UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di Laurea Specialistica in
Geofisica di Esplorazione ed Applicata

Anno Accademico 2008/2009

Candidato: **Santi Fabio**
Laurea Triennale: **Ingegneria per l'ambiente e il territorio**

Titolo della tesi

Studio di un sistema di indagine geofisica per la diagnostica delle canalizzazioni in modalità estensiva

Relatore: **Zanzi Luigi**
Correlatore: **Lualdi Maurizio** Controrelatore: **Lo Presti Diego**

Abstract

The purpose of embankments is to contain the water of rivers and irrigation, navigation and factory canal. The failure and structural decay of embankments is associated with internal erosion, overtopping and slope failures. The internal erosion produces seepage and piping and this is due to filtering mechanisms of the water along surfaces or areas characterized by anomaly in grain size and permeability. The relationship between geotechnical and geophysical parameters is used to aim at right physic interpretations. The object of this research is to explore the most suitable geophysical method by speedy system in order to locate internal erosion potential area. The geophysical method manly consists in multi-electrode resistivity measurements with streamer technique. In this thesis is evaluated and checked the synthetic modeling that produced consistent inversion results for this method. Resistivity image provides information about assessment internal erosion and size anomaly which is placed into different depth of embankments. It is possible to plan the acquisition geometry required by resistivity method through model data. In conclusion, the clear relationship between permeability and resistivity gradient of soil, allows to locate sand, gravel lens and voids which cause internal erosion.

Riassunto

Lo scopo del presente lavoro è sviluppare un modello di indagine geofisica per la diagnostica delle canalizzazioni in modalità estensiva, in particolare in merito ai fenomeni erosivi interni.

Il modello presentato potrà fornire le conoscenze necessarie per il progetto di un metodo di indagine. Il lavoro è suddiviso in due parti: la prima analizza le tecniche geofisiche che attualmente si saggiano per queste indagini e il tipo di relazione tra i parametri geofisici e le grandezze geotecniche/idrogeologiche di interesse, la seconda si compone di uno studio di modellazione sull'applicazione di una tecnica geofisica a tipologia speditiva sulla diagnostica dei fenomeni erosivi interni.

Gli argini sono rilevati che hanno il compito di contenere l'acqua dei fiumi e dei torrenti, dei canali di irrigazione e di navigazione, dei canali di bonifica ed industriali. I principali meccanismi di rottura degli argini sono causati da *cedimenti strutturali* e da *fenomeni erosivi*.

I *cedimenti strutturali* coinvolgono la rottura meccanica dell'argine, che avviene sia all'interno del rilevato sia nelle sua fondamenta. La rottura dipende dalle caratteristiche di resistenza meccanica del terreno, dai carichi idraulici applicati e dalle pressioni neutrali negli strati di materiale fine. Il MASW (M*ultichannel* A*nalysis of* S*urface* W*ave*) è il metodo geofisico maggiormente utilizzato per diagnosticare problemi di resistenza al taglio lungo la sezione arginale. L'andamento della velocità delle onde S nel sottosuolo è legato alla resistenza al taglio del mezzo e fornisce una stima del valore di G (*shear modulus*).

I *fenomeni erosivi* possono essere interni oppure provocati dalla tracimazione dell'acqua (overtopping). I fenomeni erosivi interni sono legati a meccanismi di filtrazione dell'acqua lungo superfici od aree che presentano una granulometria anomala. L'acqua filtra nel terreno attraverso lo spazio intergranulare e questo fenomeno si rivela più intenso nel materiale a grana grossa. Quando la velocità di filtrazione è elevata, l'acqua tende ad erodere e trasportare le particelle fini. Quindi, nei materiali ad elevata permeabilità, la presenza di un gradiente idraulico elevato causa dei meccanismi erosivi interni con asportazione di materiale verso l'esterno della struttura. Le zone ad alta permeabilità interne all'argine, che mediamente è poco permeabile, fungono da richiamo di acqua ed instaurano i primi meccanismi erosivi che portano alla creazione di piping e seepage. La permeabilità di un terreno dipende dalla dimensione dei grani e dal contenuto di materiale fine, e queste sono legate alla resistività del mezzo. In particolare, le zone maggiormente soggette a fenomeni erosivi hanno resistività elevata, e quindi permeabilità elevata, rispetto alla matrice nella quale sono contenute. Il principale parametro investigato in un'indagine geofisica per la diagnostica dei fenomeni erosivi interni è la resistività del mezzo e come questa varia all'interno del rilevato. I metodi elettrici/capacitivi (IP, geoelettrica, Capacity Coupled resistivity) e i metodi elettromagnetici (TEM, GEM, EM multifrequency, GPR) sono le tecniche geofisiche maggiormente impiegate nella ricerca di queste zone ed il loro utilizzo è differenziato in base alla grandezza dell'argine, alla risoluzione e profondità di indagine cercata, alla velocità di indagine.

Nella seconda parte dell'elaborato è stata verificata l'efficacia del metodo geoelettrico, per mezzo di modelli matematici, nell'individuazione dei principali fenomeni erosivi che si instaurano in un rilevato arginale. La prima sezione di modellazione prevede l'utilizzo del metodo con geometria di acquisizione pole-dipole ad elettrodi fissi, mentre nella prova

successiva la geometria di acquisizione è mobile per consentire al metodo la modalità speditiva. Le risoluzioni e le profondità di indagine variano notevolmente a discapito della velocità di indagine. Il principale problema emerso è la scarsa risoluzione a profondità elevate e la ricerca delle cavità nelle zone completamente sature. In questo ultimo particolare caso, il procedimento si completa con un metodo sismico che adotta lo scattered delle onde superficiali per individuare l'anomalia.

Il progetto che potrà essere realizzato tramite i dati di modeling prevede quindi la realizzazione di un metodo galvanico a trascinamento, con elettrodi che possono essere sostituiti, ad esempio, da ruote dentate in grado di penetrare e condurre corrente elettrica all'interno del suolo ed assicurare una velocità di indagine elevata.