

CONVEGNO DELLA SOCIETÀ SUISSE DE
MECANIQUE DES SOLS ET DES TRAVAUX
DE FONDATIONS

NEUCHÂTEL, APRILE 1957

F. BERNASCONI

1 - Generalità

La giovanissima *Società Svizzera di Meccanica del Suolo* ha tenuto il 26-27 aprile 1957 il suo secondo Congresso annuale nella ridente Neuchâtel sulle rive del lago omonimo.

Memori dell'interessantissima visita al cantiere della diga in terra di Göschenenalp in occasione del I Congresso abbiamo voluto aderire all'invito dei colleghi svizzeri ed abbiamo assistito alla discussione di opere, realizzate od in costruzione, di uno spiccato interesse per gli studiosi del suolo e dei problemi che vi si connettono.

Abbiamo creduto opportuno segnalare a questi lettori le caratteristiche delle opere visitate dandone una schematica descrizione. Particolare interesse ha suscitato, e certamente susciterà, il cavalcavia di Crêt de l'Anneau nella Val de Travers per cui consigliamo a coloro che avessero l'occasione di recarsi nella Svizzera Romanda di fare una piccola deviazione (20 Km da Neuchâtel) ed esaminarlo da vicino.

2 - Cavalcavia di Crêt de l'Anneau

Nel quadro del vasto programma di ammodernamento della rete stradale della Confederazione Svizzera, sono stati effettuati sulla strada nazionale n. 10, che da Neuchâtel lungo la Val de Travers porta in Francia attraverso il passo di Les Verrières, importanti opere di aggiornamento dell'arteria alle esigenze imposte da un sempre crescente traffico internazionale.

Queste opere, che avrebbero dovuto consistere in un normale e banale allargamento della sede stradale, hanno invece assunto una particolare importanza e sono state la fonte di non poche preoccupazioni, per la cattiva natura del terreno.

Il nuovo tracciato si scosta sensibilmente dall'attuale solo nel tratto compreso tra il Crêt de l'Anneau e Travers.

Questa deviazione, resa necessaria per abolire un sottopassaggio che costituiva il punto critico dell'arteria, si sviluppa a valle della ferrovia (l'attuale tracciato si snoda a monte) ad un centinaio di metri dal corso dell'Areuse (ved. Fig. 1).

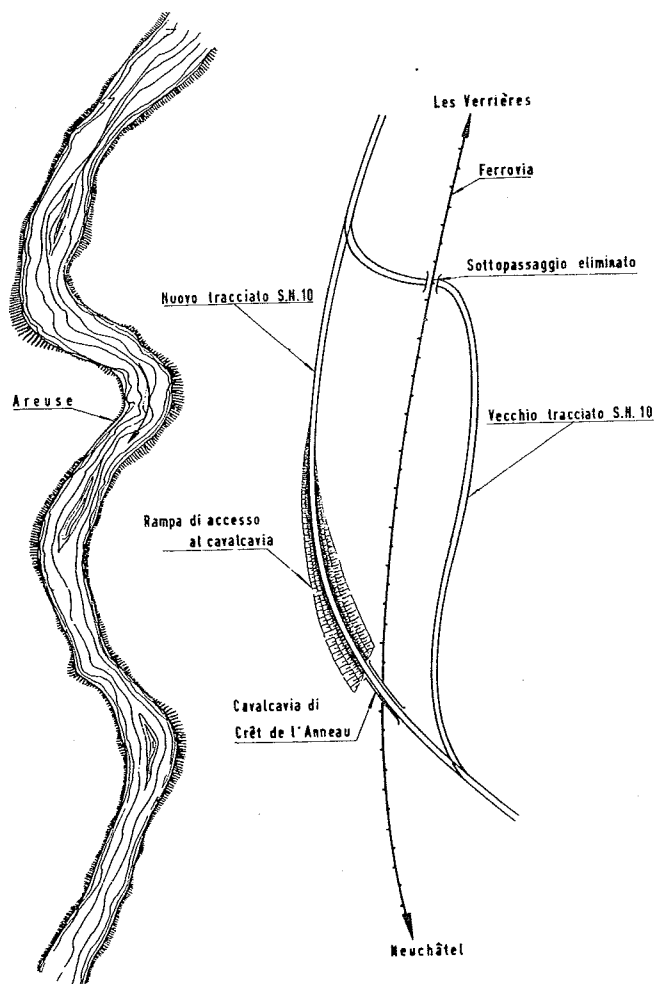


Fig. 1 - Schema della deviazione della S. N. 10

Come vedremo in seguito, la necessità di abolire il sottopassaggio, e per conseguenza la realizzazione della deviazione, può essere indicata come la causa indiretta di tutta una serie di difficoltà da una parte, mentre dall'altra le dobbiamo la possibilità di ammirare una bella e singolare realizzazione della tecnica moderna.

L'attraversamento della linea ferroviaria è stato risolto con un cavalcavia situato nella regione di Crêt de l'Anneau ed un raccordo di accesso realizzato con un importante manufatto misto metallo - cemento armato mentre in un primo tempo era previsto di eseguire il raccordo stesso con una rampa in riporto (ved. Fig. n. 2).

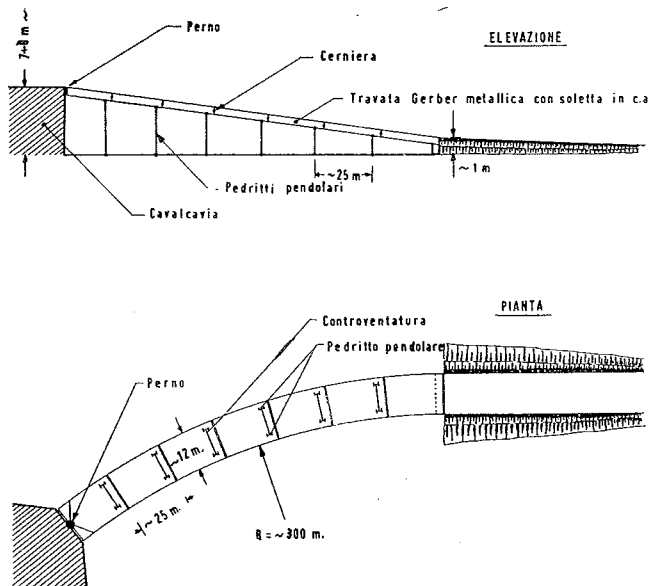


Fig. 2 - Rappresentazione schematica del viadotto in sostituzione della rampa di accesso in riporto

Mentre per il cavalcavia non si sono avute difficoltà poiché i pali di fondazione (del tipo Express) si incastrano in uno sperone (alla profondità di circa 8-10 metri) di un banco di calcare affiorante in sponda sinistra, l'esecuzione del raccordo in riporto è proceduta in alternative volta a volta allarmanti e tranquillizzanti concludendosi con un « disastro ».

A questo proposito è indispensabile citare le caratteristiche del terreno di fondazione della rampa di accesso al cavalcavia.

Nel periodo glaciale i ghiacciai risalirono la Val de Travers da est a ovest e furono arrestati da una gola situata in prossimità di Noiraigue, creando uno sbarramento ad ovest del quale si formò un lago.

Il fondo valle attuale, nella zona compresa fra Noiraigue e Travers, è costituito dal materiale di riempimento dell'antico lago di cui esistono tuttora tracce latenti.

La stratigrafia può riassumersi come segue:

- da 0 m a 0,5 m humus
- da 0,5 m a 4÷6 m creta lacustre (Seekreide)
- da 4÷6 m a 15 m argilla

Le indagini geotecniche effettuate dal *Laboratoire de Géotechnique de l'Université de Lausanne* (Prof. Bonnard) hanno rivelato immediatamente la pessima natura dello strato di Seekreide.

Approssimativamente le caratteristiche di questo terreno possono riassumersi come segue:

peso specifico apparente $1,4 \div 1,5 \text{ ton/m}^3$

umidità naturale $70 \div 80\%$

angolo di attrito interno $7^\circ \div 10^\circ$

coesione nulla

Malgrado queste caratteristiche, si è creduto possibile, confortati da esperienze recenti nei Paesi Nordici, poter caricare il terreno con un rilevato dell'altezza variabile da un minimo di 1 metro ad un massimo di 8-9 metri.

Quando i lavori erano prossimi all'ultimazione, un cedimento di circa 20 cm, accompagnato dall'apparizione di numerose fessure, costituì il segno premonitore di una situazione poco rassicurante. Comunque, dopo una sospensione ai lavori e ricerche varie, si attribuì il fenomeno ad un normale processo di consolidamento del rilevato stesso e fu ordinata la ripresa del carico.

A lavori ultimati, improvvisamente, il rilevato sprofondò nella coltre di Seekreide per una altezza di 4 metri circa. Il terreno circostante riflù, riducendo il letto dell'Areuse del $40 \div 50\%$. Si noti che l'Areuse dista dal rilevato almeno 100 metri. A questo stadio non fu più possibile sostenere la soluzione con rilevato e, dopo nuove indagini geotecniche effettuate dal Laboratorio citato, ci si orientò verso la costruzione di un viadotto.

Fu indetto un concorso del quale risultò vincitore il progetto presentato dallo Studio Prof. BONNARD Ing. GARDEL con la collaborazione del Prof. COSANDEY (Direttore tecnico della Zwahlen & Mayr).

Per inciso ricordiamo che, precedentemente, il *Laboratoire Géotechnique de l'Université de Lausanne* aveva proposto una soluzione di compromesso prevedente uno sfruttamento del rilevato per la sua metà e l'esecuzione di un'ala in cemento armato per l'altra metà. Questa soluzione non fu approvata dal *Service des Travaux Publics de Neuchâtel* (ved. schema 3).

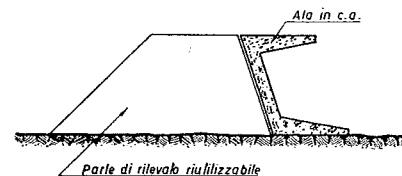


Fig. 3 - Schema di una soluzione di risanamento scartata

L'opera proposta da BONNARD-GARDEL-COSANDEY, e realizzata, presenta senza dubbio alcuni lati molto interessanti che giustificano una breve descrizione.

Infatti l'opera, importante di per se stessa, è nel nostro ambito particolarmente interessante perché concepita in funzione della natura del terreno che nel caso specifico è effettivamente difficile,

Il ponte è costituito da 7 travi cassone GERBER in acciaio della portata di 25 metri con soletta in cemento armato. Il peso ebbe un ruolo determinante nella scelta del progetto a scapito delle soluzioni in cemento armato ed anche in precompresso.

In elevazione il viadotto ha una pendenza media del 4%, mentre planimetricamente si sviluppa secondo un arco di cerchio di 300 metri di raggio con raccordi trocoidali alle estremità.

I vincoli dell'opera costituiscono l'elemento più interessante poichè studiati in modo che il viadotto possa sopportare senza danno movimenti relativamente grandi del terreno di fondazione, sia verticali che orizzontali. Essi sono costituiti da:

a) 6 piedritti pendolari formati da due esili DIN controventati. Al piede di ogni profilato DIN è disposto un appoggio a rulli orientato nel senso trasversale e che consente al terreno di « scivolare » sotto il manufatto.

Il dispositivo consente di correggere gli spostamenti orizzontali trasversali del manufatto dovuti alla spinta del terreno. Sui piedritti sono state inoltre previste delle piastre metalliche di appoggio per i martinetti di sollevamento che consentono di compensare i cedimenti (fino a 20 cm). (ved. schema 4).

b) Vincolo a perno in corrispondenza del cavalcavia. Questo dispositivo « agrappa » il manufatto all'unico punto praticamente fisso della costruzione e permette la rotazione del viadotto nel piano orizzontale.

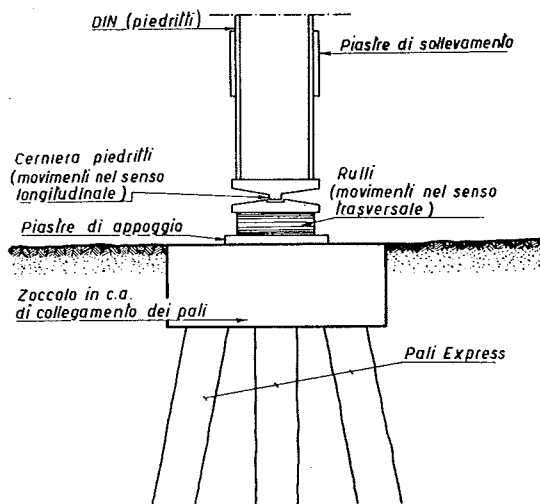


Fig. 4 - Schema del vincolo inferiore dei piedritti

c) Appoggio ad incastro nel piano orizzontale all'estremità ovest dell'opera (lato Travers).

Questo ci sembra il punto delicato del dispositivo. Infatti, anche in quella zona il terreno non può considerarsi migliore e sono pertanto da temere cedimenti e spostamenti orizzontali. I progettisti presumono però che quest'ultimi saranno notevolmente inferiori a quelli che possono verificarsi al centro del manufatto.

3 - Fondazioni (ved. schema 5)

Ogni piedritto è fondato su due gruppi di tre pali sospesi Express del diametro di 43 cm, lunghi circa 20 metri ed inclinati del 30%. Al centro di ogniterna è stato inserito un palo di sabbia verticale con funzione drenante. Le due terne di pali sono collegate fra loro da una trave in cemento armato.

Salvo errori, il carico massimo trasmesso ad ogni palo si aggira sulle 40 ton.

La palificata, progettata dal Prof. HAEFELI ed eseguita dalla Losinger, date le caratteristiche del terreno, fu oggetto di un approfondito studio preliminare e di un serio controllo in fase esecutiva. Si può dire che tutti i pali siano stati sottoposti a prove di carico per cui diversi piedritti sono fondati su un numero maggiore di pali di quello previsto (6) poichè per alcuni di essi i risultati delle prove, per svariati motivi, non hanno dato sufficienti garanzie.

Ad opera ultimata ed in assenza del sovraccarico mobile e relative sollecitazioni dinamiche, il ponte aveva subito un cedimento uniforme di 2 cm.

Ci siamo chiesti se, nel caso specifico, le vibrazioni trasmesse ai pali dalla sovrastruttura metallica e generate dal passaggio dei veicoli, possano provocare cedimenti dei pali stessi che a lungo andare potrebbero assumere valori tali da non essere più compensabili.

Il prof. HAEFELI ritiene che ciò è improbabile poichè il terreno è stato sottoposto, durante l'esecuzione del rilevato, a notevoli sollecitazioni provocate dalla vibrazione di massa generata dalla circolazione dei mezzi di costipamento.

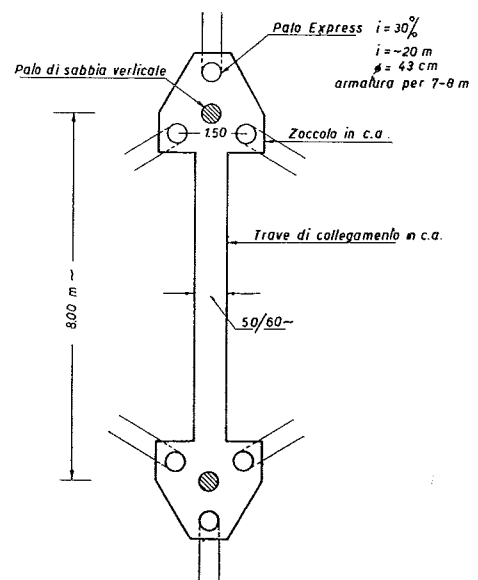


Fig. 5 - Schema delle fondazioni

Sembrerebbe quindi escluso che i pali si comportino come un'asta vibrante immersa in terreno ad alto tenore d'acqua e quindi suscettibile di liquefazione nella zona a contatto con l'asta stessa.

Sarà comunque molto interessante seguire la reazione dell'opera all'applicazione dei carichi mobili.

4 - Scoscendimento di Rosières

L'instabilità e la precarietà dei terreni della Val de Travers sono state ulteriormente messe in luce da uno scoscendimento di notevoli proporzioni verificatosi, dopo un periodo di piogge particolarmente prolungato, nella regione di Rosières.

Durante la correzione della S.N. n. 10 si rese necessario, nella regione di Rosières, l'allargamento, verso monte, della sede stradale esistente.

Mentre si procedeva allo scavo al piede di un pendio boscoso, si staccò una importante frana che rovinando a valle attraversò la strada e spinse la linea ferroviaria per un tratto di circa 200 metri verso il centro valle.

Dopo qualche minuto di stabilità la massa franata sprofondò repentinamente nello strato di creta lacustre con conseguente sollevamento per rifluimento del terreno circostante in un raggio di 300 metri (ved. Fig. 6).

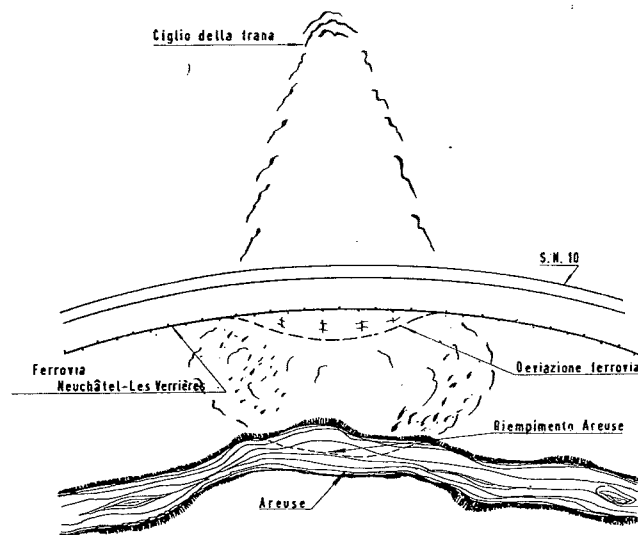


Fig. 6 - Schema della frana di Rosières

La frana fu provocata dallo slittamento di strati marnosi sul substrato calcareo, fessurato e impregnato d'acqua e fu evidentemente facilitata dall'eliminazione della controspinta al piede per i lavori di allargamento.

Il lavoro di risanamento previsto finora si limita alla costruzione di un muro di sostegno a monte della strada.

Percorrendo la Val de Travers abbiamo potuto constatare come in tutta la zona esistono pericoli latenti di scoscendimenti.

5 - Consolidamento del ponte di Travers

Abbiamo inoltre avuto l'occasione di visitare i lavori di consolidamento delle fondazioni del ponte di Travers.

La correzione dell'Areuse portò all'alternativa: sostituire il vecchio ponte (un bellissimo manufatto in pietra tagliata del XVII secolo) con uno nuovo od aumentare la sezione bagnata totale del vecchio. Ragioni artistiche e la volontà della popolazione indussero i tecnici ad adottare la seconda soluzione.

Ogni pila e le spalle furono riprese in sottomurazione e collegate fra loro con una platea in cemento armato.

La nuova muratura e la vecchia furono collegate e consolidate con iniezioni di miscele di cemento ed Alfesil, in tubi previamente posti in opera.

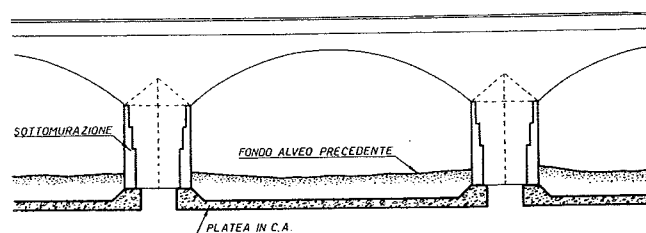


Fig. 7 - Schema del consolidamento del ponte di Travers

I lavori di sottomurazione e cementazione furono eseguiti isolando ogni pila in lavorazione con uno schermo di palancole metalliche.

Anche in questo caso furono eseguiti alcuni sondaggi da parte del *Laboratoire de Géotechnique de l'Université de Lausanne*. Il terreno di fondazione è costituito da un'argilla di caratteristiche nettamente migliori di quelle della creta lacustre (vedi Fig. 7).

6 - Conclusioni

Dai contatti con i tecnici svizzeri che abbiamo avuto occasione di avere durante il Congresso, abbiamo potuto constatare che sia i privati che le Autorità locali si avvalgono sempre più dell'aiuto che i tecnici specializzati in meccanica dei terreni possono loro dare per lo studio e la risoluzione di problemi anche meno difficili di quelli citati. E' molto probabile che il *Département des Travaux Publics di Neuchâtel* faccia eseguire prossimamente una vasta campagna di indagini geotecniche estesa a tutta la Val de Travers al fine di avere una documentazione che permetta di dare un preciso indirizzo ai futuri lavori.

Concludendo formuliamo l'augurio che anche in Italia la « mentalità » geotecnica si diffonda sempre più fra coloro che saranno chiamati a progettare opere di una certa importanza e che, soprattutto, una spinta in tal senso venga data dagli Enti Statali.