

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

Band: 5 (1970)

Artikel: An Bauwerken durchgeführte Schwind- und Kriechmessungen einschliesslich Auswertung des Schwindmasses, zwecks Feststellung der Ursache von Rissen in Betonwänden eines Hotelbaues

Autor: Cigánek, Mojmír / Meloun, Vladimír

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6909>

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>

An Bauwerken durchgeführte Schwind- und Kriechmessungen einschliesslich Auswertung des Schwindmasses, zwecks Feststellung der Ursache von Rissen in Betonwänden eines Hotelbaues

Field Measurements of Shrinkage and Creep to Determine the Cause of Cracking of Concrete Walls in a Hotel Building

Mesures de retrait et de fluage sur les bâtiments avec évaluation du taux de retrait pur la détermination des causes de fissuration dans les murs en béton d'un hôtel

MOJMIŘ CIGÁNEK VLADIMÍŘ MELOUN
 Prof. Dipl. Ing. DrSc.-Doz. Dipl. Ing.
 Technische Hochschule Brno – CSSR

Beim Aufbau eines 10 geschossigem Hotels, dessen tragende Konstruktion 15 cm dicke, unbewehrte Querwände aus Gussbeton bildeten und die Decken aus Stahlbeton - Fertigteilplatten waren, wurde ein Betongemisch vom hohen Wasser - Zementfaktor ($W/Z = 0,6$ bis $0,8$) und einem Zementgehalt bis 450 Kg/m^3 Beton verwendet.

Nach Abschluss der eigentlichen Bauarbeiten am Rohbau, etwa ein halbes Jahr später, äusserten sich an den Wänden lotrechte Risse. In jedem Geschosse war die grösste Rissbreite stets inmitten der Geschosshöhe (bis 3 mm), wogegen bei der Decke und beim Fussboden sich dieselben schlossen (schematische Rissverteilung - Bild 1).

Entgegen der Meinung anderer Fachleute, welche die Ursache der Rissentstehung in der ungünstigen statischen Wandbeanspruchung bzw. in der ungleichmässigen Gebäudesetzung suchten, bezeichnete Prof. Cigánek nach Untersuchung aller Umstände diese Störungen als Folge des ungünstigen Einflusses des Schwindens des Betons in den Wänden. Die Zusammensetzung des Betongemisches und die verhältnismässig geringe Wanddicke, schufen Voraussetzungen für einen intensiven Verlauf des Beton-Schwindens. In lotrechter Richtung konnten diese Volumenveränderungen ganz ungehindert verlaufen, in horizontaler Richtung hinderten den Verlauf die Decken-Fertigteilplatten, in deren gereiftem Beton, der hauptsächlichliche Schwindenanteil bereits vor der Montage verlaufen war. Sobald die horizontale Zugspannung, die in den Wänden durch Einfluss des Schwindens im Anwachsen war, die Beton-Zugfestigkeit überschritten hatte, begannen sich Wandrisse zu bilden.

Beim Aufbau eines weiteren 16 geschossigen Hotel-Hochhauses, sollte ein ähnliches tragende System angewendet werden. Mit Hinsicht zu den Erfahrungen von den tragenden Wänden des vorherigen Bauwerkes, wurde nach von uns vorgetragener Empfehlung beschlossen, dass anstatt von Fertigteil-Decken, Ortsbeton-Decken verwendet werden.

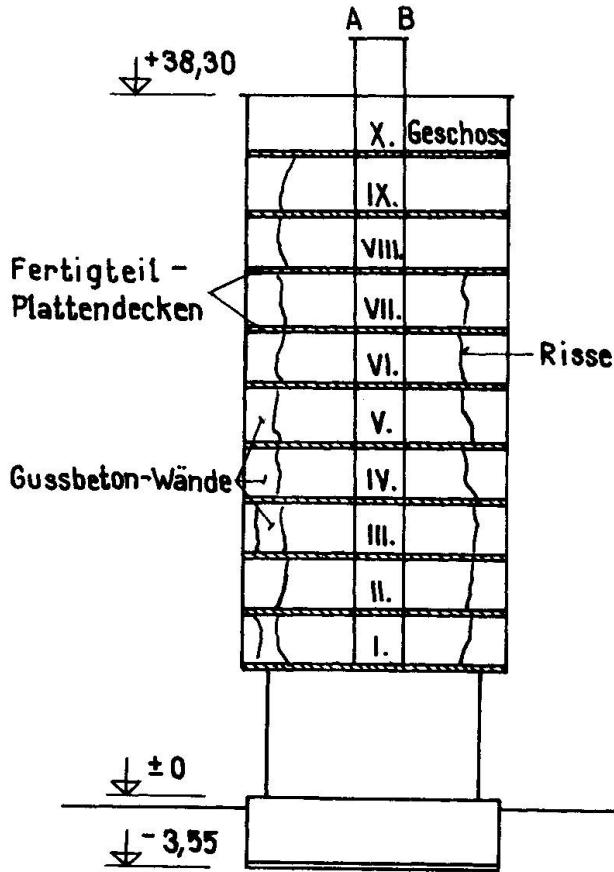


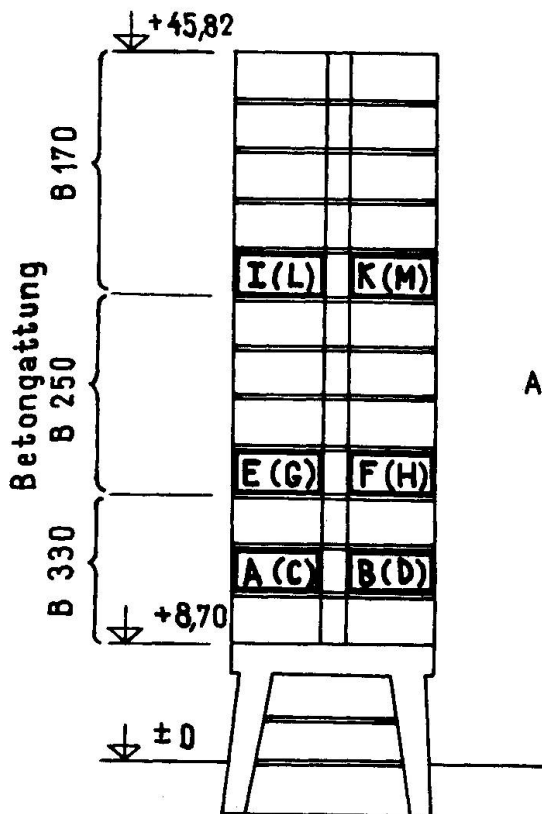
Bild 1

Schnitt I-I (II-II)

Dies bezweckte, dass langfristige Volumenveränderungen im Beton, in gegenseitig benachbarten Konstruktionsteilen womöglich gleich verlaufen. Ebenfalls wurde vereinbart, dass an ausgesuchten Konstruktionsstellen, die Beton-Verformungen langfristig beobachtet werden.

Untersuchte Konstruktion

Das Untergestell des Hotel-Hochhauses bilden mächtige, über vier Geschosse reichende Stahlbeton-Rahmen. Die Grundrissanordnung der Rahmen ist derart, dass stets fünf von denselben, je 4 m hinter einander gestellt, den Schenkel eines dreispitzigen Sternes bilden (Bild 2). Auf diesem Untergestell ruht dann die 12-geschossige Konstruktion aus Gussbeton. Die Gesamthöhe ober dem Gelände beträgt fast 46 m.



Grundriss

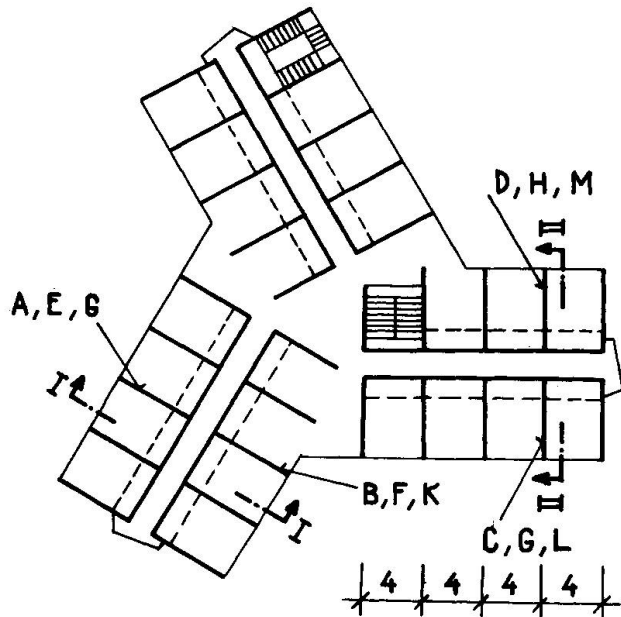


Bild 2

Das tragende System bilden unbewehrte, 15 cm dicke Querwände in Verbund mit den Gang-Längswänden und durchlaufende, 12 cm dicke, Ortbeton-Stahlbeton-Deckenplatten. Die Betongüte ändert sich mit der Gebäudehöhe, in den unteren Geschossen ist der Beton der Würfel Festigkeit 330 Kp/cm², in den mittleren Geschossen 250 Kp/cm², in den oberen Geschossen 170 Kp/cm². Die Decken sind aus Beton der Würfel Festigkeit 250 Kp/cm².

Mess-Anordnung und Verlauf

Im Verlaufe der Untersuchungen wurden gemessen :

- a) Grundlegende Messungen langfristiger Beton-Deformationen an einigen Wänden, in verschiedenen Bauwerk-Geschossen. Im 2. Geschoss an den Wänden A und C (Beton B 330), im 4. Geschoss an den Wänden E und G (Beton B 250) und im 8. Geschoss an den Wänden I und L (Beton B 170) - (Bild 2). An jeder dieser Wandseiten wurden gegenüber 5 stabile Dehnungsmesser verlegt, die aus Messuhren (Ablesegenauigkeit 1/100 mm) und stählernen Verlängerungsstäben bestanden, und an der Wand mittels besonderer, gelenkiger Halter befestigt waren. Es waren drei Dehnungsmesserpaare lotrecht, zwei horizontal ausgerichtet (Bild 3). Deformationen wurden auf durchschnittlich 80 cm langen Basen gemessen. Die Ablesungen erfolgten dreimal täglich-morgens, mittags und abends.

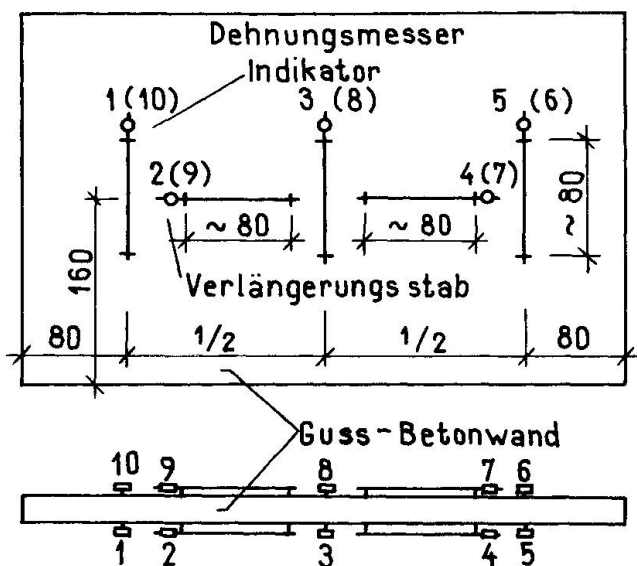


Bild 3

Mess Verlauf

- Wand A - Betonieren 19.7.
1962 - Messbeginn
22.7.1962,
Abschluss 16.2.
1963 - (209 Tage)
- Wand B - Betonieren 21.7.
1962 - Messbeginn
25.7.1962,
Abschluss 8.2.
1963 - (198 Tage).

Das Messen an den übrigen vier Wänden (E, G, I, L) hatte eine verhältnismässig kurze Zeitdauer (80 - 90 Tage) und wurde durch den Baubetrieb gestört.

- b) Lufttemperaturmessungen in untersuchter Wandumwelt, regelmässig dreimal täglich.
- c) Wetterbeobachtung systematisch.
- d) Homogenität des Betons an 12 Wänden (A bis M - Bild 2), gemessen mittels Ultraschall. Diese Ergebnisse wurden zur Berechnung der Grösse des Beton-Elastizitätsmoduls ausgenutzt.
- e) Beton-Zugfestigkeit, gemessen an Beton-Würfeln 20 x 20 x 20 cm im Alter von 3, 7, 29 und 90 Tagen nach dem Betonieren.
- f) Schwinden des Betons, gemessen im Labor des Lehrstuhles an 6 Prismen 4 x 4 x 16 cm, entnommen und hergestellt aus demselben Betongemisch, wie die Wand "A" betonierte wurde.

Prismen wurden vor dem Messen 14 Tage lang in feuchter Umwelt der Baustelle gelagert.

Mess - Ergebnisse

- a) Angeführt sind Messergebnisse, die sich an den, am längsten beobachteten Wänden A und C ergeben hatten, wo der Messvorgang durch den Baubetrieb nicht gestört wurde. Aus den an den Messuhren abgelesenen Wertgrößen, wurden die verhältnismässigen Längeverformungen der Wände in lotrechter und horizontaler Richtung berechnet. Unter der Voraussetzung, dass der Wandbeton und auch der Stahl der Dehnungsmesser - Verlängerungsstäbe dieselbe Wärmedehnzahl besitzen, konnten die derart berechneten Deformationen, nach Ausgleich der täglichen, kurzdauernden Schwankungen als Deformationen, bei denen die Einflüsse der Temperaturveränderungen ausgeschlossen sind, betrachtet werden. Die durchschnittlichen Wertgrößen dieser Deformationen, von je 6 - lotrechten und 4 horizontalen Dehnungsmessern sind in dargestellten Kurven im Bild 4a aufgetragen.
- b) Temperaturverlauf im beobachteten Zeitraum ist aufgetragen in Bild 4e.
- c) Wetterveränderungen sind ersichtlich aus Bild 4f.
- d) Aus dem gemessenen US - Geschwindigkeiten wurde errechnet, dass das Beton-Elastizitätsmodul in den Wänden A und C sehr schnell angewachsen war. Bereits 4 Tage nach dem Betonieren waren es 270000 Kp/cm², nach 7 Tagen 280000 Kp/cm² und nach 29 Tagen rd. 300000 Kp/cm², wobei die letztgenannte Wertgrösse auch weiters konstant, selbst nach 300 Tagen geblieben war.
- e) Das Betongemisch, aus welchen die gemessenen Wände betoniert wurden, hatte für 1 m³ Beton folgende Zusammensetzung: 430 Kg Schlackenportlandzement - Güte 450, 1000 Kg Kiessand 0 - 7 mm, 750 Kg Kieselsteine 15 mm und 220 L Wasser, Würfelfestigkeit nach 4 Tagen 147 Kp/cm², nach 7 Tagen 214 Kp/cm², nach 29 Tagen 275 Kp/cm².
- f) Schwindverlauf der Prismen ist im Vergleich zu dem Schwinden in den Wänden, dargestellt im Bild 5.
- g) Anwachsen der lotrechten Druckspannung in den Wänden, berechnet aus der Belastung, ist ersichtlich aus Bild 4d.

Ergebnisse - Auswertung

Es war nötig für die Auswertung der Messungen einige Voraussetzungen einzuführen: für die Berechnung E_b aus den US - Messungen wurde als Querdehnungszahl $\mu = 0,15$ erwogen; da die maximale Druckspannung, verursacht durch die Belastung verhältnismässig sehr klein ist (15,5 Kp/cm²), wurden die Wand-Querdeformationen, verursacht durch die Belastung vernachlässigt; Schwinden und Kriechen beeinflussen sich gegenseitig nicht. Langfristige Vorgänge der Volumenveränderungen und Deformationen haben den gleichen Verlauf in der gesamten Konstruktion.

Auf Grund dieser Voraussetzungen ergibt sich:

- Horizontale Deformationsmessungen erfassen den Verlauf von langfristigen Volumenveränderungen des Betons

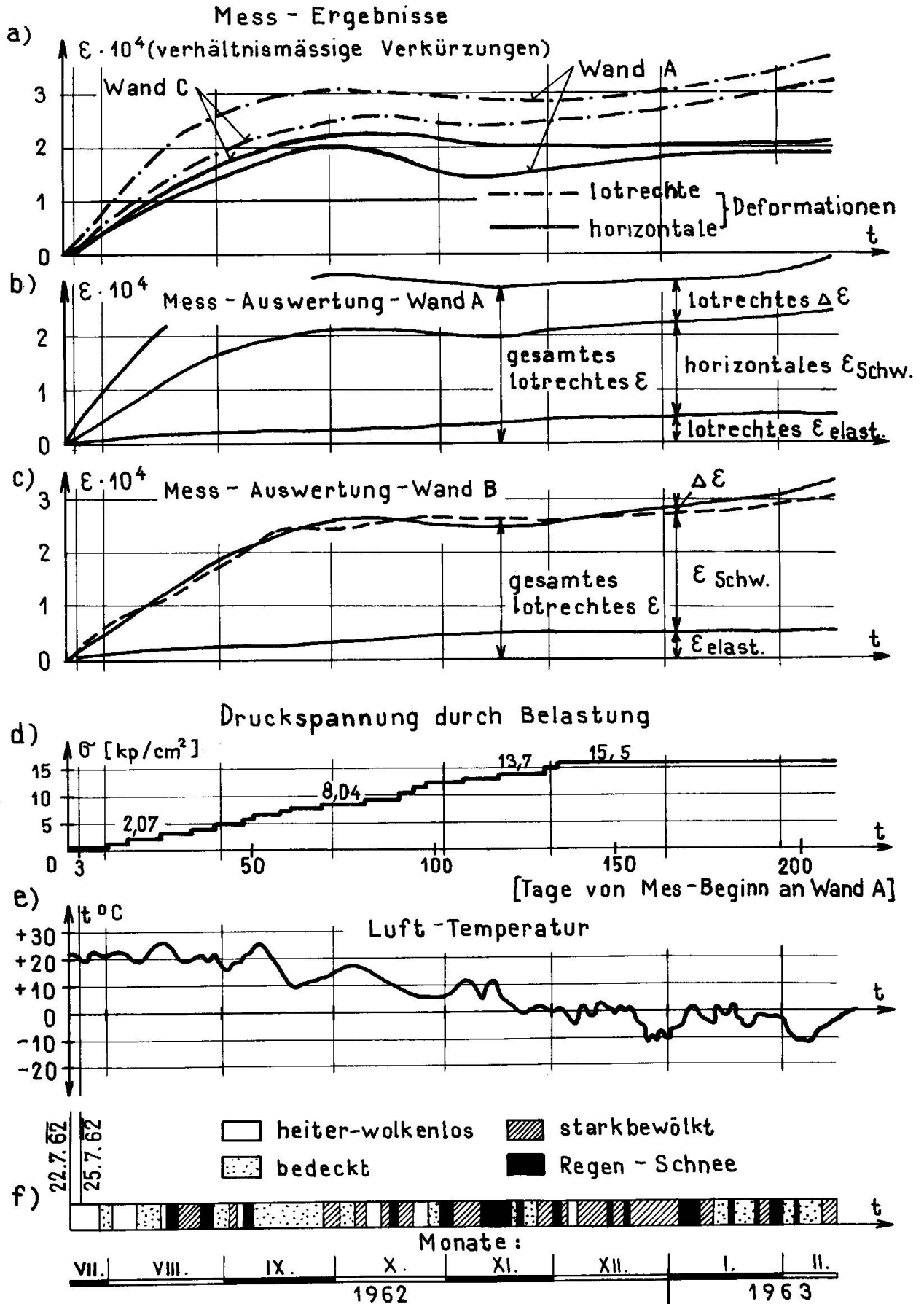


Bild 4

(Schwinden, Feuchtigkeitsveränderungen)

- Lotrechte Deformationen beinhalten die Einwirkungen des Schwindens, elastische soauch nicht elastische Deformationen, verursacht durch lotrechte Belastung.

Die Verteilung der lotrechten Deformationen ist graphisch dargestellt in Bild 4 b, c. Nach Abrechnen von ϵ_{el} (elastisch von σ) und ϵ_s (Schwinden) verbleibt $\Delta\epsilon$, welches das Kriechen des Beton vorstellen sollte. Aus dem Bilde ist ersichtlich, dass an der Wand A diese Wertgrösse zu gross ist (der Berechnung nach, das zweifache der theoretischen Grösse), an der Wand C war das Kriechen kaum merklich. Da die Einwirkungen der Belastung in den Wänden verhältnismässig klein sind, weiters mit Berücksichtigung zu der erreichbaren Genauigkeit der Messungen unter den ungünstigen Bedingungen auf der Baustelle, ergibt es sich, dass unter diesen Umständen ein verlässlicheres Ergebnis in Hinsicht des Krieches zu erlangen, als über den Möglichkeiten der durchgeführten Untersuchungen anzusehen ist.

Die Hauptaufgabe der Untersuchung war aber die Feststellung des Verlaufes des Schwindens in den Gussbeton - Wänden. Dies ist gesondert ausgewertet in Bild 5. Es sind hier die Kurven horizontaler, verhältnismässiger Deformationen nach Voraussetzungen des Schwindens, gesondert für die Wand A und Wand C aufgetragen. Im Diagramm sind ebenfalls die exponentialen Kurven des theoretischen Verlaufes des Schwindens unter Voraussetzung des Verlaufes nach der Beziehung

$$\epsilon_s = \epsilon_{\infty} (1 - e^{-t/2})^{1/2} \quad (\text{gemäss der ÖSS Norm})$$

für $\epsilon_{\infty} = 0,4\text{‰}$; $0,5\text{‰}$; und $0,6\text{‰}$ aufgetragen.

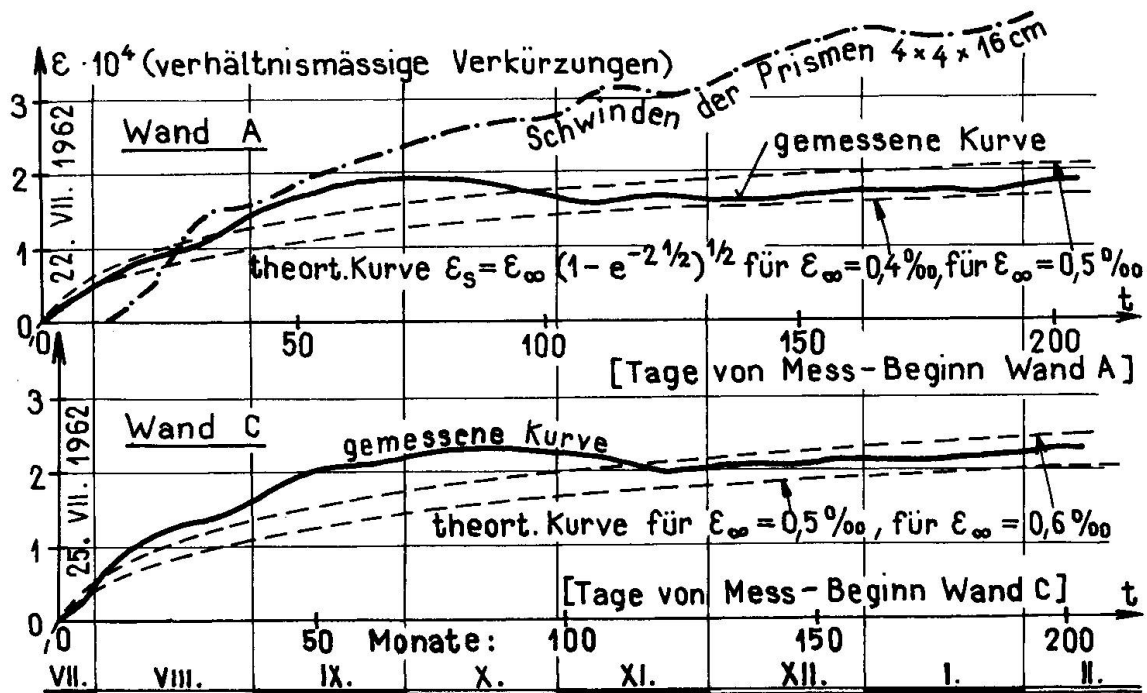


Bild 5

An der Wand A entspricht die gemessene Wertgrösse des Beton-Schwindens für den beobachteten Zeitraum dem theoretischen Verlauf mit $\varepsilon_{\infty} \approx 0,415$, an der Wand C mit $\varepsilon_{\infty} \approx 0,54$.

Das Anwachsen der Zugspannung in der Wand, falls der ungehinderte Verlauf des Beton - Schwindes gehemmt wird, kann nach der Dischinger - Theorie einschliesslich des Einflusses der verminderten Einwirkung des Kriechens, beiläufig gemäss der Beziehung

$$\sigma_{bt} = \frac{\varepsilon_{\infty}}{\varphi_{\infty}} E_b (1 - e^{-\varphi t}) ,$$

berechnet werden, wo in gegebenem Fall sind :

$$\varepsilon_{\infty} = 0,0004$$

$$\varphi_{\infty} = 5$$

$$E_b = 300000 \text{ Kp/cm}^2$$

Das Ergebnis für den gemessenen Zeitraum von 6 Monaten ist $\sigma_{bt} \approx 21 \text{ Kp/cm}^2$. Bei der verwendeten Betongüte, würde es bereits in diesem Zeitraume wahrscheinlich zur Bildung von Zugrissen kommen.

Schlussbetrachtung

1. An den 15 cm dicken Gussbeton-Wänden der tragenden Konstruktion, wurde im Zeitraume vom Monat Juli bis Jänner in freier Umwelt, ein Verlauf des Schwindens festgestellt, der einer endgültigen Wertgrösse des Schwindmasses $\varepsilon_{\infty} = 0,4$ bis $0,6 \%$, vorausgesetzt den Verlauf nach der exponentialen Kurve, $\varepsilon_s = \varepsilon_{\infty} (1 - e^{-t/2})^{1/2}$ entspricht.
2. Es wurde erwiesen, dass im Falle einer Hemmung des ungehinderten Verlaufes des Schwindens in der Wand Spannungen anwachsen konnten, die zur Bildung von Rissen führten.
3. Die Untersuchungen bestätigten im vollen Ausmasse die vorausgesetzten Ursachen der Rissbildung in den tragenden Gussbeton-Wänden, des 10-geschossigen Hotel-Hochhauses.

Zusammenfassung

Die Rissbildung in den Beton-Querwänden des 10-geschossigen Hotels, wurde zum Anlass von langfristigen Untersuchungen bei Bau eines weiteren 16-geschossigen Hotels. Diese sollten die Ursache der Rissbildung erläutern. Die Untersuchungsergebnisse haben in vollem Ausmasse bewiesen, dass die Risse in den Ortbeton - Wänden durch Schwinden entstanden sind. Aus den gemessenen verhältnismässigen Verkürzungen war es möglich festzustellen, welche Zugspannungen in den Betonwänden entstehen, falls durch ungeeignete konstruktive Anordnung die natürliche Wandverkürzung verhindert wird.

Summary

Occurrence of cracks in the plain concrete transverse load-bearing walls of a ten storey hotel provided the incentive for a long term study of a further sixteen storey hotel in construction. The work has demonstrated clearly that cracks in the cast in-situ walls of the ten storey hotel were due to shrinkage. From the measured time-dependent shortenings it was possible to calculate the tensile stresses which came into play in the walls as a result of unsuitable structural details which caused structural restraint.

Résumé

La fissuration des murs transversaux d'un hôtel à dix étages a incité une recherche de longue durée effectuée pendant la construction d'un autre bâtiment d'hôtel à seize étages. Le but de cette recherche était d'éclaircir la cause de ces fissures. Les résultats des examens effectués ont prouvé pleinement que les fissures nées dans les murs coulés sur place étaient provoquées par le retrait du béton. A partir de la contraction des distances dépendant du temps, il a été possible d'évaluer les contraintes de tension auxquelles les murs sont soumis, dans le cas où un arrangement inopportun de la construction s'oppose à leur tendance naturelle au raccourcissement.