Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 8 (1968)

Artikel: Einige Ergebnisse langfristiger Beobachtungen des Verformungszustandes an neuartigen Spannbetonbrücken

Autor: Jàvor, Tibor

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-8815

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Einige Ergebnisse langfristiger Beobachtungen des Verformungszustandes an neuartigen Spannbetonbrücken

Some Results of the Observations over a Long Period of the Deformation State of New Prestressed Concrete Bridges

Quelques résultats obtenus dans l'observation à long terme des déformation sur les ponts en béton précontraint modernes

TIBOR JÀVOR
Doz.Ing. C.Sc., Tschechoslowakei

Langfristige Beobachtungen des Verformungszustandes an neuartigen Spannbetonbrücken ermöglichen es, die zur Projektierung weiterer Brückenbauwerke unerlässlichen Unterlagen zu erschliessen. Einer der das Brückentragwerk meist beeinflussenden Faktoren ist jener der zeitbedingten Entwicklung der Werkstoffeingenschaften. Analyse der diese Veränderungen hervorrufender Ursachen, sowohl die Untersuchungsergebnisse an langfristigen relativen Formänderungen und Durchbiegungen von Brücken, ermöglichen einen besseren Einblick in die statische Wirkung der beobachteten Bauwerke.

Unser Forschungsinstitut für Ingenieurbauten hat in der letzten Zeit systematisch zehn Spannbetonbrücken beobachtet.Bemerkenswert zwischen diesen sind folgende Brücken:

-Spannbetonrahmenbrücke mit veränderlicher Höhe des Querriegels in Kotešová , Spannweite 63,40 m, errichtet im J.1959;

-Spannbetonrahmenbrücke in Bytča mit gleichen Abmessungen wie die in Kotešová, jedoch minderer Betongüte, betoniert im J. 1960 ;

-Im Freivorbau errichtete Spannbetonbrücke in Nové Mesto n/Váhom, Spannweite 80,0 m, angeschlossen an die im Lehrgerüst betonierten benachbarten Brückenfelder, Spannweite 42,80 m, hergestellt in den J. 1961 - 1962;

-Im Freivorbau errichtete Spannbetonbrücke über 5 Felder in Kollárovo, Spannweiten 35,10 + 61,68 + 61,68 + 61,68 + 35,10 m /1963 - 1964/;

-Spannbetonbrücke im Freivorbau mit Fertigteilen in Sirník, Spannweite 60,0 m, errichtet in den Jahren 1964 - 1965.

An allen diesen Brücken wurde gründlich die Betongüte als auch der Verlauf der Schwindungszunahme, des Kriechens und des E-Moduls sowie die Gesamtveränderungen des Verformungszustandes überwacht.

Die zur Beobachtungs angewandte Verfahren sind im Grunde zweierlei : tensometrisch /mit Saitendehnungsmessern tschechoslowakischer Herkunft/ und geodetisch. Die Saitendehnungsmesser wurden in jedem Bauwerk an charakteristischen Stellen einbetoniert und die relativen Formänderungen entweder in der Messstation - die in einem Hohlraum untergebracht war - mittels eines batteriegespeissten Zeigerfrequenzmessers direkt abgelesen oder in einem Measwagen mittels einer vollautomatischen Ablese- und Umschaltanlage registriert.

1. Untersuchungen der Materialkonstanten des Betons

Während der langfristigen Beobachtungen der Verformungszustände von Brücken war es unmöglich, die Entwicklung der Materialkonstanten irgendwie zu beeinflussen. Gleichzeitig bestand öfter die Möglichkeit, angefertigte Proben zu prüfen, um sich über ihr Verhalten bei extremen Werten einiger Parameter, besonders aber bei Temperaturschwankungen oder verschiedenen Luftfeuchtigkeiten zu informieren. Die Entwicklung der Festigkeiten und des E-Moduls des Betons wurde stets an Probewürfeln 20/20/20 cm bzw. an Balken 10/10/40 cm und 15/15/70 cm durch statische Untersuchungen geprüft, doch wurden auch zerstörungsfreie Prüfungen unternommen /Ultraschall-, Hammerschlag- oder Resonanzverfahren/. Die Umrechnungskonstanten bei Verwendung zerstörungsfreier Methoden zur Güteprüfung des Betons an fertiggestellten Bauwerken wurde aus Laboruntersuchungen mittels Ultraschall- und statischer Versuche gewonnen, an Hand deren auch das Anwachsen der Betonfestigkeiten überwacht wurde.

Die Mittelwerte der Betonfestigkeit und des E-Moduls in den charakteristischen Teilen des Tragwerkes, bei einer Durchschnittstemperatur von +22 °C und nach 28 Tagen nach dem Betonieren betrugen demnach :

Brücke	Kotešová Ortbeton	Bytča Ortbeton	N.Mesto Ortbeton	N.Mesto Freivorbau	Kolárovo Freivorbau	Sirník Freivorbau m.Fertigt.
E_{dyn} kp/cm^2	519000	409500	526000	565000	578000	448000
E_{stat} kp/cm^2	328000	214000	342000	365000	375000	385000
$\varkappa_b$ kp/cm^2	388	263	389	442	467	575

Die Auswirkung der Temperaturschwankungen auf den E-Modul wurde nach verschiedenen Verfahren an Proben bestimmt. Beispielweise kam aus den Untersuchungen des Betons der im Freivorbau errichteten Brücke in Nové Mesto n/Váhom hervor, dass bei einer Spannung ν = 99 kp/cm^2 bei einer Temperatur von -17 °C /Eislagerung/ E_{stat} = = 380000 kp/cm^2, während bei einer Temperatur von +53 °C E_{stat} = 295000 kp/cm^2. Dadurch wurde ein Beweis geboten, wonach dem Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit bei entsprechender Änderung der Feuchtigkeit eine ausserordentliche Bedeutung bei langfristigen Beobachtungen an Betonbrücken zukommt. Diese Tatsache soll bei Belastungsversuchen an Spannbetonbrücken berücksichtigt werden.

Mit Rücksicht auf die Tatsache, dass die Kriech- und Schwindvorgänge ein ziemlich verwickeltes Problem bilden, waren wir gedrungen unsere Beobachtungen möglichst einfach zu gestalten. Wir verfolgten dabei ständig den Bedarf genügend Angaben hierzu gewinnen, um diese an Hand der durch die in den beobachteten Brücken eingebauten Dehnungsmessern gemessenen Verformungen zur Transformation auf die Spannung anwenden zu können. Unsere Beobachtungen verliefen im Grundsatz in zwei Richtungen, und zwar im Labor und direkt an betreffenden Bauwerken.

Das Schwinden der Betonkonstruktionen wurde an Probebalken 15/15/70 cm mit eingebauten elektrischen Saitendehnungsmessern und an Probebalken 10/10/40 cm mit Setzdehnungsmessern untersucht. Sämtliche Prüfkörper wurden stets aus der gleichen Betonmischung und zur gleichen Zeit wie der betreffende Konstruktionsteil hergestellt. Die Beobachtungen wurden im ersten Monat täglich, später dann einmal in 14 Tagen durchgeführt. Die Proben wurden in einer provisorischen Klimaanlage bei einer Temperatur von +20 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % aufbewahrt. Die Prüfkörper 15/15/70 cm mit eingebauten Dehnungsmessern wurden zur Prüfung des Schwindens und Temperatur-, Feuchtigkeits- und anderer Wirkungen, die die Verformung des Betons in naturgemässen Bedingun-

gen verursachen, bestimmt.

Der Temperaturverlauf in den Konstruktionen wurde an Hand von eingebauten Saiten-Tensothermometern überwacht. Die Kriechvorgänge des Betons wurden an ähnlichen Proben wie das Schwinden beobachtet, jedoch unter ständiger Belastung mittels Stahlspiralen in Sondervorrichtungen.Die Prüfkörper wurden schon zehn Tage nach ihrer Fertigung durch eine Spannung von 40 kp/cm^2 bzw. 70 kp/cm^2 belastet. Die Beobachtungen verliefen in den gleichen Zeitabständen und im gleichen Milieu wie die Schwindungsmessungen.

2. Analyse des Verformungszustandes der beobachteten Brücken

Die weitgespannten Spannbetonrahmenbrücken, deren Kragträger mit der Stütze mittels Zugstangen verspannt sind, sind stark deformationsempfilndlich. Es handelt sich beispielweise um die Brücken in Kotešová und Bytča /Fig.1/. Diese Bauwerke sund auch dahingehend charakteristisch, dass sie im Falle einer unmerklichen Verschiebung der Fundamentsohlen eine bemerkenswerte Durchbiegung des Tragwerkes aufweisen. Es ist ganz verständlich, dass der für die Grösse dieser Verformung entscheidende Faktor auch weiterhin die Qualität des betreffenden Betons bleibt.

Eine klare Darstellung des zeitlichen Verlaufes einer Durchbiegung in der Spannweitemitte der Brücke Bytča ergibt sich aus der Fig. 1a /Kurve B/ und jener in Kotešová aus der Fig.1 /Kurve K/. Schon beim Vergleich beider Durchbiegungen ist es klar, dass die Brücke in Kotešová - deren Betongüte entscheidend besser ist als jene der Brücke in Bytča /seit Inbetriebnahme der Brücke wuchs die Durchbiegung um 10,0 cm an/ keinerlei wesentliche Kriecherscheinungen anzeigt, doch bewegt sich der Durchbiegungswert - namentlich infolge der Temperaturschwankungen - innerhalb sehr eng gehaltener Grenzen. Die Kriecherscheinungen an der Brücke Bytča weisen bereits eine abklingende Tendenz auf. Ähnlicherweise verhält sich auch die Charakteristik des zeitlichen Verlaufes bei den relativen Formänderungen in der Einspannung /Kurve T 17, T 18/ dieser Kotešová-Brücke /Fig.1/.

Von besonderer Bedeutung ist das Kriechen bei den in Freivorbauweise errichteten Brücken. Bei diesen Bauwerken richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die sorgfältige Beobachtung des zeitlichen Ablaufes der relativen Formänderungen mittels etwa 70 bis 80 Stück in einzelne Brückenlamellen eingebauter Saitendehnungsmesser.Gleich-

zeitig wurden die Vertikalverschiebungen der Konstruktion sowohl während des Ausbaues als auch nach der Fertigstellung beobachtet. Es handelte sich um die Brücken in Nové Mesto n/Váhom, Kollárovo und Sirník.

Der charakteristische Zeitablauf der relativen Formänderungen im Querschnitt der ersten /Kurve T 32, T 33/ und der dritten /Kurve T 46, T 47/ im Freivorbau errichteten Brückenlamelle in Nové Mesto n/Váhom ist in der Fig. 2 dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Dehnungen in der Mitte des auf dem Gerüst betonierten Brückenteiles ist auch in der Fig.2 /Kurve T 12, T 13/ dargestellt. Eine Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Durchbiegungen in der Mitte /Kurve w 14/ und in 1/4 der Spannweite /Kurve w 11/ der Brücke in Nové Mesto n/Váhom seit der Inbetriebnahme ist auch aus Fig.2 zu beziehen. Aus diesem Verlauf ergibt sich, dass der Höchstwert der Durchbiegung bereits 10,0 cm überschreitet, was wohl auch den Baufehlern zuzuführen ist. In letzter Zeit sind bereits Anzeichen einer gewissen Konsolidation der vertikalen Deformationen zu verzeichnen. Sobald man den Zeitverlauf der Durchbiegungen an der Brücke in Nové Mesto n/Váhom mit den Verläufen der Durchbiegungszunahme an jenen in Bytča und Kotešová vergleicht, erkennt man, dass gewisse Zunahmen an relativen Formänderungen nicht im gleichen Sinne der beiden Konstruktionsarten verlaufen, obwohl eine zeitweilige Konsolidation der Verformungen im gleichen Zeitabschnitt zu verzeichnen ist. Dies liegt in der Art der Vorspannung und im Eigengewicht der Konstruktion. Der Anwuchs der Durchbiegungen war bereits im September zu verzeichnen, die Konsolidation hingegen erst im Jänner. Nach den Winterfrösten kam es dann im Mai bis August zu einer Abnahme an Durchbiegungen, d.h. zur Hebung der Brücke, jedoch im September wuchsen die Durchbiegungen nach einem Ausgleich wieder an.

Die experimentellen Untersuchungen in Kolárovo betrafen die im Freivorbau hergestellten Brückenfelder, die symmetrisch von einem Pfeiler aus betoniert wurden. Das Tragwerk bestand aus einem einfachen Hohlkastenträger /Fig.3/. Die mit Fertigteilen freivorgebaute Brücke über den Fluss Ondava in Sirník besitzt ein Doppelkastenquerschnitt /siehe Fig.4/.

Die Automatisierung der Messungen ermöglichte die Beobachtungen des Verformungszustandes dieser Konstruktionen in jedem Bau- bzw.Montagezustand, sowie auch langfristige Beobachtungen nach Fertigstellung. Aus diesen statisch interessanten Ergebnis-

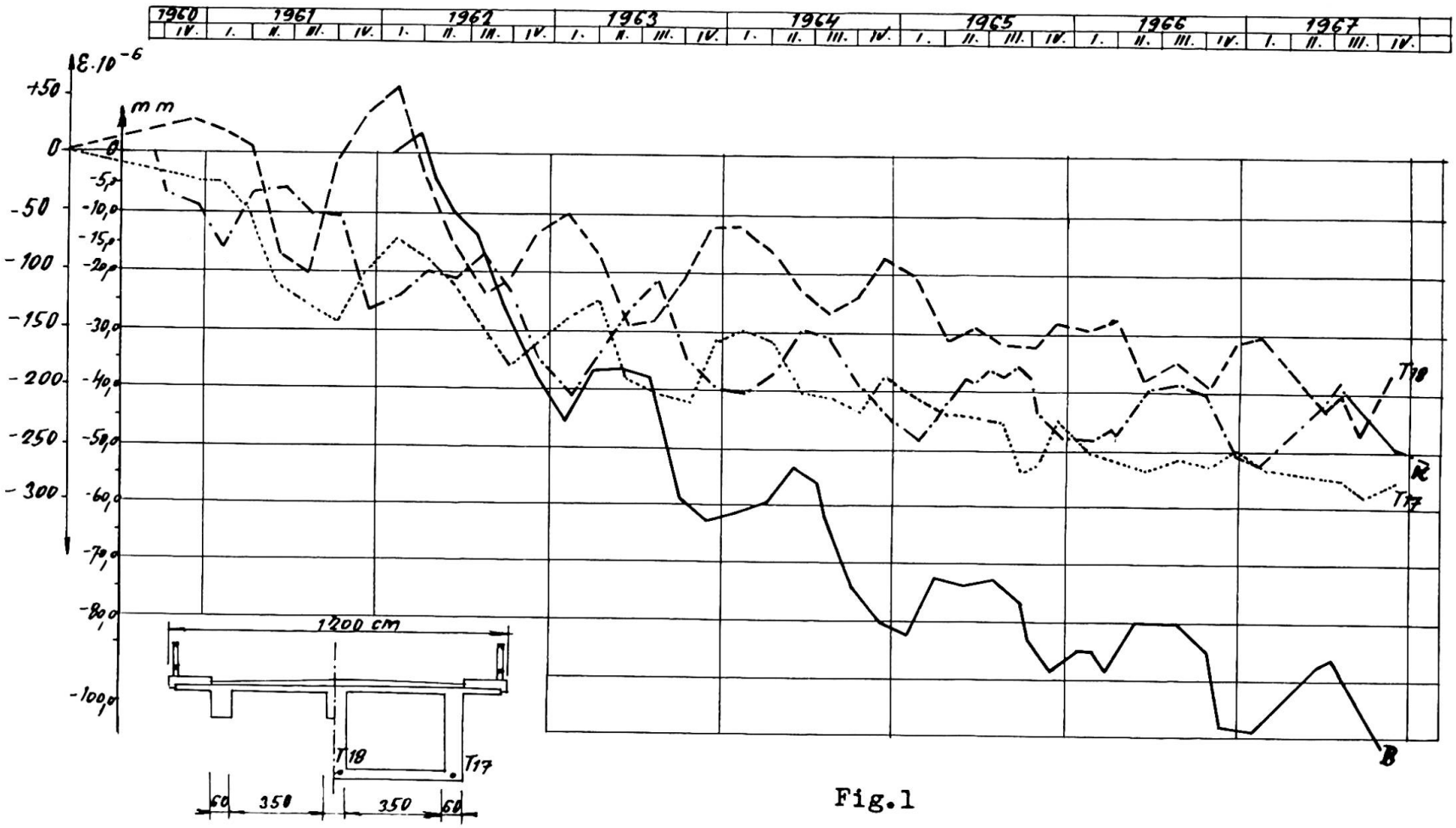
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
ε·10⁻⁶
mm
+50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-5,0
-10,0
-15,0
-20,0
-30,0
-40,0
-50,0
-60,0
-70,0
-80,0
-100,0
T18
T17
R
B
1200 cm
T18
T17
60
350
350
60

Fig.1

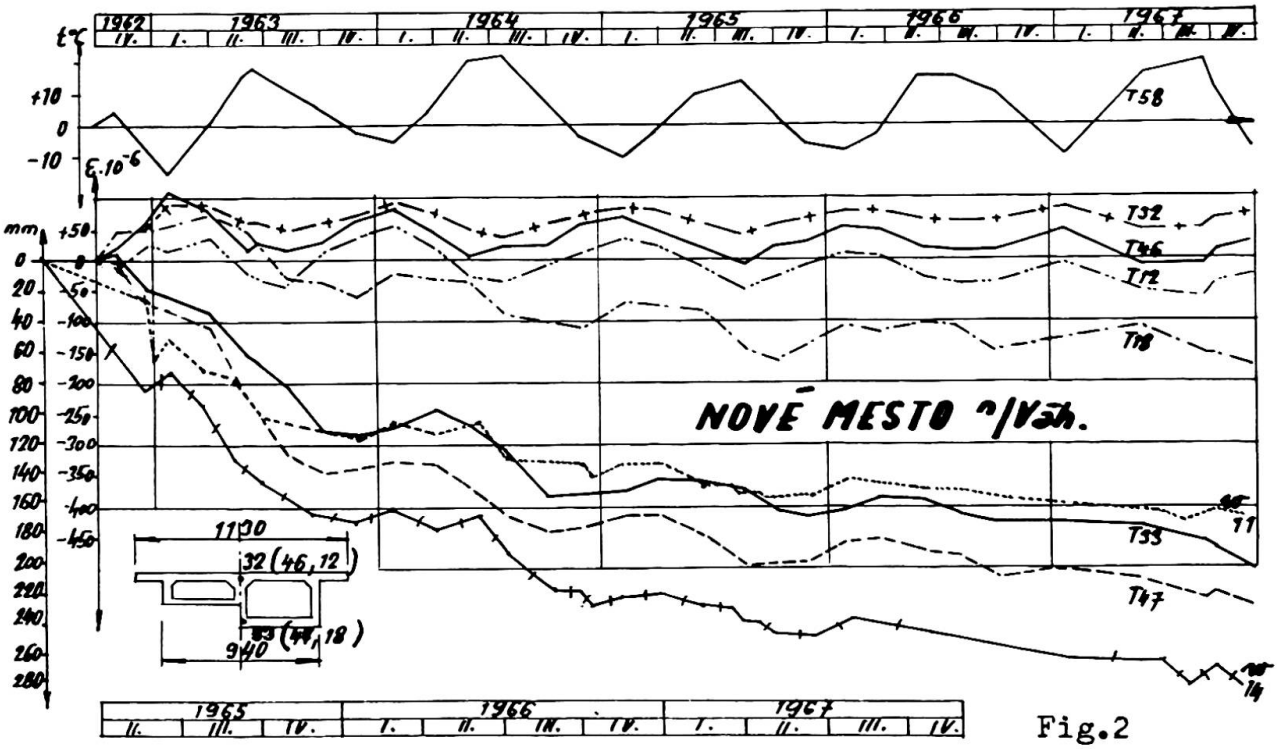

Fig.2

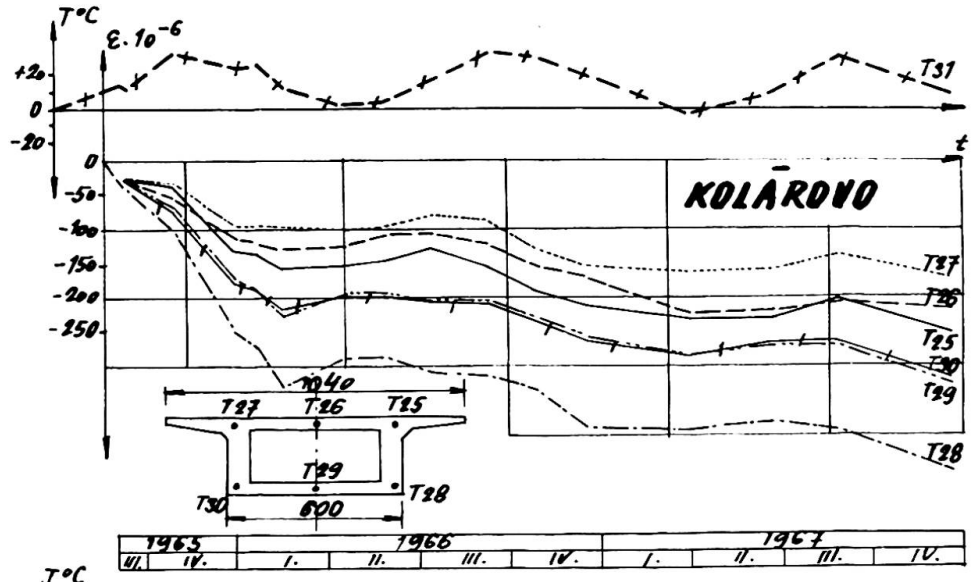

Fig.3

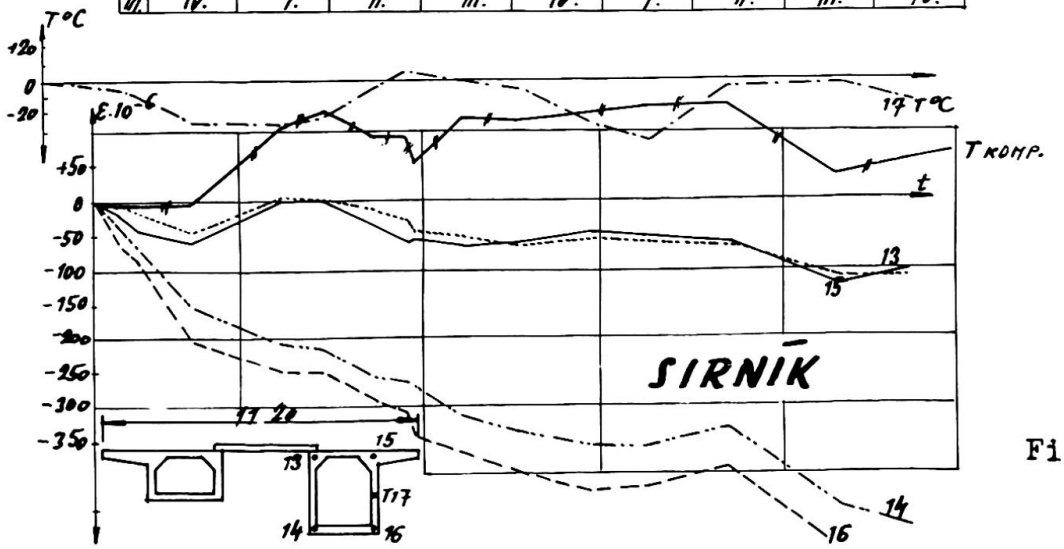

Fig.4

sen sieht man den grundsätzlichen zeitlichen Verlauf relativer Formänderungen in den oberen und unteren Faser der ersten Lamelle, in verschiedenen Bauphasen der symmetrisch betonierten Freivorbaubrücke in Kolárovo /Fig.3/. Ähnliche Verläufe relativer Formänderungen in den charakteristischen Querschnitten der ersten Lamelle bei der Einspannung in verschiedenen Phasen der Montage von Fertigteilen an der freivorgebauten Brücke in Sirník sind aus der Figure 4 ersichtlich.Aus diesen Abbildungen geht hervor, dass trotz der praktisch gleichen Spannweite und der sich ähnelnden Beanspruchung dieser Bauwerke durch Verkehr ist der Verlauf der relativen Formänderungen stark unterschiedlich. Ein gemeinsames Zeichen all dieser Verläufe bilden die Witterungseinflüsse, besonders aber die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und dermassen auch der Schwind- und Kriecheinfluss des Betons.

Beim Vergleich der relativen Formänderungen, beispielweise an der im Freivorbau errichteten Brücke in Nové Mesto n/Váhom mit den während des Bauvorganges gemessenen Durchbiegungen besteht eine gewisse Übereinstimmung, wenn auch die Durchbiegungen verhältnissmässig starke Verformungen des Tragwerkes aufweisen, besonders nach dem Bauabschluss, d.h. im ersten Jahr des Verkehrs über die Brücke. Die relativen Formänderungen in der Einspannung während des Bauvorganges betragen in der oberen Faser der ersten Lamelle $\varepsilon_o = -262{,}01 \cdot 10^{-6}$, während $\varepsilon_u = -444{,}57 \cdot 10^{-6}$ in der unteren Faser der ersten Lamelle aufweisen. Nach 28 Monaten betrug die gesamte relative Formänderung in der oberen Faser der ersten Lamelle $\varepsilon_o = -227{,}53 \cdot 10^{-6}$, gegenüber $\varepsilon_u = -760{,}07 \cdot 10^{-6}$ in der unteren Faser.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von relativen Dehnungen und Durchbiegungen einiger Spannbetonbrücken sowohl während des Ausbaues als auch während einer Zeitdauer von 3 bis 8 Jahren ermöglichte es, eine Analyse der die Formänderungen bewirkenden Ursachen durchzuführen und einen besseren Einblick in die statische Wirkung der Konstruktionen zu gewinnen. Es wird der zeitliche Verlauf des Verformungszustandes beschrieben, in dem die Auswirkungen der Witterungseinflüsse eine grosse Rolle spielen.

SUMMARY

Observations of dilatations and flexions of prestressed concrete bridges in course of erection as well as during a 3 to 8 year investigation period enabled an analysis of the causes of these changes as well as a better determination of static functions for the structures examined. The course of the deformation state for the structures examined is referred to from which the actions of atmospheric conditions can be seen.

RÉSUMÉ

Les mesures de déformations et déflections conduites pendant la construction et 3 - 8 ans après sur des ponts en béton précontraint ont permis de conclure sur des causes conduisant à ces changements et d'adopter une meilleure conception des conditions statiques des ouvrages. On décrit l'évolution des tensions dans des ouvrages observés où l'influence des conditions atmosphériques se fait sentir.

Leere Seite
Blank page
Page vide