

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 5 (1970)

Artikel: Formeln und Verfahren zur Ermittlung der Schnittkraftumlagerung infolge Kriechen und Schwinden bei abschnittsweise hergestellten Bauwerken

Autor: Hofmeister, Gottfried

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6933>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

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

Formeln und Verfahren zur Ermittlung der Schnittkraftumlagerung infolge Kriechen und Schwinden bei abschnittsweise hergestellten Bauwerken

Redistribution of Internal Actions due to Creep and Shrinkage in Segmentally Constructed Structures

Formules et procédés permettant de calculer le déplacement des efforts intérieurs de section, dans les ouvrages fabriqués par segment par suite du fluage et du retrait

GOTTFRIED HOFMEISTER
Deutschland

1. Einleitung und Grundlagen

Bei Betonbauwerken, die wegen ihrer Größe in zeitlich aufeinanderfolgenden Abschnitten hergestellt werden, sind die Schnittkräfte im allgemeinen von den in einem Zuge betonierten Bauwerken verschieden, da man aus konstruktiven Gründen die Größe der Bauabschnitte nicht beliebig wählen kann. Neben dem Spannkraftabfall im Spannglied sind deshalb auch die Umlagerungskräfte aus Kriechen und Schwinden zu beachten. Die Berechnung dieser Kräfte soll im folgenden am Beispiel eines feldweise hergestellten Durchlaufträgers gezeigt werden, da diese Tragwerksart sehr häufig vorkommt. Das Verfahren, das sich auch auf andere Systeme übertragen läßt, beruht auf einem schrittweisen Ansatz von Kontinuitätsbedingungen während des Kriechzeitraumes zur Ermittlung der zeitabhängigen Stützenmomente.

Aus der Formulierung von Dischinger für den Kriechvorgang bei Annahme eines konstanten E-Moduls

$$(1) \quad \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \left(\frac{d\sigma}{dt} + \sigma \frac{d\varphi}{dt} \right)$$

folgt allgemein für den zeitlichen Verlauf einer Verschiebung:

$$(2) \quad \mathcal{J} = \mathcal{J}_0 (1 + \varphi) = \mathcal{J}_0 + \mathcal{J}_t$$

\mathcal{J}_0 ist die elastische Verformung, aus der sich durch Multiplikation mit der Kriechkurve φ der zeitabhängige Anteil \mathcal{J}_t ergibt. Der Verlauf der Kriechkurve wird in Abhängigkeit vom Endwert und der Zeit t allgemein angesetzt zu

$$(3) \quad \varphi = \varphi_{\infty} \cdot \varphi(t)$$

Zur Erläuterung des Verfahrens wird zunächst ein Zweigelenrahmen (Bild 1) betrachtet, dessen Auflager sich beim Ausrüsten um Δ_0 verschoben haben. Aus dem Schwinden des Rahmenriegels ist weiter noch eine Verkürzung $\Delta_s = \varepsilon_s \cdot \ell$ zu erwarten. Der zeitliche Verlauf des Schwindens mit dem Endschwindmaß ε_s sei dem Kriechen proportional:

$$(4) \quad \varepsilon = \varphi \cdot \varepsilon_s / \varphi_{\infty}$$

Auflagerverschiebung und Riegelverkürzung rufen im Rahmen Zwängungen hervor, die bei der Kriechbetrachtung mit einbezogen werden müssen.

Für einen Zeitabschnitt Δt_n sei zu Beginn die zeitabhängige Unbekannte X_{n-1} bekannt. Am Ende ist X_n vorhanden. Die Kriechkurve φ ändert sich während Δt_n um $\Delta \varphi_{1,n}$ (vergl. Bild 2, z.B. für φ_1). Nehmen wir nun an, daß X_{n-1} linear auf X_n anwächst, dann beträgt die mittlere Kraft $(X_n + X_{n-1})/2$. Diese erzeugt nach (2) die plastische Verformung

$$\frac{X_n + X_{n-1}}{2} \cdot \Delta \varphi_{1,n} \cdot \delta_{11}$$

Die elastische Verformung $(X_n - X_{n-1}) \cdot \delta_{11}$

ist nur von der neu auftretenden Kraft abhängig. Infolge der Auflagerverschiebung Δv ist die plastische Verformung während Δt nach (2):

$$\Delta v \cdot \Delta \varphi_{1,n}$$

Die Riegelverkürzung Δs erzeugt nach (4):

$$\Delta s \cdot \Delta \varphi_{1,n} / \varphi_{\infty}$$

Damit lautet die Kontinuitätsgleichung für die Verschiebung des linken Auflagerpunktes im Zeitabschnitt Δt_n

$$(5a) \quad \frac{X_n + X_{n-1}}{2} \Delta \varphi_{1,n} \cdot \delta_{11} + (X_n - X_{n-1}) \cdot \delta_{11} + (\Delta v + \Delta s / \varphi_{\infty}) \cdot \Delta \varphi_{1,n} = 0$$

oder aufgelöst nach der Unbekannten X_n

$$(5b) \quad X_n \cdot \left(\frac{\Delta \varphi_{1,n}}{2} + 1 \right) \cdot \delta_{11} + X_{n-1} \cdot \left(\frac{\Delta \varphi_{1,n}}{2} - 1 \right) \cdot \delta_{11} + (\Delta v + \Delta s / \varphi_{\infty}) \cdot \Delta \varphi_{1,n} = 0$$

Gleichung (5b) entspricht der Form nach einer Elastizitätsgleichung für X_n . Ein Unterschied besteht in den Vorzeichen und den Belastungsgliedern, die zeitabhängige Anteile enthalten und die plastischen Verhältnisse wiedergeben. Man spricht hier also besser von einer "Plastizitätsgleichung". Die fortlaufende Anwendung von Gleichung (5b) liefert den Endwert X_{∞} genügend genau, wenn Δt bzw. $\Delta \varphi$ genügend klein gewählt werden. Hierauf wird noch im Abschnitt 3 eingegangen.

2. Die Plastizitätsgleichung für den feldweise hergestellten Durchlaufträger

Beim feldweise hergestellten Durchlaufträger nach Bild 2 wird zum Zeitpunkt t_{n-1} das Feld n an Feld $n-1$ angeschlossen. Für eine Stütze i ($< n$) lautet in Anlehnung an (5b) die Plastizitätsgleichung für den Zeitabschnitt Δt_n bis zum Anschluß des Feldes $n+1$ in verkürzter Schreibweise:

$$(6) \quad X_{i-1,n} \left(\delta_{i,i-1} + \frac{\alpha \delta_{i,i-1}}{2} \right) + X_{i,n} \left(\delta_{i,i} + \frac{\alpha \delta_{i,i}}{2} \right) + X_{i+1,n} \left(\delta_{i,i+1} + \frac{\alpha \delta_{i,i+1}}{2} \right) \\ - X_{i-1,n-1} \left(\delta_{i,i-1} - \frac{\alpha \delta_{i,i-1}}{2} \right) - X_{i,n-1} \left(\delta_{i,i} - \frac{\alpha \delta_{i,i}}{2} \right) - X_{i+1,n-1} \left(\delta_{i,i+1} - \frac{\alpha \delta_{i,i+1}}{2} \right) + \alpha \delta_{i,0} = 0$$

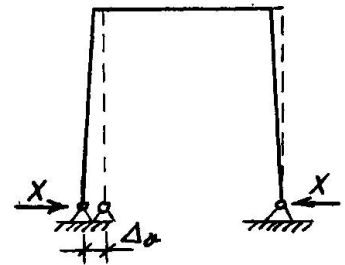


Bild 1. Zweigelenrahmen

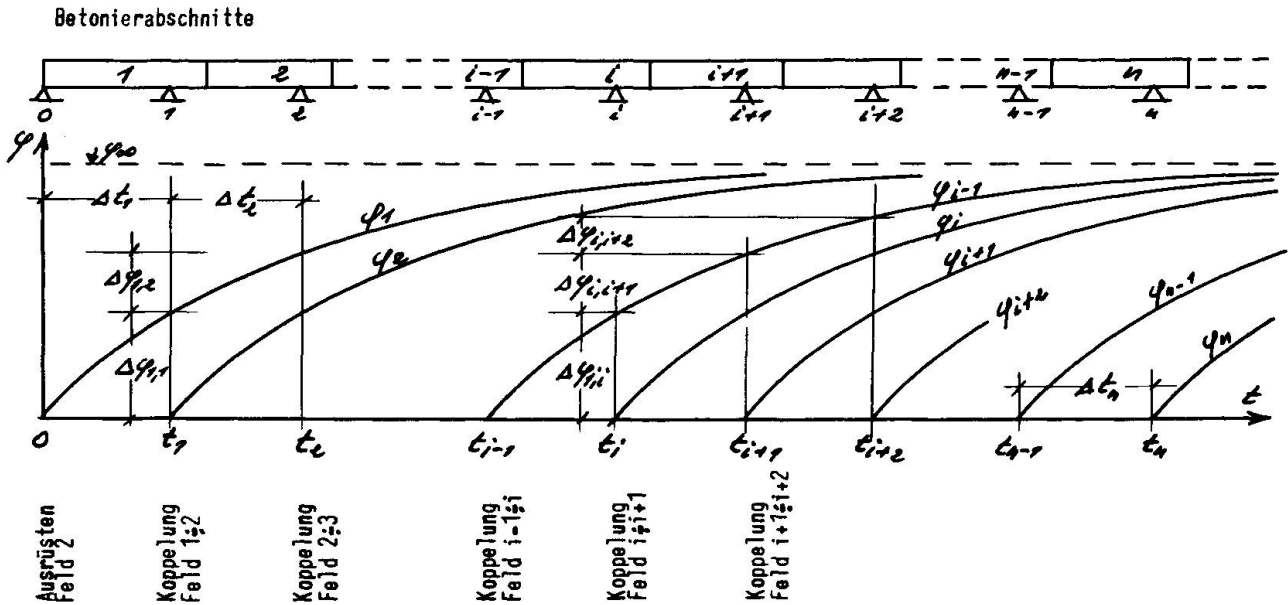


Bild 2. Feldweise betonierter Durchlaufträger

Darin sind:

- $X_{i-1,n}$ die zeitabhängigen Momente an der Stütze $i-1$ zum Zeitpunkt t_n usw.
- $\delta_{i-1,i}$ der Endtangentialwinkel am normalen Durchlaufträger aus dem Einheitsmoment $X_{i-1}=1$ usw.
- $\alpha \delta_{i,i-1}$ der im Zeitabschnitt Δt_n infolge Kriechverformung nach (2) auftretende Endtangentialwinkel an Stütze i aus dem Einheitsmoment $X_{i-1}=1$ usw.
- $\alpha \delta_{i,0}$ der im Zeitabschnitt Δt_n infolge Kriechverformung nach (2) auftretende Endtangentialwinkel an Stütze i aus den äußeren Lasten und der durch sie hervorgerufenen Stützenmomente (diese ohne Kriecheinfluß)

Die Berechnung der Endtangentialwinkel $\alpha \delta$ infolge Kriechverformung sei anhand von Bild 3 für $\alpha \delta_{i,i}$ noch näher erläutert: Wegen des unterschiedlichen Betonalters ist das Kriechvermögen der einzelnen Betonabschnitte verschieden. Deshalb kann $\alpha \delta_{i,i}$ nicht durch $\delta_{i,i}$ ausgedrückt, sondern muß in drei Anteile aufgespalten werden. Die Momentenfläche d infolge $M_i=1$ als äußere Last muß mit den schraffierten Teilen der Flächen a, b u. c, die aus einem virtuellen Moment $M_{i,t=1}$ resultieren, nach der Arbeits-

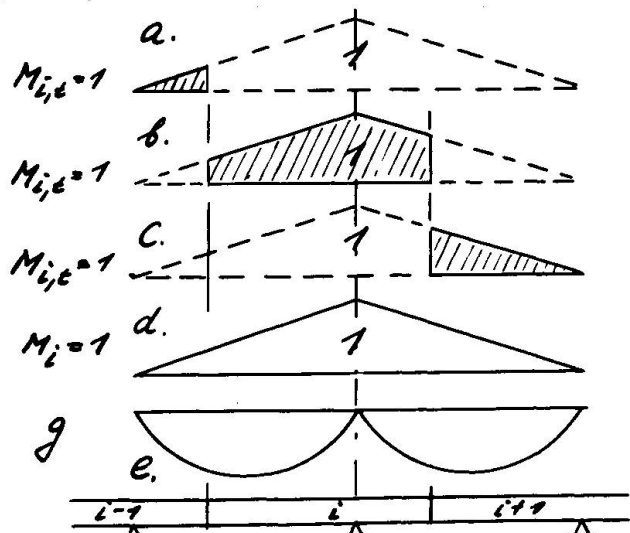


Bild 3. Berechnung der Endtangentialwinkel infolge Kriechen.

gleichung

$$S = \int M_i \cdot M_{i,t} \frac{dL}{EJ}$$

integriert werden. Für jedes Teilintegral ist ein anderer Kriechfaktor maßgebend. Statisch gedeutet entspricht dieses Vorgehen einer Rechnung mit unterschiedlichem E-Modul. Die Kriechfaktoren, die das Anwachsen von φ im Zeitabschnitt Δt_n bedeuten, lassen sich aus Bild 2 ablesen. Es folgt

$$(7) \quad {}_n \delta_{i,i} = \Delta \varphi_{i-1,n} \int M_i M_{i,a} \frac{dL}{EJ} + \Delta \varphi_{i,n} \int M_i M_{i,b} \frac{dL}{EJ} + \Delta \varphi_{i+1,n} \int M_i M_{i,c} \frac{dL}{EJ}$$

mit

$\Delta \varphi_{i-1,n}$: Anwachsen von φ_{i-1} während Δt_n usw.

$M_{i,b}$: Anteil b der Momentenfläche infolge $M_{i,t} = 1$ usw.

Die zur Ermittlung von ${}_n \delta_{i,i}$ maßgebende Momentenfläche (e im Bild 3) setzt sich aus der M_0 -Fläche und den von den Bauabschnitten i-1 bis n hervorgerufenen Stützenmomenten ${}_n X_{i-1,0}$, ${}_n X_{i,0}$ und ${}_n X_{i+1,0}$ zusammen. Die Integration für ${}_n \delta_{i,i}$ erfolgt entsprechend den Erläuterungen zu Gleichung (7). Darin ist M_i durch die Momentenfläche aus der Summe der Bauabschnitte zu ersetzen.

Gleichung (6) stellt eine Dreimomentengleichung mit den Unbekannten $X_{i-1,n}$, $X_{i,n}$ und $X_{i+1,n}$ dar. Das zugehörige Gleichungssystem ist dem zur Ermittlung der Stützenmomente eines Durchlaufträgers gleich. Mit jedem Bauabschnitt wächst die Zahl der Unbekannten und Gleichungen an, sofern man nicht wegen zu großer Betonierabstände den Zeitabschnitt Δt nochmals unterteilen muß (Vergl. Abschnitte 3 u. 4). Auf jeden Fall ist eine Unterteilung vorzunehmen, wenn die Verhältnisse vom Betonieren des letzten Feldes bis zum Ende des Kriechens untersucht werden. Hierfür empfiehlt sich, nicht Δt als Bezugsgröße zu wählen, sondern die Kriechkurve des letzten Feldes in gleiche Abschnitte aufzuteilen (Siehe Abschnitt 4).

3. Zur Genauigkeit und zur Konvergenz des Verfahrens

Für diese Untersuchung legen wir wieder den Rahmen des Abschnittes 1 zugrunde. Da bisher über den Verlauf der Kriechkurve keine Festlegung getroffen wurde, nehmen wir dafür an:

$$(8) \quad \varphi(t) = 1 - e^{-t}$$

Teilt man φ in gleiche Abschnitte mit φ_0/n auf, dann folgt aus (5b)

$$X_1 = X_0 \frac{\varphi_0}{2n + \varphi_0} = X_0 \cdot \alpha, \quad X_2 = X_0 \alpha + X_1 \left(\frac{2\varphi_0 - \varphi_0}{2n + \varphi_0} \right) = X_0 \alpha (1 + \beta)$$

$$(9) \quad X_n = X_0 \cdot \alpha (1 + \beta + \beta^2 + \dots + \beta^{n-1})$$

mit $X_0 = -(\Delta s + \Delta s / \varphi_0) / \delta_{1,1}$.

Gleichung (9) liefert mit weiteren Umformungen

$$(10a) \quad X_n = X_0 (1 - \beta^n) = X_0 \left[1 - \left(\frac{2\varphi_0 - \varphi_0}{2n + \varphi_0} \right)^n \right]$$

Geht n gegen ∞ , dann wird:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \beta^n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\varphi_0}{n + \varphi_0/2} \right)^n = e^{-\varphi_0}$$

(10a) geht in die genaue Lösung über:

$$(10b) \quad X_{\infty} = X_0 (1 - e^{-\varphi_0})$$

Die Näherungslösung konvergiert und liefert bei $h \rightarrow \infty$ als Endwert das Ergebnis, das sich aus der Auflösung der für das Problem gültigen Differentialgleichung herleiten läßt.

Die Auswertung der Gleichungen (10) ist in Tabelle 1 vorge-nommen. Diese zeigt, daß für alle in Betracht kommenden Werte für φ_{∞} bei $n=2$ sehr gute, bei $n=3$ praktisch volle

Tabelle 1

φ_{∞} \ n	∞	4	3	2	1
1	0,632	0,634	0,636	0,640	0,667
2	0,865	0,870	0,875	0,889	1,000
3	0,950	0,957	0,963	0,980	1,200
4	0,982	0,988	0,992	1,000	1,333

Übereinstimmung der schrittweisen Näherung mit der genauen Lösung vorhanden ist. Es empfiehlt sich also, bei Zeitabständen von Δt , bei denen $\Delta \varphi > \frac{\varphi}{2}$ ist, in zwei gleiche Kriechabschnitte zu unter-teilen. Nach Fertigstellung werden zweckmäßig vier gleiche Kriechabschnitte gewählt.

4. Zahlenbeispiel

4.1 Allgemeine Angaben

Die Berechnung nach dem gezeigten Verfahren wird am Bei-spiel des feldweise hergestell-ten, symmetrischen Dreifeldträ-gers nach Bild 4 gezeigt. Der Zu-sammenschluß der Felder 1 und 2 erfolgt 3 Monate nach dem Beto-nieren von Feld 1. Nach weiteren 2 Monaten wird Feld 3 an Feld 2 angeschlossen. Die zur Berechnung der statisch Unbestimmten und der Kriechumlagerungen erforderlichen Drehwinkel φ zeigt Tabelle 2.

4.2 Betonierabschnitt 1

Bis zum Anschluß von Feld 2 nach 3 Monaten hat die Kriech-fähigkeit von Beton 1 bei $\varphi_{\infty}=2,5$ abgenommen um

$$\Delta \varphi_{1,1} = 2,5(1 - e^{-0,25}) = 0,552$$

4.3 Betonierabschnitt 2

Zu Beginn ist vorhanden:

$$X_2 = -7\ 020 \text{ Mpm}$$

$$X_1 = -(347\ 000 - 7\ 020 \cdot 11,38) / (9,19 + 16,12) - 6\ 290 = -16\ 830 \text{ Mpm}$$

Die Kriechfaktoren nach 5 Monaten sind für

$$\text{Beton 1: } \Delta \varphi_1 = 2,5(e^{-0,25} - e^{-0,417}) = 0,300$$

$$\text{Beton 2: } \Delta \varphi_2 = 2,5(1 - e^{-0,167}) = 0,385$$

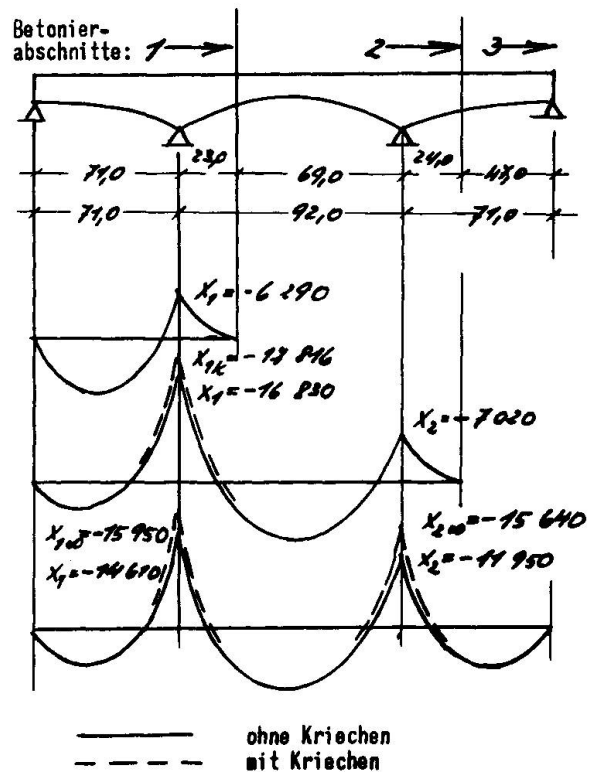
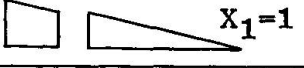

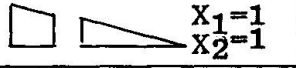
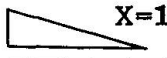
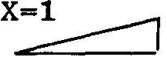
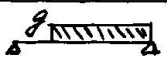
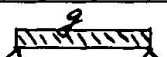


Bild 4. Dreifeldträger

Tabelle 2.

Feld	2		1 und 3
X_1, X_2 Last			
	$4,75+11,37=16,12$	$0,87+10,51=11,38$	$4,04+5,15=9,19$
	$0,87+10,51=11,38$	$0,20+15,92=16,12$	—
	347 000	—	99 700
	$38\ 700+382\ 300$ $= 421\ 000$	$13\ 000+408\ 000$ $= 421\ 000$	$37\ 800+118\ 600$ $= 156\ 400$

Sie werden in zwei gleiche Teile aufgeteilt.

Plastizitätsgleichung für 1. Teilabschnitt:

$$X_{1,1} \left[25,31 + \frac{0,300}{4} (9,19+4,75) + \frac{0,385}{4} \cdot 11,37 \right] - 16\ 830 \left[\frac{0,300}{2} (9,19+4,75) + \frac{0,385}{2} \cdot 11,37 \right] - 7020 \left(\frac{0,300}{2} \cdot 0,87 + \frac{0,385}{2} \cdot 11,38 \right) + \frac{0,300}{2} (156\ 400 + 38\ 700) + \frac{0,385}{2} \cdot 382\ 300 = 0$$

$$X_{1,1} = -14\ 700 / 27,45 = -535 \text{ Mpm}$$

Plastizitätsgleichung für 2. Teilabschnitt: Zur Belastung kommt $X_{1,1}$ dazu:

$$X_{1,2} = - \left[14\ 700 + 535 \left(25,31 - \frac{0,300}{4} \cdot 13,94 - \frac{0,385}{4} \cdot 11,37 \right) \right] / 27,45 = -986 \text{ Mpm}$$

4.4 Betonierabschnitt 3: Es ist vorhanden:

$$X_1 = -16\ 830 + 2\ 220 = -14\ 610 \text{ Mpm}$$

$$X_2 = -7\ 020 - 4\ 930 = -11\ 950 \text{ Mpm}$$

Die restlichen Kriechfaktoren bis Kriechabschluß für

$$\text{Beton 1 } \Delta\varphi_{1R} = 2,5 \cdot e^{-0,417} = 0,659 \cdot 2,5 = 1,647$$

$$\text{Beton 2 } \Delta\varphi_{2R} = 2,5 \cdot e^{-0,167} = 0,846 \cdot 2,5 = 2,115$$

$$\text{Beton 3 } \Delta\varphi_{3R} = 2,5$$

werden in 6 Teilabschnitte aufgeteilt. Die Verformungen $n\delta_{i,i-1}$, $n\delta_{i,i}$ usw. sind dann in allen Abschnitten gleich:

$$n\delta_{1,1} = \frac{1}{6} \left[1,647 (9,19+4,75) + 2,115 \cdot 11,37 \right] = 7,83$$

$$n\delta_{1,2} = n\delta_{2,1} = \frac{1}{6} (1,647 \cdot 0,87 + 2,115 \cdot 10,51) = 3,94$$

$$n\delta_{2,2} = \frac{1}{6} \left[1,647 \cdot 0,20 + 2,115 (15,92+4,04) + 2,5 \cdot 5,15 \right] = 9,23$$

$$n\int_{1,0} = \frac{1}{6} [1,647 \cdot (156\,400 + 38\,700) + 2,115 \cdot 382\,300] = 188\,300$$

$$n\int_{2,0} = \frac{1}{6} [1,647 \cdot 13\,000 + 2,115 \cdot (408\,000 + 37\,800) + 2,5 \cdot 118\,600] = 210\,200$$

3. Teilabschnitt

$$X_{1,3}(25,31 + 7,83/2) + X_{2,3}(11,38 + 3,94/2) + 986(25,31 - 7,83/2) - 14\,610 \cdot 7,83 - 11\,950 \cdot 3,94 + 188\,300 = 0$$

$$X_{1,3}(11,38 + 3,94/2) + X_{2,3}(25,31 + 9,23/2) + 986(11,38 - 3,94/2) - 14\,610 \cdot 3,94 - 11\,950 \cdot 9,23 + 210\,300 = 0$$

$$X_{1,3} = -1\,072 \text{ Mpm} \qquad X_{2,3} = -1\,250 \text{ Mpm}$$

4. Teilabschnitt

$$X_{1,4} \cdot 29,23 + X_{2,4} \cdot 13,35 + 26\,800 + 1\,072 \cdot 21,40 + 1\,250 \cdot 9,41 = 0$$

$$X_{1,4} \cdot 13,35 + X_{2,4} \cdot 29,95 + 42\,300 + 1\,072 \cdot 9,41 + 1\,250 \cdot 20,70 = 0$$

$$X_{1,4} = -1\,144 \text{ Mpm} \qquad X_{2,4} = -2\,117 \text{ Mpm}$$

Ergebnisse der weiteren Teilabschnitte:

$$5. \text{ TA: } X_{1,5} = -1\,205 \text{ Mpm} \qquad X_{2,5} = -2\,707 \text{ Mpm}$$

$$6. \text{ TA: } X_{1,6} = -1\,253 \text{ Mpm} \qquad X_{2,6} = -3\,110 \text{ Mpm}$$

$$7. \text{ TA: } X_{1,7} = -1\,295 \text{ Mpm} \qquad X_{2,7} = -3\,540 \text{ Mpm}$$

$$8. \text{ TA: } X_{1,8} = -1\,340 \text{ Mpm} \qquad X_{2,8} = -3\,690 \text{ Mpm}$$

4.5 Vergleiche

In einem Zuge hergestellt sind die Stützenmomente:

$$X_1 = X_2 = -(156\,400 + 421\,000) / (16,12 + 9,19 + 11,38) = -15\,760 \text{ Mpm}$$

Infolge Kriechen stellen sich diese Momente sehr genau ein, wobei das Ergebnis bei X_1 über dem obigen Wert liegt.

Eine Kontrollrechnung, bei der die Berechnungsschritte jeweils auf die Hälfte reduziert wurden (Betonierabschnitt 2: 1 Teilabschnitt; Betonierabschnitt 3: 3 Teilabschnitte), lieferte folgende Umlagemomente:

$$\text{Ende Betonierabschnitt 2: } X_{1,2} = -983 \text{ Mpm}$$

$$\text{Kriechende: } X_{1,8} = -1\,330 \text{ Mpm}$$

$$X_{2,8} = -3\,600 \text{ Mpm}$$

Die Ergebnisse stimmen mit denen für kleinere Zeitabschnitte sehr gut überein und rechtfertigen die in Abschnitt 3 gemachten Angaben.

Zusammenfassung

Zur Berechnung der Schnittkraftumlagerung infolge Schwinden und Kriechen werden am Beispiel eines abschnittsweise hergestellten Durchlaufträgers gebrauchsfertige Formeln abgeleitet. Sie sind gültig für beliebigen Verlauf der Kriechkurve und können auch auf andere Tragsysteme erweitert werden. Die Anwendung wird an einem Dreifeldträger bei Annahme einer Exponentialfunktion als Kriechkurve gezeigt. Anhaltspunkte für die Grösse der zu wählenden zeitlichen Unterteilung der Berechnungsschritte werden am Zweigelenkrahmen gegeben.

Summary

Equations are derived for the practical calculation of the redistribution of internal actions which occurs in a segmentally constructed continuous girder as a result of creep and shrinkage. The equations apply for any time-variation of creep, and can also be extended to other structural systems. An example is given in which a three span girder is considered on the assumption of an exponential creep function. Basic points involved in the choice of a suitable time increment for the step-wise calculations are discussed in relation to a two-pinned frame.

Résumé

Pour le calcul du déplacement des efforts intérieurs de section par suite du fluage et du retrait, de formules prêtes à être utilisées sont employées comme exemple d'une poutre continue fabriquée par segment. Elles sont valables pour un tracé quelconque de la courbe de fluage et peuvent être aussi appliquées à d'autres ouvrages. L'emploi en est montré pour une poutre à trois travées par convention d'une fonction exponentielle de la courbe de fluage. On a donné au cadre à deux articulations des points d'appui pour déterminer la grandeur des subdivisions des étapes de calcul.