

REMBLAI SUR INCLUSIONS RIGIDES RENFORCÉ PAR GÉOSYNTHÉTIQUES : RD1006 À BOURGOIN-JALLIEU (38)

PILED EMBANKMENT REINFORCED WITH GEOSYNTHETICS: RD1006 ROAD IN BOURGOIN-JALLIEU (FRANCE).

Laurent EXBRAYAT¹, Alain NANCEY¹, Jérôme GRIPPON², Steven DURAND³

¹ TenCate Geosynthetics SAS, Bezons, France

² Franki Fondations

³ Egsol

RÉSUMÉ – Pour la mise à 2x2 voies de la RD1006 à Bourgoin-Jallieu (38), il fallait réaliser un élargissement de la chaussée existante avec un remblai sur des sols compressibles. Pour éviter des tassements différentiels entre la nouvelle et l'ancienne chaussée et au droit de réseaux alimentant le centre hospitalier (Médipole), le renforcement du sol par inclusions rigides et géosynthétiques est la solution qui a été retenue. Les nappes de géosynthétique ont été placées en têtes des inclusions rigides pour améliorer le transfert de charge vers les inclusions. Le dimensionnement a été effectué avec la méthode développée dans la norme britannique BS8006 (1995) et en intégrant le comportement à long terme des géosynthétiques.

Mots-clés : inclusions rigides, sols compressibles, renforcement

ABSTRACT – For the setting to 2x2 ways of the RD1006 road near Bourgoin-Jallieu (France), it was necessary to carry out a widening of the existing roadway with an embankment on compressible soils. To avoid differential settlements between the news and the old roadway, the reinforcement of the ground with piles and geosynthetic was the solution which was adopted. The geosynthetics were placed on the top of the piles in order to improve the loads transfer from the embankment to the piles. Design was carried out with the method developed in the British standard BS8006 (1995), taking into account the long-term behaviour of the geosynthetics.

Keywords: piles, compressible soils, reinforcement

1. Présentation

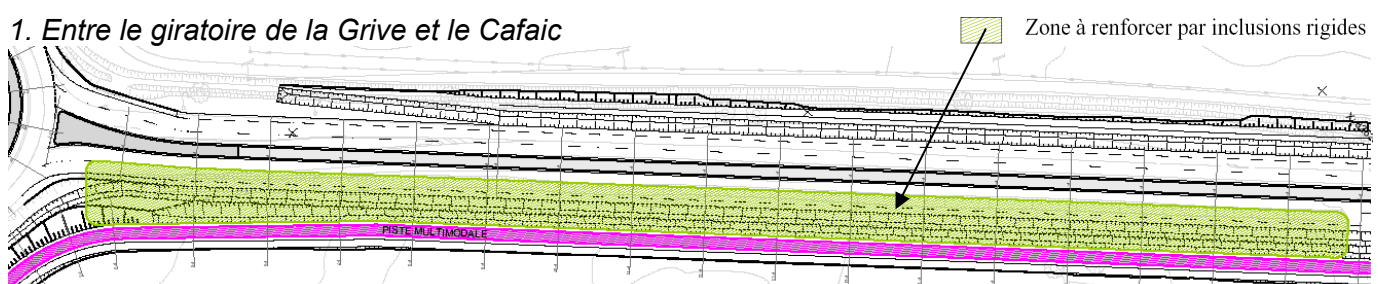
1.1. Projet

Dans le cadre de la création du Médipôle, le Conseil Général de l'Isère a décidé la mise à 2x2 voies de la RD1006 [1] entre le rond-point de la Grive et le rond-point de la Maladière, en procédant à l'élargissement de la route existante. Le projet comprenait également la réalisation d'un carrefour à feux à îlot central (Cafaic) au niveau de l'accès au Médipôle ainsi qu'une piste multimodale.

Le site étant constitué de matériaux très compressibles, des tassements différentiels importants entre l'ancienne et la nouvelle chaussée étaient attendus. Afin de préserver l'intégrité de nombreuses canalisations enterrées, alimentant notamment le centre hospitalier, des travaux de renforcement de sol par des inclusions rigides ont été entrepris. Des géosynthétiques de renforcement ont été mis en œuvre pour améliorer le comportement du remblai et obtenir un meilleur transfert de charge vers les inclusions.

Le renforcement des sols (zone en vert sur la vue en plan de la figure 1) est réalisé sur une partie de la section courante, à partir du rond point de la Grive sur une longueur d'environ 400 m et au niveau du Cafaic.

1. Entre le giratoire de la Grive et le Cafaic



2. Au niveau du Cafaic

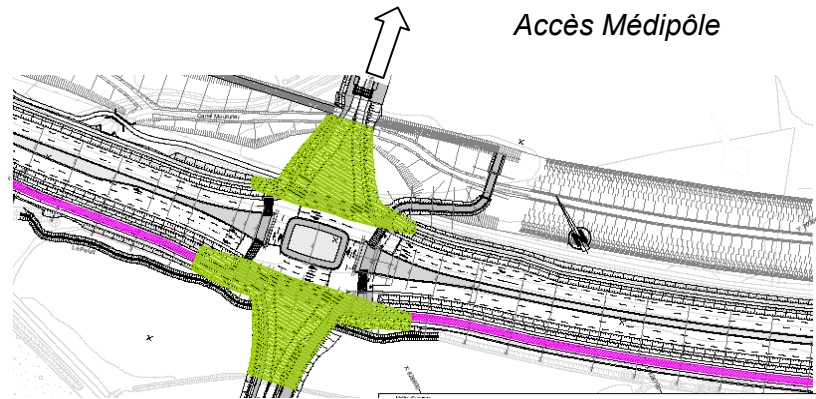


Figure1. Vue en plan des ouvrages

Le projet consiste en la création (de la gauche vers la droite sur la coupe de la figure 2) d'un terre-plein central de 4m de large, d'une chaussée de 6,5m, d'une noue et d'une piste multimodale en contrebas. L'ouvrage est réalisé en remblai sur une épaisseur de 0,9 m à 2,2 m.

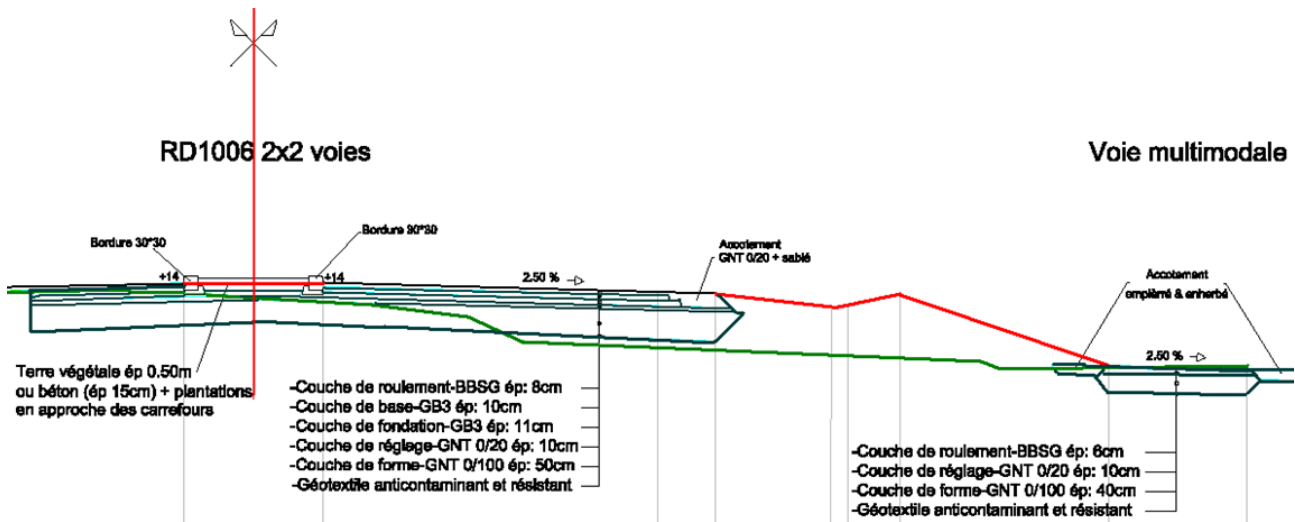


Figure 2. Coupe du projet

La zone renforcée par les inclusions commence au niveau du remblai existant, jusqu'à la base de la piste multimodale, comme indiqué sur la figure 3.

1.2. Contexte géotechnique

L'ouvrage est situé au droit d'un ancien marais plus ou moins asséché, en relation avec un cours d'eau proche. La nappe est présente à faible profondeur. Le substratum, constitué de sables et graviers plus ou moins limoneux, se situe entre 3,5 et 6 m de profondeur (moyenne 5,2 m). Il est surmonté de terrains de caractéristiques mécaniques faibles à médiocres, constitués de sols fins (argiles ou limons à bancs de sable) à passées tourbeuses décimétriques à métriques. Les teneurs en matières organiques de cet horizon sont très élevées. Sans renforcement de sol, les tassements liés à la consolidation ont été évalués à une valeur comprise entre 11 et 17 cm. La dégradation de la matière organique peut conduire à des tassements supplémentaires décimétriques.

Les caractéristiques géotechniques des sols sont les suivantes :

Horizons	γ (kN/m ³)	E_M (MPa)	p_{LM} (MPa)
Argiles ou limons à bancs de sable et passages tourbeux	15 à 19	0,9 à 1,7	0,08 à 0,19
Sables et graviers plus ou moins limoneux	19	17,6	1,7

Voie multimodale

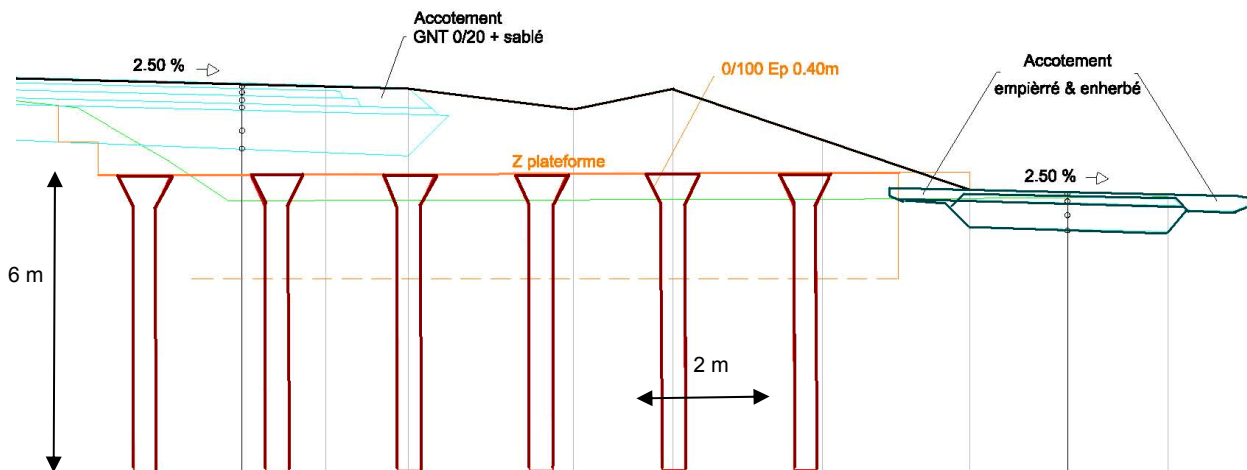


Figure 3. Coupe du projet : implantation des inclusions

1.3. Description du renforcement de sol

Compte tenu du contexte géotechnique, de la réalisation de l'ouvrage en remblai et de la présence de réseaux enterrés sensibles aux tassements différentiels, un renforcement de sol par inclusions rigides à tête élargie et géosynthétiques a été proposé par le géotechnicien en phase projet (mission G2), puis retenu par l'équipe de maîtrise d'œuvre / maîtrise d'ouvrage. Le schéma de principe de l'ouvrage est donné sur la figure 4. Les hypothèses dimensionnantes sont les suivantes :

- Surcharge 12 kPa
- Épaisseur du remblai 0,9 m à 2,2 m
- Caractéristiques du remblai $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi'=35^\circ$, $c'=0 \text{ kPa}$

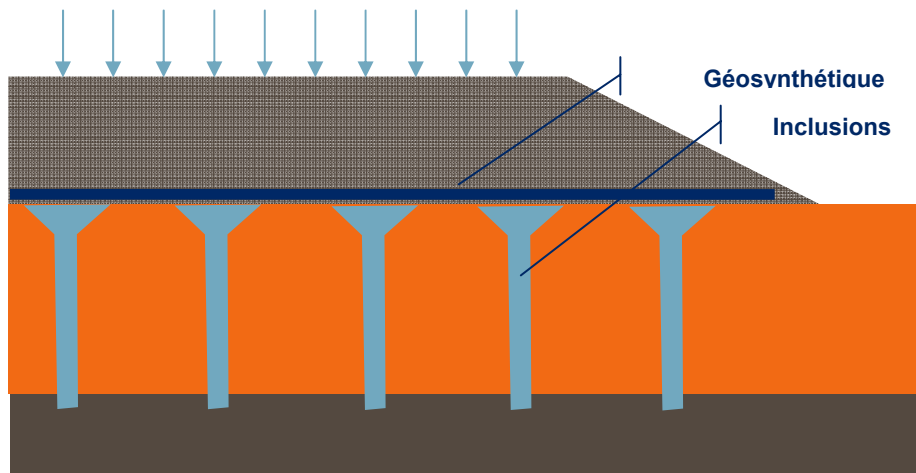


Figure 4. Schéma de principe du renforcement de sol

2. Plateformes de travail

La réalisation de plateformes de travail a pour objet de rendre le site traficable pour l'exécution des travaux. Elles ont été réalisées avec des matériaux de cloutage 100/150 mm sur 0,3 à 0,5 m d'épaisseur. La couche de forme de la piste multimodale est constituée de 30 cm de matériaux D31 selon le GTR et d'un géotextile de renforcement à la base.

Il s'agit d'un géotextile tissé constitué de bandelettes de fibres de haut module en polypropylène. La résistance à la traction de rupture est de 50 kN/m dans le sens longitudinal et le sens transversal. Il est certifié Asqual pour les caractéristiques relevant des fonctions de séparation, filtration et renforcement.



Figure 5. Plateforme de travail

3. Inclusions

3.1. Description

Les inclusions rigides sont vibro-foncées, d'un diamètre de $\varnothing = 0,35$ m et à tête élargie de 0,8 m. Elles sont disposées selon une maille régulière de 2 x 2 m. 2385 inclusions ont été exécutés, pour un linéaire de 14570 m. Le volume de béton utilisé est de 1850 m³.

La réalisation de têtes élargies coniques était particulièrement intéressante par rapport à celle plus classique prévue au marché : des dalles en béton armées de $\varnothing = 1$ m. Cette disposition a permis une mise en œuvre aisée et plus rapide des inclusions. Le géotechnicien missionné pour la supervision géotechnique d'exécution des travaux de renforcement (mission G4) a pu valider cette variante.

3.2. Justification

L'entreprise a effectué une vérification par éléments finis à l'aide du logiciel Plaxis 2D afin de s'assurer de l'ordre de grandeur des tassements et des efforts transmis aux géosynthétiques.

3.3. Mise en œuvre

Les travaux de fondation ont débuté le 8 mars 2010 avec une foreuse Bauer RTG16 associée à un vibro-fonceur. Les travaux ont été réalisés en plusieurs phases en tenant compte de la déviation de nombreux réseaux secs et humides et de réseaux aériens, tout en maintenant en service la route départementale existante.

L'implantation des inclusions rigides a également dû tenir compte de la présence de certains réseaux ne pouvant être déviés et de la mise en place de dalots au niveau du Cafaic, afin de maintenir l'écoulement d'un ruisseau. Des procédures de contrôle ont été prévues à chaque stade de la production.



Figure 6. Réalisation des inclusions

Au démarrage du chantier, les premières colonnes ont été réalisées à proximité de sondages de reconnaissance du bureau d'étude de sols de manière à valider les paramètres de travail et d'atteindre les profondeurs définies et de confirmer ainsi les hypothèses des notes de calcul.

La foreuse était équipée d'un enregistreur de paramètres Lutz pour fournir à l'avancement les fiches d'autocontrôle des inclusions rigides. Des essais de résistance à la compression sur des éprouvettes de matériaux ont été réalisés tous les 200 m³. Deux essais de chargement statique ont également été réalisés.

Des essais de dégarnissage de trois inclusions ont été effectués au début du chantier afin de vérifier le diamètre des inclusions sur les premiers mètres et donc de permettre au géotechnicien de valider les travaux d'amélioration de sol (figure 7).



Figure 7. Têtes d'inclusion dégarnies

4. Géosynthétiques

4.1. Description

Les géosynthétiques utilisés sont :

- un tissu de multifilaments constitués de fibres de haut module en polyester,
- un géocomposite associant un géotextile nontissé aiguilleté en polypropylène et des câbles de renfort en polyester. Ce dernier est certifié Asqual.

Les géosynthétiques utilisés sont des produits monodirectionnels. Ils sont mis en œuvre par nappes croisées :

- le géocomposite est mis en œuvre dessous, en travers de l'ouvrage linéaire ;
- le géosynthétique tissé est déroulé directement dessus, dans le sens longitudinal.

Des nappes avec un renforcement bidirectionnel ne sont pas justifiées car la résistance en travers des produits ne pourrait pas être suffisamment sollicitée par défaut d'ancrage.

L'ancrage des nappes en travers est réalisé par simple crose du côté de la chaussée existante, par crosse et tranchée du côté de la piste multimodale. L'ancrage des nappes longitudinales se fait à plat, par le poids propre du remblai sus-jacent.

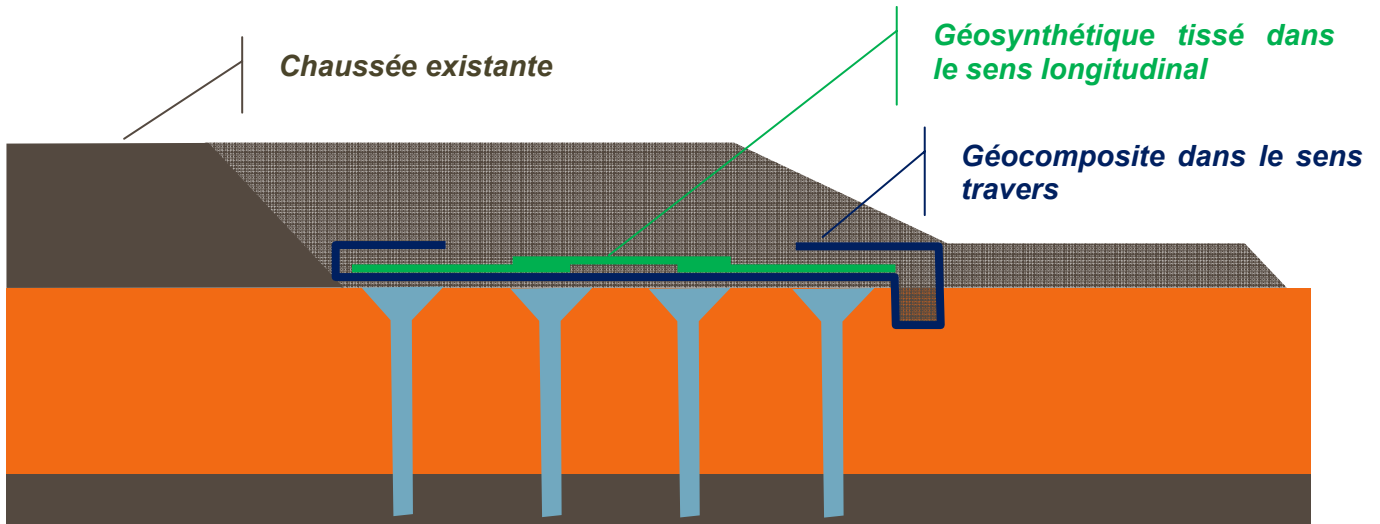


Figure 8. Schéma de principe du renforcement par géosynthétiques

4.2. Justification

Les géosynthétiques sont dimensionnés selon la norme British Standard BS8006 (1995). Le calcul est mené pour une durée de vie > 100 ans.

Une vérification de la déformation critique du géosynthétique est faite aux États Limites Ultimes selon une pondération des charges et paramètres issue des Eurocodes 7. L'allongement maximal du géosynthétique après fluage est fixé à 6%. La sécurité vis-à-vis de la rupture des géosynthétiques a également été vérifiée.

4.3. Mise en œuvre

La mise en œuvre a été réalisée par l'entreprise de terrassement. Les nappes de géocomposite ont été déroulées en travers de l'ouvrage (figure 9a). Les rouleaux ont été mis en place par des élingues à l'aide de la pelle. Les nappes furent ensuite déroulées au pied, coupées à la longueur souhaitée et mises en place dans la tranchée (figure 9b).



Figure 9a. Installation en sens travers



Figure 9b. Mise en œuvre sens longitudinal

Une longueur en attente a été réservée pour l'ancrage par crosse côté chaussée existante. Les nappes de géosynthétique tissé ont alors été déroulées dans le sens longitudinal de l'ouvrage à l'aide d'un godet. Elles étaient parfaitement tendues grâce au poids du remblai qui pèse en début de nappe. Le matériau est remblayé sur le géosynthétique et dans la tranchée.

Les nappes en travers ont été mises en tension par le poids du matériau dans la tranchée (figure 10a). Les matériaux 0/100 mm sont ensuite compactés par couches de 30 cm (figure 10b).



Figure 10a. Remblaiement et remplissage de la tranchée

Figure 10b. Compactage

5. Conclusion

La mise à 2x2 voies de la RD1006 à Bourgoin-Jallieu (38) nécessitait l'élargissement d'une chaussée existante par un remblai contigu de 0,9 m à 2,2 m d'épaisseur. La nature très compressible des sols d'assise risquait d'engendrer des tassements différentiels préjudiciables à de nombreux réseaux enterrés existants.

La réduction des tassements à des valeurs admissibles a été assurée par le renforcement des sols par des inclusions rigides descendues au substratum et la mise en œuvre de nappes géosynthétiques monodirectionnelles en polyester croisées.

Des solutions particulières comme la tête élargie des inclusions ou l'ancrage des géosynthétiques par crosses et tranchées, ont permis de concevoir un ouvrage performant et relativement simple à mettre en œuvre par l'entreprise de terrassement. À noter le rôle du géotechnicien en mission G4 (phase de suivi et de supervision d'exécution) pour l'analyse et la validation des variantes proposées.

Le renforcement de sol par inclusions rigides et géosynthétiques pour ce type d'ouvrage constitué d'un remblai mince (moins de 2 m d'épaisseur en général), est encore peu fréquent en France. A ce titre et dans le cadre du projet national ASIRI, il a été instrumenté par des nappes de géotextile associées à des fibres optiques dans le but d'en suivre le comportement dans le temps.

6. Remerciements

Les auteurs remercient les acteurs du projet pour leur collaboration :

Le Maître d'ouvrage

Le Maître d'œuvre

L'Entreprise de terrassement

Conseil Général de l'Isère - M. FLASSON

SITETUDES - M. NAITAOUZIA

FAVIER TP - M. LOUREIRO

7. Références bibliographiques

FRANKI Fondations (2010). Mise à 2 x 2 voies de la RD1006 (Isère). Travaux, N° 872, page 71sq.
Norme britannique BS 8006 (1995).

