C.R. Coll. Int. Sols Textiles. Paris 1977

KERN F.
Centre Technique du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Aix-en-Provence, France

Réalisation d'un barrage en terre avec parement aval vertical au moyen de poches en textile

An earth dam with a vertical downstream face constructed using fabrics

This communication presents a weiring embankment with vertical downstream face. This profile allows the flood to pass upon the embankment, what leads to an appreciable economy when the corresponding flows are important.

The vertical dowstream face is made up with polyester woven bags fulled with loam. This technique is comparable to the technique of steel gabions. The polyester clothes gives a fictive cohesion to the ground and prevent tye crumbling that would be localized on the dowstream face. The structure is 6,5 meters high under the weir.

In the time of construction three flood passed upon the embankment not yet achieved. It could take the overflow without any damage, even when the weiring beam was not yet constructed.

Description de l'ouvrage

Cet ouvrage est une digue déversante dont le parement aval vertical est tenu au moyen de nappes de tissu ancrées dans le massif. Cette technique permet de se passer de déversoir en béton armé posé sur terrain naturel dont le coût est assez élevé lorsque les débits sont importants.

Le barrage a été réalisé dans le vallon du Maraval à proximité de Pierrefeu dans le Massif des Maures. Il doit servir à lutter contre les incendies en tant que réserve d'eau et en étant intégré dans un "écran vert". Trois autres ouvrages seront réalisés sur le même vallon pour compléter le dispositif.

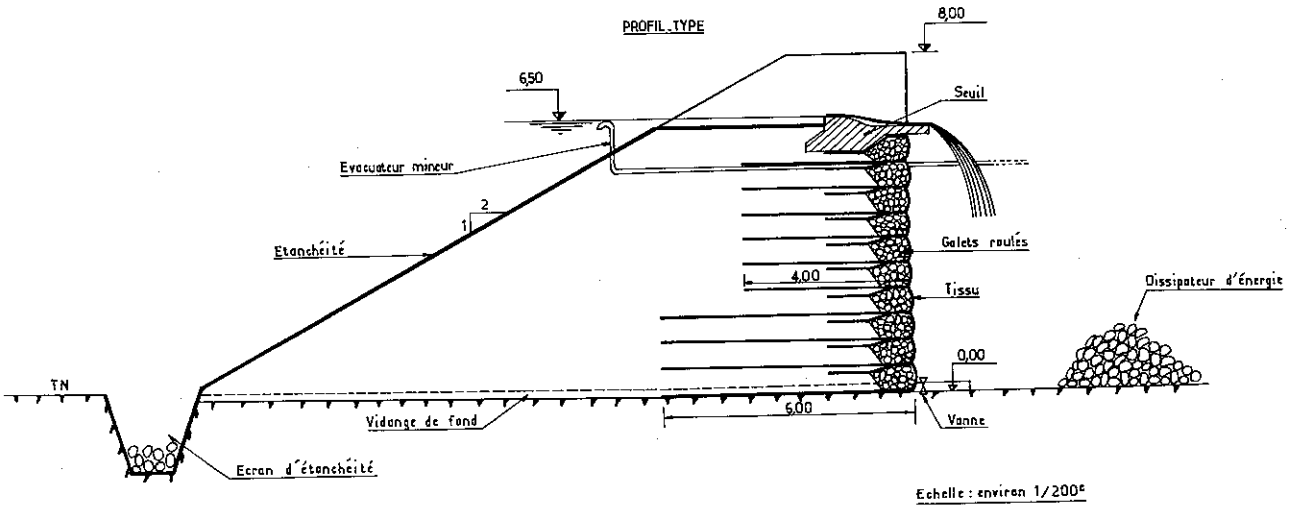
Le site géologique est constitué de schistes très altérés en rive droite et recouvert d'éboulis schisteux en rive gauche. Ces derniers éboulis ont une épaisseur de 2 à 5 m et ont servi à réaliser le corps de la digue. La granulométrie de ces matériaux est assez étendue allant des argiles aux blocs de 200 mm. Néanmoins, une fois compactés ils sont assez peu perméables.

Le bassin versant contrôlé par le site est de 4 km2 et le débit de crue de projet retenu pour l'étude est de 40 m3/s. Ceci correspond à un débit spécifique important, normal dans le Massif des Maures.

Le barrage a un parement aval vertical et un parement amont de pente 2/1. Dans la zone non déversante, la largeur en crête est de 3 m. La hauteur maximale est de 6,5 m dans la zone déversante, et cette zone est à une cote de 1,5 m plus faible que celle des zones non déversantes. Le parement aval est ancré d'au moins 0,5 m dans le terrain naturel.

L'étanchéité amont est assurée au moyen d'une feuille mince du type "colétanche" (non-tissé imprégné de bitume). Le raccordement avec le terrain naturel est réalisé par enfouissage dans une tranchée d'ancrage en terre argileuse. Sur la crête, ce raccordement est obtenu par collage sur la poutre déversante ou sur la dernière nappe de tissu.

Le déversement des crues se fait dans une échancrure trapézoïdale de 10 m de largeur au plafond et de 16 m de largeur au miroir pour une hauteur de 1,5 m. Une poutre déversante auto-stable placée sur le massif permet d'augmenter le coefficient de débit et d'éloigner le filet d'eau du parement aval. Pour un plan d'eau au niveau de la crête supérieure de la digue, le débit évacué est de 40 m3/s pour un coefficient de débit de 0,4. Une prise avec un siphon permet d'évacuer les petits débits. Elle est calée à 15 cm sous la crête de la poutre déversante, son diamètre est de 150 mm et le débit évacuer de 0,1 m3/s. Une conduite de vidange de fond de



200 mm de diamètre a été utilisée durant le chantier pour dériver les débits permanents. La poutre déversante permet d'éloigner le point de chute de l'eau du parement aval. Par rapport au droit de l'extrémité du déversoir, ce point est distant de 1,15 à 2 m.

Les poches de tissu sont réalisées de la manière suivante :

- La nappe est mise en place sur la poche précédemment construite et contre le coffrage.

- Deux couches de terre compactée de 20 m chacune sont réalisées sur le tissu et le reste de la digue, sauf à proximité du parement.

- Une couche de cailloux roulés de 60 cm d'épaisseur est déversée entre le massif précédent et le parement.

- L'extrémité libre du lé est rabattue sur le blocage en cailloux et la terre.

- Une couche de terre compactée de 20 cm permet à la terre de rattraper le niveau des cailloux.

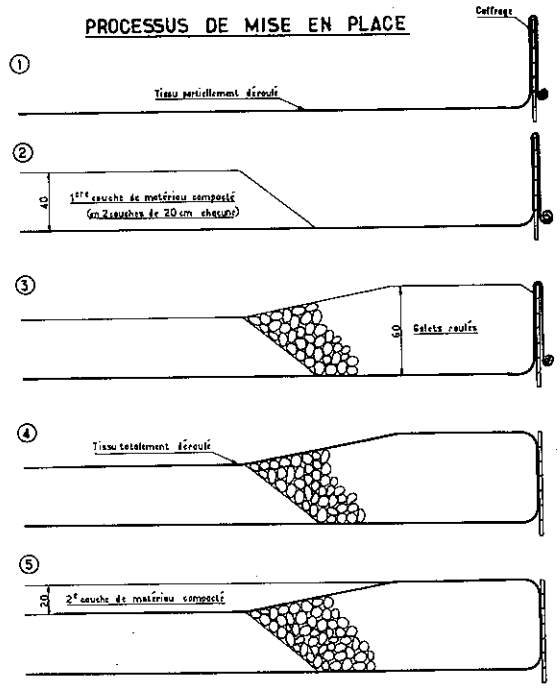
Cette technique présente les avantages suivants :

- Les cailloux roulés qui ne peuvent pas être compactés ne subissent pas trop de tassements sous l'effet des charges.

- Ils assurent le drainage du parement aval.

- Le tissu rabattu sur le dessus est tenu par la dernière couche de terre compactée.

Les bandes inférieures ont 6 m de long pour les 4 poches inférieures et 4 m pour les poches supérieures. Le rabat a toujours deux mètres de longueur.



Effets du tissu et justification

Le tissu a deux effets :

- Il apporte une cohésion anisotropique artificielle à la terre qui l'entoure.

- Il empêche les éboulements de peau qui conduiraient à la ruine du talus.

La cohésion artificielle créée par ces tissus est de l'ordre de Ftg φ . F étant l'effort mobilisable sur les armatures par unité de surface de section droite. Selon l'inclinaison de la section sur les armatures, la cohésion artificielle varie mais elle reste de l'ordre de Ftg φ tant que l'angle de la facette avec les nappes de tissu reste supérieur à 30°.

Cette cohésion n'est mobilisable que si les tissus sont suffisamment ancrés dans la terre. Des essais de cisaillement effectués à la boîte de Casagrande ont montré que l'angle de frottement du tissu sur la terre était égal à l'angle de frottement interne de ce matériau (35° dans notre cas). Pour une longueur de lé de 1 m et sous une charge de 6 m de terre, l'effort mobilisable est d'environ 7,6 T (frottement sur 1 face seule).

Les tissus utilisés ont un effort maximal de service qui a été pris égal à 10 k daN/ml (déformation des fibres de l'ordre de 3 %) et les calculs de stabilité effectués avec la cohésion fictive correspondante et par la méthode de Fellenius ont montré que le coefficient de sécurité obtenu était de 4,67.

Si la résistance des tissus est divisée par 2 ou par 4, les résultats obtenus sont les suivants :

Résistance des tissus	Coefficient de sécurité
10 k daN/ml	4,67
5 k daN/ml	4,67
2,5 k daN/ml	3,32

Wrong

Dans le premier et le second cas, le cercle critique ne coupe pas les nappes de tissu et celui-ci est surabondant.

Pour les calculs, nous avons tenu compte de l'effet d'ancrage des tissus en réduisant l'effort mobilisable dans la zone proche de l'extrémité.

Nous avons essayé de préciser l'effort de traction créé dans les poches par la poussée des terres sur le parement amont. La poche prend une forme correspondant à un funiculaire des charges appliquées. Cette forme n'est pas simple à déterminer et nous avons estimé que la courbure minimale est obtenue pour un rayon égal à la hauteur d'une poche.

Si l'on ne tient pas compte de l'effet de cohésion créé par les tissus, l'effort de traction maximal est, dans notre cas, de 0,6 x 0,27 x 6 x 1,8 = 1,76 k daN. Ce calcul est réalisé pour une charge normale de terre de 6 m ; comme on n'y tient pas compte de la cohésion, il est très défavorable et on constate que ce n'est pas cet effet de parement qui doit intervenir dans le dimensionnement des tissus.

L'effort de traction de rupture des fibres correspond à un effort de 21 k daN/ml dans le tissu et il correspond à une déformation de l'ordre de 20 %. Le tissu est nettement surabondant, mais dans la qualité de matériau requise, nous avons utilisé le plus léger existant sur le marché (750 gp/m2). Des problèmes de mise en place ne nous ont pas permis d'utiliser des poches plus épaisses.

Problèmes de chantier

Les tissus livrés en rouleaux de largeur 6 m ont été cousus sur chantier pour des questions de mise en place, mais les transmissions d'effort sont obtenues par frottement d'une nappe sur l'autre au travers du recouvrement (0,5 m). Dans le sens des efforts principaux, les lés sont d'un seul tenant. Ces coutures et mise en forme du tissu ont posé des problèmes pour réaliser les arrêts des poches au niveau des fondations et sur la crête de l'ouvrage.

Le coffrage du parement a posé deux problèmes : l'un concernant son soutènement, l'autre son réglage.

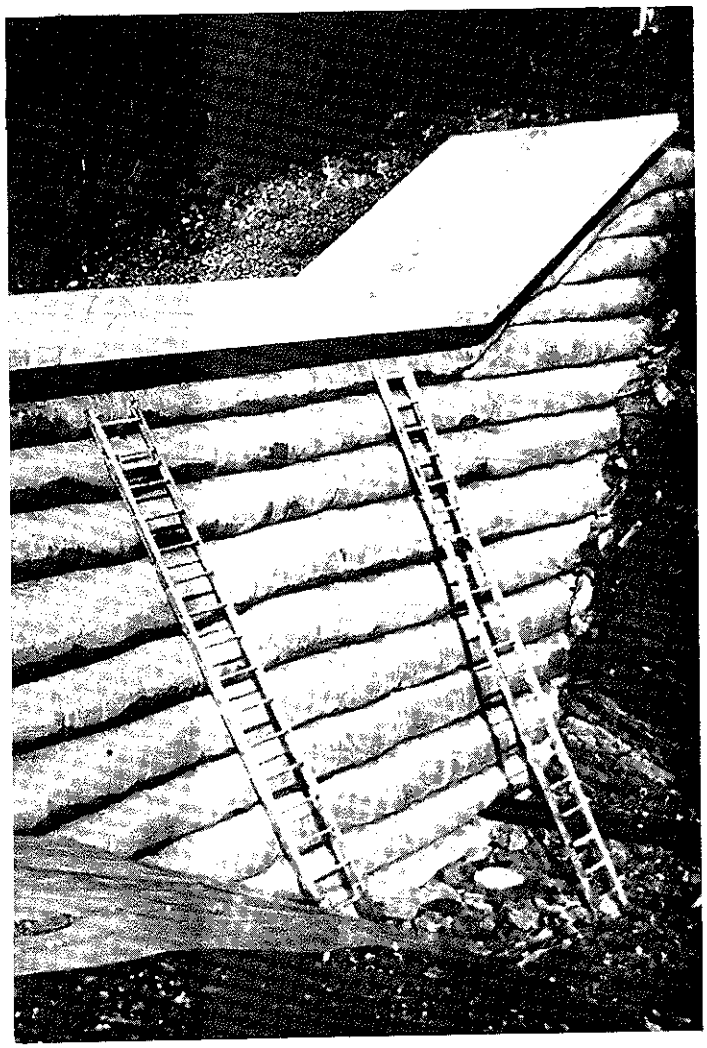
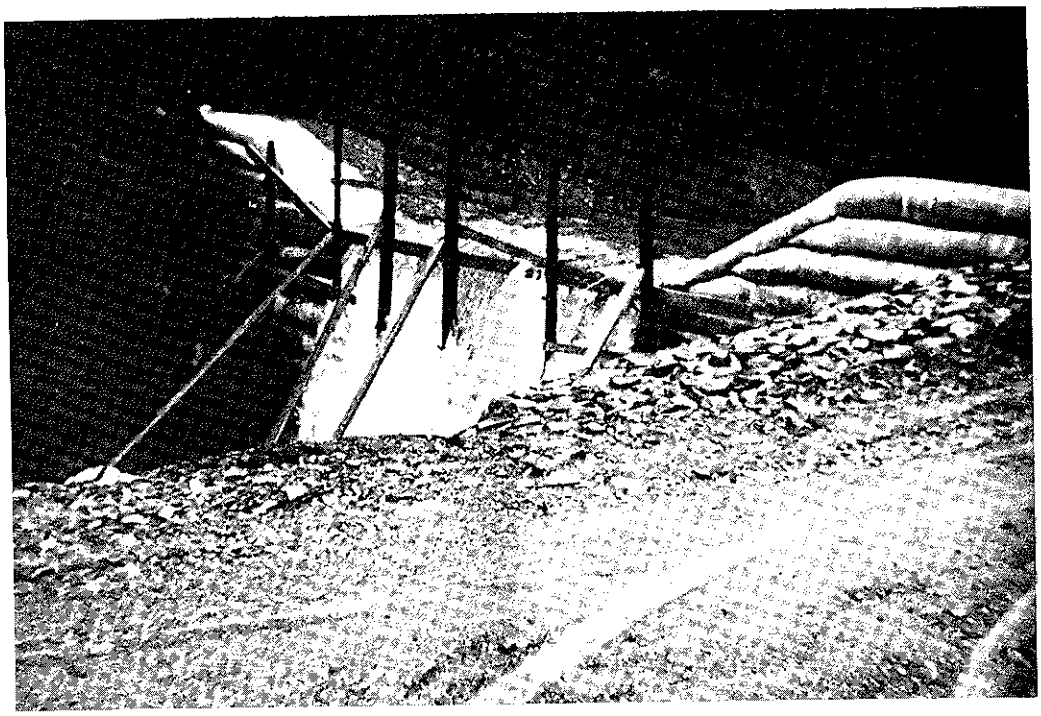
Le soutènement a été réalisé à partir du terrain naturel grâce à un dispositif de coffrages grimpants (déjà utilisé par le Ministère de l'Equipement pour un talus stabilisé avec du BIDIM).

Pour régler le coffrage correspondant à une poche, il faut que la plus grande partie des poches situées au-dessous se soit mise en place, donc que les parements correspondants soient décoffrés avant réalisation de la nouvelle poche.

Sous l'effet de la température les tissus se dilatent et se déforment de manière appréciable et il est difficile de tendre correctement le tissu pour fermer la poche. Ce phénomène est lié à la déformation qu'il faut donner initialement au tissu avant de mettre les fibres en tension.

Pour protéger le tissu contre les dégradations le parement a été imprégné de résine, mais des lumières ont été laissées non imprégnées pour assurer le drainage du corps de la digue.

Le massif de terre a été terminé en mars 1976 et le parement aval n'a pas subi de déformations autres que celles observées au moment du décoffrage. L'étanchéité amont a été mise en place en décembre 1976.

En cours de chantier, et alors que la poutre déversante n'était pas encore construite, le barrage a été submergé par 3 crues et celles-ci n'ont causé aucun dégâts. Une des trois photos ci-jointes correspond à la troisième submersion.

Le tissu utilisé est à base de polyester fabriqué par Rhône-Poulenc et dont la dénomination commerciale est XXX.