

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 22

Artikel: Beständigkeit von Gasbetonplatten in Autobahntunneln: Erfahrungen im Sonnenbergtunnel Luzern
Autor: Kessler, Erwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85955>

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: 01.04.2025

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

Versagen bei zweiachsiger Ausmitte

Die Nachrechnung der neuesten 18 Versuche von Matthey und Haag [14] an der Eidg. Techn. Hochschule Lausanne mit Stützen des Profils HEA 200 und folgenden Parametern

- Fließgrenze	$R_s = 262$ bis 293 N/mm^2
- Stabschlankheiten	$\lambda_x = 48$ bis 60 $\lambda_y = 80$ bis 100
- Lastausmitten	$e_x/i_x = 0$ bis $1,03$ $e_y/i_y = 0,58$ bis $16,1$
- Biegemomentenverhältnisse	$M_x/M_{xpl} = 0$ bis $0,35$ $M_y/M_{ypl} = 0,05$ bis $0,48$
- Normalkraftverhältnisse	$N/N_{pl} = 0,37$ bis $1,03$
- Stabendmomentenverhältnisse	$M_{1x}/M_{2x} = -0,53$ bis $1,0$ $M_{1y}/M_{2y} = -1,0$ bis $1,0$

in Tabelle 4 liefert für das Verhältnis von Messung zu Rechnung die folgenden statistischen Kenngrößen:

- arithmetisches Mittel	$A = 1,012$
- Standardabweichung	$S = 0,111$
- Variationskoeffizient	$V = 0,110$

Die erzielte Übereinstimmung von Messung und Rechnung (Bild 7) ist für praktische Zwecke völlig ausreichend, weil die 5%-Fraktile der Versuchswerte nur um unbedeutende 0,9% unter den mit dem Widerstandsbeiwert abgedeckten Rechenwerten ($1/\gamma_R = 0,909$) liegt.

Kommentar

Die nunmehr bereits zwölfjährige Erfahrung mit dem Tragfähigkeitsnachweis der SIA-Norm 161 (1979) bei der Projektierung von Stahlbauten in der Schweiz zeigt, dass die Vielzahl der zu berücksichtigenden Knickspannungslinien häufig die Ursache von Verwechslungen ist. Wie der Verfasser bereits vor 15 Jahren begründet hat [4], ist es sinnvoller, sich auf nur zwei Knickspannungslinien zu beschränken. Diese liegen im Normalfall von kleinen geometrischen und strukturellen Imperfektionen sowie Eigenspannungen zwischen den europäischen Linien a_0 und a bzw. im Ausnahmefall von grossen geometrischen und strukturellen Imperfektionen sowie Eigenspannungen zwischen den europäischen Linien c und d [5]. Ihre Werte können auch ohne Tabellen und Diagramme mit den zwei ganz einfachen und im Kopf zu behaltenden Gln. (6) und (7) aus der Fließgrenze R_s und aus der ideal-elastischen Knickspannung σ_{Ki} des entsprechenden Euler-Stabs berechnet werden. Diese beiden Knickspannungslinien – eine für alle normalen Anwendungsfälle und die andere nur für dickwandige ($t > 50$ mm) Walz- und Schweissprofile – erfassen die geometrischen und strukturellen Imperfektionen sowie Eigenspannungen in so ausreichendem Mass, dass sich die zusätzliche Berücksichtigung einer «ungewollten» Ausmitte erübrigt.

Wie die ausgeführten Versuchsnachrechnungen (Tabellen 1 bis 4) zeigen, können alle in der Praxis vorkommenden Bemessungsfälle schlanker Stahlstützen sowohl unter einachsig ausmittigem Druck (Biegeknicken um die starke oder schwache Profilachse sowie Biegedrillknicken) als auch unter zweiachsig ausmittigem mit den angegebenen Interaktionsgleichungen sehr übersichtlich und einfach gelöst werden. Durch diese Übersichtlichkeit und Einfachheit wird die Gefahr von Rechenfehlern entscheidend verringert. Der konsistente Formelaufbau für alle vier Bemessungsfälle ist auch didaktisch von grossem Vorteil. Eine erhebliche Vereinfachung bringen auch die beiden empirischen Gleichungen (15) und (16) für das Kippmoment, das bei der Bemessung auf Biegedrillknicken benötigt wird.

Bei der Sicherheitsbetrachtung sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen (load factors) γ_Q und für den Widerstand der Stahlkonstruktion (resistance factor) γ_R deutlich auseinanderzuhalten, was besonders bei Versuchsnachrechnungen wichtig ist.

Folgerungen

Auch die neuesten Ausgaben der verschiedenen Stahlbaunormen (wie SIA 161/1991, Eurocode 3/Entwurf 1988, DIN 18800, Teil 2/1990) gehen die verschiedenen Stabilitätsfälle schlanker Stützen noch immer mit unterschiedlichen Bemessungsformeln an, welche die naturgemäss einheitliche Struktur des Widerstands nicht erkennen lassen. Fälschlich meint man dadurch eine grössere Wirklichkeitsnähe erreichen zu können. Der Preis dieser Uneinheitlichkeit ist eine unnötige Verwirrung des Konstrukteurs. Im vorliegenden Aufsatz werden deshalb die einfachen Interaktionsgleichungen der Querschnittstragfähigkeiten so abgeändert, dass mit diesen geringfügig modifizierten Gleichungen alle Bemessungsfälle bei schlanken Stützen anschaulich und übersichtlich gelöst werden können. Auf die weitere Verwendung des (elastischen) Ersatzstabverfahrens für den Tragfähigkeitsnachweis von eingespannten Stützen (= Rahmenstielen) sollte in Zukunft zugunsten der Fließgelenktheorie 2. Ordnung verzichtet werden.

Adresse des Verfassers: Dr. Max Herzog, dipl. Bauing., Rohrerstrasse 3, 5000 Aarau.

Beständigkeit von Gasbetonplatten in Autobahntunneln

Erfahrungen im Sonnenbergtunnel Luzern

Im Sonnenbergtunnel vor elf Jahren eingebaute Gasbetonplatten geben Gelegenheit, das Verhalten dieses Werkstoffes, insbesondere der Armierung, hinsichtlich Korrosion unter extremen Bedingungen zu überprüfen.

Keine Korrosionsschäden!

Gasbetonplatten, welche elf Jahre lang in der Zwischendecke des Autobahntunnels eingebaut waren, zeigen keinerlei

lei Korrosionsschäden. Im Tunnel der Autobahn N2 durch den Sonnenberg in Luzern sind Öffnungen in der Zwischendecke mit Gasbetonplatten abgedeckt. Die Zwischendecke trennt die

Zu- und Abluftkanäle vom Fahrraum. Über die Dauerhaftigkeit von Gasbetonplatten in aggressiver Tunnelatmosphäre war aus der Literatur und von den Herstellern nichts in Erfahrung zu

VON ERWIN KESSLER,
TUTTIL

bringen. Von einer Anwendung in Strassentunneln rieten die Hersteller eher ab. Der Ersatz der alten Gasbetonplatten durch irgendeine andere Konstruktion erwies sich jedoch unter den gegebenen Randbedingungen als auf-

wendig. Es war deshalb zu prüfen, ob Gasbetonplatten – allenfalls mit verstärktem Korrosionsschutz – nicht doch vertretbar wären.

Korrosionsschutz-Möglichkeiten bei Gasbetonplatten

Die Armierung von Gasbetonplatten ist standardmässig mit einem Schutzanstrich geschützt, da der poröse Beton allein keinen ausreichenden Schutz bietet. In der Schweiz sind zwei Gasbetonplatten-Fabrikate auf dem Markt: Ytong und Hebel. Ytong verwendet eine durch zweimaliges Tauchen der Armierung aufgebrachte Beschichtung auf Zement-Latex-Bitumen-Basis. Hebel verwendet Inertol 35 H (Bitumen-Naturasphalt-Basis). Die genaue Zusammensetzung ist Firmengeheimnis. Beide Schutzbeschichtungen werden seit langem verwendet; eine ausreichende chemische Beständigkeit darf deshalb aufgrund der Erfahrung als einigermaßen gesichert angenommen werden.

Der heikle Punkt hinsichtlich Korrosion sind fabrikationsbedingte Fehlstellen in der Beschichtung (ungenügende Deckung). Amerikanische Normen lassen im Korrosionsversuch einen relativ hohen Korrosionsflächenanteil von 2% zu [1]. DIN 4223 lässt sogar 5% zu. Wie weit die Standard-Korrosionsversuche für die Bedingungen in Autobahntunneln mit ihren erhöhten Abgaskonzentrationen aussagekräftig sind, ist nicht klar. Es scheint jedoch, dass dieser Fehlstellenanteil in der Praxis stark unterschritten wird [1]. Dies wird auch durch Fremdüberwachungs-Prüfzeugnisse für Ytong-Platten bestätigt, wo der Fehlstellenanteil im Korrosionsversuch null war. Kleine Fehlstellen auf beschichteter Armierung korrodieren ferner wesentlich langsamer als blanker Stahl, dessen ganze Oberfläche die Kathode des Makroelementes bilden kann, was die Korrosionsgeschwindigkeit erhöht [1].

Ein gegenüber der Standardbeschichtung verbesserter Korrosionsschutz ist schwierig zu realisieren: Die Beschichtung muss der Autoklavhärtung der

Platten widerstehen, was durch umfangreiche Versuche nachgewiesen werden müsste [2]. Verzinkter Stahl allein bietet gegenüber der Standardbeschichtung keine offensichtlichen Vorteile. Verzinkung und Beschichtung zusammen kommt nicht in Frage, weil die Hersteller Vorbehalte bezüglich Haftung und Verträglichkeit Zink/Beschichtung anbringen, was ebenfalls umfangreiche Versuche notwendig machen würde. Schliesslich ist auch rostfreier Stahl nicht ganz unbedenklich und vor allem derart viel teurer, dass eine wesentlich kürzere Lebensdauer normaler Platten insgesamt immer noch wirtschaftlicher ist. Bei Verwendung von normalem, beschichtetem Armierungsstahl muss ferner auch im Schadenfall nicht mit einem plötzlichen Einsturz gerechnet werden: durchgerostete Armierung würde durch grosse Deformationen auffallen.

Aus diesen Gründen wurden schliesslich für die Erneuerungsarbeiten im Sonnenbergtunnel wieder normale Gasbetonplatten mit Standardbeschichtung der Armierung eingesetzt. Dabei wurde eine Anzahl leicht demontierbarer Kontrollplatten ohne Nut eingebaut, welche im Laufe der Jahre zur Prüfung ausgebaut und durch eingelagerte Reserveplatten ersetzt werden.

Untersuchungen an ausgebauten alten Platten

Anlässlich der Erneuerungsarbeiten wurden fünf alte Platten im Labor der Empa untersucht. Es handelt sich um Siporex-Gasbetonplatten, welche seit längerer Zeit nicht mehr hergestellt werden. Rezeptur der Korrosionsschutzbeschichtung gemäss Werkangaben: 6 kg Kasein, 12 Liter Naturlatex, 200 kg Sulfazem-Zement, Anmachwasser, etwas Zucker als Abbindeverzögerer. Applikation durch zwei- bis dreimaliges Beschichten. Mindestschichtstärke 0,7 mm. Seit der Eröffnung des Sonnenbergtunnels im Jahr 1976 sind diese Platten nun während 14 Jahren der Tunnelatmosphäre ausgesetzt gewesen. Die freigelegte Armierung dieser Platten zeigte keinerlei Rost. Wesent-

Literatur

- [1] B. Elsener: Einsatz epoxidbeschichteter Stähle, in: SIA-Dokumentation: D 021 Schutz- und Sanierungsmethoden von Stahlbetonbauwerken
- [2] E. Pilz: Korrosionsschutzsysteme für autoklavgehärteten Gasbeton, internationaler Stand und Perspektive, Bonteknik Februar 1988

lich an diesem guten Resultat mitbeteiligt dürfte die allgemein trockene Tunnelatmosphäre im vorliegenden Fall sein, wo keine Kondenswasserbildung beobachtet werden kann. Materialprüfungen an Stahl und Gasbeton sowie Plattenbruchversuche ergaben keinen Hinweis auf Alterungs- oder Ermüdungsschäden, obwohl diese Deckenplatten dauernden aerodynamischen Wechselbelastungen und Vibrationen infolge des Fahrtwindes aus dem Tunnelverkehr ausgesetzt waren. Die Bruchversuche an drei Platten ergaben Sicherheitsfaktoren bei 2,7, mit geringer Streuung. Eine vierte Platte versagte aus ungeklärten Gründen vorzeitig (bei 62% der normalen Biegetraglast) durch Schubbruch in Auflagernähe. Als mögliche Ursache kommt ein versteckter Schaden in Betracht, der beim Ausbau oder Transport der Platten entstanden sein könnte oder ein Verankerungsbruch infolge einer zu geringen Anzahl Querarmierungsstäbe bzw. eine schlechte Verschweissung.

Anmerkung: Obwohl an den Platten selbst keine Korrosion feststellbar war, wurden sie im vorliegenden Fall trotzdem ausgewechselt, da die Auflagerprofile angerostet waren; deren Sanierung überkopf im Tunnel wäre unwirtschaftlich gewesen. Die Platten wurden deshalb durch grössere ersetzt, welche direkt auf der Tunnelzwischenplatte aufliegen und bezüglich Tragfähigkeit und Brandsicherheit den heutigen Anforderungen genügen.

Adresse des Verfassers: Erwin Kessler, Dr. Ing SIA, beratender Bauingenieur, 9546 Tutwil.