

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA
 QUINTO CONVEGNO DI GEOTECNICA
 Palermo, Marzo 1961

SULL'IMPIEGO DI ELEMENTI PORTANTI DI « DIAFRAMMA » PER FONDAZIONE E PROTEZIONE DEI PILONI DI SOSTEGNO DI UNA IMPORTANTE TELEFERICA IN TERRENI FRANOSI

D. FINZI - C. VEDER (*)

SOMMARIO: Si descrivono le varie soluzioni tecniche adottate per la realizzazione delle fondazioni, o per la protezione, di alcuni sostegni di un'importante teleferica di recente costruzione, per il trasporto di minerale, il cui tracciato si sviluppa in terreni soggetti a frequenti movimenti franosi.

Le varie soluzioni adottate si basano sull'impiego di elementi portanti di "diaframma" a vario sviluppo planimetrico.

Gli autori infine concludono circa l'impiegabilità del metodo costruttivo per la soluzione di problemi analoghi.

1 - Generalità

Per il trasporto del minerale (kainite) dalla nuova Miniera di San Cataldo agli impianti di lavorazione di Campofranco, della Società *Montecatini*, in provincia di Caltanissetta, è stata recentemente costruita una teleferica della lunghezza di circa 18 km e della portata oraria di 150 t.

Il tracciato dell'importante linea di trasporto attraversa una zona nella quale si verificano frequentemente movimenti franosi, dovuti alla natura del terreno, come del resto avviene in molte zone della Sicilia centrale.

In considerazione di questa situazione ben nota al progettista, si sono adottati particolari criteri per le fondazioni di alcuni piloni di sostegno cadenti in zone particolarmente esposte. Tali criteri hanno portato all'adozione di muri di fondazione costituiti da elementi di « diaframma » con funzione portante.

Alcuni altri piloni o dispositivi speciali di sostegno della teleferica, per i quali pur conoscendo le peculiari caratteristiche del terreno fu ritenuto sufficiente adottare fondazioni di tipo normale, ebbero invece a subire dissesti franosi durante il montaggio ed a seguito di un periodo di piogge persistenti, così da richiedere provvedimenti immediati di ripristino.

(*) Dr. Ing. Dante FINZI - Direttore del Servizio Costruzioni della Montecatini S.p.A. - Milano

Dr. Ing. Dr. h. c. Christian VEDER - Consulente Geotecnico e Direttore del Servizio Studi e Progetti della ICOS (Impresa Costruzioni Opere Specializzate) - Milano.

Si è dovuto ricorrere anche in questo caso ad opere speciali, consistenti in elementi di « diaframma » opportunamente disposti e collegati con le fondazioni già esistenti, così da assicurarne la stabilità.

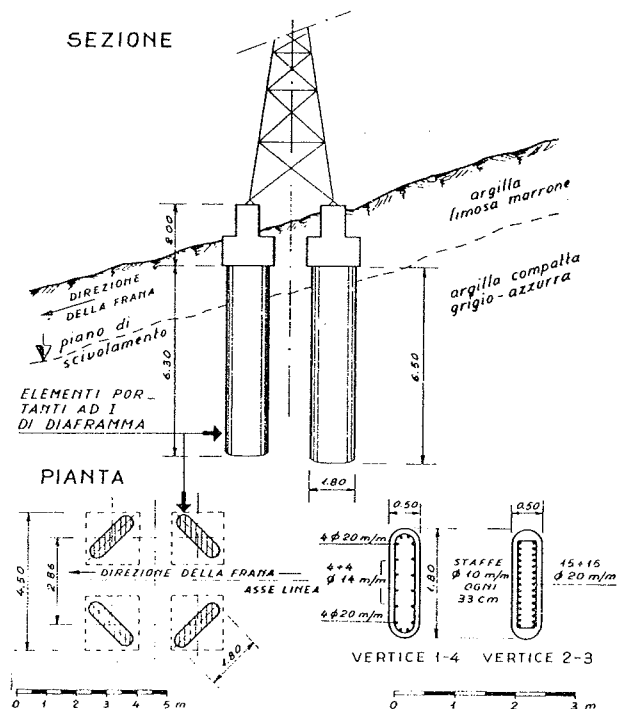


Fig. 1 - Fondazione del sostegno n. 96 su elementi portanti ad I di diaframma.

Gli stessi criteri si adottarono infine per altri piloni per ora indenni, ma posti in situazione di sospetta stabilità.

La presente comunicazione descrive le opere eseguite che hanno risolto un problema che si presenta sovente in zone analoghe.

2 - Terreno interessato dalle opere

Il terreno interessato dalle opere di fondazione è caratterizzato essenzialmente dall'esistenza di due strati di materiale diverso:

— Lo strato superiore dallo spessore da 1 a 6 m circa, costituito da limi argillosi di colorazione marrone con inclusioni organiche.

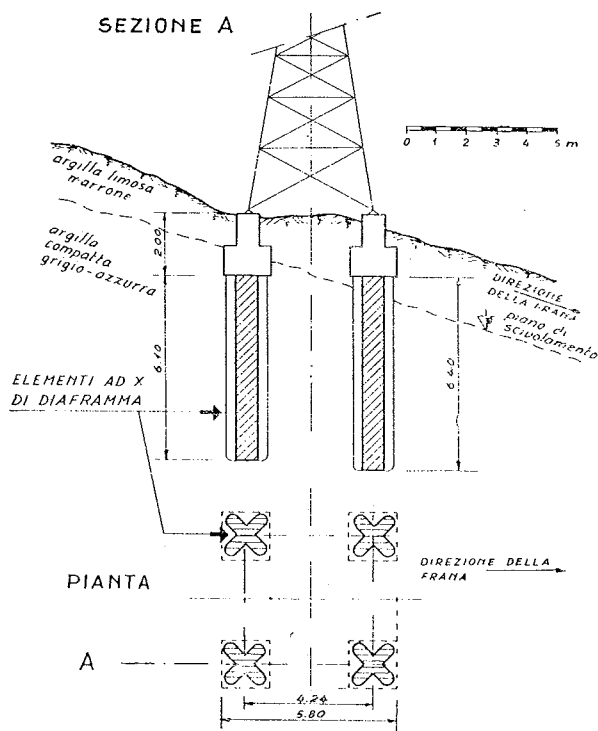


Fig. 2 - Fondazioni del sostegno n. 103 su elementi portanti ad X di diaframma.

— Lo strato inferiore di argilla grigio-azzurra con presenza di formazioni gessose e di trovanti di «trubo». Tale strato ha generalmente buone caratteristiche di compattezza e in qualche caso presenta modeste stratificazioni saline, con presenza di acqua in modestissima quantità.

Il piano di demarcazione fra i due strati è sempre chiaramente identificabile, anche perché in qualche caso si riscontra un piccolo meato con presenza d'acqua in corrispondenza della superficie di contatto fra i due strati.

3 - Criteri tecnici di progetto

Un esame dell'eventuale impiego di normali metodi di scavo armato per eseguire le fondazioni pro-

fonde e le sottomurazioni alle fondazioni esistenti, ha messo in evidenza che si sarebbe esaltata la tendenza al franamento del terreno, per cui si è ricorsi all'impiego di elementi di «diaframma» eseguiti col noto sistema dei fanghi di bentonite in ciclo.

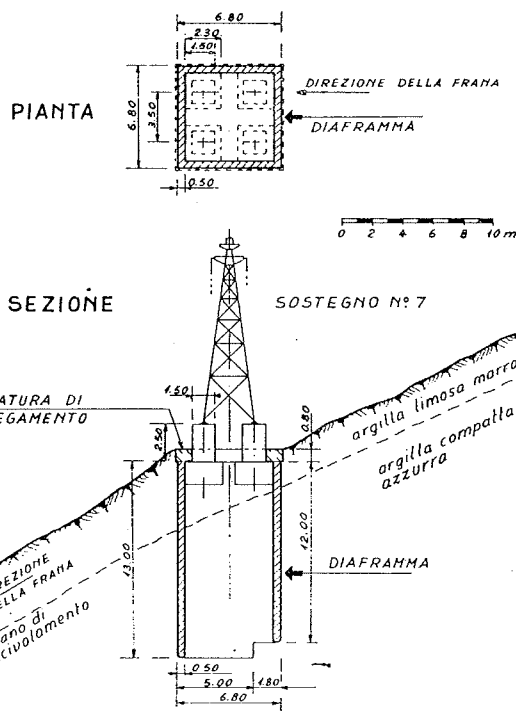


Fig. 3 - Diaframma di protezione sviluppatosi perifericamente alle fondazioni.

I criteri tecnici adottati sono i seguenti:

A) Per le fondazioni in fase di progetto

I sostegni della teleferica sono stati fondati direttamente su elementi di «diaframma» ad I oppure a X, con una disposizione planimetrica tale da sfruttare le capacità degli elementi stessi di assorbire le sollecitazioni trasmesse dai sostegni e le sollecitazioni derivanti dal terreno in corso di frana.

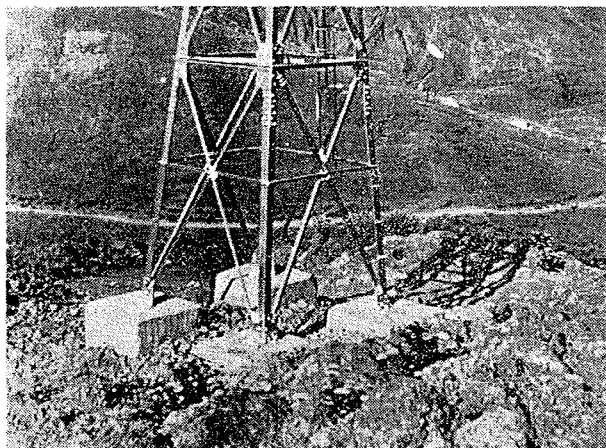


Foto n. 1: PILONE DI SOSTEGNO n. 94: Fondazioni costituite da elementi ad I di diaframma (investito da un movimento di frana, visibile nella foto, non ha subito dissesti: il materiale di frana è stato deviato dalla sua direttrice).

Gli elementi di « diaframma », in calcestruzzo armato, sono stati quindi calcolati per resistere alla spinta della coltre del materiale passibile di slittamento, tenendo conto altresì di uno scalzamento verso valle pari allo spessore della coltre medesima.

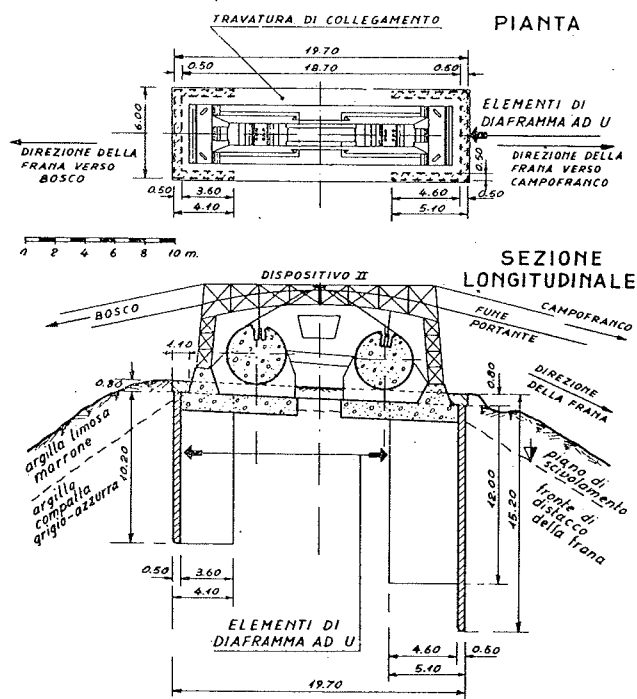


Fig. 4 - Elementi ad U di diaframma collegati superiormente da una travatura a protezione del dispositivo II

Questa soluzione si è adottata separatamente per ciascuno dei quattro piedi di ogni sostegno, in modo da lasciare al terreno franoso in movimento la possibilità di fluire negli spazi liberi fra gli elementi isolati di fondazione.

B) Per le opere di protezione delle fondazioni già esistenti

Per le opere di protezione alle fondazioni già esistenti di alcuni sostegni imprevedibilmente interessa-

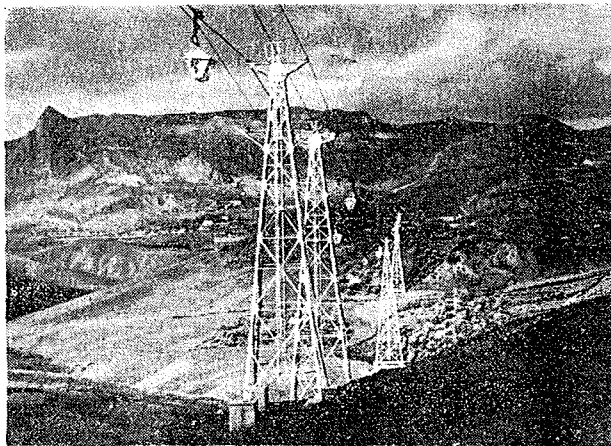


Foto n. 2: PILONI DI SOSTEGNO n. 102 e 103 (in primo piano): Fondazioni costituite da elementi ad X di diaframma.

ti da movimenti franosi, si sono costruiti, esternamente ai « dadi » di appoggio, degli elementi di « diaframma » a forma di U oppure a scatola chiusa, con sviluppo planimetrico perimetrale rispetto alle fondazioni esistenti (vedi Fig. 3, 4, 5, 6). In alcuni casi si sono studiati anche degli speroni, sempre realizzati con elementi di « diaframma », tali da fornire momenti resistenti e resistenza al taglio, lungo le linee di azione delle sollecitazioni dovute al prevedibile movimento franoso (vedi il caso di un dispositivo speciale di ancoraggio, Fig. 7, e quello di un sostegno in condizioni particolari, vedi Fig. 5).

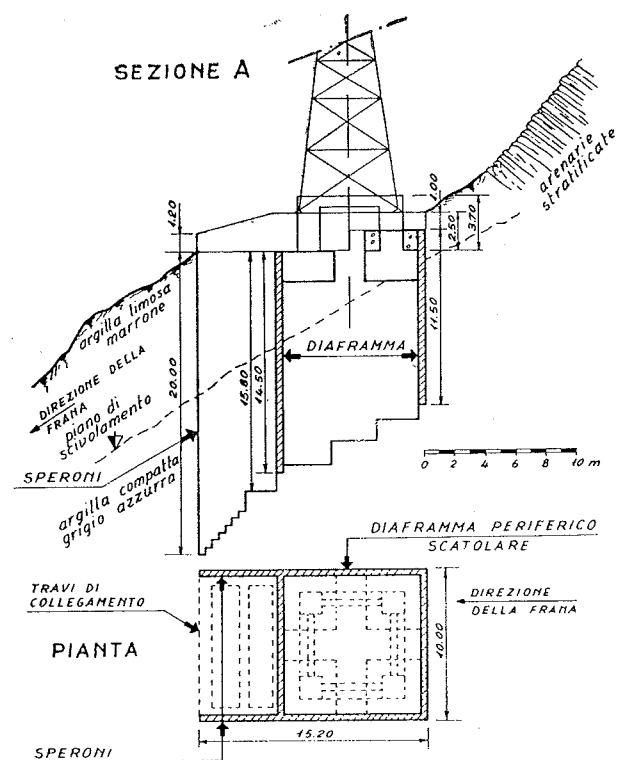


Fig. 5 - Diaframma periferico con speroni laterali a protezione del sostegno n. 21.

Gli elementi di « diaframma », incastrati nell'argilla grigio-azzurra stabile a sufficiente profondità, sono previsti per comportarsi, rispetto al materiale in movimento di frana, come si comporta una pila di ponte rispetto alla corrente fluviale.

La forma ad U e quella scatolare, consentono sufficiente protezione dallo scalzamento sul lato di valle, che così non viene ad interessare i « dadi » di appoggio dei tralicci, racchiusi e protetti dagli elementi di « diaframma ».

La profondità di incastro dei « diaframmi » nel banco di argilla grigio-azzurra compatta, al di sotto del piano di scivolamento, è stata fissata come minimo a 7,00 m, ed in qualche caso è stata anche maggiore in relazione allo spessore del materiale franoso constatato in corso di lavoro.

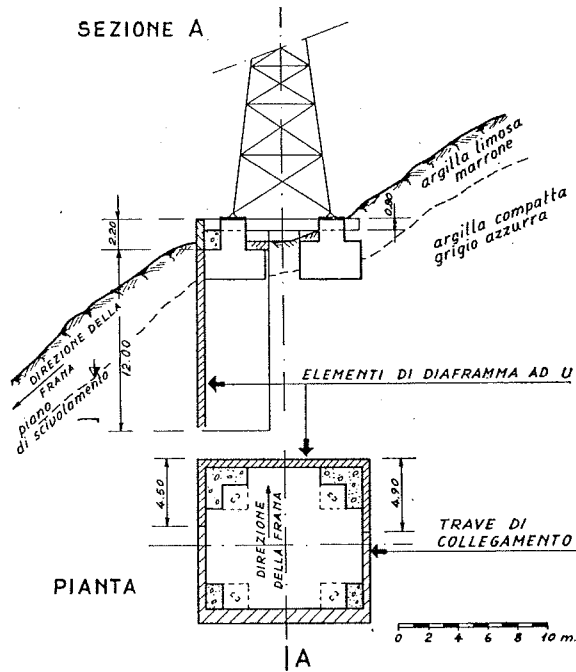


Fig. 6 - Elementi di diaframma ad U coi rami diretti verso monte a protezione del sostegno n. 65.

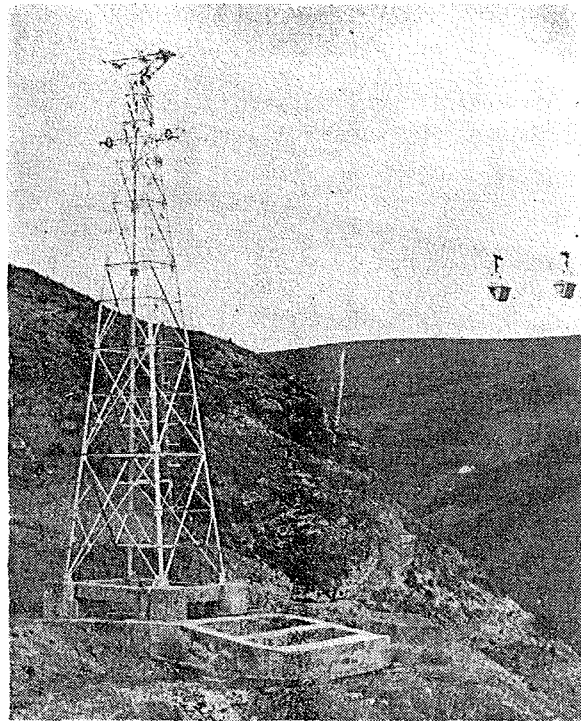


Foto n. 3: PILONE DI SOSTEGNO n. 21: Protezione costituita da un diaframma periferico e da speroni laterali, collegati da travature di sommità.

trezzi mordenti, adattati alla particolare natura del terreno.

Si sono incontrate notevoli difficoltà logistiche per la natura, talvolta impervia, del terreno, per le difficoltà di approvvigionamento d'acqua e per la impraticabilità del terreno, anche ai mezzi cingolati, nei periodi piovosi.

Alcune fasi del lavoro hanno dovuto essere condotte con la teleferica in esercizio.

I vari tipi di opere eseguite sono:

A) Opere di fondazione speciale studiate in fase di progetto:

1) Esecuzione di 4 elementi ad I di « diaframma » della lunghezza di 1,80 m e dello spessore di 0,50 m, uno per ciascun « piedino » dei sostegni (vedi Fig. 1 e Foto n° 1).

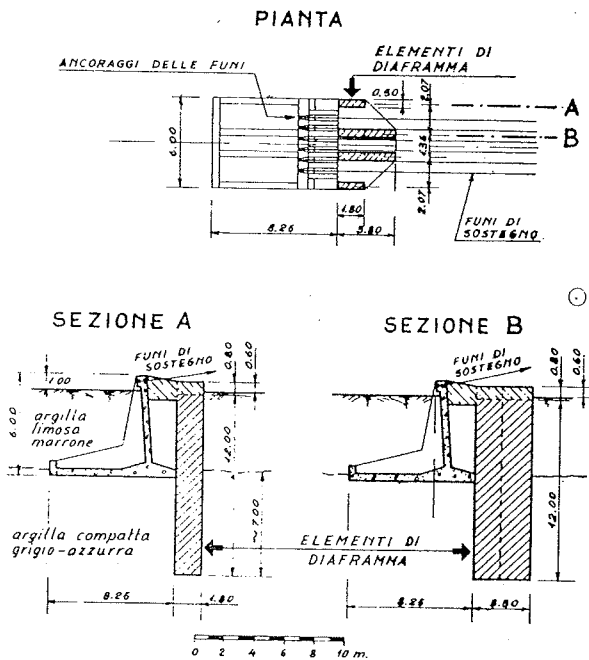


Fig. 7 - Speroni costituiti da elementi di diaframma a protezione dell'opera di ancoraggio tra i sostegni n. 23 e 24.

Tutti gli elementi di « diaframma », indipendentemente dalla loro forma, sono stati collegati in sommità da travi in cemento armato, in modo da dare a tutto l'insieme delle opere di protezione sufficiente solidità.

4 - Esecuzione e descrizione delle opere

Il sistema adottato per l'esecuzione degli elementi di « diaframma » è quello dello scavo in presenza di fanghi bentonitici, eseguito a mezzo di speciali at-

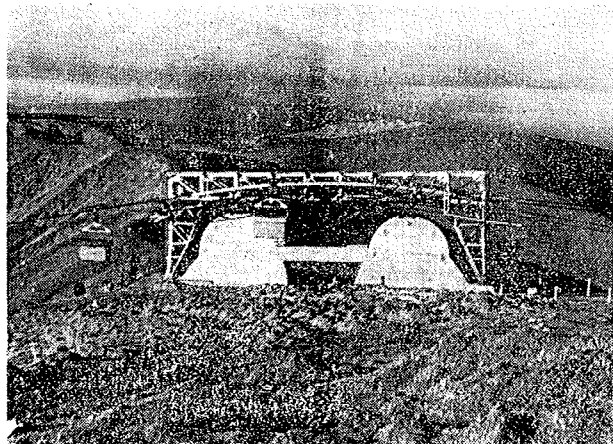


Foto n. 4: DISPOSITIVO II°: Protezioni costituite da elementi ad U di diaframma collegati da travature di sommità.

2) Esecuzione di 4 elementi ad X di « *diaframma* », uno per ciascun « *piedino* », con disposizione planimetrica simmetrica rispetto agli assi del sostegno (vedi Fig. 2 e Foto n° 2).

B) Opere di protezione delle fondazioni esistenti:

1) Esecuzione di un « *diaframma* » perimetrale esterno alle fondazioni dei sostegni, con collegamento mediante travature di sommità alle fondazioni stesse (vedi Fig. 3).

2) Esecuzione di doppi « *diaframmi* » ad U collegati fra di loro da una travatura di sommità (vedi Fig. 4).

3) Esecuzione di un « *diaframma* » perimetrale esterno alle fondazioni del sostegno con prolungamento verso valle delle pareti laterali, parallele alla direzione di franamento (vedi Fig. 5).

4) Esecuzione di « *diaframmi* » ad U orientati col ramo aperto verso monte e collegati fra di loro da travature di sommità abbraccianti gli appoggi dei sostegni (vedi Fig. 6).

5) Esecuzione di speroni costituiti da elementi di « *diaframma* » collegati da travature superiori per rinforzo di un ancoraggio delle funi di sostegno di una protezione stradale (vedi Fig. 7).

5 - Conclusioni

Dopo un anno e mezzo dalla ultimazione e superati anche periodi di intense precipitazioni atmosferiche,

sono stati eseguiti gli accertamenti sulla funzionalità delle opere eseguite.

I risultati sono i seguenti:

a) un sostegno di linea (n. 94) fondato direttamente su elementi di « *diaframma* » è stato investito in pieno dal terreno in movimento franoso senza subire dissesti; il materiale di frana è stato in massima parte deviato dalle strutture di fondazione e in quantità esigue ha invaso la zona compresa fra i quattro « *dadi* » di appoggio del traliccio di sostegno (vedi foto n° 1).

b) Un sostegno (n° 21) del tipo descritto sub B-3) ubicato in zona in cui era già in atto un movimento franoso, è stato interessato nuovamente dopo gli interventi di protezione su di un lato dalla frana che però non ha causato inconvenienti di sorta (vedi foto n° 3).

c) Parecchi altri sostegni fondati e protetti da elementi di diaframma sono stati interessati in misura minore da movimenti franosi, senza subire danneggiamenti.

d) Un dispositivo di sostegno già interessato da un notevole movimento di frana che provocava anche lo scalzamento delle fondazioni esistenti, dopo gli interventi eseguiti non ha avuto alcun danno (vedi foto n° 4).

Si può quindi ritenere che le opere di fondazione e di protezione eseguite hanno risposto al loro scopo e che tale sistema costruttivo possa essere impiegato con successo per problemi analoghi.

SOMMAIRE: Les auteurs décrivent les différentes solutions techniques adoptées dans la construction ou la protection des fondations de plusieurs piliers d'une importante téléphérique récemment construite pour le transport de minerais.

Le tracé s'étend sur des terrains exposés à de fréquents glissements.

Les différentes solutions adoptées sont basées sur l'emploi d'éléments de « *diaphragme* » portants ayant différents tracés planimétriques.

Les auteurs arrivent enfin à la conclusion que le procédé constructif peut être adopté pour la solution de problèmes analogues.

SUMMARY: The authors describe the different technical solutions adopted for building or protecting of the foundations of some of the pylons of an important aerial cable-way for hauling ore, recently constructed.

The alignment runs across an area subject to frequent landslides.

The various solutions adopted are based on the use of load-carrying diaphragm elements of various planimetric out-line.

The authors' conclusion is that this constructing method may well be adopted for solving similar problems