

# Neue Stahlbetonverbundkonstruktionen in der UdSSR

Autor(en): **Streletzki, N.N. / Martinow, Ju.S. / Chajutin, E.I.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **48 (1985)**

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37467>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Neue Stahlbetonverbundkonstruktionen in der UdSSR

New Composite Steel-Reinforced Concrete Constructions in the USSR

Nouvelles structures mixtes acier-béton armé en URSS

### N. N. STRELETZKI

Professor  
Melnikow-Institut  
Moskau, UdSSR



N. N. Streletzki wurde 1921 geboren. 1947 hat er das Moskauer Bauinstitut absolviert. Er führt Lehr- und Forschungsarbeit und spezialisiert sich auf den Metallbau, Stahlbetonverbundkonstruktionen und die Theorie der Grenzzustände. Er ist Abteilungsleiter für Ingenieurbauten.

### Ju. S. MARTINOW

Kand. techn. Wissenschaften  
Polytechnische Hochschule  
Minsk, UdSSR



Ju. S. Martinow wurde 1937 geboren. 1961 hat er die Polytechnische Hochschule in Belorussien (UdSSR) absolviert. Er spezialisiert sich auf theoretische und experimentelle Untersuchungen der Stahlbetonverbundkonstruktionen. Er ist Kathederleiter für Metall- und Holzkonstruktionen.

### E. I. CHAJUTIN

Kand. techn. Wissenschaften  
Polytechnische Hochschule  
Minsk, UdSSR



E. I. Chajutin wurde 1953 geboren. Er hat die Polytechnische Hochschule in Belorussien (UdSSR) absolviert. Er spezialisiert sich auf Stahlbetonverbundkonstruktionen der Industriegebäude. Er ist Kathederlehrer für Metall- und Holzkonstruktionen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Vortrag beschreibt neue Konstruktionen für Eisenbahnbrücken, Autobahnbrücken und Überdachungen, bei welchen eine vorgefertigte Stahlbetonplatte mit Stahlträgern oder Fachwerken durch HV-Schrauben oder Schweissverbindung verbunden wurden. Ferner werden eine neue Verbunddeckenkonstruktion unter sehr starken Belastungen und Versuchsergebnisse aufgezeigt.

## SUMMARY

The report describes new forms of construction of railway and highway bridges, building roofs using high-strength bolts and welded connections of reinforced concrete plates to steel beams or trusses without cast-in-place processes, as well as a new structure of composite steel-reinforced concrete floors subjected to extremely heavy loads. Some experimental results are given.

## RÉSUMÉ

Ce rapport décrit de nouvelles structures mixtes acier-béton (ponts-rails, ponts-routes, toitures de bâtiments) dont la dalle est préfabriquée et liée à la charpente métallique par boulonnage HR ou soudure. Un exemple de plancher construit selon ce principe, et supportant de très fortes charges est présenté. Des résultats de recherches sont donnés.

## 1. TRADITIONELLE KONSTRUKTIONEN

In der UdSSR finden eine breite Verwendung Stahlbetonverbundkonstruktionen als stählerne Vollwandträger oder Fachwerkbinder, die zur Mitwirkung mit einer vorgefertigten Stahlbetonplatte vereinigt sind. Die bevorzugte Verwendung vorgefertigter (anstatt monolithischer) Platten wird erklärt: durch die Notwendigkeit den Arbeitsaufwand an der Baustelle höchstmöglich zu vermindern, durch einen hohen Grad der Vereinheitlichung, Typisierung und Standardisierung der Konstruktionen, durch eine genügende Anzahl der Werke für Herstellung vorgefertigter Stahlbetonkonstruktionen und rauhe klimatische Verhältnisse am grösseren Teil des Landes.

Die Vereinigung einer vorgefertigten Stahlbetonplatte mit Stahlträgern oder Stahlbindern wird gewöhnlich durch steife Stützen erreicht, die in den Plattenfenstern und -fugen mit feinkörnigem Beton vergossen werden [1]. Zwischen dem Stahlobergurt und der Platte wird eine Ausfüllung aus demselben Material gemacht, die eine Korrosion des Obergurts vorbeugt und einen vertikalen Druck des Stahlbetons auf den Stahl überträgt. Die Mängel dieses Verfahrens bestehen in einem bedeutenden Arbeitsaufwand und Gütekontrollschwierigkeiten bei dem Vermörteln einer grossen Anzahl kleiner Räume; die Schwierigkeiten erhöhen sich stark in einer kalten Jahreszeit; die Sicherungs- und Gütekontrolle der Ausfüllung stellt eine besondere Schwierigkeit dar; bei mehrmaligen wiederholten Belastungen kommen nach einigen Jahren der Ausnutzung Zerstörungen der Verbindungsfugen vor.

## 2. NEUE KONSTRUKTIONEN FÜR EISENBAHNBRÜCKEN

In letzter Zeit erschienen neue Lösungen des Problems der Vereinigung einer vorgefertigten Stahlbetonplatte mit Stahlträgern oder Stahlbindern, die keine obengenannte Mängel haben [1].

Die in der UdSSR verwendeten Verbundtragwerke der Eisenbahnbrücken sind durch zwei Stahlträger gekennzeichnet, die einen 2,0...2,3 m-Achsenabstand haben, durch einen gleichbleibenden Querschnitt der Stahlobergurte und durch die Einrichtung der Stahlbetonlängsrippen über den Stahlträgern, um einen konstruktiv annehmbaren Querschnitt der Untergurte zu bekommen, da die Höhe der Stahlträger zur

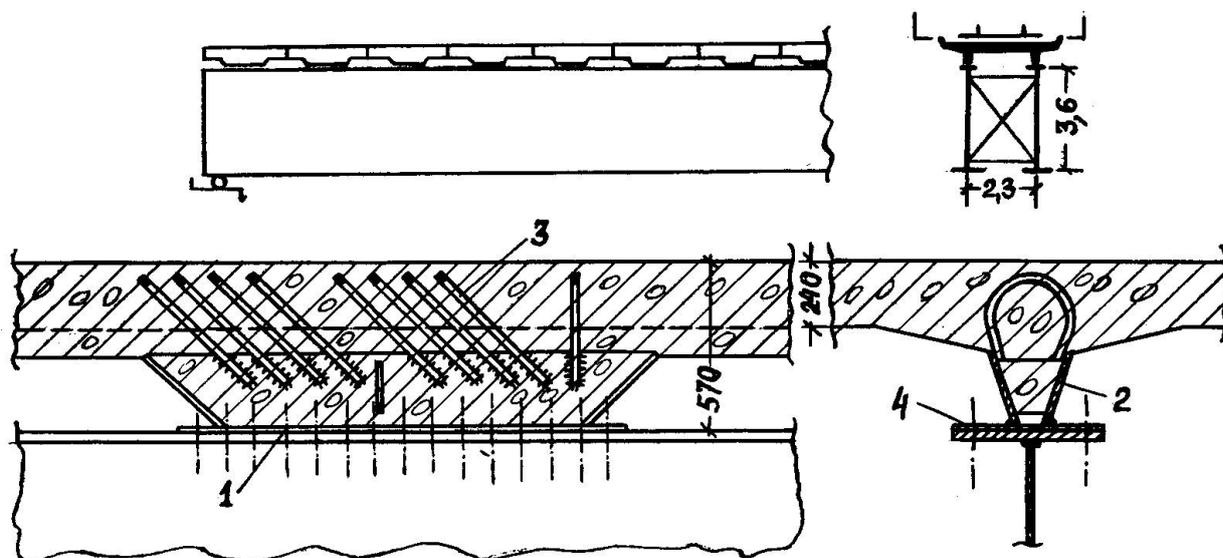


Fig. 1. Eisenbahnbrückenkonstruktion

Erreichung dieses Zwecks ungenügend ist. Die Vereinigung einer vorgefertigten Stahlbetonplatte mit Stahlträgern (Fig. 1) in diesen Tragwerken wird durch HV-Reibschraubenverbindungen (1), Einlegeteile (2) in Längsrippen und geneigte Schlaufenanker (3) realisiert.

Die Blöcke einer vorgefertigten Stahlbetonplatte werden in metallischen Schalungsformen gefertigt, die gleichzeitig als Lehrgerüst für eine genaue Anordnung der Einlegeteile dienen. Jeder Block hat zwei Einlegeteile, je einen über jedem Stahlträger. In Zwischenräumen der Einlegeteile gibt es eine für das Anstreichen genügende Spalt. Die Vereinigung ist absolut trocken, die Ausfüllung und das Vermörteln werden nicht verwendet.

Da die Trägerobergurte keine ideale Form haben können (Pilzförmigkeits- und Verkantungstoleranze werden mit vielen Millimeter gemessen), bilden sich zwischen den Horizontalen der Einlegeteile und den Trägerobergurten bei dem Aufstellen eines Stahlbetonblocks auf Stahlträger vorläufige Spalten aus. Diese Spalten werden durch das Aufziehen der HV-Schrauben vollkommen beseitigt, wozu Horizontale (4) der Einlegeteile möglichst schlank gemacht werden - mit einer minimalen Dicke und maximal möglichen Flanschüberhängen. Zur Sicherung eines mühelosen Aufstellens der HV-Schrauben ohne Lochausbohren bei der Montage sollen Lochdurchmesser in Horizontalen der Einlegeteile und in Trägerobergurten um 6 mm grösser als der Bolzendurchmesser sein. Die Erfahrung zeigt, dass eine solche Durchmesserdifférenz bei möglichst zufälliger Nichtübereinstimmung vereinigender Konstruktionen im Grundriss ganz genügend ist.

Die Querschnitte zwischen Plattenblöcken werden in zwei Varianten verwendet: traditionelle (mit dem Schweißen der Anschlussbewehrung und dem Vermörteln) und vorgepresste geklebte bei glatten Blockstirnwänden. Das Vermörteln der Querschnitte ist technisch wesentlich leichter als das Vermörteln steifer Stützen und die Fertigung der Ausfüllung.

### 3. KONSTRUKTIONEN FÜR AUTOBAHNBRÜCKEN

Traditionelle Stahlbetonverbundstützweiten der Autobahnbrücken haben zwei Stahlhauptträger mit einem Achsenabstand von 6,4...7,6 m und einem Längsträger dazwischen, der sich auf Querverbände stützt und die Felder einer vorgefertigten Stahlbetonplatte um halb so gross macht. Die Platte ist fast eben, sie vereinigt sich durch steife Stützen mit einer Stahlkonstruktion und hat über dem Längsträger eine Längsfuge. In dieser Fuge entstehen bei mehrmals wiederholten Belastungen besonders oft Zerstörungen.

Es wurde mit der Verwendung einer neuen Konstruktion der Verbundtragwerke für Autobahnbrücken begonnen - ohne Längsträger, mit Stahlbetonquerrippen für 6,4...7,6 m-Stützweiten. Die Platte entfernt sich dabei von Obergurten der Hauptträger, was eine trockene Vereinigung mit HV-Schrauben und Einlegeteilen ermöglicht und den Stahlverbrauch wegen der vergrösserten Konstruktionshöhe vermindert. Eine Stahlersparnis bekommt man auch durch das Nichtvorhandensein des Längsträgers und die Erleichterung der Querverbände. Es wird sich die betriebsnichtsichere Plattenlängsfuge beseitigt. Die vorgefertigte Stahlbetonplatte bildet sich aus Zweikonsoleblöcken mit einer Masse von 8...10 t, die im Stahllehrgerüst gefertigt sind und in zwei Varianten bestehen: gerippte (mit zwei Rippen) aus normalem Stahlbeton oder vorgespannte T-förmige (mit einer Rippe). Da die Stahlbetonrippe anders angeordnet sind und

die Obergurtdicke veränderlich ist, was für Autobahnbrücken (besonders für durchlaufende) typisch ist, kann die Konstruktion nach der Fig. 1 für die trockene Vereinigung des Stahls und des Betons nicht gebraucht werden. Für die Gewährleistung einer sicheren Montierbarkeit und einer hohen Qualität werden in der neuen Konstruktion der Autobahnbrücken (Fig. 2) Paarwinkel (1) verwendet, die in beiden Schenkeln Bohrlöcher eines erweiterten Durchmessers für HV-Schrauben haben. Bei einer veränderlichen Dicke des Stahlobergurtes entspricht die Winkelmarkenzahl der Dickenzahl. Die Winkelmarken zeichnen sich durch die verschiedene Höhenanordnung der Bohrlöcher in vertikalen Winkelschenkeln aus. Das sichert die Anordnung der Stahlbetonplatte in derselben Ebene über die ganze Länge des Tragwerks.

Bei einer Stahlbetonplatte aus Blöcken mit zwei Rippen hat jeder Block zwei Einlegeteile (4), die zwischen Blockrippen über Stahlträgern liegen und im Hauptteil der Platte mit steifen Stützen (6) und in Rippen- mit schlanken zylindrischen Stützen (6) befestigt sind. Durch einen Einlegeteil wird vor allem die Schubkraft  $T$  aus der Stahlkonstruktion an die Stahlbetonplatte übertragen. Da die Platte vom Stahlobergurt für eine Höhe "h" entfernt ist, entsteht ein bedeutendes Moment  $M_h = M_s + M_b$ . Das Moment  $M_s$  wird durch einen Stahlträger aufgenommen, und das Moment  $M_b$  - durch eine Stahlbetonplatte. Dementsprechend ist die HV-Flanschenverbindung (7) auf die Schubkraft  $T$  und das Moment  $M_s$  zu berechnen, die über einen Einlegeteil an den Stahlträger übertragen werden, und die schlanken zylindrischen Stützen - auf die Übertragung an die Stahlbetonplatte des Moments  $M_b$ . Die steifen Stützen werden nur auf die Übertragung der Schubkraft  $T$  geprüft. Bei der Festigkeitsberechnung einer Stahlbetonplatte werden Biegemomente berücksichtigt, die aus dem Moment  $M_s$  in Querschnitten in der Nähe von äußeren Rippenkanten in der begrenzten Plattenbreite entstehen.

Ein HV-Schraubenreibbefestigen der Stahlbetonplattenblöcke an die Stahlträgerobergurte sofort nach dem Aufstellen eines jeden Blocks erhöht heftig die Stabilität der Stahlträger bis zur Zeit des Einschlusses der Stahlbetonplatte in die Arbeit.

#### 4. DECKENKONSTRUKTIONEN

Im industriellen und gesellschaftlichen Bauen der UdSSR haben sich

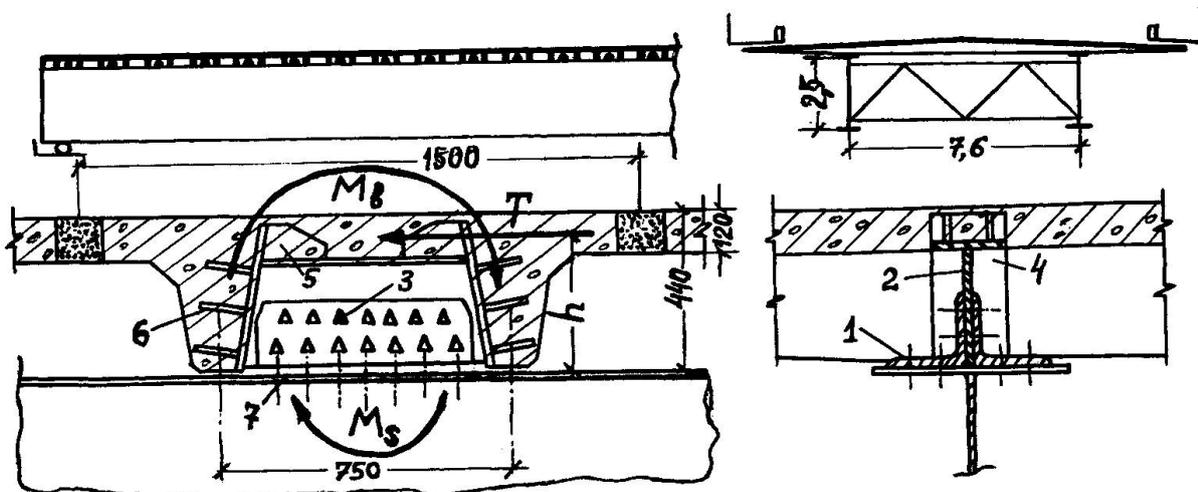


Fig. 2. Autobahnbrückenkonstruktion

Verbunddecken und Verbundzwischendecken gut bewährt. Hier werden Prinzipien der Vereinigung industrieller Konstruktionselemente effektiv ausgenutzt, die eine weite Verwendung im Massenbau finden.

Die weiteste Verwendung fanden Deckensysteme aus Stahlbindern mit einer 24...36 m- Spannweite und aus vorgefertigten 3x6, 3x12 m - Stahlbetonplatten. Die Mitwirkung der Deckenelemente wird durch Verbindungsteile in Fugen zwischen Platten und deren nachfolgendem Vermörteln gesichert. Die vieljährige Erfahrung bei der Verwendung vorgefertigt-monolithischen Stahlbetonverbunddecken zeigte, dass der Stahlverbrauch zu 25% sinken kann [2]. Der Mangel dieser Systeme besteht in einer Erschwerung der Bau- und Montagearbeiten, was vom Vermörteln der Verbindungsfugen "Stahl-Beton" abhängt.

Die neulichen experimentell-teoretischen Untersuchungen im Polytechnischen Institut in Belorussien und im Forschungsinstitut für Baukonstruktionen ergaben eine neue Form der Stahlbetonverbunddecken. Sie sieht die Vereinigung einer vorgefertigten Stahlbetonplatte mit Stahlbindern durch das Montageschweißen der Einlege-teile der Standardplatten vor, die bei Decken ohne Sicherung der Mitwirkung des Stahlbetons und des Stahls verwendet werden (Fig. 3, a, b). Der Vorzug dieser Konstruktionen gegenüber vorgefertigt-monolithischen Konstruktionen besteht in der Bewahrung traditioneller Aufbautechnologie vollvorgefertigter Decken und in der Benutzung handelsüblicher Stahlbetonplatten. Das erlaubt den Bauarbeitsaufwand wesentlich zu erniedrigen und den Nutzeffekt der Stahlbetonverbunddecken im Rahmen der in der UdSSR gültigen Nomenklatur vereinheitlichter Bauelemente der Gebäude zu erhöhen.

Im Polytechnischen Institut in Belorussien wurde eine universelle

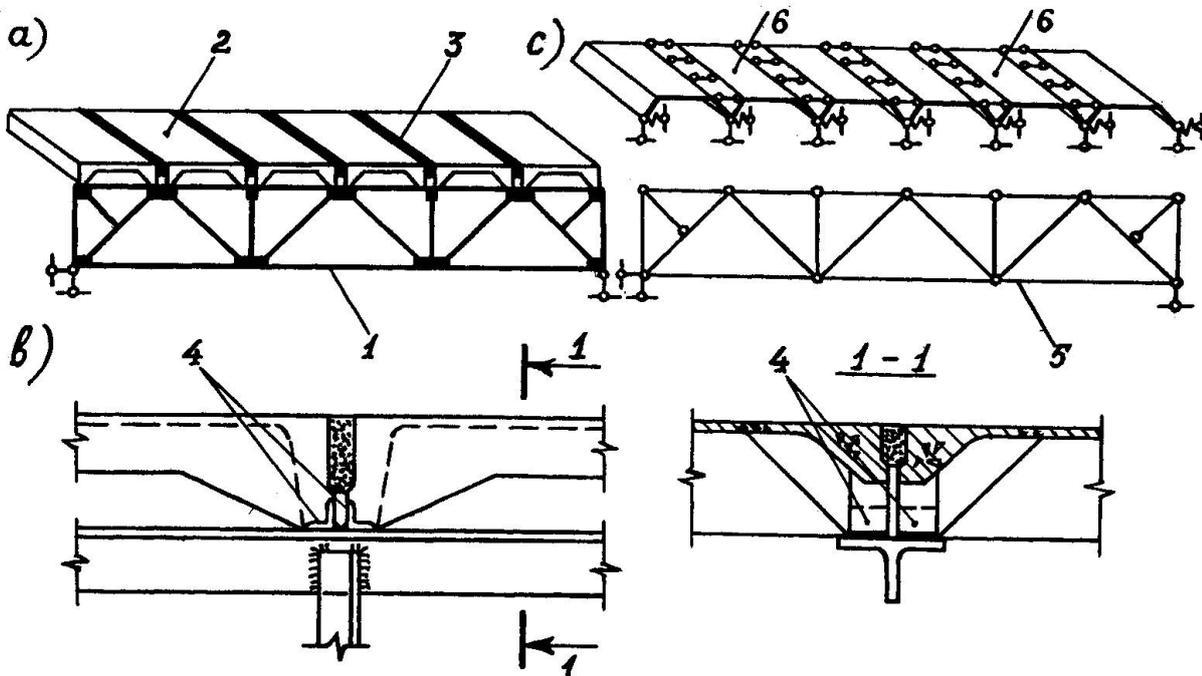


Fig. 3. Verbunddecke: a - Konstruktion; b - Platte-Binder-Verbindungsknoten; c - Berechnungsschema; 1 - Binder; 2 - Platte; 3 - Vergussbeton; 4 - Einlege-teile; 5, 6 - Randsuperelemente "Binder" und "Platte".



Methodik der räumlichen Berechnung vorgefertigter und vorgefertigt-monolithischer Stahlbetonverbunddecken erarbeitet [3]. Ihre Grundlage bildet die Methode der finiten Elemente. Eine Decke teilt sich in Knoten oder Fugen der Vereinigung von Stahlbindern und Stahlbetonplatten in zwei Gruppen der finiten Superelemente: "Binder" und "Platten" (Fig. 3, c). Die Methodik berücksichtigt konstruktive und technologische Besonderheiten der Decke: das Vereinigungsverfahren der Binder und Platten, deren Montagefolge, die Nachgiebigkeit der Verbindungsknoten (Fugen) u.s.w. Die Methodik ist für ER-Einrichtungen geeignet. Sie bekam eine experimentelle Bestätigung durch Versuche mit einem grossformatigen Stahlbetonverbunddeckenfragment (Massstab 1:3) mit einer Schweissverbindung (Fig. 4). Die erfüllten Berechnungen und Versuche haben gezeigt, dass in dieser Decke die Entlastung des Stahlbinderobergurts im Ausnutzungsstadium 75...78% beträgt und im ganzen Änderungsbereich rechnerischer Belastung konstant bleibt. Die Verringerung des Metallverbrauchs beträgt daraus im Durchschnitt 10-15%. Das kommt also von der Verminderung des Binderobergurtquerschnitts vor.

#### 5. ZWISCHENDECKEN UNTER SEHR SCHWEREN BELASTUNGEN

Die Zwischendecken im industriellen und gesellschaftlichen Bauen, die grosse (bis zu  $200 \text{ kN/m}^2$ ) Belastungen aus technologischer Ausrüstung aufnehmen können, sind noch ein effektives Anwendungsgebiet für Stahlbetonverbundkonstruktionen. Die erarbeitete konstruktive Lösung stellt Stahlträger als ein- oder (bei Belastungen über  $100 \text{ kN/m}^2$ ) zweiwandige T-Stahlprofile dar, die mit Längssteifrippen verstärkt sind, die durch spezielle Schubverbindungen (Fig. 5) zur Mitwirkung mit einem vorgefertigten oder vorgefertigt-monolithischen Stahlbetonbelag vereinigt werden.

Wie die Versuche gezeigt haben, ergibt eine solche Querschnittsform bei der Berechnung auf die Aufnahme der Schubkräfte Voraussetzungen zur Berücksichtigung der Haftung zwischen Beton zum Vermörteln und dem in seinem Bereich liegenden Stegoberteil. Die



Fig. 4. Versuche mit einem Stahlbetonverbundfragment

versuchsweise ermittelte, rechnerische Haftungskraft kann bei 1 MPa angenommen werden.

Es ist bemerkenswert, dass die Verbundzwischendeckenkonstruktionen eine Reihe von Besonderheiten im Unterschied zu gleichen Brückentragwerksystemen haben. Dazu gehören unbedingt: relativ nicht grosse (8...15 m) Trägerfelder, die Benutzung der Stahlbetonrippenplatten mit entfalteten Rippen und verhältnismässig dünnen Flanschen und der dominierende Einfluss der Querkräfte in allgemeiner Bilanz der Kräfteeinwirkungen.

Die theoretischen Untersuchungen mit Berücksichtigung elasto-plastischer Betoneigenschaften, Laborversuche mit grossformatigen Modellen und der Naturversuch mit einem Zwischendeckenfragment eines Industriegebäudes haben gezeigt, dass in Verbundzwischendecken die Stahlbetonplatte sich nicht über den ganzen Querschnitt (wie gewöhnlich bei Brückentragwerken) zerstört: der Beton zersplittert in maximal beanspruchten Fibern. Das ermöglichte Kriterien rechnerischer Festigkeitsgrenzzustände zu begründen, wofür entweder die Erscheinung plastischer Verformungen im Trägerstahluntergurt oder der rechnerische Grenzwert der maximalen Fibernverformung des Belagbetons gehalten wird. Auf Grundlage dieser Kriterien wurden rechnerische Hauptlastfälle bestimmt, die entweder eine elastische Arbeit der Querschnittselemente oder die Entwicklung plastischer Teilverformungen in maximal beanspruchten Plattenbereichen voraussetzen [4].

Das zweite kennzeichnende Merkmal einer Verbundzwischendecken ist das hohe Niveau der Querkräfte. Gewöhnlich wird die Berechnung einer Verbundkonstruktion auf Schubspannungen mit der Annahme durchgeführt, dass deren Aufnahme nur durch einen Stahlsteg gesichert ist. Dieser Standpunkt kann nur bei Trägern des Brückenbaus begründet gelten, wo die geringe Dicke der Stahlbetonplatte die Übergabe darin der Schubspannungen ausschliesst und wo wegen der grossen Querschnittshöhe die Stegdicke gewöhnlich aus Bedingungen der örtlichen Stabilität bestimmt wird. In angeführter Zwischendeckenkonstruktion ist die Stegdicke mit der Querschnittsbeanspru-

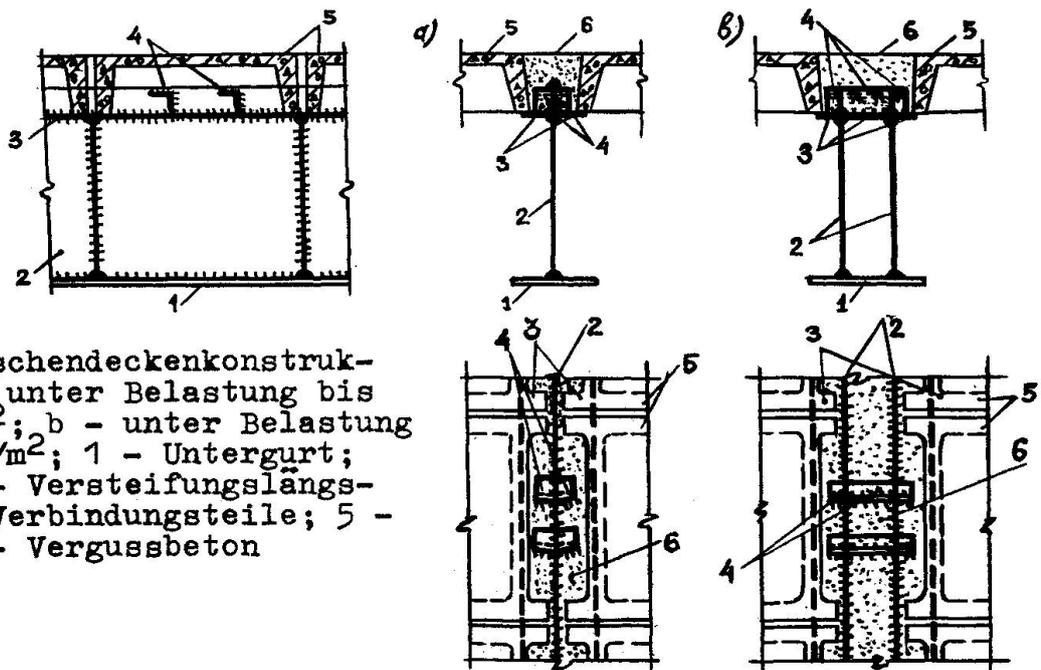


Fig. 5. Zwischendeckenkonstruktionen: a - unter Belastung bis zu  $100 \text{ kN/m}^2$ ; b - unter Belastung über  $100 \text{ kN/m}^2$ ; 1 - Untergurt; 2 - Steg; 3 - Versteifungslängsrippe; 4 - Verbindungsteile; 5 - Platten; 6 - Vergussbeton

chung auf Schub an der Stütze begrenzt, und der mächtige Stahlbetonteil macht Voraussetzungen für die Teilquerkraftübergabe an den Beton.

Wie teoretische und experimentelle Untersuchungen gezeigt haben, arbeitet der Stahlbetonteil aktiv mit, indem er bis zu 30% der Querkraft aufnimmt, die im vereinigten Querschnitt wirkt. Am intensivsten wird dabei die Querkraft durch eine Längsrippe aufgenommen, die mit Stirnrippen vorgefertigter Platten und dem Vergussbeton gebildet ist. Es wurde 2 Kriterien der Grenzzustände der Stahlbetonverbundträger bei der Querkraftbeanspruchung bestimmt:

- das Erreichen eines Schubspannungsgrenzwertes im Stahlsteg eines Verbundquerschnitts;
- das Erreichen eines Schubspannungsgrenzwertes im Plattenrippenbeton in der Höhe eines Stützenoberteils, der durch die rechnerische Betonzugfestigkeit ausgedrückt ist.

Auf Grund dieser Kriterien wurde eine technische Berechnungsmethodik erarbeitet.

#### LITERATURVERZEICHNIS

1. СТРЕЛЕЦКИЙ Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. Изд. "Транспорт", Москва, 1981.

2. МАРТЫНОВ Ю.С., ШАТИЛО А.И. Сталежелезобетонные конструкции покрытий и перекрытий в промышленном строительстве БССР. - Строительство и архитектура Белоруссии, 1982, № 3, с.37-38.

3. МАРТЫНОВ Ю.С., АЛЕКСАНДРОВИЧ А.С. К вопросу о методике статического расчета сталежелезобетонных решетчатых покрытий с объединением на сварке. - Техника, технология, организация и экономика строительства: Строительная механика и строительные конструкции, 1984, вып.10, с.98-102.

4. МАРТЫНОВ Ю.С., ХАУТИН Е.И. Особенности проверки прочности объединенных балок с развитой железобетонной частью. - Техника, технология, организация и экономика строительства: Строительная механика и строительные конструкции, 1984, вып.10, с.103-107.