

Il congelamento

2. Il congelamento

Un metodo di consolidamento e di impermeabilizzazione che sovente ha consentito di risolvere situazioni altamente critiche in terreni particolarmente difficili e' quello del congelamento che viene ora sempre maggiormente preso in considerazione, soprattutto per gallerie da eseguire in centri abitati o in presenza di falde idriche sfruttate, per le sue caratteristiche rigorosamente non inquinanti.

2.1. La Progettazione

La progettazione di un intervento di congelamento e' essenzialmente definita:

- dalla forma della struttura di terreno resistente od impermeabile da realizzare, compatibile con le possibilita' pratiche di intervento
- dalle caratteristiche meccaniche da conferire a tale struttura
- dal calcolo del processo di congelamento in funzione delle proprieta' termofisiche del terreno in oggetto
- dalle scelte tecniche e tecnologiche piu' adatte per ottenere il risultato prefissato, ossia per portare la struttura di terreno alla temperatura voluta, mantenendo tale temperatura per il tempo necessario.

2.2. La tecnica

Il congelamento del terreno viene ottenuto utilizzando un fluido frigorifero attraverso sonde congelatrici collocate in apposite perforazioni, secondo la geometria imposta dalla forma e dalle caratteristiche meccaniche della struttura di progetto.

La scelta del fluido frigorifero, ossia delle temperature di utilizzazione, risulta ovviamente il parametro fondamentale di intervento, e definisce i diversi procedimenti di congelamento:

- metodo diretto o a ciclo aperto che utilizza un liquido a bassissima temperatura (azoto) che vaporizza nelle sonde congelatrici e viene successivamente disperso nell'atmosfera
- metodo indiretto o a ciclo chiuso, in cui un liquido frigorifero percorre senza interruzione un circuito chiuso, attraverso le sonde congelatrici ed uno scambiatore di calore facente parte di un impianto frigorifero, mantenendo pressoché inalterata la temperatura di utilizzazione
- metodo misto, che utilizza, in fasi diverse o complementariamente, i due procedimenti descritti.

2.2.1. Metodo diretto

L'azoto allo stato liquido, ottenuto per mezzo della distillazione frazionata dell'aria, e' trasportato in cantiere in apposite cisterne, in cui e' mantenuto ad una temperatura di -196°C e ad una pressione non superiore a 1 MPa (-196°C e' la sua temperatura di passaggio di stato). (fig. 33)

L'immissione nel circuito avviene in modo diretto utilizzando come spinta la pressione stessa formatasi all'interno dei serbatoi, che puo' essere regolata con appositi evaporatori, attraverso un tubo di distribuzione che trasporta l'azoto liquido alle sonde congelatrici, suddivise in gruppi in cui sono collegate tra loro in serie.

L'azoto liquido e' introdotto nel circuito tutte le volte che i termometri segnalano temperature nel terreno superiori a quelle previste. Queste vengono di conseguenza riportate ad un valore inferiore a quelle corrispondenti al coefficiente di sicurezza assunto nel calcolo della struttura (foto 34).

Il controllo delle temperature del terreno si effettua mediante coppie termoelettriche introdotte a differenti quote negli appositi fori di controllo attrezzati, in varie sezioni ed a differenti distanze dall'asse di congelamento, per definire con la maggiore precisione i gradienti termici del terreno congelato.

2.2.2. Metodo indiretto

La fonte del freddo e' costituita da un circuito frigorifero primario che per mezzo di compressori e condensatori liquefa un fluido che vaporizza in uno scambiatore di calore, mantenendo alle basse temperature previste un liquido frigorifero che percorre il circuito secondario fino alle sonde congelatrici.

Sono usati differenti tipi di fluidi frigoriferi, quali la ~~ammoniac~~ ammoniaca e il freon, piu' raramente l'anidride carbonica.

Il liquido frigorifero generalmente utilizzato e' una soluzione satura di cloruro di calcio in acqua. La temperatura di utilizzazione e' variabile tra -25°C e -30°C .

Una tecnologia piu' recente consente di impiegare temperature piu' basse, dell'ordine di -60°C , per mezzo di liquidi frigoriferi caratterizzati da temperature di solidificazione molto ridotte e da limitati valori di viscosita'.

I gruppi frigoriferi, di potenza unitaria dell'ordine di circa 200 KW, sono appositamente studiati per tali interventi, e risultano molto compatti e pratici ai fini delle esigenze di utilizzazione in cantiere (foto 35).

2.2.3. Metodo misto

Questo sistema permette di associare la grande potenza criogenica, e di conseguenza l'elasticità e la sicurezza del congelamento con azoto alla tecnica tradizionale con gruppi frigoriferi.

Consiste essenzialmente nel rendere complementari i metodi diretto ed indiretto, utilizzando le medesime sonde congelatrici.

2.3. Case Historie Santomarco III

Nel cantiere di Santomarco, nel 1973/74, lo scavo della galleria ferroviaria Paola-Cosenza, eseguito con uno scudo circolare di 8.50 metri di diametro, ha dovuto essere sospeso per l'insorgere di macroscopici sfornellamenti di materiale limo-sabbioso allo stato semiliquido.

Per consentire la continuazione dello scavo in condizioni di sicurezza, con l'avanzamento previsto di 2,4 metri per giorno solare, e' stato proposto ed eseguito un intervento di congelamento con il metodo indiretto.

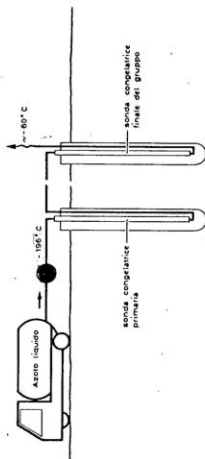
Nella foto 36 e' rappresentata rispettivamente la distribuzione della salamoia alle sonde congelatrici ed una vista del fronte di scavo in corrispondenza di un setto congelato.

Negli anni 1974/75 interventi analoghi con il metodo indiretto sono stati eseguiti a Messina, per consentire lo scavo di due gallerie autostradali, in terreni instabili silto-marnosi ed argillosi, interessati da importanti fenomeni di rilascio. Come rappresentato nella foto 37 i trattamenti sono stati impostati sia dalla superficie che dai fronti di avanzamento in funzione delle caratteristiche logistiche locali, utilizzando complessivamente 10.000 metri di perforazione ed una potenza di 400.000 Kcal/ora per un periodo di 6 mesi.

(foto 38) Un intervento recente e' stato eseguito a Nizza nel 1981, per consentire l'esecuzione di una galleria larga 3 m, alta 2.5 m e lunga 26 m, intestata da un pozzo eseguito con diaframmi e discendente fino ad un parcheggio sotterraneo in via di esecuzione.

Per il congelamento e' stato utilizzato il sistema ad azoto liquido al fine di non danneggiare la fognatura attiva sovrastante e per non deformare il piano stradale.

schema I
Procedimento diretto. Ciclo aperto



- Congelamento - Procedimento diretto - ciclo aperto