

CALCUL D'UN MUR FAIT DE BLOCS ET RENFORCÉ PAR DES GÉOTEXTILES EN ZONE SISMIQUE

DESIGN OF A WALL MADE OF BLOCKS REINFORCED BY LAYERS OF GEOTEXTILES IN SEISMIC ZONE

Dominique ROSSI¹, Olivier WYSS¹, René-Michel FAURE², Germain AURAY³,

¹ BETOCONCEPT – STABCONCEPT, France

² CETu, Bron, France

³ MDB TEXINOV, Saint-Didier-de-la-Tour, France

RÉSUMÉ – Cet article présente le dimensionnement d'un mur fait de blocs renforcé par des nappes de géotextile en zone sismique. Ce type d'ouvrage dépasse régulièrement les 10 mètres de hauteur avec des surcharges lourdes. Plusieurs milliers de mètres carrés ont été réalisés dans des pays et régions de fortes sismicités : Provence Alpes Côte d'Azur, Martinique, Mayotte, Algérie, Malaisie, Liban, etc.

Mots-clés : mur, bloc, séisme, nappes d'eau, géotextile, programme de calcul, stabilité interne, stabilité externe

ABSTRACT – This paper presents the design of a wall made of blocks reinforced by layers of geotextile in seismic zone. This type of structure regularly exceeds 10 meters in height with heavy loads. Several thousand square meters have been made in countries and areas of high seismicity: Provence-Alpes-Côte d'Azur, Martinique, Mayotte, Algeria, Malaysia, Lebanon, etc.

Keywords – wall, block, earthquake, ground water, geotextile program calculations, internal stability, external stability

1. Introduction

Le Maître d'Ouvrage, la société Silicium de Provence sur le site SILPRO à Saint-Auban, a souhaité la réalisation d'un mur d'entonnement amont du Canal de Manosque. Le chantier est en zone II de sismicité, selon les règles PS92. La fondation de l'ouvrage se situe au niveau d'un sol ayant une capacité portante suffisante ($q_{a,ELS} > q_{ref} = 190$ kPa). La hauteur de l'ouvrage, y compris son encastrement, est de 8,50 m dont 3,50 m sont sous l'eau (figure 1). L'ouvrage est renforcé par des nappes de géotextile de 5 m de longueur (Figure 4). Le remblai sous la nappe d'eau est constitué d'un granulats 20/40 de carrière. Le remblai hors de l'eau est constitué d'un matériau type routier 0/31,5.



Figure 1. Mur en construction

2. Le concept

Une semelle en béton armé sert à fixer et à positionner précisément dans le béton la première rangée de blocs. Comme chaque bloc n'est pas très lourd, ces blocs sont transportables à la main et les rangées supérieures sont facilement mises en place. Les nappes de géotextile sont pincées entre deux rangées d'éléments. Pour assurer le monolithisme du mur, les blocs possèdent des ergots, ce qui les rend solidaires. Les blocs ont une surface de contact maximale entre eux, sans arête vive, ce qui permet de minimiser les contraintes sur les interfaces et d'éviter les épaufrures et ruptures des blocs. Les blocs de béton pleins fabriqués à la presse sans vide intermédiaire sont destinés à des murs de grande hauteur et garantissent une protection efficace contre les chocs, comme c'est le cas pour les murs de rives ou de berges (Figure 2).

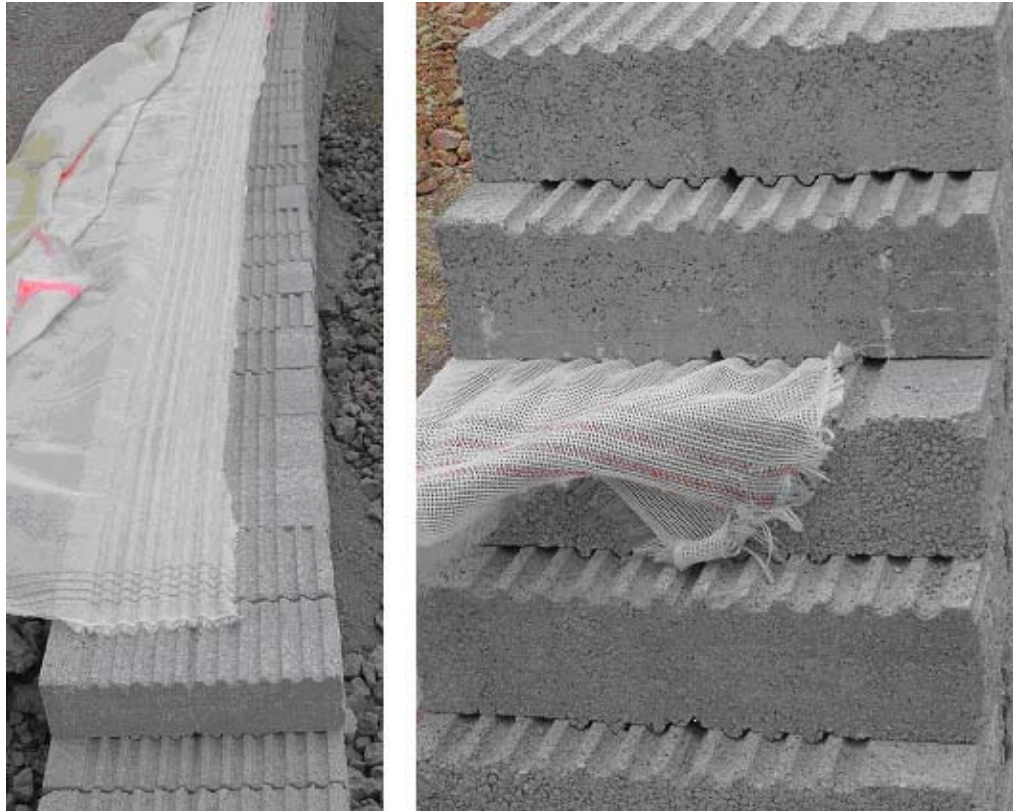


Figure 2. Le géotextile est pincé entre 2 rangées de blocs

3. Le géotextile

Le géotextile BETONAP utilisé est un tissé en polyester haute technicité, tricoté tramé, à mise en tension immédiate, certifié ASQUAL, présentant le marquage CE, avec une résistance à la rupture en traction de 200 kN/ m (Figure 3).

Pour cet ouvrage, le géotextile joue le rôle de renfort. Il doit assurer impérativement deux fonctions pendant toute la durée de service de l'ouvrage : le maintien de la résistance mécanique et la tenue vis-à-vis de l'altération physico-chimique.

4. La méthode de calcul

La conception d'un tel ouvrage se justifie par une approche à la rupture qui comprend :

- la justification de la stabilité externe en considérant un mur poids défini par le mur cellulaire et les nappes de géotextile : renversement, glissement, poinçonnement ;
- la justification de la stabilité interne : pour ce calcul, le logiciel suit la norme XP G 38064 et l'Eurocode 7, notamment pour ce qui concerne les coefficients de sécurité partiels. Le calcul vérifie la stabilité interne selon la méthode de Bishop ;
- la vérification de la stabilité globale du talus.

La figure 4 présente la coupe de l'ouvrage étudié.

CARACTERISTIQUES DESCRIPTIVES				
Caractéristiques	Norme	Unité	Valeur	Tolérance
Masse surfacique	NF EN ISO 9864	g/m ²	490	± 10%
Épaisseur sous 2 kPa	NF EN 964-1	mm	1,7	± 20%
Porosité surfacique		%	31	
CARACTERISTIQUES MECANIKES				
Résistance à la rupture en traction	NF EN ISO 10319	kN/m	SP* : 200 ST* : 50	- 5 % - 5 %
Résistance en traction à 2% de déformation SP		kN/m	30	Val minimum
Résistance en traction à 3% de déformation SP		kN/m	45	Val minimum
Résistance en traction à 5% de déformation SP		kN/m	75	- 20 %
Déformation à la rupture en traction	NF EN ISO 10319	%	SP* : 11 ST* : 11	± 20% ± 20%
Frottement sol-géotextile				
- Gravette concassée		$\tan(\varphi \text{ sol-geo})$	0,81	
- Sable de Leucate		$\tan(\varphi \text{ sol-sol})$	1,05	
- Argile de Bresse			1,15	
Module sécant d'élongation SP		kN.m ⁻¹	1680	
Perforation dynamique	NF EN 918	mm	17	+20%
Poinçonnement statique CBR	NF EN 12236	kN	2,8	-10%
CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES				
Perméabilité	NF EN ISO 11058	ms ⁻¹	N. R.	-
Ouverture de filtration	NF EN ISO 12956	µm	>800	-
Capacité de débit dans le plan	NF EN ISO 12958	m ² s ⁻¹	<1.10 ⁻⁷	-10% sur -log q

* SP = Sens production / ST = Sens trame

Figure 3. Caractéristiques du géotextile BETONAP® (d'après TEXINOV®)

4.1. Stabilité interne

La justification de la stabilité interne, à la différence de la vérification de la stabilité globale, regroupe l'étude de toutes les surfaces de rupture potentielle qui coupent un ou plusieurs renforcements. Cette justification nécessite l'étude d'un grand nombre de surfaces de rupture afin de couvrir tous les cas de calculs représentatifs, où pour chaque courbe un coefficient global (avec ou sans renforcement) est fourni (Figure 5).

Le coefficient de sécurité global réglementaire permettant d'assurer la stabilité du massif est en général de 1,5 et de 1 en appliquant les coefficients de sécurité partiels au sens de l'Eurocode 7 et de la norme XP G 38064.

La justification conduit au choix du géotextile, du nombre, de la longueur et de la position de chaque nappe, du type de sol et de l'espacement des blocs : cela nécessite la connaissance des blocs par des essais en compression et au cisaillement des géotextiles, de leur comportement au sein du sol, de leur accroche au parement (essais d'arrachement, Rossi et al., 2006) ainsi que du comportement des géotextiles dans le temps (fluage, allongement, vieillissement, etc.).

4.2. Séisme

La prise en compte des séismes se fait en pseudo-statique, comme préconisé dans la norme PS 92. On modélise l'effet d'un séisme par une force horizontale supplémentaire qui entre dans le calcul du coefficient de sécurité global du massif. La valeur de la force horizontale dépend de la masse du sol et de l'accélération nominale de pesanteur du séisme.

L'accélération nominale dépend de la situation géographique. Pour ce projet, cette accélération est de 0,25g. La prise en compte de cette force supplémentaire permet de modifier le funiculaire des forces de chacune des tranches de sol nécessaires à la méthode de calcul de stabilité.

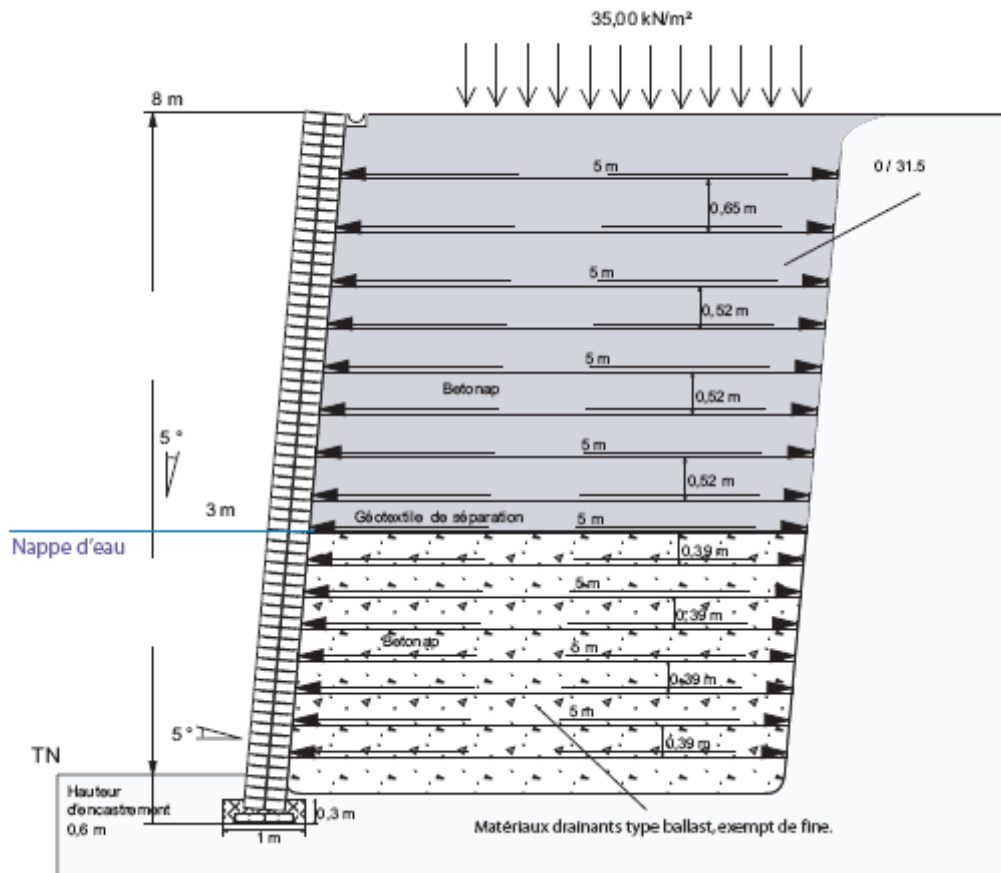


Figure 4. Coupe de l'ouvrage

La nouvelle contrainte est calculée pour chaque tranche de sol le long de la surface de rupture. Comme elle est orientée dans le sens des x croissants, elle induit un moment de déstabilisation qui diminue le coefficient de sécurité. En cas de séisme, les blocs de béton assemblés à sec sont aussi soumis aux effets sismiques. Il peut exister un risque de glissement de la nappe de géotextile entre les deux blocs. On sait que, pour arracher la nappe de géotextile du mur fait de blocs, il faut fournir un effort égal au poids du mur qui coince la nappe (essais réalisés en laboratoire). Cette limitation a été prise en compte dans la méthode de calcul. En cas de séisme, on diminue donc le poids du mur en supposant que l'accélération sismique est défavorable et dirigée vers le haut. Donc, plus le séisme est important et plus le poids du mur fait de blocs est diminué pour évaluer la possibilité d'arrachement de la nappe.

Nous avons pris en compte une nappe d'eau horizontale du fait de la perméabilité du mur, justifiant une poussée hydrostatique. Mais, dans la pratique, ce type de mur monté à sec avec des joints de 10 à 15 mm, permet la circulation d'eau sans préjudice.

5. Conclusion

La solution technique retenue par le Maître d'Oeuvre et le Maître d'Ouvrage a permis de réaliser et de mettre en service un ouvrage (Figure 6) dans des délais très courts pour un coût inférieur de 30% à des solutions traditionnelles. La stabilité du mur est conforme à la réglementation parasismique applicable PS 92.

6. Remerciements

Nous remercions M. Jean Louis ROSSI, directeur général de la société BETOCONCEPT et inventeur des éléments LEROMUR®.

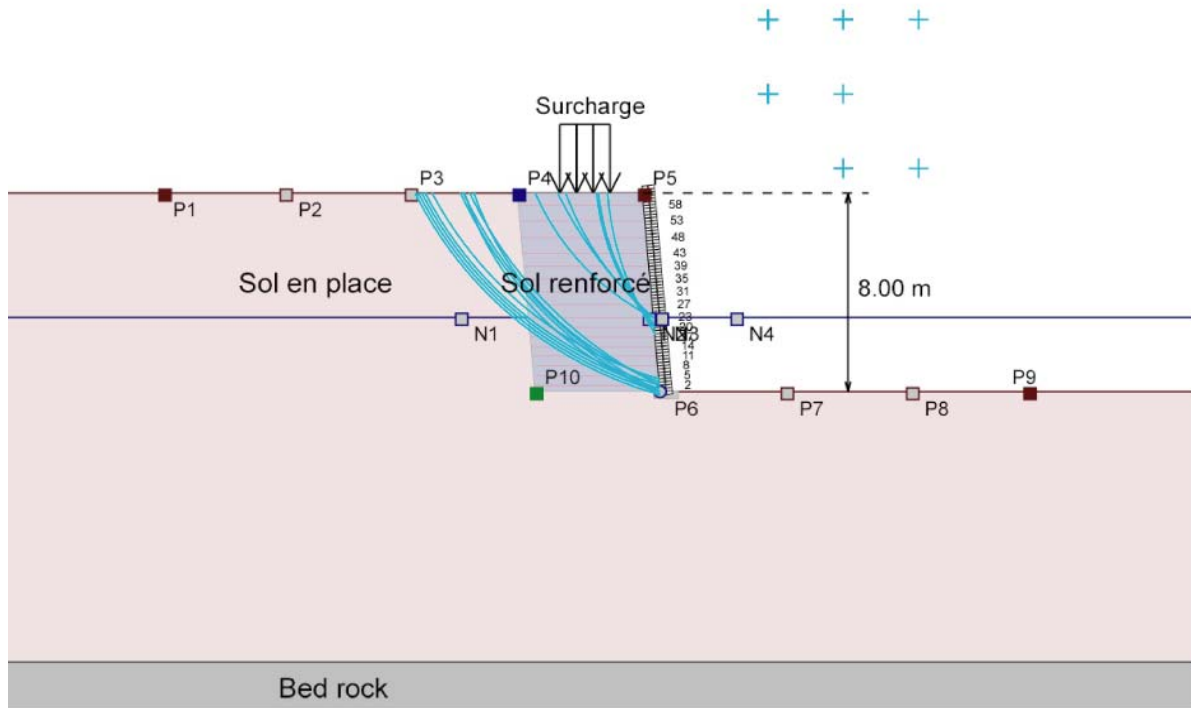


Figure 5. Vérification de la stabilité interne



Figure 6. Ouvrage réalisé

7. Référence bibliographique

Rossi D., Faure R.M., Ducol J.P., Nancey A. (2006). Culée de pont porteuse réalisée avec un mur fait de blocs d'aspect pierre éclatée et renforcé par des géotextiles. Actes des 6èmes Rencontres Géosynthétiques, Montpellier.