

INVESTIGATIONS EFFECTUEES DIRECTEMENT SUR LA PLATE-FORME DU RESEAU FERROVIAIRE EN UTILISANT LA CAROTTEUSE

Alessandro BUONANNO	Stefano GORELLI	Ernesto ROMANI
dott. Geologo	dott. Geologo	dott. Geologo
Ente F.S.	Ente F.S.	Ente F.S.
Roma - Italia	Roma - Italia	Roma - Italia

INTRODUCTION

Dans cette relation est décrit un modèle d'investigation, actuellement réalisée en Italie, sur la plate-forme ferroviaire afin d'établir le programme des interventions d'entretien et des interventions visant à l'augmentation de la vitesse des lignes.

1. LA PLATE-FORME FERROVIAIRE EN ITALIE

Le terme "plate-forme", pour le remblai standard des lignes ferroviaires italiennes, est attribué à la surface d'assiette de la superstructure (ballast, traverses et rails).

La surface d'assiette est représentée par deux plans ayant une pente constante, dans le sens transversal aux rails, de 3,5% pour assurer un rapide écoulement des eaux météoriques à la base du ballast, et empêcher de cette façon que les terres du remblai se rammollissent et se déforment.

Pendant les 20 dernières années, les couches supérieures des remblais viennent d'être réalisées avec des terres préventivement sélectionnés selon les prescriptions des normes CNR-UNI 10006. L'épaisseur de la dernière couche est évaluable en 30+34 cm. et elle doit avoir une capacité de charge utile élevée: le module de déformation ne doit pas être inférieur à 80 MPa et la densité Proctor, réalisée selon la norme AASHO modifiée, ne doit pas être inférieure à 98% de la valeur maximale.

La vieille méthode, d'ailleurs très économique, consistant dans la compensation des volumes de déblai et de remblaiement a été dépassée depuis longtemps et aujourd'hui les ouvrages en terre sont réalisés en évaluant correctement les caractéristiques physico-mécaniques des matériaux utilisés aux fins d'obtenir une majeure durabilité dans le temps.

La plus part des lignes actuellement en exercice ont été réalisées par la vieille méthode et, par conséquent, par les matériaux que la situation géologique locale rendait disponibles; donc malheureusement, dans certains tronçons

de ligne très étendus, les remblais étaient réalisés par des terres ayant un élevé contenu en argile.

Les vieux remblais édifiés par des matériaux argileux sont aujourd'hui affectés d'une pathologie liée au phénomène du "vieillessement" de l'ouvrage en terre qui pose des problèmes d'entretien.

Ces problèmes sont causés surtout par l'infiltration d'eaux et par conséquent il s'avère la "plasticisation" des matériaux argileux situés sous la couche de plate-forme (s'elle existe) ou directement sous le ballast. La plasticisation détermine une perte de capacité de soutien, donc des tassements de la superstructure et la descente des éléments du ballast à l'intérieur du remblai.

Plusieurs dispositifs de renforcement et de protection des plate-formes ont été documentés dans les actes du "Congrès International des Chemins de Fer" de Rome, avril 1922. Dans les actes mentionnés on relève aussi la tentative d'obtenir une réduction des tensions sur la plate-forme en augmentant l'épaisseur du ballast.

Cette dernière mesure ne peut pas permettre d'atteindre des résultats positifs si la plate-forme est argilleuse car, en présence d'eaux, la capacité de charge utile de l'argile se réduit jusqu'à des valeurs non significatives.

2. CAUSE D'ENDOMAGEMENT DE LA PLATE-FORME

On a déjà mis en évidence comme la cause principale de l'inefficacité de la plate-forme soit liée à la nature des terrains dont elle est constituée.

De tante façon il n'est pas convenable sous-estimer d'autres possibles cause qui peuvent accélérer les phénomènes de dégradation de la plate-forme, comme:

- déformations subies dans le temps par la surface de la plate-forme qui a perdu la nécessaire pente, vers l'extérieur, indispensable pour l'écoulement des eaux;
- écoulement des eaux ralenti par une couche plus ou moins épaisse de ballast pollué (vieux ballast mêlé avec des matériaux argileux et organiques);
- écoulement des eaux empêché ou fortement ralenti par une barrière de débris sur la piste latérale qui dans le temps se compacte et se cimente;
- humification de la plate-forme par l'apport du matériel organique connexe avec la circulation des trains.

3. CONSEQUENCES DE L'ENDOMAGEMENT DES PLATE-FORMES

Le prolongé endomagement et l'inefficacité de la plate-forme causent plusieurs conséquences comme la remonté de

boue organique, l'instabilité du ballast et un effet de poinçonnement avec infiltration du ballast dans le remblai, ce qui provoque soit les déformations de la superstructure, soit le tassement dans le remblai et certaines fois des éboulements de leurs talus.

La remontée par refoulement de l'argile dans le ballast est index certe de l'endommagement de la plate-forme, mais souvent elle ne représente pas la situation plus mauvaise et peut indiquer seulement le début d'une détérioration ultérieure.

En effet l'expérience démontre que les situations plus graves sont celles qui nécessitent de fréquent recharge de ballast sans une visible remontée de l'argile.

Dans ce cas soit la plate-forme soit les couches au-dessous (le corps du remblai) sont, désormais, en conditions de ne pas soutenir le ballast et la superstructure.

4. INVESTIGATION SUR LA PLATE-FORME

Les investigations qui ont été effectuées jusqu'à l'année dernière sur les remblais des lignes existantes, pour l'étude des causes des endommagements et des interventions d'assainement, pour ne pas interrompre le trafic ferroviaire, ne sont presque jamais réalisées dans le remblai; mais au contraire en proximité de la ligne et dans les terrains de fondations.

Cette méthode d'investigation présente deux principales défauts:

- les résultats qui sont modestes ou privés des données géotechniques inhérent les matériaux du remblai;
- les frais considérables qu'il faut supporter soit pour l'approche des équipement d'investigation à plate-forme soit à cause des interruptions de l'exploitation ferroviaire.

Les F.S. ont décidé de surpasser ces problèmes en achetant une voiture automotrice, appelée UUM, équipée pour la réalisation des carotages et des essais géotechniques sur échantillons de terre; cette automotrice manoeuvre directement le long de l'axe du rail et permet l'investigation à partir de la surface du ballast entre deux traverses contigues.

5. CARACTERISTIQUES DE LA VOITURE.

La voiture automotrice (fig.1) a les suivantes caractéristiques:

- longueur total: 23.940 mm;

- largeur: 2.920 mm;
- hauteurs sur le plan des rails: 3.500 mm;
- moteur diesel avec une puissance de 348 Kw (473 C.V.) et avec isolation acoustique;
- vitesse maximum à traction autonome: 90 Km/h;
- poids total: 53 ton;
- poids axial du chariot antérieur: 13 ton;
- poids axial du chariot postérieur: 11 ton;
- poids axe postérieur: 9 ton.

Le corps principal de la voiture est composé par deux cabines fermées, d'une hauteur interne de 2 m; entre la cabine postérieure et la pièce moteur il y a la pièce avec les équipements pour les investigations.

La réalisation complète d'un sondage exige environ 10 minutes et il est possible de placer l'appareil selon trois différentes positions, selon la fig.1, en axe aux rails et à une distance maximum de 3.500 mm, ce qui permet d'obtenir une section transversale.

Le logement de guide est équipé d'une installation de ventilation et de réchauffement et le laboratoire géotechnique d'une installation d'air conditionnée et d'aspiration des poudres. La voiture réalise les sondages le long de la ligne, en régime de circulation des chariots en utilisant les intervalles d'horaire; les travaux de laboratoire sont menés pendant les temps de stationnement.

6. REALISATION DES INVESTIGATIONS.

Depuis le mois de juillet 1989 la carotteuse UUM est utilisée par le F.S. sur les tronçons des lignes dans lesquels les ouvrages en terre présentent des problèmes de stabilité.

Depuis environ une année son utilisation est devenue systématique; car l'équipe des opérateurs a acquis la nécessaire formation et, en plus, les modifications d'adaptation aux exigences relevées en travaillant le long des lignes ont été déjà apportées (insertion des manchons de Cardan sur la tête rotative, réalisation d'un mécanisme compte-mètres pour l'emplacement, une installation d'aspiration des poudres à l'intérieur de la pièce laboratoire) et enfin on a adjoint des nouveaux instruments qui permettent d'augmenter la capacité investigative et d'obtenir des informations additionnelles (géoradar, pénétromètre statique, etc).

6.1. Géoradar

Les investigations suivent un programme des travaux

qui prévoit des lever avec le géoradar, qui est transporté sur un chariot construit expressément et traîné avec la carotteuse UUM à la vitesse constante de 4 Km/h.

Ces investigations viennent d'être réalisées avec une antenne émettrice-receveuse (fréquence 80 MHz), afin d'obtenir une première, mais significative analyse indirecte des tronçons des lignes. Le géoradar fournit en temps réel une diagraphie, en blanc et noir, de la première couche des matériaux étudiés, ou bien, si assemblé avec un enregistreur magnétique, il fournit, après élaboration au computer, une radar-stratigraphie en couleur, dépurée des "fautes d'image" et des superpositions des fréquences anormales.

Les radar-stratigraphies (fig.2) sont assez précises et, si l'interprétation est bien effectuée, il est possible de reconnaître les traverses, l'épaisseur du ballast et la marche de la ligne de plate-forme. On peut, enfin, remarquer aussi les zones du remblai qui présentent des "anomalies".

6.2. Pénétrromètre statique

La pièce de travail a été équipée en plus avec un pénétrromètre statique hollandais de 10 ton (GOUDA) à pointe mécanique pour la mesure de la résistance à la pointe (R_p) et au frottement latéral (R_l), qui peut effectuer des essais en axe aux rails pour le relèvement des données géotechniques des remblais et des relatifs terrains de fondation.

L'appareil pénétrrométrique fonctionne à l'aide d'une installation hydraulique de la carotteuse permettant l'avancement de la pointe à la vitesse prévue de $2 \pm 0,5$ cm/sec.

6.3. Essai à la plaque

Pendant les investigations, on relève aussi le module de déformation (E_{v2}) à la hauteur de la plate-forme.

Cet essai est effectué par les opérateurs à l'aide d'une plaque de 60 cm de diamètre selon les prescriptions du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en utilisant comme charge de contraste la voiture UUM qui est sollicitée sur une nervure du châssis tout proche du centre de la voiture.

7. CONCLUSION

La réalisation d'une campagne d'investigation sur un

tronçon de ligne permet d'obtenir une remarquable quantité de données géotechniques qui constituent la base pour un correct projet des interventions de consolidation et accroissement de la sous-structure particulièrement pour l'augmentation de la vitesse des lignes.

Les investigations qui sont réalisées par la voiture UUM permettent de relever rapidement, et surplace, les suivantes informations géotechniques:

- type de sol;
- profil stratigraphique vertical;
- stratigraphie radar longitudinal à la ligne;
- angle de frottement interne (Φ);
- valeur de la résistance au cisaillement rapide (Cu);
- densité relative (Dr);
- compressibilité (mv);
- module de déformation (Ev2);
- valeur de compattage ($K = Ev2/Ev1$).

Par la réalisation du carotage il est possible de relever, pendant l'avancement, la pression (en bar) du manomètre lié au flux hydraulique.

Les variations de la pression sont evidenciées graphiquement dans un diagramme (fig.3) et elles permettent de comparer la résistance rencontré dans chaque point par l'outil de perforation. Les nombreuses données obtenues permettent d'améliorer la représentation stratigraphique et dans l'avenir pourraient permettre une évaluation qualitative des matériaux traversés.

Pour améliorer ultérieurement la capacité d'investigation on prévoit l'acquisition d'une pointe électrique avec piézocône (CPTU) qui permettra de déterminer la pression piézométrique (u), le coefficient de consolidation (cv) et la perméabilité (K).

Les Auteurs estiment que le présent article puisse être utile aux spécialistes pour un ultérieur développement des méthodologies d'investigation des plate-formes et des remblais.

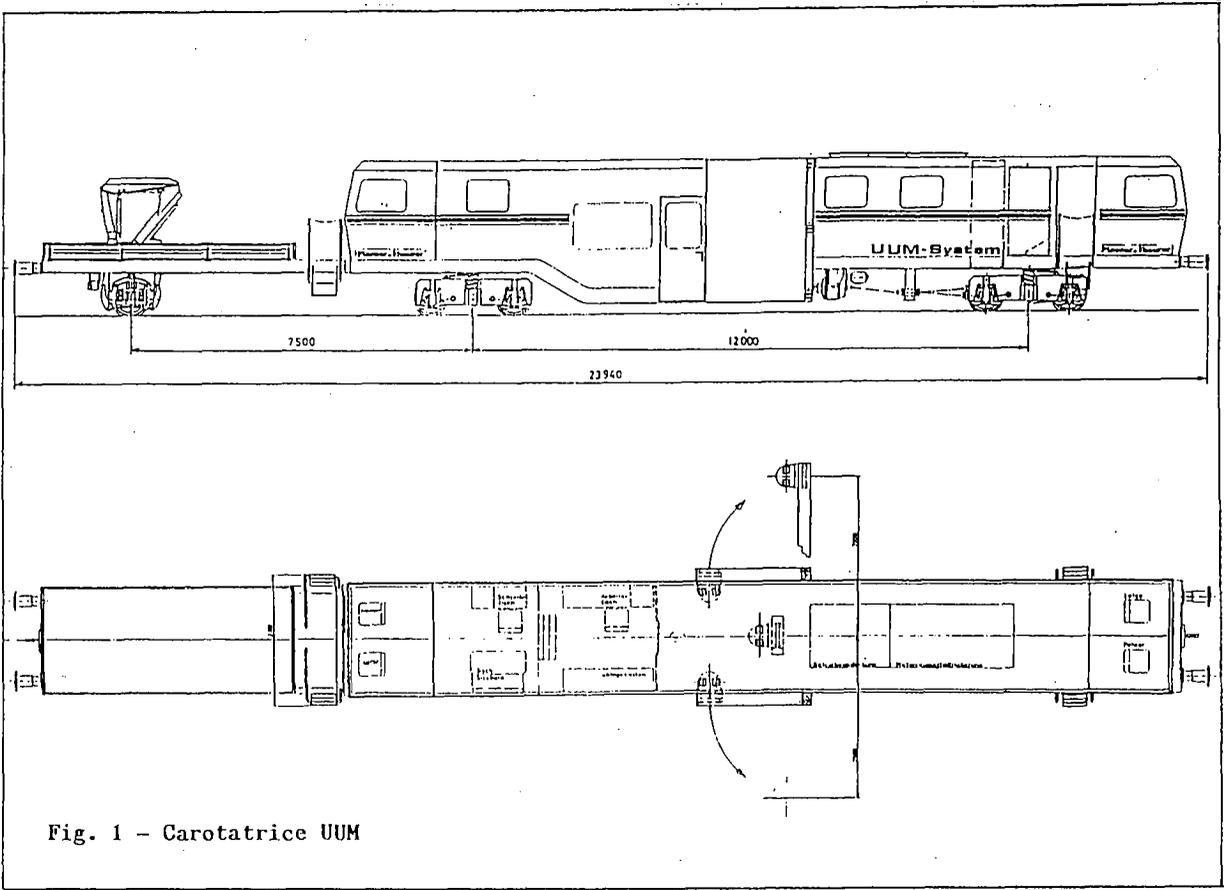
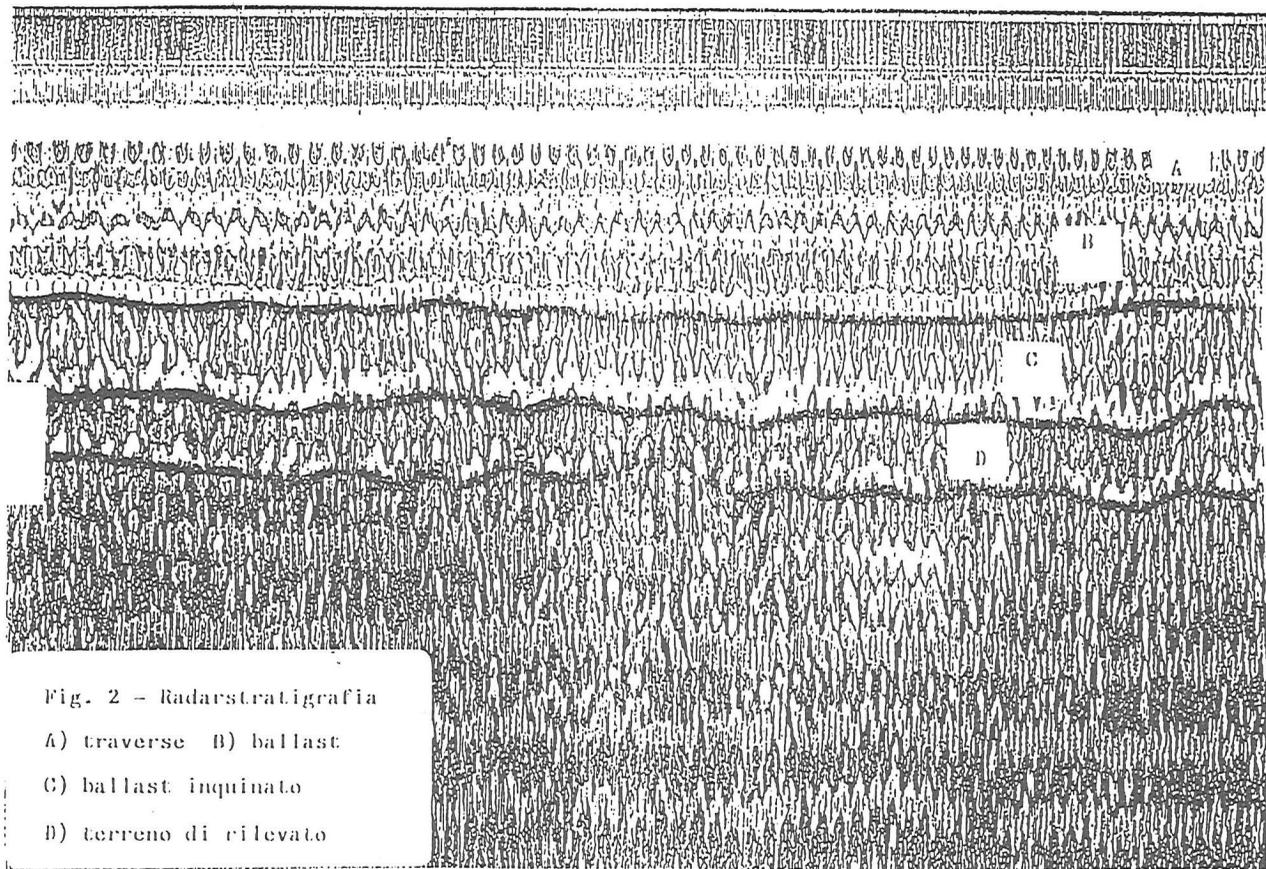


Fig. 1 - Carotatrice UUM



DIVISIONE TECNOLOGIE E SVILUPPO DI SISTEMA
SERVIZIO OPERE CIVILI
ATTIVITA' PROGETTAZIONE CORPO STRADALE

RILIEVI GEOGNOSTICI DELLA MASSICCIATA E PIATTAFORMA FERROVIARIA

DATA:
LINEA:
SOND. N.
PROGR. km

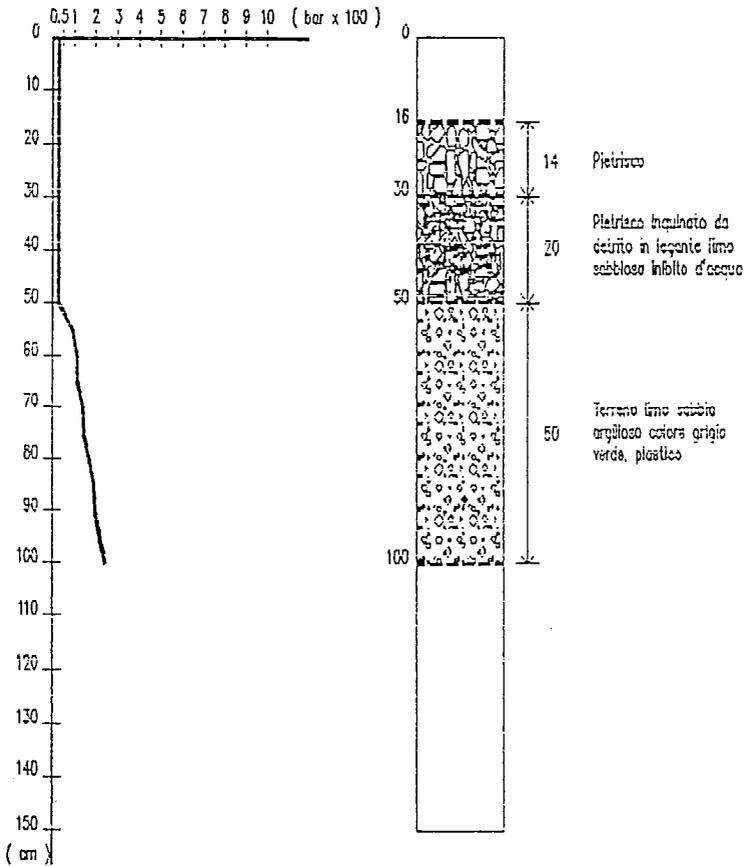


Fig. 3 - Colonna stratigrafica del carotaggio e diagramma delle pressioni in avanzamento

