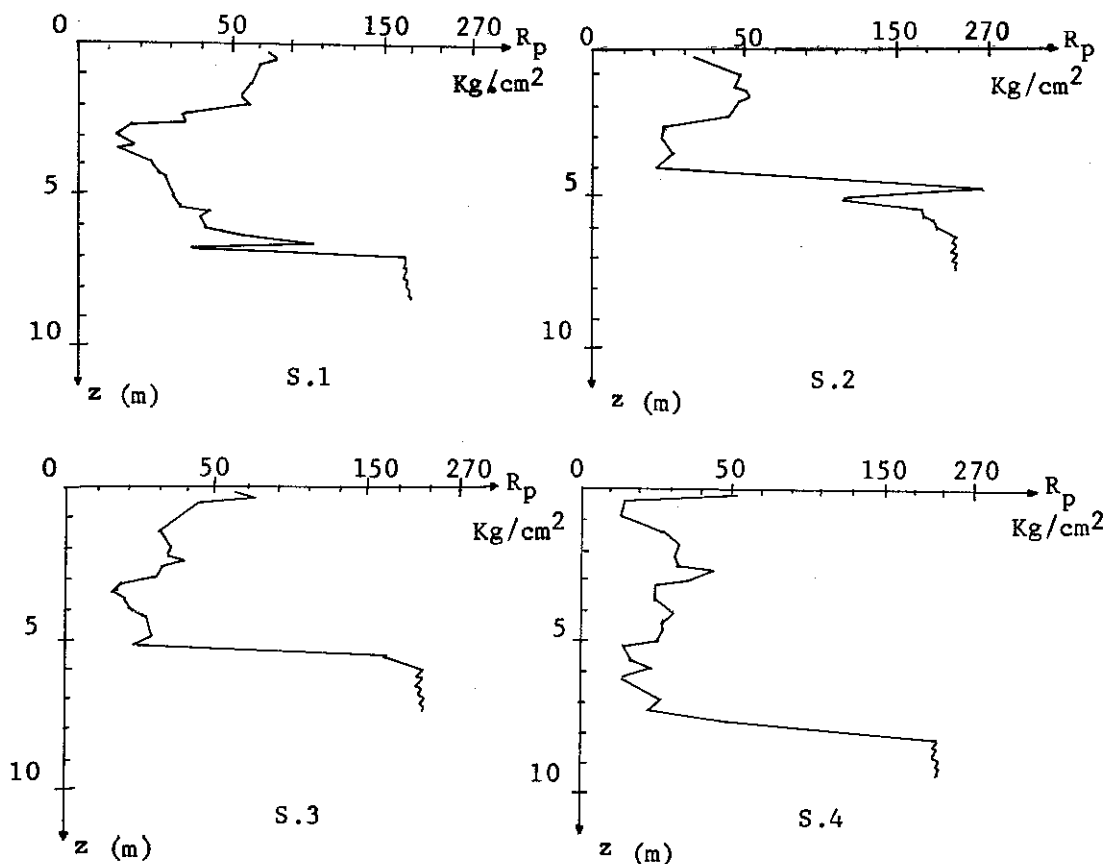


Fig. 2 Coupes pénétrométriques donnant la résistance en pointe statique.

Cette reconnaissance a montré que:

- En surface sur une profondeur de 1,5m à 2,5m il existe une argile silteuse surconsolidée par dessiccation dont la résistance en pointe statique est comprise entre 45 et 60 Kg/cm².

Cette couche superficielle joue un rôle mineur dans la stabilité puisqu'elle sera enlevée du fait de l'encastrement de la culée.
- En dessous se trouve une argile silteuse de résistance en pointe comprise entre 15 et 35 Kg/cm² et d'épaisseur variable.
- Le rocher sain apparait à une profondeur de 6,5m environ côté montagne (sondage 2 et 3) et à une profondeur de 8,5m à 9,5m côté mer.

II.2 Stabilité au poinçonnement

- La stabilité au poinçonnement à court terme étant généralement la plus défavorable, elle a été évaluée à partir de la cohésion à court terme donnée par la résistance en pointe statique $C_u = R_p/15$. d'où une plage de valeurs de la cohésion limitée par $C_u = 1 \text{ Kg/cm}^2$ et $C_u = 2,3 \text{ Kg/cm}^2$.

La contrainte limite donnée par la relation de TERZAGHI et compte tenu d'un encastrement de 2,5m est donc comprise entre 62 T/m² et 136 T/m².
- Le massif en terre armée étant réalisé, la contrainte moyenne exercée par le remblai armé est égale à 18 T/m².

A ce stade le coefficient de sécurité est supérieur à 3,5.

- c. Après application des charges permanentes dues au pont, la contrainte moyenne exercée au niveau du sol de fondation est égale à $30,9 \text{ T/m}^2$.

Le coefficient de sécurité est dans cette phase compris entre 2,0 et 4,3.

La valeur inférieure égale à 2 ayant été jugée à la limite de ce qui est admissible il a été décidé en commun accord avec l'Entreprise et le Maître d'Oeuvre de ne mettre en place les charges permanentes du pont que quatre mois après l'exécution du massif en terre armée. Ce faisant on est sûr que, dans le cas le plus défavorable, le coefficient de sécurité serait supérieur à 2 du fait de l'amélioration des caractéristiques mécaniques du sol de fondation due à l'application de la charge exercée par le remblai.

- d. Un essai de cisaillement à la boîte de CASAGRANDE à la vitesse de 1 mm/mn a donné, après saturation et consolidation d'un échantillon d'argile saturé à 3,5m de profondeur, les caractéristiques mécaniques suivantes $\varphi = 20^\circ$ $c = 4,2 \text{ T/m}^2$ faisant apparaître ainsi une contrainte limite de 74 T/m^2 et un coefficient de sécurité au poinçonnement après application des charges permanentes égal à 2,4.

II.3 Tassements

Les résultats pénétrométriques ainsi que les essais de compressibilité en laboratoire laissent prévoir des tassements totaux après application des charges permanentes du pont égaux à 25cm, 8cm, 15cm et 30cm selon que l'on se place respectivement aux points de sondages S 1, S 2, S 3, S 4.

Il en résulte un tassement différentiel sous chacune des culées de l'ordre de 5/1000.

D'où l'intérêt pour diminuer cette valeur de construire la culée en deux phases, le délai de quatre mois devant permettre une amélioration des caractéristiques mécaniques et de compressibilité et par

conséquent un meilleur comportement de l'ouvrage.

III. CONSTRUCTION

Le pont est un ouvrage isostatique et transmet au niveau du sommier une charge verticale égale à 30 T/ml et une horizontale égale à 2 T/ml .

La hauteur du massif en terre armée est égale à 9m et celle de la culée sommier compris est égale à 10,40m.

Les deux culées totalisent une surface de $1\,040 \text{ m}^2$ de parement. Elles ont été construites dans la période comprise entre le 1^{er} Octobre 1978 et le 15 Novembre 1978.

Le remblai est constitué par des alluvions de rivière dont la gradation était la suivante:

Pas d'éléments supérieurs à 250 mm.

20% d'éléments compris entre 150mm et 250 mm.

10% d'éléments inférieurs à 80 microns.

Ce remblai fut mis en place et compacté au moyen d'un compacteur vibrant du type ABG Trailer Vibratory Model Saw 185 dont le poids en service est égal à 13,5 T et la longueur du tambour à 205 cm, en respectant un éloignement minimum du parement égal à 1,5m. Toutefois on a constaté en fin d'exécution un faux aplomb, pouvant avoir été provoqué par la charge au mètre linéaire relativement importante du compacteur.



Les 2 massifs en terre armée achevés.

Des repères ont été mis en place sur chacune des culées afin de mesurer les déformations qui peuvent se produire.

Au moment d'achever la rédaction de cette note le tassement maximum mesuré au droit de la culée côté Tripoli est voisin de 5cm; la mesure des tassements sera poursuivie jusqu'en Mars 1979 date prévue pour la construction du sommier et du pont.