

Tierra Armada S.A., Espagne

## Essai de réparation d'un mur en terre armée ayant souffert une corrosion des armatures

### Test to repair a reinforced earth wall with corroded reinforcements

In this article, the authors analyse a test to repair a reinforced earth wall when internal stability was endangered due to corrosion of reinforcements.

The proposed solution was based on the substitution of the reinforcements by steel strips of high adherence, with the same length and capacity of the reinforcements and bound to the earth by an injection of cement and sand mortar.

A loading test has been carried out in order to find out the efficacy of this technique.

Accurate monitoring equipment has not detected any subsequent movements of the facing panels.

These results indicate that the technique appears reliable.

#### 1 - INTRODUCTION

Dans le programme général d'investigation et technologie, Tierra Armada, S.A. a désiré mettre au point une méthode de réparation des structures terre armée dans le cas où la stabilité interne du massif armé se trouverait accidentellement compromise.

Cette éventualité peut être envisagée principalement dans deux cas:

a - Non respect des plans de mise en place des armatures ou oubli de boulonnage des armatures sur les amorces solidaires des écailles.

b - Corrosion accidentellement accélérée par des agents extérieurs imprevisibles (accident grave d'un camion citerne transportant des produits corrosifs ou rupture d'une canalisation passant près d'un massif armé.

#### 2 - SOLUTION ADOPTÉE

Nous avons exécuté cet essai en utilisant du matériel couramment employé sur les chantiers afin que cette méthode puisse être adoptée facilement dans tous les cas.

Notre idée a été de substituer des armatures supposées corrodées par une reconstitution artificielle du massif armé.

Nous avons mis en place au centre de chaque écaille un boulon passif injecté, d'une capacité équivalente à celle des armatures de ces écailles et de même longueur.

Le mur a été construit dans l'enceinte de notre usine de préfabrication d'écailles Pretasa (Figure 1), dans une zone réservée à nos essais.

Il a été monté sans armatures et sa stabilité provisoire a été obtenue par un remblai mis en place en avant des écailles.

Les sondages et la mise en place des boulons se sont faits à partir de plateformes successives réalisées dans le remblai de soutien provisoire des écailles.

#### 3 - DESCRIPTION DE L'ESSAI

##### 3.1. Dimensionnement de l'ouvrage

Le parement est constitué par des écailles normales de 18 cm d'épaisseur exceptionnellement non équipés d'amorces, de 73 m<sup>2</sup> de superficie, longueur à la base 20 m, au sommet 4,50 m et 6 m de hauteur.

##### 3.2. Caractéristiques du terrain de remblai utilisé

<u>Tamis</u>	<u>% de passage</u>
2"	94,3
1,1/2"	90,7
1"	85,2
3/4"	78,-
1/2"	64,5
3/8"	54,8
1/4"	43,7
Nº4	38,8
Nº10	29,5
Nº50	15,6
Nº200	7,2

Sa mise en place s'est faite comme dans un massif traditionnel en terre armée par couche de 37,5 cm d'épaisseur, compactée avec un compacteur vibrant de 15 kg/cm de génératrice en statique. Nous avons obtenu un compactage moyen de 95 % de l'essai Proctor modifié.

Nous avons choisi ce type de terrain en sachant que nous rencontrerions beaucoup de difficultés à la perforation étant donné la présence de gros éléments (jusqu'à 7 à 8").

### 3.3. Technique de perforation

Le matériel de soudage doit être choisi en fonction de la nature du terrain.

Dans le cas précis de l'essai nous avons effectué ce travail avec une soudeuse entraînant un marteau pneumatique de fond rotoperçant, de diamètre 100, travaillant à sec et sans tubage de revêtement (longueur des soudages 5 mètres). La présence des gros éléments du remblai n'a pas permis des rendements très élevés (1 h 15 au ml de forage). Par contre la tenue des parois de ces forages ne nous a pas posé de problèmes particuliers.

Ayant des inquiétudes sur la tenue de ces forages dans des terrains à plus faible granulométrie nous avons construit à côté du mur principal un autre petit massif avec deux remblais très différents de celui du mur principal. L'un A étant une miga de Madrid, l'autre B un sable propre.

Granulométrie de ces deux remblais:

A		B	
Tamis	% de passage	Tamis	% de passage
1/2"	100		
3/8"	98,5		
1/4"	98,2		
Nº4	97,7		
Nº8	96,6		
Nº10	78,9	Nº10	100
Nº16	63,2	Nº16	97,2
Nº30	39,5	Nº30	81,2
Nº50	24,8	Nº50	36,6
Nº100	16,9	Nº100	12,5
Nº200	14,1	Nº200	6,7
50 M	13,5		
16 M	10,8		
1 M	5,3		

Ces deux forages ont été exécutés à sec avec un carotier simple (rendement 30 minutes au ml) et sans tubage.

Dans les deux cas nous n'avons pas rencontré de difficultés de tenue des parois de ces forages.

### 3.4. Système de boulonnage

Nous avons utilisé des aciers à béton haute adhérence Ø 28 de 4.200 kg/cm<sup>2</sup>, longueur 5 mètres filetés à une extrémité à Ø 25 pour permettre la solidarisation des barres sur les écaillés par l'intermédiaire de plaques de répartition en acier de 200 x 200 x 10 mm. Le serrage des écrous a été effectué à l'aide d'une clé dynamométrique à 200 kg d'effort.

Chaque barre a été équipée de centreurs.

### 3.5. Système d'injection

L'injection a été effectuée avec un mortier composé de sable siliceux dont la grosseur maximale des grains était de 2 mm et de ciment Portland P 350.

Composition du mortier:

-- ciment	650 kg
-- sable	600 l
-- eau	375 l

Nous n'avons utilisé aucun adjuvant expansif.

L'injection a été faite en deux temps:

- Scellement de la barre en fond de forage sur un mètre de longueur sans pression à l'aide d'une canne plongeante.
- Le lendemain injection sous pression par l'intermédiaire d'une plaque d'acier équipée d'un raccord au flexible d'injection et d'un évent.

L'injection s'est effectuée sans pression pour remplir le forage et après obturation de l'évent, nous sommes montés en pression (de 2 à 5 bars en fonction des résurgences se produisant généralement par les joints des écaillés).

La quantité injectée a été en moyenne trois fois supérieure au volume théorique des soudages.

### 3.6. Extraction des boulons

Afin de connaître expérimentalement les caractéristiques du frottement mortier d'enrobage des boulons - terrain du massif, nous avons effectués des essais de traction sur plusieurs boulons.

- Boulons Nº 16 et 21 (figure 1)

Exceptionnellement et sur ces deux boulons prévus intentionnellement de 2,60 mètres de longueur, nous avons observé à partir de 18 tonnes un glissement du cylindre de mortier dans le terrain.

- Boulon Nº 25 (longueur 5,00 mètres)

Ce boulon s'est cassé sous un effort de 29 tonnes à l'origine du filetage sans que nous ayons observé de glissement du cylindre de mortier dans le terrain.

- Boulons 31 et 32 du mur auxiliaire (terrains A et B).

Ces deux boulons avaient été mis en place sans être filetés et nous avons soudé sur place deux morceaux filetés. La rupture s'est produite à la soudure à 20 et 25 T. sans que nous ayons observé de glissement du cylindre de mortier. Sur l'ensemble de ces essais de traction nous n'avons pas observé de glissement barre-mortier.

#### 4 - ESSAI DE CHARGE

Figure N° 2. Photo N° 3.

Le massif étant complètement équipé de ses boulons, nous avons procédé à un essai de charge.

a) A 10 cm de l'arrière des écailles et sur une largeur de 1,50 mètres, nous avons chargé le massif à 7,70 T/m<sup>2</sup>.

b) A l'arrière de cette zone et sur 3, - mètres de largeur, nous avons mis en place une charge de 2,11 T/m<sup>2</sup>.

#### 5 - RESULTATS OBTENUS

Photos N° 4 et 5.

Afin de suivre les réactions des massifs nous avons disposé sur les écailles des angles nous permettant de mesurer à l'aide d'une nivelle très précise des déversements éventuels des écailles.

D'autre part sur les boulons 1 - 2 - 3 - 5 - 13 - 24, nous avons intercalé entre la plaque de repartition et l'écrou des pesons également très précis et sensibles nous permettant de mesurer les efforts éventuels des écailles sur les boulons.

Aucune de ces deux méthodes d'investigation ne nous ont permis d'apprécier soit des déplacements des écailles, soit des efforts de ces écailles sur les boulons.

#### 6 - DEMONTAGE DU MASSIF

Photos 6 et 7.

Voulant prolonger dans le temps l'essai de charge, nous avons laissé intact le massif principal et démonté le massif auxiliaire (terrains A et B). Nous avons remarqué un parfait remplissage des deux sondages et de nombreux microclaquages du terrain avec un cheminement préférentiel du coulis à l'arrière des écailles.

#### CONCLUSIONS

Cet essai de réparation d'un mur en terre armée dont la stabilité interne serait compromise par des phénomènes extérieurs imprévisibles, nous permet de penser que la méthode mise en oeuvre est parfaitement fiable et également parfaitement réalisable.

Dans le cas d'une réparation réelle, les soudages seraient à exécuter à partir de plateformes créées par un échafaudage.

La nature des terrains généralement utilisés en terre armée et la longueur des soudages à réaliser (16 mètres pour un mur de 20 mètres de hauteur) permettraient d'envisager l'utilisation d'une sondeuse de faible puissance donc de faible encom-

brement. Les échafaudages seraient donc relativement légers et également de faible encombrement, ce qui permettrait, pendant les travaux de ne pas trop engager le gabarit routier ou ferroviaire.

# DISPOSITION D'ENSEMBLE DE L'ESSAI

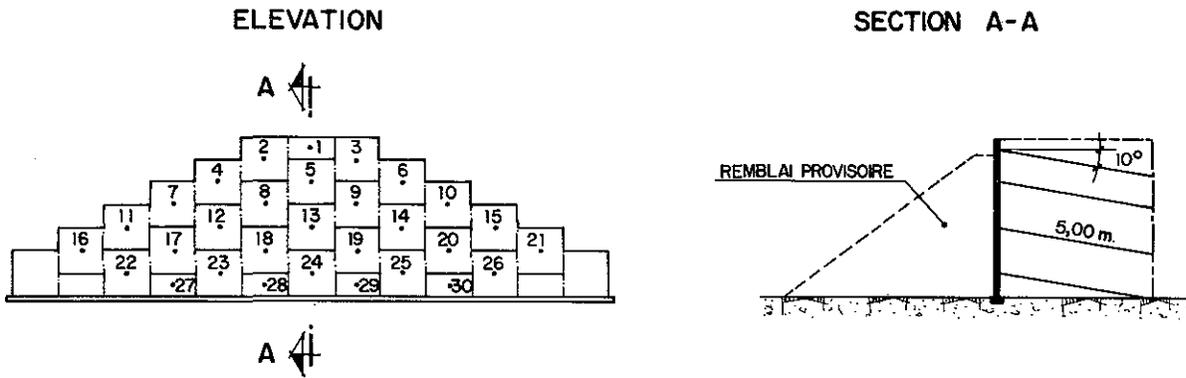


Figure N°1

## ESSAI DE CHARGE

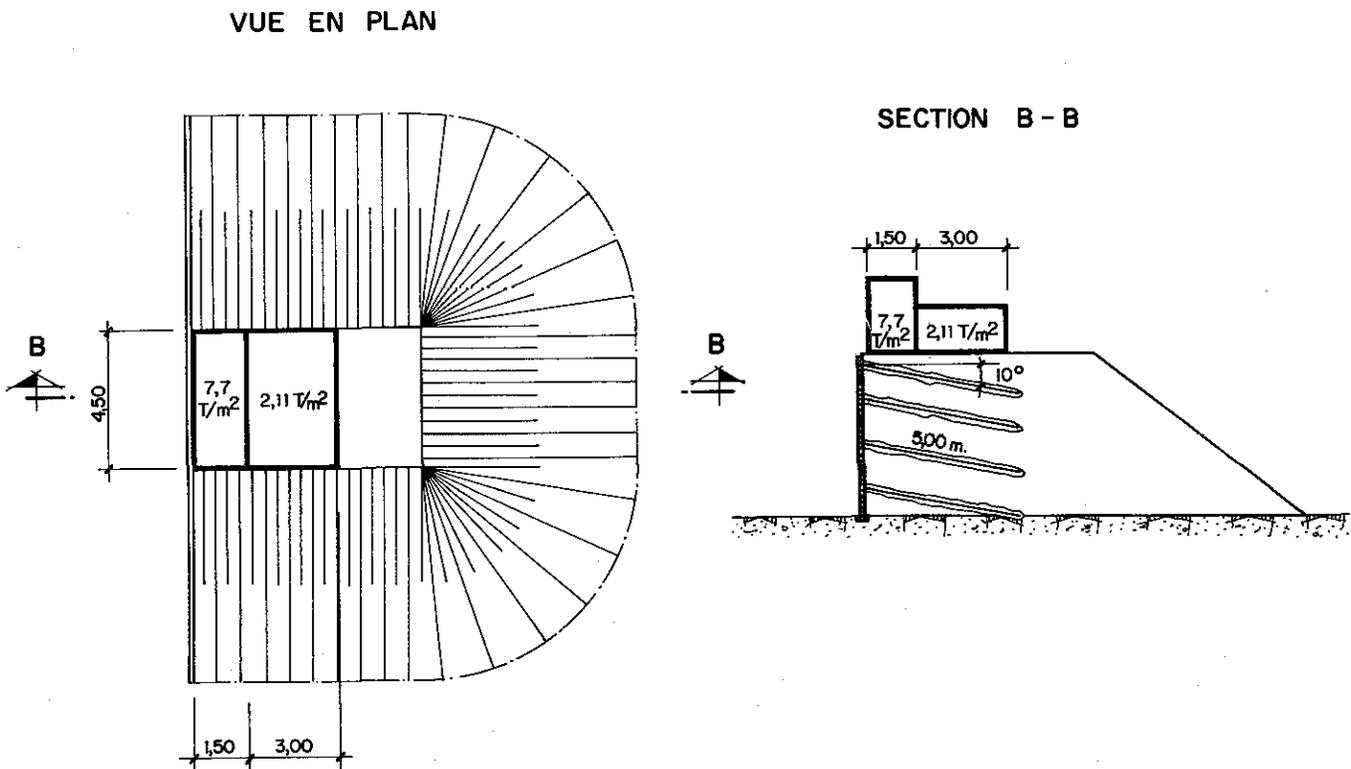
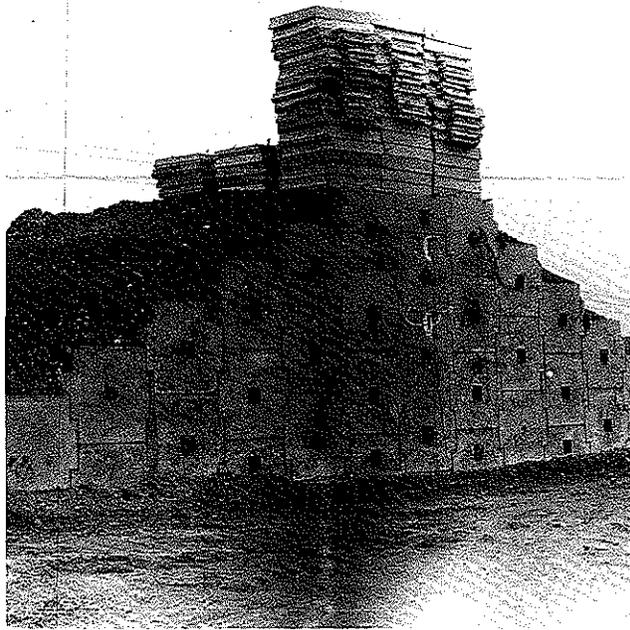
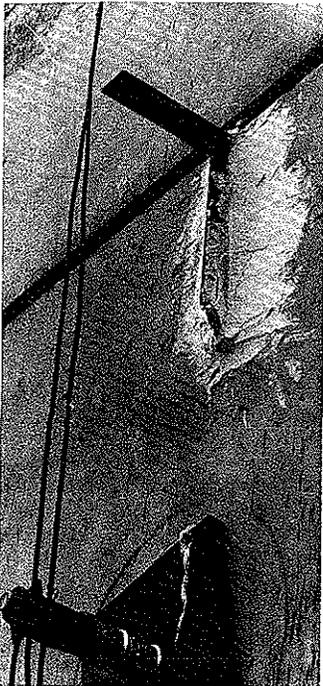


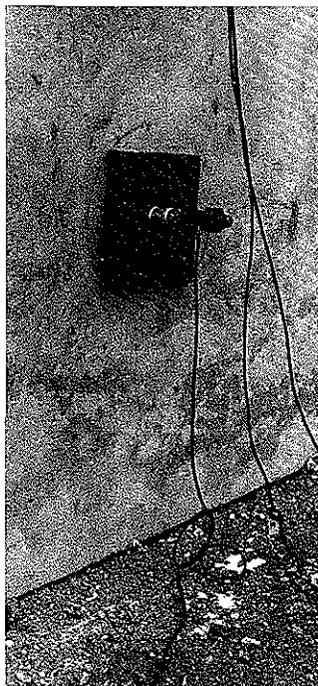
Figure N°2



*Photo N°3*



*Photo N°4*



*Photo N°5*



*Photo N°6*



*Photo N°7*