

Indagini per il controllo dello stato del rivestimento in calcestruzzo di gallerie stradali

Una applicazione nella galleria "Marcellinara" della S.S. 280 "dei due mari" nel Compartimento A.N.A.S. di Catanzaro

di PAOLO FILICE^(*) - SILVIO LEVRERO^(**)

DESCRIZIONE DEL MANUFATTO

La galleria, costruita agli inizi degli anni '70 è formata da due canne affiancate con sagoma policentrica di raggio principale pari a 5,05 m, larghezza pari a 9,50 m, altezza dal piano stradale alla calotta pari a 6,40 m. Entrambe le canne furono costruite, per la maggior parte del loro sviluppo a foro cieco, con priverivestimento costituito da centinatura metallica e spritz-beton e rivestimento in calcestruzzo di spessore di progetto in chiave pari a 75 cm. I piedritti, in cls, furono collegati ad una platea pure in cls, di forte spessore. I terreni interessati allo scavo, che offrono un ricoprimento dei cavi non superiore ai 50 metri, risultarono costituiti essenzialmente da scisti argillosi che procurarono non pochi problemi a causa della loro elevata compressibilità. Recentemente, a causa delle notevoli percolazioni di acqua meteorica fra i giunti, furono disposti interventi atti a regimentare il flusso; durante la esecuzione di detti interventi si notarono stati di degrado in calotta, che associati ad uno sfornellamento occorso durante una operazione di sabbiatura suggerirono la predisposizione delle indagini oggetto di questa memoria.

METODI DI INDAGINE UTILIZZATI

Il problema principale che si pone all'inizio di una campagna diagnostica è quello di utilizzare, tra le indagini che lo stato dell'arte mette a disposizione, quelle che danno le maggiori informazioni ingegneristicamente utilizzabili al minor costo e tempo possibili.

È necessario quindi stabilire quali debbano essere gli scopi dell'indagine e provvedere ad una minuziosa programmazione delle prove e controlli da effettuare.

Nel caso specifico, effettuata una preindagine visiva ravvicinata del rivestimento con catalogazione ed ubica-

zione delle anomalie tramite mappature, emerse che la calotta dei due cavi, soprattutto nelle tratte centrali, mostravano fra l'altro macchie di umidità di forma triangolare, con vertice e base fra i giunti costruttivi: i calcestruzzi delle zone in prossimità di detta base risultavano, a cavallo dei giunti, molto degradati da un lato e perfettamente integri dall'altro.

Ciò indusse a pensare che la presumibile tecnica di costruzione (marcia avanti) potesse aver generato disuniformità dello spessore e di qualità dei getti.

Fu quindi programmata una serie di indagini aventi lo scopo di definire in chiave ed ai reni lo spessore e la qualità dei getti in calcestruzzo; a questo scopo si scelse di utilizzare la tecnica "radar" associandola alla esecuzione di carotaggi, prove di laboratorio sui campioni prelevati ed endoscopie.

Le indagini radar, che come noto si basano sulla registrazione della riflessione di onde elettromagnetiche attraverso materiali di diversa costante dielettrica, permisero di evidenziare, in prima battuta, situazioni molto disomogenee da punto a punto lungo lo sviluppo longitudinale dei cavi. In particolare si notò che in corrispondenza dei giunti nei tratti centrali, le riflessioni denotavano "salti" fino a degradare dolcemente in corrispondenza del concio attiguo, dove si ritrovava un nuovo salto (Fig. 1).

Si provide quindi, sulla scorta di questi risultati, ad individuare porzioni della calotta dove tale risposta risultasse particolarmente marcata, ed ad iniziare la seconda parte del programma che prevedeva il prelievo di carote e la esecuzione di endoscopie (cioè al fine di misurare gli spessori e valutare la bontà dei cls). Lo spessore dei campioni di calcestruzzo prelevato (Foto 1) confermarono

^(*) A.N.A.S. Comp. Viab. per la Calabria

^(**) A.I.C.E. srl Milano



Foto 1

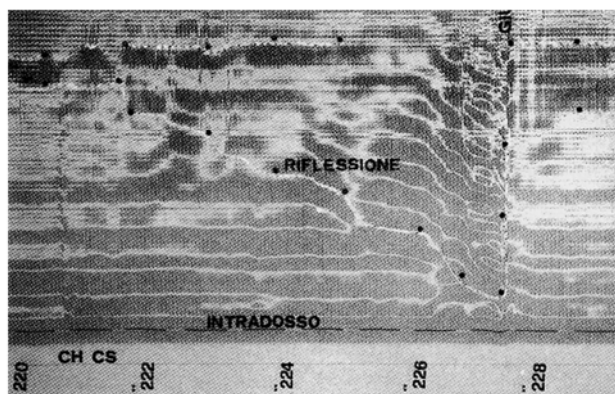
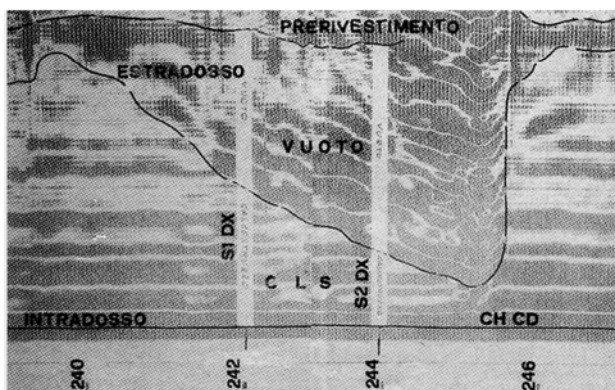


Fig. 1

no che le disuniformità rilevate tramite radar erano da associare ad effettive notevoli variazioni dello spessore del rivestimento.

Calibrata quindi la risposta del radar sugli spessori dei campioni di cls, si poté, in una terza fase, con adeguate lunghezze d'onda della emissione radar, determinare lo spessore del rivestimento lungo il suo sviluppo longitudinale in chiave ed ai reni. I profili definitivi (Figg. 2 e 3) confermarono la variabilità dello spessore dei getti (min. 15 cm, max 100-110 cm) e spiegarono il perché delle macchie di umidità a forma triangolare tra giunto e giunto (praticamente si erano creati degli avvallamenti dove l'acqua, defluendo, impregnava le porzioni sottostanti di calcestruzzo).

Fig. 2



Le indagini endoscopiche, praticate utilizzando i fori dei carotaggi, ed in altri fori eseguiti in zone di calibrazione, confermarono l'andamento a dente di sega (Fig. 4) all'intradosso, ed inoltre permisero di rilevare la morfologia e lo stato del prerivestimento (risultato essere costruito con centinatura metallica e spritz-beton armato con rete elettrosaldata).

I risultati delle prove in laboratorio condotte sui campioni prelevati, permisero di accertare una buona qualità dei calcestruzzi prelevati in zona di sufficiente spessore (specialmente nelle zone intradosso con resistenza a compressione cubica fino a 28 MPa) ed una minore qualità nei calcestruzzi prelevati in zone di minor spessore (resistenze intorno a 18-19 MPa).

CONCLUSIONI

La combinazione dei risultati di suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- la distanza tra i fili intradosso del rivestimento e prerivestimento era pressoché costante;
- il rivestimento era a contatto con il prerivestimento solo in alcuni tratti e quindi le spinte dell'ammasso erano sopportate essenzialmente da quest'ultimo;
- i calcestruzzi di qualità migliore e meno degradati erano ubicati nelle zone di spessore maggiore e viceversa;
- esistevano diverse zone che, causa lo scarso spessore ed il degrado del calcestruzzo, necessitavano di interventi di rinforzo e risanamento;
- la situazione prodottasi era da addebitare alla tecnica utilizzata (marcia avanti) nella costruzione, con realizzazione di spessori minori nella zona di inizio getto che andavano aumentando, fino al raggiungimento e superamento di quanto previsto in progetto, nella zona di fine getto.

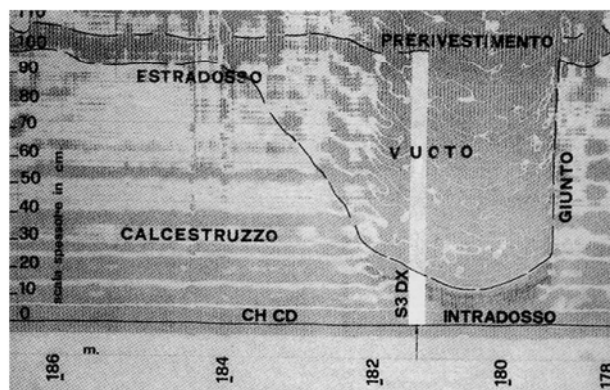
PROVEDIMENTI ADOTTATI

Si è provveduto innanzitutto a convogliare il traffico veicolare nelle due canne solo sulla corsia di marcia e con limitazione di velocità onde evitare l'insorgenza di vibrazioni. A livello di interventi di risanamento sono state prese in considerazione le tre seguenti soluzioni:

1ª soluzione: demolizione e ricostruzione

È il tipo di intervento tecnologicamente più semplice. Prevede la demolizione in calotta nelle zone di "fine getto" del calcestruzzo degradato e di spessore sino a 30-

Fig. 3



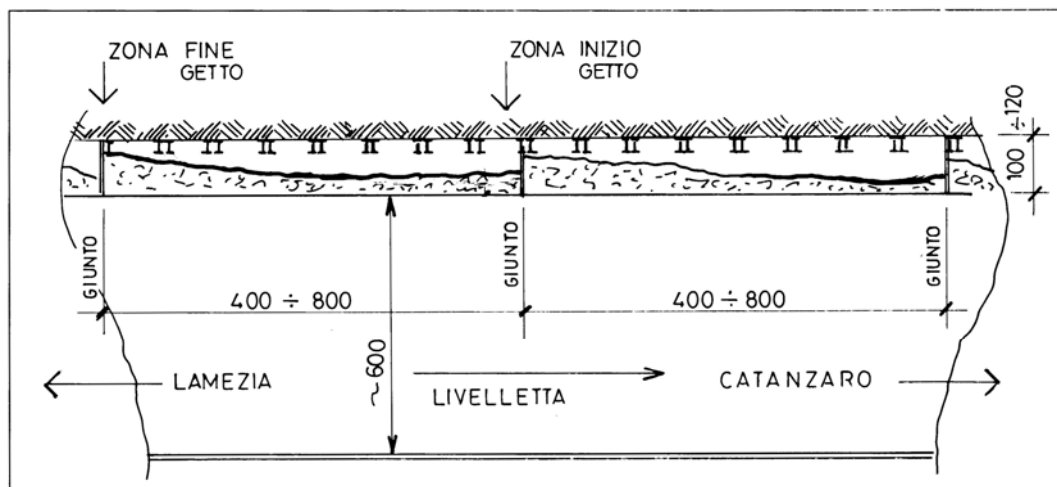


Fig. 4

40 cm, il che comporta, mediante la rimozione e l'allontanamento di circa 3,5-4 m³ di materiale per zona degradata (facendo riferimento alla demolizione in calotta di una zona mediamente lunga 2 m - lungo l'asse della canna - e larga 6-6,5 m). Effettuata la demolizione si provvede ad una bocciardatura e sabbiatura dei bordi del foro così creato, al posizionamento di armatura di ripresa tramite posizionamento di barre d'acciaio, ed alla cassetatura sostenuta da centine in profilati metallici. Una opportuna sagomatura della centina, in corrispondenza del bordo del vecchio giunto, permette la creazione dell'incavo di una canaletta (che poi può proseguire sul rene e sul piedritto tramite opportune demolizioni e risagomature in corrispondenza dei giunti).

La ricostruzione prevede il getto in pressione di calcestruzzo, di R'₂₈ minima pari a 200 kg/cm². Infine si provvede alla rimozione delle centine e della cassetatura ed alla creazione di dreni per convogliare le acque nelle canalette previamente realizzate. In Fig. 5 si riporta uno schema delle operazioni sopra descritte. Questo tipo di intervento non comporta diminuzioni della sagoma attuale della canna.

2° soluzione: rinforzo calotta con centinatura impostata sui reni

Prevede nelle zone di minor spessore il posizionamento di centinatura di ferro calandrata impostata ai reni, previa realizzazione di banchina di ancoraggio.

Una volta realizzata, all'intradosso, la pulizia mediante sabbiatura, la bocciardatura e/o la demolizione corticale dei calcestruzzi più degradati, vengono creati, in corrispondenza dei reni, dei supporti, (banchine) ancorati al rivestimento tramite tiranti di ancoraggio costituiti da barre filettate. Dette barre si innestano nella porzione più bassa del rene, laddove cioè il rivestimento possiede uno spessore superiore a 60-70 cm.

Su detti supporti si impastano, con passo 50 cm, le centine calandrate, previa interposizione di rete elettrosaldata tra le centinature; l'intervento prosegue proiettando calcestruzzo sulla rete elettrosaldata sino a formare spessori di 5-10 cm.

Da ultimo si provvede alla creazione di dreni per convogliare le acque meteoriche in canalette da eseguire a parte. Suddetta ipotesi di intervento mira a rinforzare solo

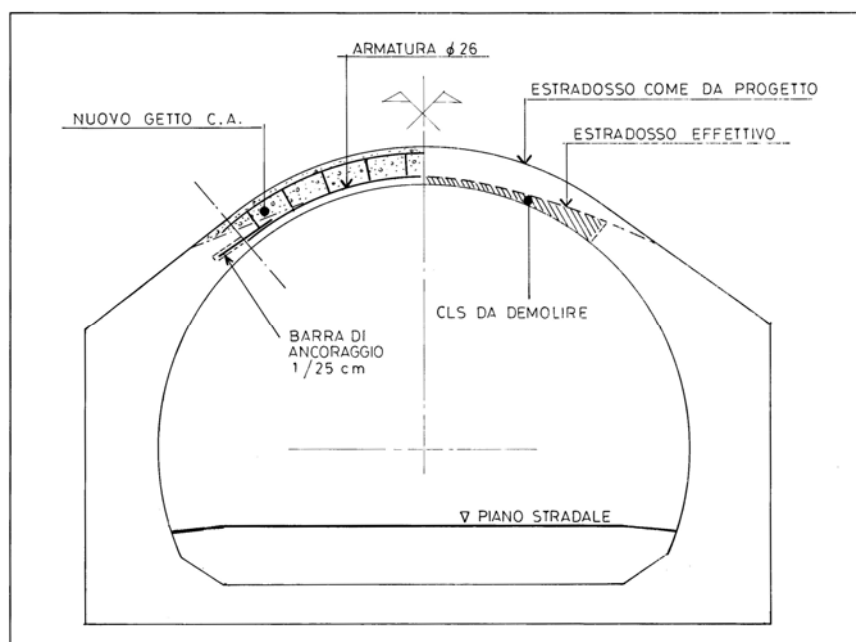
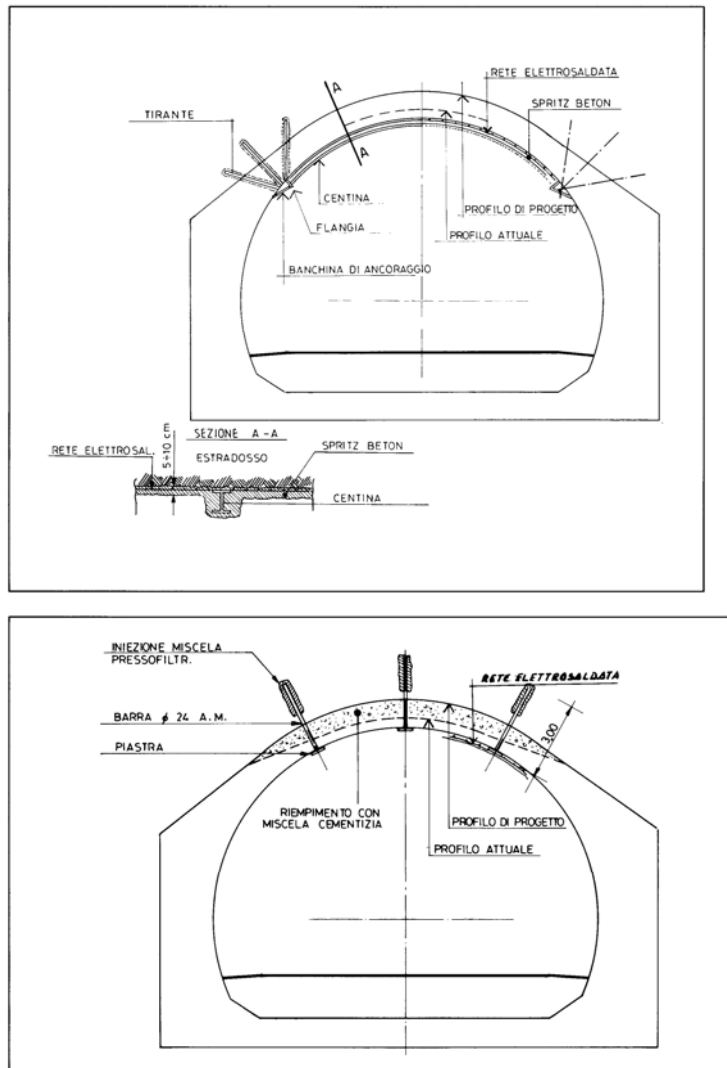
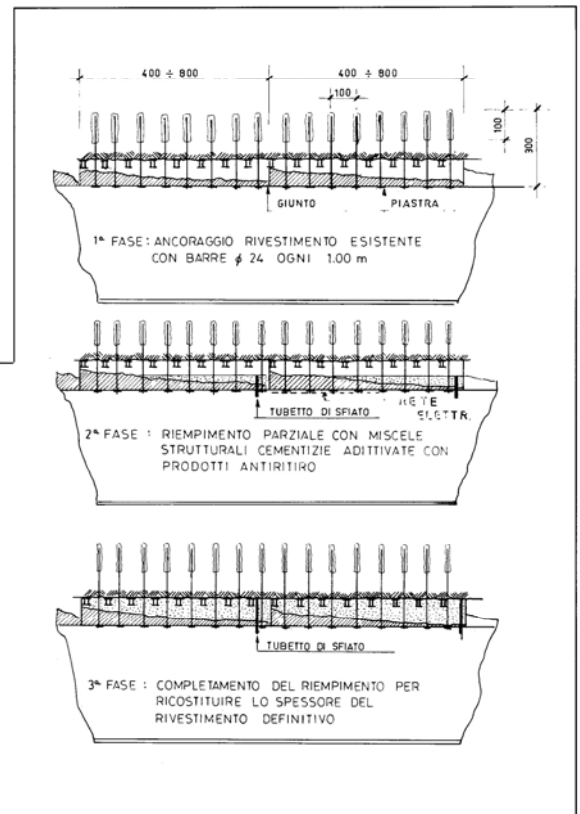


Fig. 5 - Schema 1° soluzione.



◀ Fig. 6 - Schema 2ª soluzione.

▼ Fig. 7 - Schema 3ª soluzione.



localmente il rivestimento affinché non si abbiano problemi di sfornellamento, e comporta una parziale riduzione della sagoma stradale.

Onde evitare la riduzione della sagoma stradale è possibile incassare le centine del getto esistente previa creazione, tramite fresatura, dell'alloggio per le centine stesse (che in detto caso possono essere utilizzate per contenere le canalette di convogliamento delle acque meteoriche). In Fig. 6 si riporta uno schema delle operazioni sopra descritte.

3ª soluzione: ancoraggio del rivestimento all'ammasso

Prevede il posizionamento di barre di ancoraggio per sostenere l'attuale rivestimento ed il riempimento a tergo per ripristinare gli spessori.

Una volta realizzata, all'intradosso, la pulizia mediante sabbiatura e demolizione corticale delle superfici maggiormente degradate, vengono effettuati in chiave ed ai reni una serie di fori passanti che interessano anche l'ammasso a tergo del priverivestimento.

In detti fori, di interasse longitudinale 1 m., vengono posizionate barre ϕ 24 mm ad aderenza migliorata tramite iniezioni di miscela cementizie pressofiltrate. Alla base delle barre sono posizionate piastre di acciaio di riparti-

zione degli sforzi.

Viene quindi eseguita una fase di riempimento parziale con miscela cementizie strutturali addittivate con prodotti antiritiro.

A manutenzione avvenuta si provvede al completamento del riempimento in maniera tale da ottenere lo spessore del rivestimento come da progetto iniziale (circa 75 cm).

Da ultimo si provvede alla creazione di dreni per convogliare le acque meteoriche in canalette da eseguire a parte. Suddetta soluzione non comporta variazioni della sagoma stradale.

Al fine di ottenere una più uniforme distribuzione del tiro degli ancoraggi, soprattutto nella ipotesi di possibili fessurazioni, conseguenti alle perforazioni del calcestruzzo negli spessori minori, si potrà predisporre rete elettrosaldata rivestita con 3-4 cm di resina tipo Emaco. La modesta diminuzione di sagoma della galleria risulta ampiamente giustificata dai vantaggi di stabilità della calotta soprattutto in fase di maturazione.

In Fig. 7 si riportano gli schemi delle operazioni sopra descritte. Attualmente si stanno valutando dette soluzioni anche in rapporto ai costi, al fine di provvedere alla esecuzione di un progetto esecutivo di intervento sul quale si riferirà in seguito.