

**Schweizerische Gesellschaft für Boden und
Felsmechanik**

Tagung 25.04.08, Lugano

AlpTransit Nodo di Camorino

Dämme und Vorbelastungen

Raffaele Filippini

AlpTransit Nodo di Camorino - Dämme und Vorbelastungen

1. Einführung

Am Nordportal des Ceneri-Basistunnels wird die neue AlpTransit-Linie sich an die bestehende SBB-Linie Bellinzona-Locarno anschliessen. Die für diese offene Strecke im April 2006 angefangenen Bauarbeiten wurden von ATG in der Projektgruppe „Nodo di Camorino“ (Knoten Camorino), mit folgenden Hauptdaten, zusammengefasst:

- Abmessungen
 - Ost-West 2.5 km
 - Nord-Süd 1.0 km
 - Geleisen 7.5 km
- Fläche 500'000 m²
- Kostenvoranschlag 300 Mio CHF

Die Anforderungen an diese neue Schnellbahn-Infrastruktur, sowie ihre Anordnung neben wichtigen Verkehrsachsen (Autobahnkreuzung Bellinzona Süd, 4-spurige Kantonsstrasse Bellinzona-Locarno) bzw. besiedelten Flächen (Industriezone der Gemeinde Camorino, Siedlung „Nosetto“ der Gemeinde S. Antonino) haben eine Grosszahl von Kunstbauwerken, die in Bild 1 schematisch dargestellt sind, bedingt.

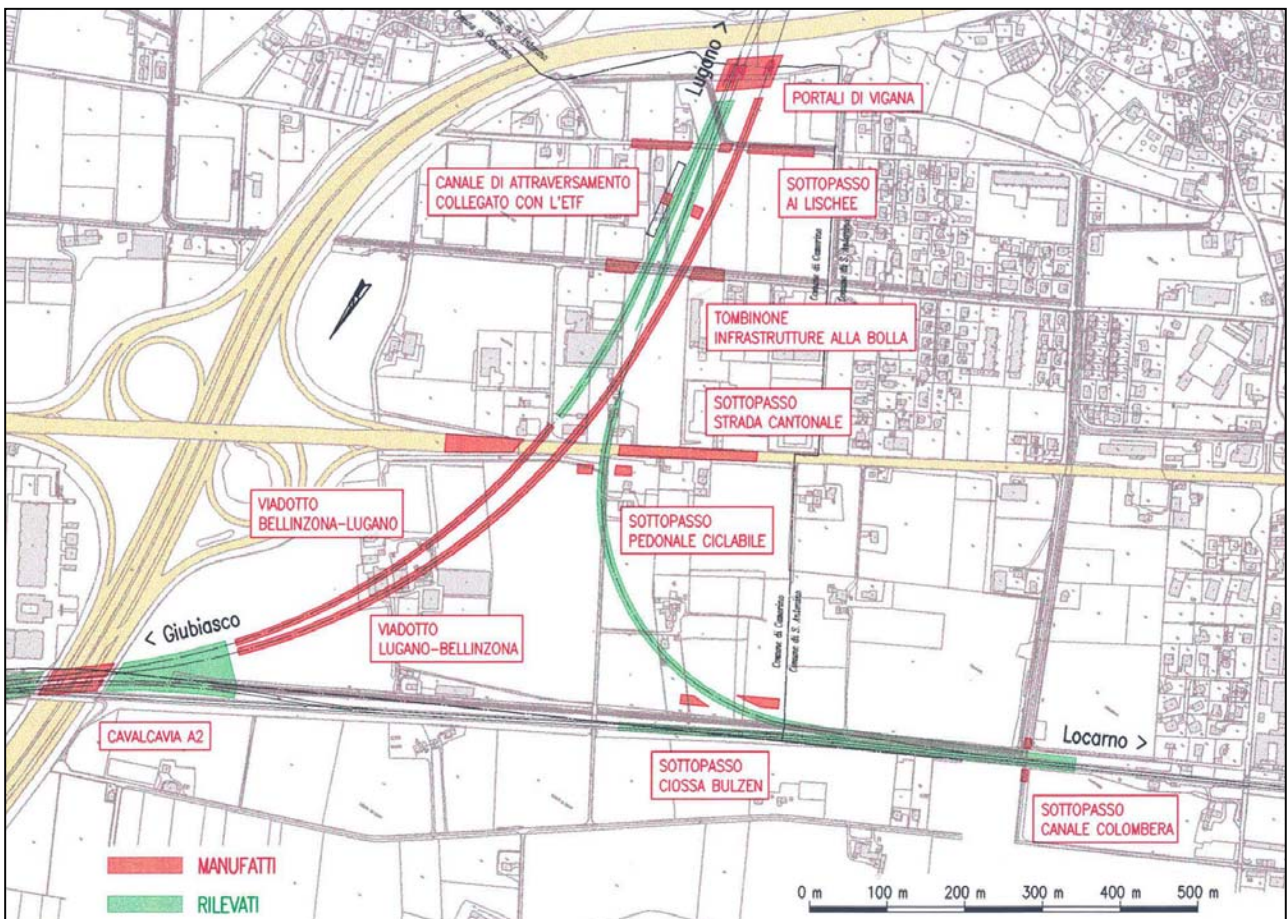


Bild 1: Knoten Camorino - Kunstbauwerke

Als wichtigere Kunstbauwerke sind vier speziell zu erwähnen:

- Viadukt Lugano-Bellinzona (1-gleisig, L = 1'000 m),
- Viadukt Bellinzona-Lugano (1-gleisig, L = 400 m),
- Unterführung Kantonsstrasse (4-spurig, L = 400 m),
- Brücke über die A2 (2+2 gleisig, L = 90 m).

2. Geologie

Wichtige geologisch-, geotechnische Informationen im Bereich des Knotens Camorino stammen aus der Periode der A2-Ausführung (Ende 70er Jahren), wo infolge der Dammschüttungen Setzungen bis zu 2.0 m stattgefunden haben. Seit den ersten Variantenstudien (1994) hat ATG in der Magadino-Ebene mehrere geologische Erkundungen veranlasst. Mit der letzten Kampagne wurden in 2005 die Projektgrundlagen im Hinblick auf das Ausführungsprojekt vorbereitet, indem bei jedem Brückenpfeiler eine Bohrung durchgeführt und ausgewertet wurde.

Aus dem geologischen Längensprofil in Bild 2 (entlang Viadukt Lugano-Bellinzona) ist es ersichtlich wie die ganze offene Strecke des Knotens Camorino auf See- bzw. Flussablagerungen grosser Mächtigkeit zu liegen kommt. Der Grundwasserspiegel liegt bei Hochwasser nahe an der Terrainoberfläche. Unter den oberen Kiesschichten (5 bis 8 m, $M_E = \text{ca. } 30 \text{ MN/m}^2$) alternieren sich feine Sande bis Lehme, die äusserst tiefe geotechnische Werte aufweisen ($M_E \geq 2 \text{ MN/m}^2$).

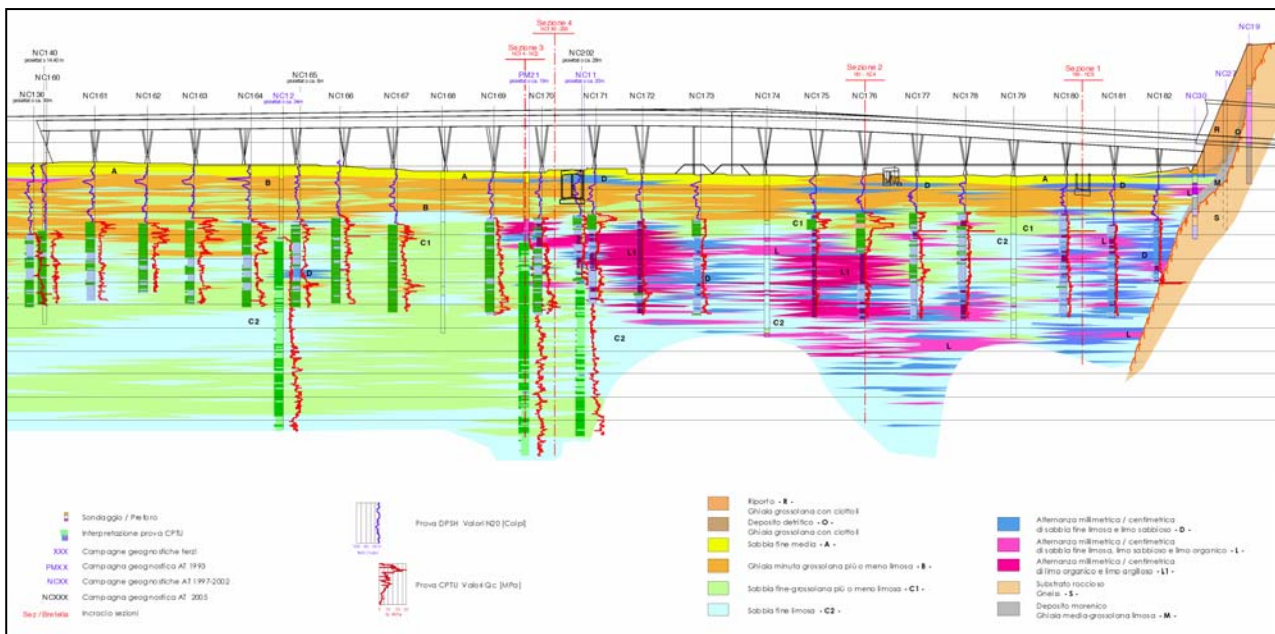


Bild 2: Viadukt Lugano-Bellinzona - Geologisches Längensprofil

Die oben erwähnten organischen Lehme wurden insbesondere südlich der Kantonsstrasse angetroffen und weisen eine kumulierte Dicke, in den oberen 35 m, bis 16 m auf (Bild 3).



Bild 3: Setzungsempfindliche Böden südlich der Kantonsstrasse (organische Lehme) - Kumulierte Dicke in den oberen 35 m

3. Dämme

Der Knoten Camorino weist einen Nettobedarf von 600'000 to Material („SM3“, 0-150 mm) auf, um die

- definitiven Bahndämme,
- Installationsflächen,
- Vorbelastungen und
- Lärmschutzdämme

auszuführen. Diese beträchtliche Menge, aus anderen ATG-Baustellen sowie aus dem Markt mit den Vorarbeiten geliefert (2006-2008), wird Setzungen erzeugen; die angesichts der Erfahrungen, der extrem tiefen geotechnischen Kennwerte und der Wichtigkeit der Bauwerke, speziell zu untersuchen sind.

Bild 4 stellt die unterschiedlichen „Dammkategorien“ schematisch zusammen, die zur Setzungsentwicklung einen Beitrag liefern.

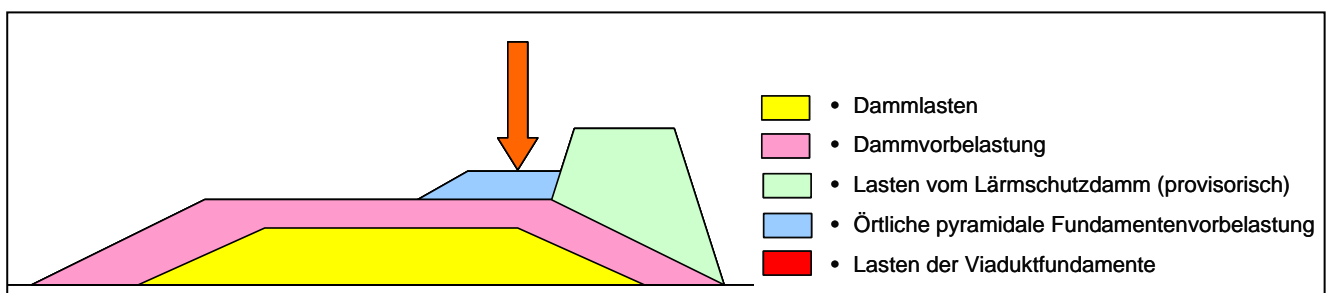


Bild 4: Dämme südliche der Kantonsstrasse - Lastenaufteilung

Die Setzungen aus den Dammlasten wurden bereits im Rahmen des Auflageprojektes analysiert, u.a. mit dem Ziel die Ausbreitung der Mulde abzuschätzen und evtl. gefährdete Bauten rechtzeitig zu erkennen. Die Problematik wurde in den folgenden Projektphasen, unter Berücksichtigung der genaueren geologischen Informationen, vertieft analysiert um die notwendigen Massnahmen im Detail zu definieren. Nach den letzten Berechnungen, nach der elastischen Theorie von Boussinesq (Boden elastisch, homogen, isotrop), mit „Setzung - DC Software“ durchgeführt, sind Setzungen bis zu 70 cm erwartet (Bild 5).

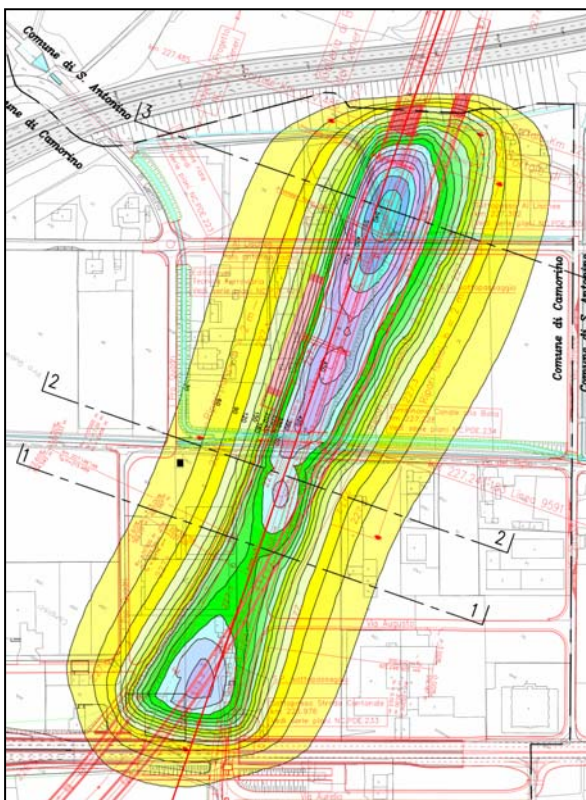


Bild 5: Erwartete Setzungen südlich der Kantonsstrasse

Die Auswertung der Setzungen des Autobahndammes (Recordon 1988) sowie Spezialstudien unter Berücksichtigung der Konsolidationstheorie (Anagnostou 1995) zeigen, dass 80 % der Gesamtsetzung in den ersten 3 Jahren stattfinden wird und dass Restsetzungen bis 10 Jahren zu erwarten sind.

Um das Phänomen zu beherrschen, bzw. um die Restsetzungen auf 4 mm/Jahr zu minimieren (Anforderung SBB), wurden folgende wichtige Vorkehrungen beim Bauablauf vorgesehen:

- Entfernung bzw. provisorische Verlegung der Kanalisationen und anderen Infrastrukturen,
- vorgezogene Aufschüttung des Bahndammes inkl. Vorbelastung,
- etappierte Ausführung der Unterführungen,
- Vorbelastungen und tiefe Foundationen bei den Viaduktenpfeiler (s. Abs. 4).

4. Foundationssysteme

Auch wenn die Hauptlasten aus den breiten Dämmen stammen (Bild 5), haben die Voruntersuchungen gezeigt, dass sowohl die konzentrierten Brückenlasten bzw. die Foundationen, mit folgender Zielsetzung, besonders zu analysieren waren:

- Definition des Foundationssystems, das nur noch minimale Restsetzungen (und differentielle Setzungen) mit sich bringt:
 - im Allgemeinen,
 - nach Abschluss der Rohbauarbeiten und des Schottereinbaues,
 - nach der Inbetriebnahme.
- Reduktion der Anzahl (und Kosten) der Viaduktenhebungen:
 - zu begrenzen auf 4 x 25 mm oder 3 x 33 mm,
- Massgebende Optimierung der Nutzungsvereinbarung und Projektbasis bzw. der Viaduktenprojekte.

Die Spezialstudie wurde schwergewichtig für den Viadukt Lugano-Bellinzona (Bild 6) erarbeitet. Zwei charakteristische Foundationsverhältnisse (1x südlich / 1x nördlich der Kantonsstrasse) wurden betrachtet (Bild 7).

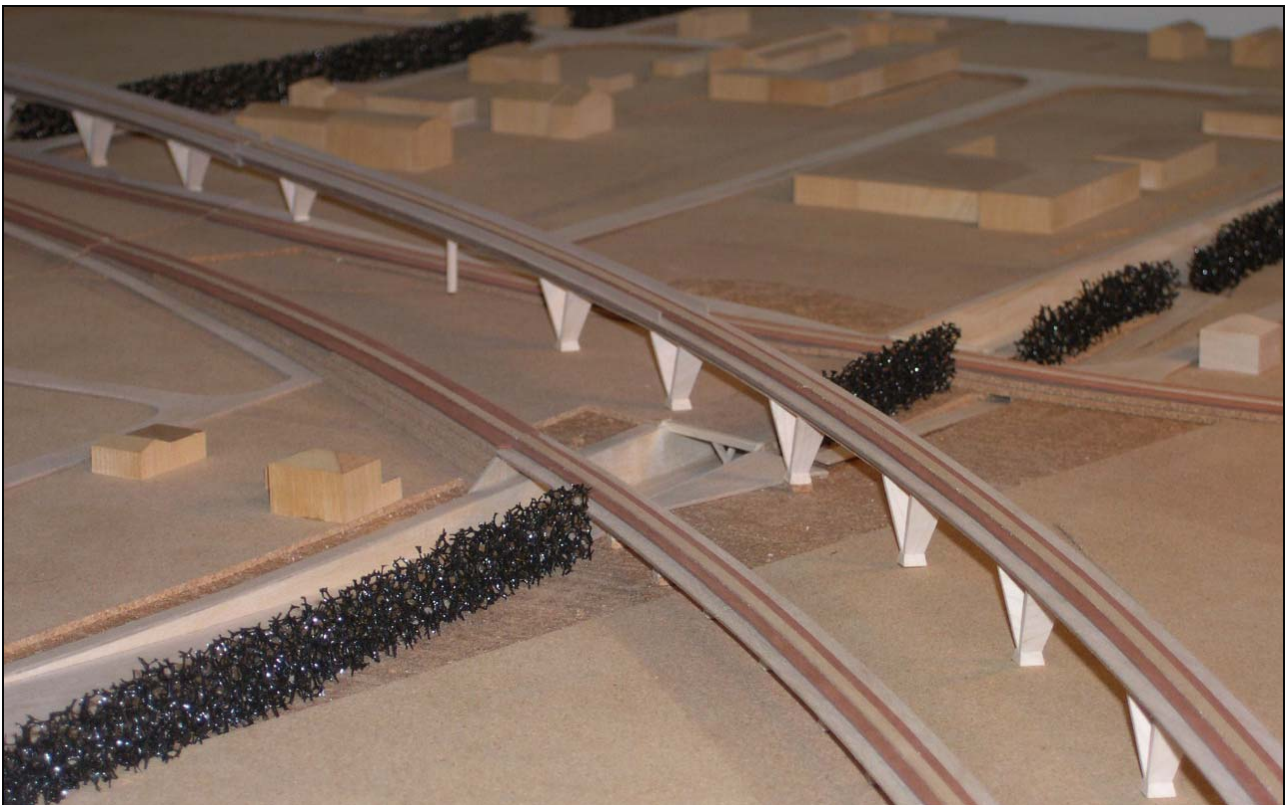


Bild 6: Viadukte und Unterführung Kantonsstrasse - Modell

Die Berechnungen wurden mit dem FEM-Programm Plaxis V8 rotationssymmetrisch und elasto-plastisch durchgeführt (Bild 8). Mit gegebenen Brückenlasten und Fundationsgeometrie wurden folgende Faktoren analysiert (Sensitivitätsanalyse):

- Bodeneigenschaften (M_E , $M_{E'}$, c , ϕ),
- Bodenkonsolidierung (konstruktive Massnahmen),
- Vorbelastung.

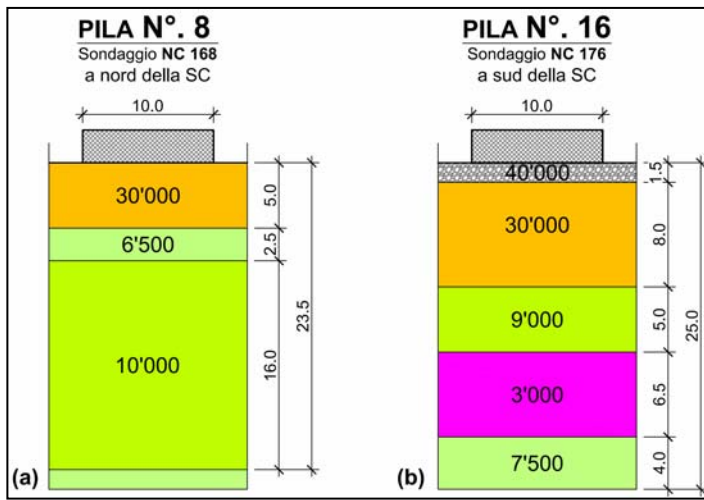


Bild 7: Charakteristische Fundationsverhältnisse
 M_E [kN/m²]

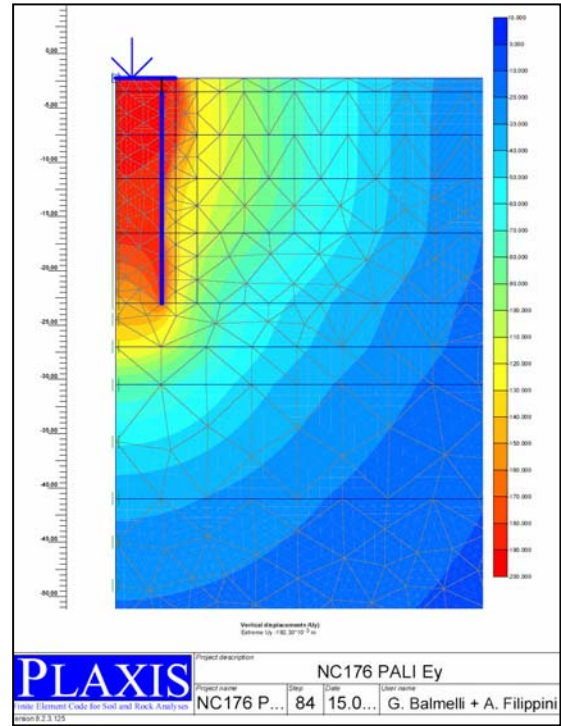


Bild 8: Setzungsberechnung

Die Vorbelastung wurde so gewählt, dass die somit erzeugten Bodenspannungen in den tieferen setzungsempfindlichen Schichten höher als die Bodenspannungen infolge Brückenlasten resultieren (Bild 9).

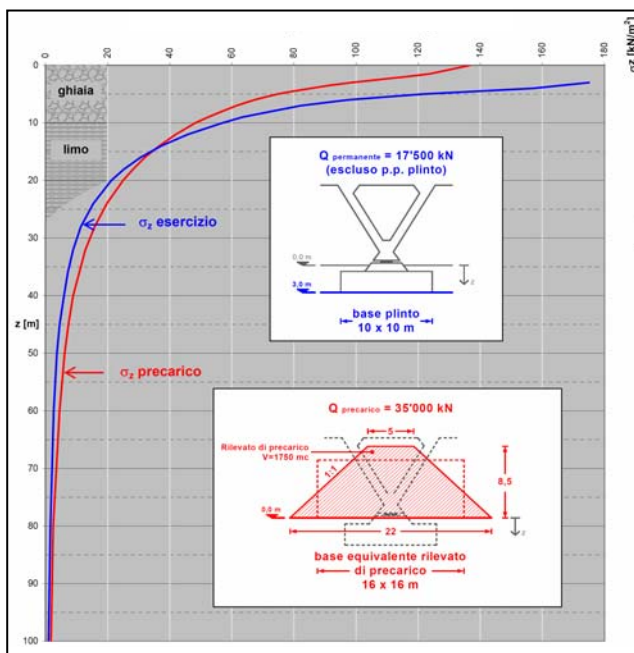


Bild 9: Bodenspannungen infolge pyramidalen Vorbelastung



Bild 10: Pyramidale Vorbelastungen
(entlang Kantonsstrasse, März 2008)

Aus den in Bild 11 zusammengestellten Resultaten (Brückenpfeiler südlich der Kantonsstrasse) ist es ersichtlich, wie mit einer vorgängigen Vorbelastung und mit zusätzlichen tiefen Fundationen, die Setzungen von ca. 30 cm auf ca. 5 ÷ 7 cm reduziert werden können, was den Anlass gegeben hat die Vorbelastungen bereits mit den Vorlosen auszuführen (Bild 10).

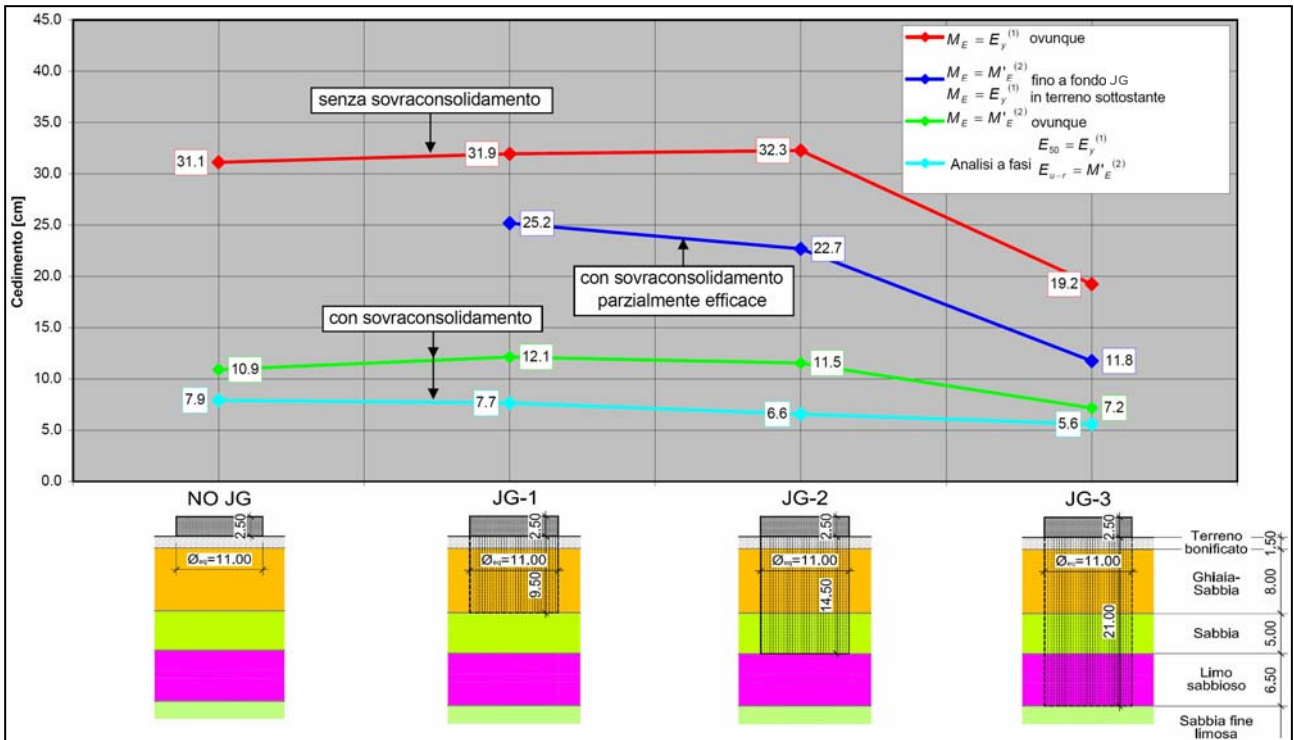


Bild 11: Viadukt Lugano-Bellinzona - Setzungen Pfeiler N. 16

Angesicht der noch vorhandenen geologisch- geotechnischen Unbekannten, der Grenzen bei den theoretischen Modellierungen, sowie der Wichtigkeit des Bauwerkes; wurden bei zwei Viaduktenpfeiler Extensometer installiert, die die verschiedenen Belastungsphasen (vor Vorbelastungen bis nach der Inbetriebnahme) überwachen sollen.

Autor:
 Ing. Raffaele Filippini
 Consorzio Ingegneri Piano di Magadino
 c/o Filippini & Partner Ingegneria SA
 Via Iragna 11
 CH - 6710 Biasca