

Ministère de l'Équipement
et du Logement
DR - DSCR

NOTE D'INFORMATION

CHAUSSÉES
TERRASSEMENTS

47

LE PNEUSOL[®]

(Soutènement - Répartiteur de contraintes)

[®] Marque déposée

Auteurs : LCPC/SETRA

Editeur : SETRA

Janvier 1989

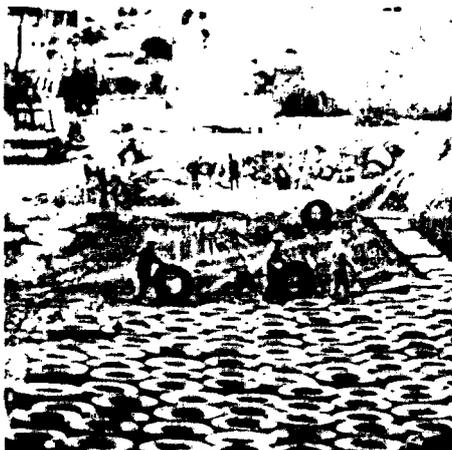
Résumé : plus de 250 000 tonnes de pneumatiques usagés sont jetés chaque année dans les décharges. Ces déchets dégradent l'environnement. L'Administration, par l'intermédiaire du Pneusol, association de « pneus » et de sols, se propose de les réutiliser dans un certain nombre de domaines du Génie Civil (renforcement des sols, absorbeur d'énergie, répartiteur des contraintes, remblai léger, ...).



Col de Bussang



Ferrupt



Monistrol-sur-Loire



Col de Bussang

PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

Généralités

Le Pneusol, marque déposée, est un matériau inventé et étudié par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Comme son nom l'indique, il est constitué de deux éléments : le pneu, en général usagé, et le sol.

Dans le mot « pneu » on comprend le pneu lui-même entier ou partiellement découpé ou tous les éléments constituant sa structure : ses deux flancs et sa bande de roulement. Ces pneus ou ces éléments associés linéairement ou en nappes sont capables de supporter des efforts de traction importants. Dans le mot « sol » on comprend toutes les variétés de terrains naturels, éventuellement traités, et artificiels ou de déchets divers pouvant être associés au « pneu ».

Le Pneusol présente l'avantage de pouvoir améliorer de façon durable les propriétés mécaniques du sol, soit de manière anisotrope, c'est-à-dire dans les directions où le matériau est le plus sollicité (nappes, bandes linéaires), soit de manière isotrope, dans toutes les directions (chaînes continues d'éléments ou de pneus remplis ou non).

Technologie du pneumatique en Pneusol

Un pneumatique enterré se trouve à l'abri des rayons ultraviolets, qui sont le seul agent extérieur capable de détériorer le caoutchouc protégeant les armatures ; il a par conséquent une durée de vie très importante.

Le « pneu » peut être disposé selon des lits horizontaux de la manière suivante :

- pneumatique posé à plat,
- bande de roulement sur chant,
- bande de roulement aplatie.

L'assemblage de ces éléments permet de réaliser les armatures de renforcement du sol modulé en fonction des efforts de traction. Leur montage doit rester simple pour avoir un procédé valable technologiquement et économiquement.

Divers cas d'emploi

Les principaux avantages que confère le Pneusol aux ouvrages utilisant cette technique sont essentiellement :

- une souplesse d'adaptation permettant de supporter des tassements différentiels importants,
- une meilleure répartition des efforts dans la masse du matériau et sur les fondations.

Le Pneusol a été utilisé aujourd'hui :

- en soutènement (y compris les murs de quai),
- en raidissement de pente,
- en répartiteur de contraintes (création de l'effet de voûte),
- en absorbeur d'énergie,
- en remblai léger,
- en protection des berges,
- en réducteur des poussées sur écran rigide,

les trois premiers cas étant plus fréquents que les quatre derniers. Les ouvrages construits (nombre : 50) sont en compétition avec d'autres techniques.

D'autres applications de cette technique sont à l'étude pour :

- des fondations anti-vibrations,
- une utilisation en tant que matériau antisismique,
- une protection contre les chocs de navires par constitution d'îles artificielles.

Le Pneusol se présente comme un matériau de génie civil très économique.

CONCEPTION DES OUVRAGES

Nous allons décrire ci-après la conception d'ouvrages dans deux cas principaux d'utilisation de Pneusol.

MUR DE SOUTÈNEMENT (fig. 1)

Description

Un mur de soutènement en Pneusol est constitué :

- de « pneus » (pneumatiques ou éléments de pneumatiques disposés linéairement ou en nappes selon des lits horizontaux),
- de remblai remplissant les vides laissés et séparant les lits de « pneus », ne présentant pas des caractéristiques géotechniques contraignantes,
- de parements préfabriqués en béton protégeant les « pneus » vus, empêchant le remblai de s'ébouler entre les lits de « pneus » et pouvant jouer un rôle architectural ; s'il n'y a pas de parements en béton comme dans le cas des raidissements de pente (pente à 1/2 ou 1/3), les « pneus » vus ne jouent aucun rôle mécanique.

Un tel mur présente de nombreux avantages :

- standardisation et rapidité d'exécution,
- continuité avec les remblais adjacents,
- réalisation de courbes à faible rayon de courbure,
- réalisation en site terrestre ou aquatique,
- amélioration du compactage.

Justification

Comme pour tous les ouvrages en sol renforcé, le dimensionnement du mur en Pneusol est composé de deux phases :

- le dimensionnement externe : vérification classique de stabilité d'un mur-poids,
- le dimensionnement interne : vérification de l'équilibre entre la poussée exercée et la résistance à la traction de l'assemblage choisi.

Mise en œuvre

On commence par assembler les « pneus » pour constituer les armatures qui seront posées linéairement ou en nappes en tenant compte des efforts de traction auxquels elles seront soumises. Cet assemblage est fait à l'aide d'attaches (bandes polyester) nouées à la main ou à la machine.

Une fois ces armatures posées, liaisonnées au parement et bien tendues pour éviter des mouvements possibles, on vient remblayer par couches de 25 centimètres, en bandes parallèles au parement en partant de celui-ci vers l'arrière du massif.

Quand on est arrivé en haut du parement, on vient poser un nouveau parement avec un fruit vers le massif et en le décalant vers l'arrière pour assurer le fruit du mur.

On pourra disposer à l'arrière du massif un matériau drainant avec à sa base un drain de récolte des eaux.

Pour les murs à fruit important (pente inférieure ou égale à 1/2) on pourra se passer de parement en protégeant la surface extérieure par une végétalisation ou une rangée supplémentaire de pneumatiques.

CONCEPTION DU RÉPARTITEUR DE CONTRAINTES (création de l'effet de voûte) (fig. 2)

But

Cela concerne les ouvrages rigides enterrés sous forte hauteur de remblai. La présence de l'ouvrage constitue une discontinuité dans le remblai provoquant des tassements différentiels entre les remblais adjacents à l'ouvrage et le remblai sur l'ouvrage, équivalents à un frottement négatif. Cette discontinuité se traduit pour l'ouvrage par une charge verticale supérieure à la charge du remblai (effet Marston). Le rapport entre les deux charges peut atteindre des valeurs élevées, 1,5 dans des cas courants. Pour éviter d'avoir un « Marston » élevé, il suffit de créer artificiellement un tassement supplémentaire sur l'ouvrage en réalisant un massif en Pneusol avec des pneumatiques entiers, massif qui sera plus léger et plus compressible qu'un massif en remblai normal.

Description

Il s'agit là d'un massif constitué de pneumatiques entiers



Fig. 1 : Mur Pneusol avec parement en béton

(actuellement poids lourds) placés les uns à côté des autres, remblayés à l'intérieur des « jantes » et empilés les uns sur les autres en quinconce ou non.

Justification

Connaissant les caractéristiques mécaniques du Pneusol et celles des remblais techniques environnants, le calcul consiste à déterminer l'épaisseur du massif Pneusol à mettre en œuvre pour obtenir sensiblement un même tassement d'ensemble sur la génératrice supérieure de l'ouvrage.

Mise en œuvre

En général, on pose la première nappe de pneumatiques poids lourds de manière jointive (disposition orthorhombique) lorsque le remblai atteint 50 centimètres au-dessus de l'ouvrage. On remblaie les pneumatiques de façon à permettre la circulation des engins et des hommes. On répète l'opération en décalant chaque fois la nouvelle nappe d'un demi-diamètre par rapport à la précédente.



Fig. 2 : Disposition du Pneusol au-dessus d'une voûte

ONT PARTICIPÉ A LA RÉDACTION :

NGUYEN THANH LONG, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

JEAN Pierre André, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

VAUTRIN Jean-Claude, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

URSAT Paul, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg

WASCHKOWSKI Edwin, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois

BESCOND Bernard, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Aix-en-Provence

POUGET Pierre, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand.

Toutes les Divisions Chaussées et Terrassements et Ouvrages d'Arts de C.E.T.E. et les Laboratoires régionaux de l'Équipement peuvent aussi fournir de plus amples informations.

PUBLICATIONS

- [1] LONG N.T., POUGET P. (1980), « Le renforcement des sols par des pneumatiques usagés ». Rapport à la DGRST, Septembre.
- [2] CARTIER G., LONG N.T., POUGET P., BARGILLAT R., CUDENNEC J.-P. (1981), « Déchets urbains et pneumatiques usagés en Génie Civil ». X^e Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Stockholm.
- [3] LONG N.T., DELMAS Ph., POUGET P. (1984), « Pneumatiques usagés ». Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 129, Janvier-Février.
- [4] LONG N.T. (1984), « Le Pneusol ». Colloque International « Routes et Développement », Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'Environnement, Paris, Mai.
- [5] LONG N.T. (1985), « Les pneus en renforcement de terrains : Le Pneusol ». Le recyclage du caoutchouc et des matières plastiques, Journées ANRED, Angers, Juin.
- [6] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol ». Rapport des Laboratoires n° 7, Juillet.
- [7] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol » : Réalisations ». Colloque « Innovation dans les Techniques de la Route », Paris, Octobre.
- [8] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol ou l'art d'utiliser les restes ». Bulletin ISTED Equipement et Développement n° 16/17.
- [9] AUDEOUD B., LONG N.T., URSAT P., (1986), « Tyresoil and the Stabilization of slopes ». VIII Danube European Conference on Soils Mechanics and Foundations Engineering, Nuremberg, September.
- [10] GAIOTTINO C., LONG N.T., SALLE R., URSAT P., (1987), « Le Pneusol et les ouvrages de soutènement ». IX^e Conférence Régionale Africaine, Lagos, Septembre.
- [11] DANTEC P., JEAN P.A., LONG N.T., POUGET P., SAPY M., (1987), « Le Pneusol et l'effet de voûte ». Colloque International « Interaction Sols-Structures », Paris, Mai.
- [12] AUDEOUD B., LONG N.T., URSAT P., (1988), « Une astuce à deux niveaux ». Revue des TPE, Janvier-Février.
- [13] BAILLY J.C. et AL., (1988), « Le Pneusol : Recherches et Réalisations ». Congrès international Routes et Circulation Routière, Berlin, Sept.

Pour tous renseignements techniques
concernant cette note, vous pouvez
vous adresser aux auteurs
dont la liste figure en page 3.

AVERTISSEMENT :

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

SETRA, 46, Avenue Aristide-Briand, 9223 BAGNEUX - France
Tél. (1) 42.31.31.31 - Télex : 260763 SETRA BAGNX

Bureau de vente : Tél. (1) 42.31.31.55 - (1) 42.31.31.53 - Référence du document : **D 8906**
Classification thématique au catalogue des publications du SETRA : **D01**