

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Der Einfluss der Plastizität des Betons und des Stahles auf Stabilität
und Dauerhaftigkeit des Eisenbetons

Autor: L'Hermite, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2779>

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: 08.02.2025

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

IIa 5

Der Einfluß der Plastizität des Betons und des Stahles
auf Stabilität und Dauerhaftigkeit des Eisenbetons.

Rôle de la plasticité du béton et de l'acier sur la
stabilité et la durée du béton armé.

Effect of Plasticity of Concrete and Steel on the Stability
and Endurance of Reinforced Concrete.

R. L'Hermite,

Directeur Adjoint des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris.

Bevor wir den Einfluß der Plastizität der Baustoffe und insbesondere der Bestandteile des Eisenbetons auf die Dauerhaftigkeit der Bauwerke betrachten, scheint es erforderlich, ihr tatsächliches plastisches Verhalten und vor allem, den Einfluß der Belastungsänderungen auf den Eisenbeton zu untersuchen. In einer früheren Abhandlung habe ich versucht, mittels einer einfachen mathematischen Theorie zu zeigen, daß die Größe der elastischen und plastischen Verformungen nicht ausschließlich von der augenblicklichen Belastung, sondern auch von den vorhergegangenen Belastungszuständen, d. h. von der Funktion der Belastung abhängt. Diese Theorie erhebt keineswegs den Anspruch darauf, erschöpfend zu sein. Sie hat nur den Wert einer Reihe von Schlüssen, die leicht von einfachen Grundversuchen ausgehend zu Folgerungen führen, die durch Versuche nur schwer festzustellen sind.

Wenn man einen Stahl über seine Elastizitätsgrenze beansprucht, so erleidet er eine bleibende Formänderung. Diese nimmt, auch wenn die Belastung konstant bleibt, mit der Zeit mehr oder weniger zu und zwar gemäß einem für jede Stahlart und für jede Temperatur bestimmten Fließgesetz. Wenn auch das Fließen für Beanspruchungen nahe an der Fließgrenze geringfügig ist, so ist es doch verschieden von Null. In der Tat nimmt die bleibende Formänderung mit der Zeit merklich zu, wenn die Belastung zwischen zwei bestimmten Grenzen schwankt. Diese Erscheinung tritt sogar unterhalb der Fließgrenze auf, vorausgesetzt, daß die obere Belastungsgrenze über der kritischen Ermüdungslast oder der natürlichen Elastizitätsgrenze nach Bauschinger liegt. Dies rührt von einem Energieaustausch her, der unter der Wirkung der elastischen und der plastischen Hysterese zwischen der elastischen und der plastischen Formänderung stattfindet. Das rasche Einwirken einer Kraft kann somit entgegengesetzte Wirkungen auslösen, je nach der Art des Angriffes: Verminderung der Plastizität beim Stoß, Erhöhung der Plastizität bei wiederholter Belastung, bei andauernder Schwingung und bei langsam ansteigender Belastung.

Die praktische Bedeutung dieser Erscheinung tritt zutage, wenn man wechselnde oder schwellende Belastungen auf Eisenbetonbauteile einwirken läßt, die nach dem Verfahren von *Freyssinet* vorgespannt sind. Man sieht dann, wie sich die Stahleinlagen langsam dehnen, und wie sich dadurch die Druckvorspannungen des Betons vermindern, so daß schließlich, wenn diese Vorspannung gegenüber den aufgebrachten Kräften nur gering ist, wie im Beton, der auf Zug beansprucht ist, Risse auftreten. Endlich ist die zerstörende Wirkung wiederholter Belastungen auf den Stahl umso größer, als die Stäbe ungewöhnliche Formen haben, kalt gereckt und oxydiert sind. Die Ermüdungsgrenze eines Stab-Endhakens ist viel geringer als die des geraden Teiles des Stabes.

Die allgemeine Form der Formänderungs-Kurve eines Betons läßt sich offenbar im voraus nur auf dem Versuchswege bestimmen. Dieser Baustoff besitzt keine feste Elastizitätsgrenze; diese schwankt vielmehr mit dem Alter und hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der die Kräfte einwirken. Alles was wir über die Plastizität des Stahles aussagten, gilt auch hier, und zwar in noch viel höherem Maße. Die Hysteresis-Konstanten, die die plastische und die elastische Viskosität bestimmen, sind klein und diese Hysteresis selber ist beträchtlich. An sich hat der Begriff des Elastizitätskoeffizienten bei den Berechnungen des Eisenbetons keinen Sinn, wenn man nicht zugleich die Konstanten berücksichtigt, die die Plastizität, die Hysteresis und das Fließen bestimmen. Dies erklärt unter anderem, warum man sich nie über den Wert des Koeffizienten n hat einigen können.

Die Erscheinung beschleunigten Fließens unter wiederholter Belastung besteht auch beim Beton in ausgeprägtem Maße. Beim plastischen Fließen wirken nicht umkehrbare Reibungserscheinungen mit, die sich überlagern und die die Anpassung durch Hinzutreten der plastischen zur elastischen Formänderung beschleunigen, worüber ich in der früheren Abhandlung berichtet habe.¹

Außerdem gesellen sich zu dieser Anpassung alle Faktoren, die gewöhnlich dem Altern anhaften, nämlich Erhöhung der Starrheit und der Festigkeit, die Verminderung des Schwindens usw. Endlich kann der Beton, genau wie Metall, Ermüdungserscheinungen unter wiederholter Belastung aufweisen, z. B. bricht ein Beton mit 350 kg/cm^2 Bruchfestigkeit, wenn er 500mal in der Minute zwischen 50 und 300 kg wechselnden Belastungen ausgesetzt wird, nach einer Stunde, da sich sein Elastizitätskoeffizient während dieser Zeit geändert hat und die Länge des Probekörpers geringer geworden ist. Es gibt auch für diesen starren Körper noch eine Ermüdungsgrenze, die die schwingende Beanspruchung bestimmt, über der der Probekörper nach einer begrenzten Anzahl Lastwechsel zerbricht. Unterhalb dieser Grenze bewirkt dagegen die wiederholte Belastung eine Erhöhung der statischen Festigkeit.

Im Laboratorium für Bauten und Öffentliche Arbeiten in Paris wurden Versuche mit auf Biegung beanspruchten Balken unter schwingenden Lasten vorgenommen. Auch in diesem Falle wurde das Vorhandensein einer charakteristischen Ermüdungsgrenze festgestellt. Mittels aufeinanderfolgender Versuche mit gleichartigen Balken konnte eine *Wöhler'sche* Kurve ermittelt werden, deren erster Ast viel stärker geneigt ist als bei Beton oder Stahl allein. Endlich

¹ Vergleiche Thema I.

wurde beobachtet, daß die Wirkung wiederholter Belastung vor Allem in einer Beschleunigung der plastischen Formänderungen bestand. Wir haben daraus ein Verfahren zur beschleunigten versuchsmäßigen Erforschung der Anpassung eines Bauteiles aus Eisenbeton abgeleitet, da die wiederholte Belastung tatsächlich eine künstliche Alterung der Bauwerke herbeiführt. Dadurch konnten wir feststellen, daß die Anpassung nicht in gleichem Maße in den auf Zug und in den auf Druck beanspruchten Bauteilen erfolgt. Insbesondere ergab sich, daß die Ermüdungsgrenze des auf Zug beanspruchten Betons, bezogen auf die statische Bruchlast, viel geringer ist als die des gedrückten Betons. Endlich ist noch den gegenseitigen Beanspruchungen von Stahl und Beton Rechnung zu tragen, die die Haftung bewirken. Nach unseren Versuchen scheint die Haftung in der Tat gegenüber wiederholter Beanspruchung sehr empfindlich zu sein. Viele Balken sind nämlich durch Gleiten der Eiseneinlagen zusammengebrochen, da diese sich offenbar der auf die Plastizität zurückzuführenden Formänderung nicht angepaßt hatten; in anderen Fällen rief die Stabilisierung der Einlagen nach anfänglichem Gleiten eine beträchtliche Rißbildung im Beton hervor, ohne daß diese jedoch zum Bruch des Balkens führte.

Diese Feststellungen führen uns zu dem Schluß, daß die Berechnung der Formänderung eines Beton-Bauteiles von elementaren Grundlagen aus recht verwickelt ist. Beim jetzigen Stande unserer Kenntnisse läßt sich diese Berechnung offenbar nur mit grober Annäherung ausführen. Die Möglichkeiten der Anpassung scheinen trotz allem sehr groß zu sein und, wie grob auch immer die Annäherung ist, sie zeigt, daß das Einfühlungsvermögen der ersten Fachleute des Eisenbetons, die den Begriff der teilweisen Kontinuität einführten, der Wirklichkeit wesentlich näher kam als alle Berechnungen statisch^o unbestimmter Verhältnisse, die später durchgeführt wurden.