

IIIb: Elevated roadways

Objektyp: **Group**

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

Band (Jahr): **7 (1964)**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

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.

IIIb1

Betrachtungen zu verschiedenen Problemen der Verbundbauweise (Hochstraßen)

Considérations sur divers problèmes relatifs aux ouvrages mixtes (Routes surélevées)

Some Remarks on Problems Relating to Composite Structures (Elevated Roadways)

KONRAD SATTLER

Prof. Dr. Ing., Dr. techn. h. c., Technische Hochschule Graz

1. Einleitung

Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Verbundkonstruktionen im Brücken- und Hochbau und auch im Tunnel- und Schachtbau fordern in Verbindung mit neuen Konstruktionselementen und neuen Baustoffen in konstruktiver und statischer Hinsicht neue Lösungen. Zur Klärung einzelner Probleme wurden vom Verfasser Versuche durchgeführt, auf die nachstehend eingegangen werden soll. Auch soll gezeigt werden, wie die Ergebnisse dieser Versuche bei der Ausführung neuer Konstruktionen Anwendung finden können.

Die Weiterentwicklung der Betonfertigteile zu großen Einheiten ermöglicht auch schnelle und wirtschaftliche Montagebauweisen für Hochstraßen, vor allem für städtische Hochstraßen, und es liegen auch schon verschiedene Ausführungen solcher Konstruktionen vor. Besondere Beachtung muß dabei der Verbindung der Betonfertigteile mit der Stahlkonstruktion und den Fugen zwischen den Betonfertigteilen geschenkt werden. Eine der Verbindungsmöglichkeiten, über die a. a. O. [1] bereits berichtet wurde, ist die mit HV-Schrauben. Die immer weiter in der ganzen Welt um sich greifende wirtschaftliche Anwendung von Kopfbolzendübeln (Peco-Bolzen) wirft die Frage auf, wie weit diese auch bei Betonfertigteilplatten wirtschaftliche Anwendung finden können. Es waren hierzu verschiedene Probleme zu studieren. Auch die Verwendung von Kunststoffklebern wurde im Zusammenhang hiermit untersucht. Die Tatsache, daß Kopfbolzendübel auch große Zugkräfte aufnehmen können, ließ weiter darauf schließen, daß damit auch wirtschaftliche Lösungen für gekrümmte Träger gefunden werden können. Auch hierzu wurden Versuche durchgeführt, um Erfahrungen über die Tragkraft von Dübeln zu erhalten, die kombiniert auf Schub und Zug beansprucht werden, über die aber an anderer Stelle berichtet wird.

Nachfolgend werden zuerst die einzelnen Versuche beschrieben und anschließend die Folgerungen daraus gezogen.

2. Versuche über Verdübelungen und Klebungen

2.1. Verbundträger mit Betonfertigteileplatten und Kopfbolzendübeln

Bei der Verwendung von Kopfbolzendübeln und Betonfertigteileplatten müssen in der Betonplatte Öffnungen für die Dübel freigelassen werden. Die Kopfbolzen können entweder bereits am Stahlträgergurt vor dem Aufbringen

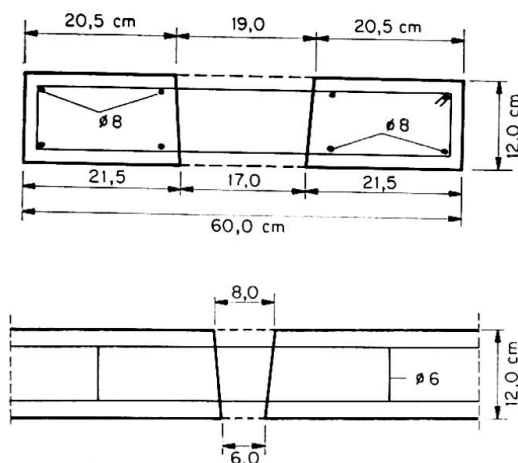


Fig. 1. Abmessungen der Öffnungen in der Fertigbetonplatte.

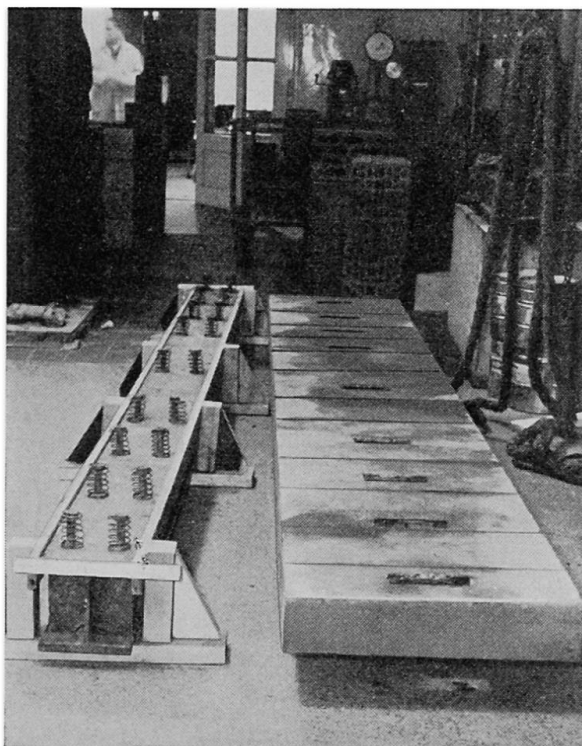


Fig. 2. Fertigbetonplatte und Stahlträger vor dem Zusammenbau.

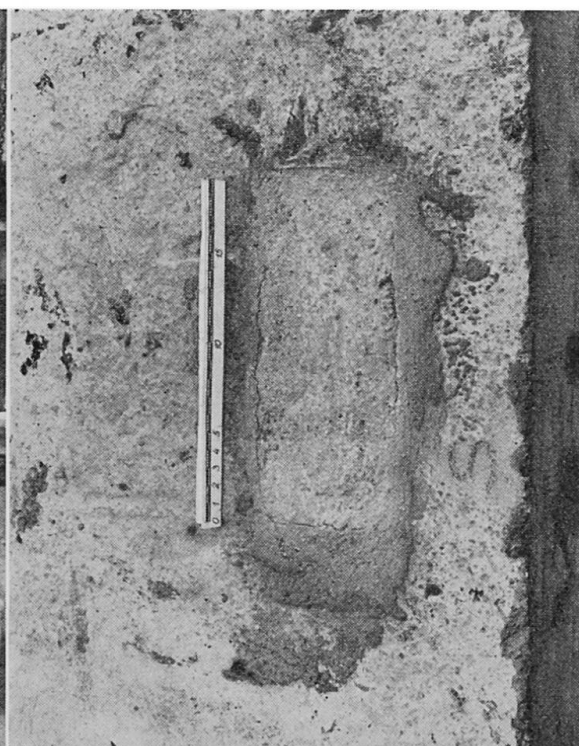


Fig. 3. Schwindrisse zwischen Mörtelfüllung und Fertigbetonplatte (1 Tag nach dem Ausgießen der Öffnung).

der Betonplatte angeschweißt sein, oder unter Umständen auch durch die Öffnungen hindurch im Nachhinein angeschweißt werden.

Die Frage war zu klären, wie weit das spätere Ausfüllen der Öffnungen in der Betonplatte eine einwandfreie Verbundwirkung gewährleistet. Die Abmessung des Versuchsträgers und der Betonplatte und die Belastungsanordnung wurden gleich gehalten wie bei den seinerzeitigen Versuchen mit Ortbetonplatten (siehe [2], Abb. 21) um Vergleiche mit den seinerzeitigen Versuchen zu haben. Die Abmessungen der Öffnungen für die Betonplatte aus B 300 sind aus Fig. 1 zu entnehmen. Der Versuchsträger mit den aufgeschweißten 75 mm langen Bolzen $\frac{3}{4}$ " und Wendeln, sowie die Fertigbetonplatte sind vor dem Aufsetzen der Betonplatte auf dem Stahlträger aus Fig. 2 ersichtlich, wobei die seitlich des Stahlträgerobergurtes angebrachten Holzleisten vorübergehend die Höhe des Ausgleichszementmörtels zwischen Stahlträger und Betonplatte sichern mußten.

Für den Mörtel zur Füllung der konischen Öffnungen wurden 3 verschiedene Mischungen gewählt, um die verschiedenen Auswirkungen der Mörtel kennen zu lernen, und zwar 2 Zementmörtel und 1 Kunststoffmörtel.

- Mischung 1: 3.000 g PZ 475
 6.000 g trockener Sand 0,1—3
 1.800 g Wasser
 WZ = 0,6 (Mörtel stark plastisch)
 W 56 = 300 kg/cm²
- Mischung 2: 2.000 g Deckenzement Z 275
 2.400 g trockener Sand 0,1—3
 4.800 g trockener Sand 3—7
 1.100 g Wasser
 WZ = 0,55 (Mörtel schwach plastisch)
- Mischung 3: Sinmast UW (Kleber)
 360 g Harz
 140 g Härter
 25 g Asbest
 1.500 g Sand 0,66—1,0.

Bei dem ersten Versuch wurde die fette Mischung 1 verwendet. Bereits 1 Tag nach dem Füllen der Öffnungen traten deutlich sichtbare Schwindrisse (Fig. 3) auf. Damit war aber die Brauchbarkeit dieses Mörtels offensichtlich in Frage gestellt. Der Belastungsversuch, 16 Tage nach dem Vergießen der Löcher, bestätigte diese Vermutung. Bereits bei einer Belastung von $P = 19$ t trat eine plötzliche Verschiebung zwischen Betonplatte und Stahlträger von 0,3 mm auf, im Gegensatz zur Last $P = 33$ t bei einem Träger mit Ortbetonplatte [2]. Die Last wurde dann noch bis 32,5 t gesteigert bevor die Meßuhren ausgebaut wurden. Für die Last von 19 t, die etwa der Gebrauchslast des

Trägers entspricht, standen in Feldmitte der rechnerischen Durchbiegung von 5,55 mm eine tatsächliche Durchbiegung von 6,88 mm (24%-ige Steigerung) und der rechnerischen maximalen Stahlzugspannung von $\sigma = 1,33 \text{ t/cm}^2$ eine tatsächliche von $1,40 \text{ t/cm}^2$ (5%-ige Steigerung) gegenüber. Sowohl die Durchbiegungen wie vor allem auch die Stahlträgerspannungen lassen keine Bedenken gegenüber der Ortbetonplatte aufkommen, wohl aber der plötzliche Sprung in den Verformungen, der voraussichtlich durch die Schwindrisse zwischen Füllmörtel und Betonplatte gegeben sein dürfte. Bei den folgenden Versuchen wurden die Löcher der rechten Trägerhälfte mit der Zementmörtelmischung 2, die der linken Trägerhälfte mit der Klebermischung 3 gefüllt. Hierbei haben sich bei keiner der Öffnungen irgendwelche Schwindrisse gezeigt, weder vor noch nach dem Belastungsversuch. Nach der Durchführung der Versuche wurde der Versuchsträger in einem vollkommen trockenen Raum unmittelbar neben einer Zentralheizung gelagert, und selbst unter diesen ungünstigsten Bedingungen hat sich nach 5 Monaten noch nicht der geringste Schwindriß gezeigt.

Die Belastung wurde 16 Tage nach dem Füllen der Öffnung mit dem Zementmörtel und 8 Tage nach dem Füllen der Öffnung mit dem Kunstharzmörtel vorgenommen. Die Versuchseinrichtung ist aus Fig. 4 ersichtlich. Der

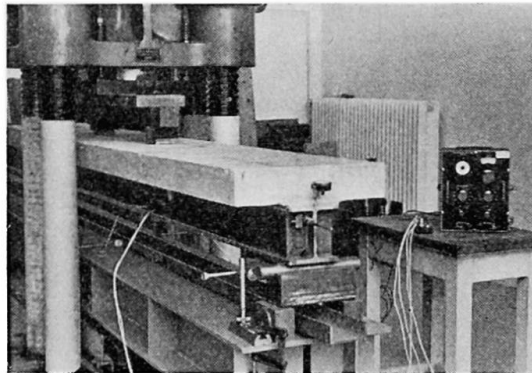


Fig. 4. Versuchseinrichtung und Belastungsanordnung für den Verbundträger mit Fertigbetonplatte.

Last von 18 t entspricht hier eine Durchbiegung von 6,89 mm und eine Stahlspannung von $\sigma = 1,38 \text{ t/cm}^2$. Während die Durchbiegungen und Spannungen bis zu dieser Belastungsgröße linear verliefen, traten bei der Steigerung der Last bis zu 34 t größere plastische Verformungen auf. Während des gesamten Versuches war nur ein allmähliches Anwachsen der Verschiebungen zwischen Betonträger und Stahlplatte zu beobachten, zum Unterschied zu dem früheren Versuch, bei dem ein plötzliches Gleiten aufgetreten war.

Die gegenüber den seinerzeitigen Versuchen [2] etwas größeren Durchbiegungen und Spannungen dürften darin ihre Begründung haben, daß der Füllmörtel nach 16 Tagen, der Kunstharzmörtel sogar nach 8 Tagen belastet wurden und damit geringfügige plastisch Nachgiebigkeiten bedingt sind.

Bei den obigen Versuchen wurden die Bolzen als schwächste Konstruktionsteile vorgesehen, da gerade die Verdübelung untersucht werden sollte. Einer Belastung von 19 t entspricht nach [2] eine rechnerische Bolzenkraft von $\frac{2,981 \cdot 19}{8} = 7,1 \text{ t}$.

Bei einer zulässigen Bolzentragkraft von 3,11 t wäre somit bis zum Erreichen der Last von 19 t bereits eine 2,3-fache Sicherheit vorhanden. Die Bruchlast des Trägers liegt aber noch über $P = 34 \text{ t}$.

Ein Ausreißen der Bolzen aus dem Mörtel oder ein solches des Mörtels aus der Fertigbetonplatte trat selbst bei den höchsten Belastungen nicht auf. Es bestehen somit keine Bedenken, Fertigbetonplatten nachträglich durch Vergrößen der Öffnungen für die Bolzen mit dem Stahlträger zu verbinden. Man wird jedoch bestrebt sein, einen möglichst schwindarmen Mörtel zu verwenden, um Schwindrisse zwischen Mörtel und Betonplatte zu vermeiden.

Zur weiteren Klärung der Frage der Schwindrisse wurden in einer Betonplatte mehrere Öffnungen des obigen Ausmaßes mit Mörtel der oben angegebenen Mischungen gefüllt. Als Bindebrücke an den Berührungsflächen zwischen Fertigbetonplatte und Mörtel wurde dabei bei der Hälfte der Öffnungen ein dünner Voranstrich aus dem reinen Kleber Sinmast UW verwendet. Es zeigte sich nun, daß bei Verwendung des Sinmast-Voranstriches sowohl bei der Mörtelmischung 1 wie auch bei der Mischung 2 keinerlei Schwindrisse aufgetreten sind, während ohne diesen Voranstrich bei der fetten Mischung 1 Schwindrisse, bei der mageren Mischung 2 keine Schwindrisse auftraten. Es dürfte sich daher empfehlen, bei etwas fetteren Mischungen als die Mischung 2, Klebevoranstriche zu verwenden, um eine Bindebrücke zwischen Betonfertigteil und Mörtel zu haben.

Im Auftrag der Firma Krupp-Druckenmüller, Berlin, wurden vom Spannbetonwerk Arsen Schweitzer die gleichen Versuche ausgeführt, mit Mörteln von etwa der Mischung 1 (Z 475) und der Mischung 2 (Z 275). Hierbei wurden unabhängig von den obigen Versuchen völlig gleiche Ergebnisse erhalten, d. h., lediglich bei der Mischung 1 traten ohne Sinmast-Voranstrich Schwindrisse auf, mit diesem Anstrich keine.

2.2. Klebeversuche mit Betonbalken

Ein besonderes Problem bei der Verwendung von Fertigbetonplatten im Straßen- und Brückenbau stellt die Ausbildung der Querfugen dar, über die bei Verwendung von Zementmörteln Veröffentlichungen vorliegen [3, 4]. Seit langem wurde daran gedacht, für diese Fugen auch Kunstharzklebemörtel zu verwenden. Ernstlich konnte dieses Problem erst verfolgt werden, nachdem mit dem Sinmast-Kleber UW [5] ein Kleber in den Handel kam, mit dem auch bei Nässe und Luftfeuchtigkeit geklebt werden kann. Auch der Kleber KC 212 der Paul Lehler Kunststoff-Chemie soll ein Kleben bei Nässe und Feuchtigkeit ermöglichen. Ein Kleben bei Nässe ist jedoch für jede Baustelle

eine Vorbedingung, bei der ohne Rücksicht auf die Witterungsverhältnisse ungestört weitergearbeitet werden muß.

Zur Überprüfung der Wirkung einer solchen Klebefuge, wie sie beim Aneinanderstoßen verschiedener Fertigbetonteilplatten vorkommen kann, wurde der nachfolgend beschriebene Versuch durchgeführt. Entsprechend Fig. 5 wurden 2 Betonbalken B 300 mit der Würfelfestigkeit $W 56 = 302 \text{ kg/cm}^2$

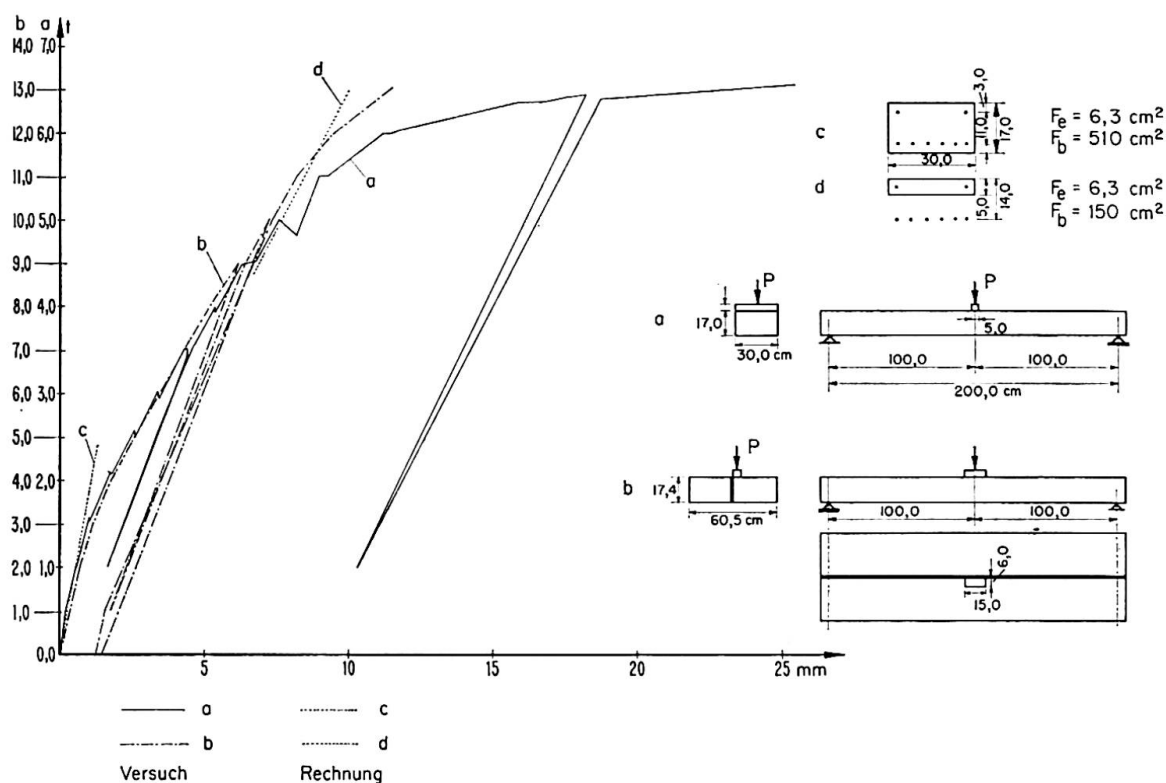


Fig. 5. Klebeversuch. Abmessungen und Belastungsdurchbiegungsdiagramm.

(am Tage der Prüfung) und der Querschnittsausbildung nach c mit einer 5 mm starken Klebemörtelfuge aus Sinnmast-Mörtel (Mischung 3 des Abschnittes 2.1) miteinander verklebt. (Siehe Querschnitt b). Die Verklebung erfolgte derart, daß 6 Tage vor dem Belastungsversuch zuerst die zu verbindenden Klebeflächen abgebürstet und der Staub abgesaugt wurden, dann erfolgte 1 Stunde vor dem Kleben ein dünner Voranstrich aus dem reinen Kleber und anschließend das Füllen mit dem Klebemörtel. Zu Vergleichszwecken wurde zuerst der Einzelträger nach Querschnitt a belastet, wobei die Belastung völlig mittig aufgebracht wurde. Beim Versuch des geklebten Trägers b wurde die Belastung unmittelbar neben der Klebefuge, aber nur auf einem der beiden Balken, aufgebracht, und zwar bis zu einer Belastung von 14 t.

Der Gebrauchslast $P = 2,77 \text{ t}$ für den Träger a entsprechen die zulässige Betonspannung $\sigma_b = 115 \text{ kg/cm}^2$ und die zulässige Stahlspannung $\sigma_e = 2,4 \text{ t/cm}^2$. Belastet wurde bis $P = 5,6 \text{ t}$. Das Belastungsverschiebungsdiagramm ist in Fig. 5 dargestellt; hierin sind auch die rechnerischen Durchbiegungen nach

Stadium I (Querschnitt c) und Stadium II (Querschnitt d) eingetragen. Beachtet man, daß beim geklebten Träger die Querschnittswerte verdoppelt sind, so werden im Belastungsdurchbiegungsdiagramm — wenn man einen Vergleich über die Auswirkung der Klebung haben will — den Kräften für den Versuchsträger a die doppelten Kräfte des Versuchsträgers b zugeordnet. Man erkennt die praktisch völlige Übereinstimmung der Belastungsdurchbiegungskurven der Versuche a und b. Fig. 6 zeigt die Belastungs- und Meßeinrichtung, Fig. 7 die völlig gleichmäßige Durchbiegung des geklebten Trägers, ohne jede

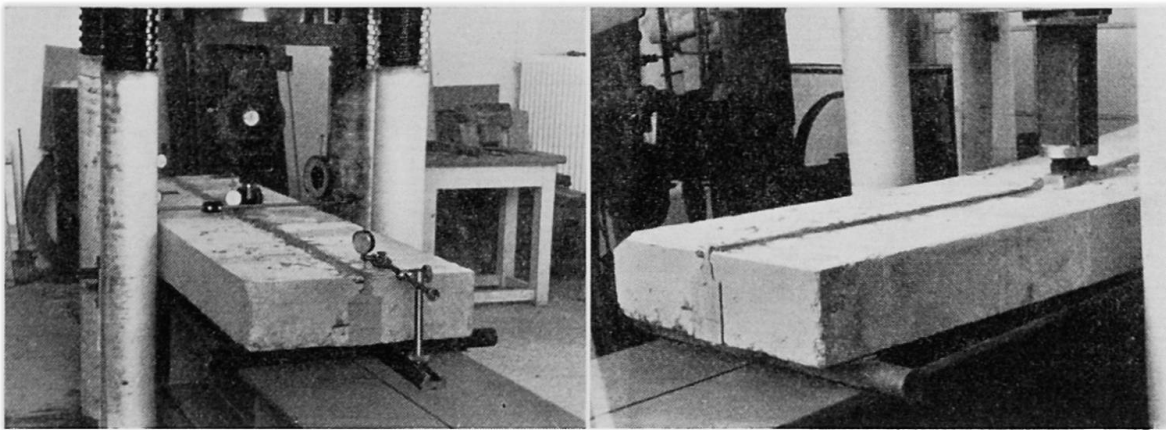


Fig. 6. Klebeversuch. Meßeinrichtung und Belastungsanordnung.

Fig. 7. Klebeversuch. Einseitige Belastung des geklebten Trägers.

Querneigung, obwohl die Belastung sogar etwas einseitig aufgebracht ist. In der Klebefuge traten bis zur höchsten Last keinerlei Schubrisse auf. Querrisse infolge des Aufreißens des Betons im Stadium II wurden zum Teil sogar in der Klebefuge aufgefangen. Die maximale örtliche Pressung unter der Last betrug hierbei beim Träger b 156 kg/cm^2 .

Die Bindung des Klebemörtels mit dem Beton war einwandfrei. Da die aufnehmbaren Schubspannungen des Klebemörtels und auch seine aufnehmbaren Zugspannungen wesentlich über denen des Betons liegen, [5], sind bei der Beurteilung solcher Fugen nur die Betonspannungen maßgebend. Die Betonflächen können dabei stumpf auf stumpf, ohne besondere Profilierung, wie diese bei Zementmörtel empfohlen wird, ausgeführt werden.

Da die Klebung zwischen Beton und Stahl ebenfalls erprobt ist und einwandfrei durchgeführt werden kann — auch bei Feuchtigkeit [6] —, kann die Verdübelung zwischen Stahlträger und Betonplatte auch mit einem Kunstharzklebemörtel durchgeführt werden. In einem solchen Falle können so große Schubkräfte durch den Kleber übertragen werden, wie der anschließende Beton an Schubspannungen aufnehmen kann. Es wird sich dabei jedoch immer empfehlen, etwa die Hälfte der Verdübelung durch Kopfbolzendübel oder HV-Verschraubung aufzunehmen, schon mit Rücksicht auf die abhebenden Kräfte aus den schiefen Hauptzugspannungen. Damit ergeben sich aber

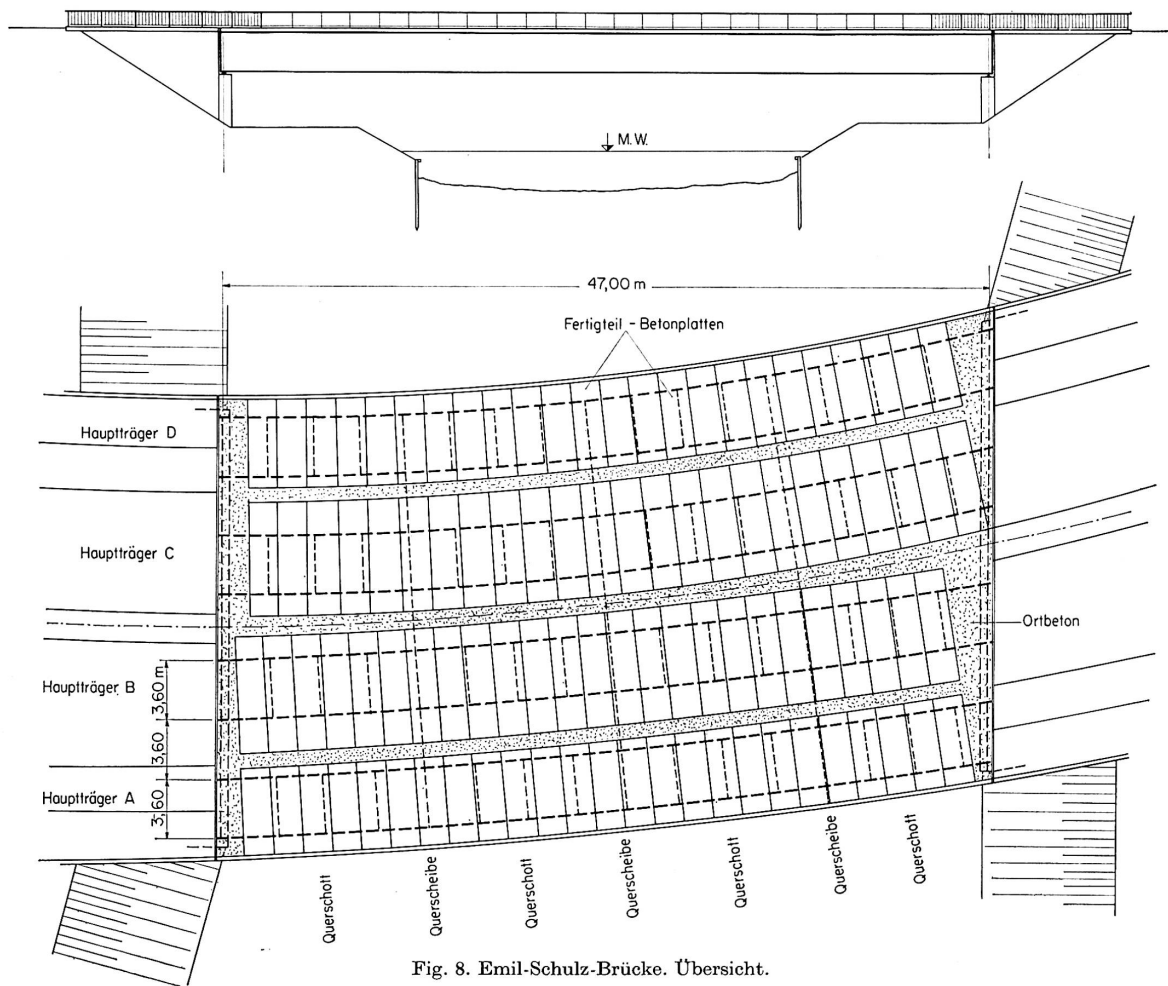


Fig. 8. Emil-Schulz-Brücke. Übersicht.

wesentlich weniger Kopfbolzendübel und auch Öffnungen in den Betonplatten, was zu wirtschaftlichen Lösungen führt. Bedenken gegen die Aufteilung der Schubkräfte auf Klebefuge und Kopfbolzendübel bestehen nicht, da es sich hierbei um eine kraftschlüssige völlig einheitliche Verbindung handelt und die Kopfbolzen — unter Beachtung der vorhandenen Sicherheiten — praktisch nur zur Erhöhung des Sicherheitsgrades vorhanden sind.

3. Praktische Anwendung auf Grund der Versuche

Die unter Abschnitt 2.1 geschilderten Versuche ermöglichen die schnelle Montage von Verbundbrücken für Stadt-Hochstraßen, Straßenüberführungen über Eisenbahnen u. a. m., da sowohl die Stahlträger als auch die Betonplatten im fertigen Zustande auf die Baustelle geliefert werden und nur eingebaut zu werden brauchen. Eine erste größere Ausführung dieser Art entsteht derzeit in West-Berlin. Es ist dies die Emil-Schulz-Brücke mit 47 m Spannweite. In Fig. 8 sind Ansicht und Grundriß mit der Austeilung der Fertigbetonplatten dargestellt. Fig. 9 zeigt einen Querschnitt mit den Fertigbetonplatten und

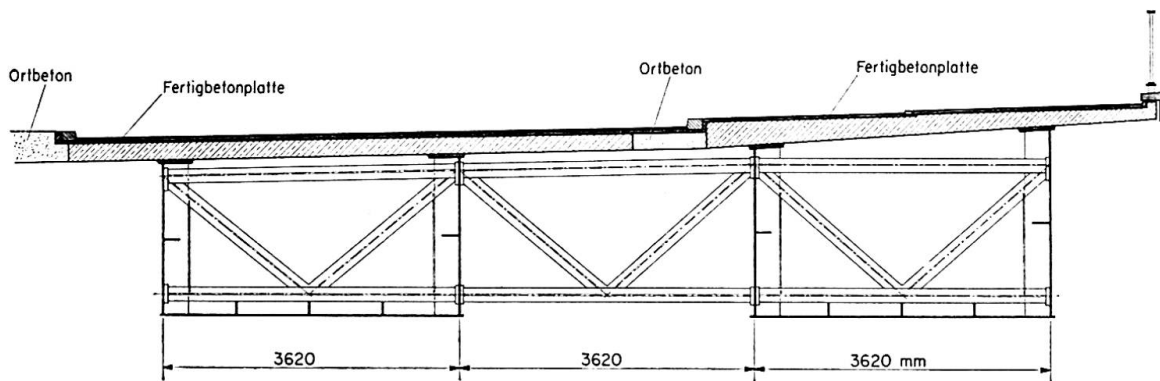


Fig. 9. Querschnitt des ersten Bauabschnittes mit Fertigbetonplatten und lastverteilendem Querverband.

einem lastverteilenden Querverband und Fig. 10 ein Detail der Verdübelung. Die Öffnungen für die Kopfbolzendübeln in den Betonplatten und die Fugen zwischen den Betonplatten werden mit einem schwindarmen Zementmörtel gefüllt. Die Querschnitte weisen dabei 2 durchlaufende Längsnuten auf. Von einem Schließen der Fugen und der Öffnungen mit einem Klebemörtel wurde abgesehen, da in den Querschnitten immer Längsdruckspannungen vorhanden sind und daher keine Veranlassung zu einer besonderen Querschnitzausbildung gegeben ist. Die Fugen zwischen Betonplatte und Stahlträger werden ebenfalls mit Zementmörtel gefüllt.

Grundsätzlich stellt die Verwendung eines Klebemörtels zwischen Stahlträger und Betonplatte — gleichgültig ob es sich um Fertigbetonplatten oder um Ortbeton handelt — eine konstruktiv einfache und wirtschaftliche Lösung dar, da die Anzahl der Verdübelungen stark reduziert werden kann.

Auf Grund der Versuche nach Abschnitt 2.2 können Betonplatten auch bei Wirkung von konzentrierten großen Einzellasten miteinander verklebt werden, so daß sie als einheitliches Ganzes wirken. Dies kann in mancher Hinsicht zu neuen Lösungen führen. Die Verwendung von Fertigbetonplatten für Verbundkonstruktionen kann auch im Hochbau zu wirtschaftlichen Lösungen führen. Auch hier kann das Schließen von Längsfugen durch Klebemörtel unter Umständen interessant werden.

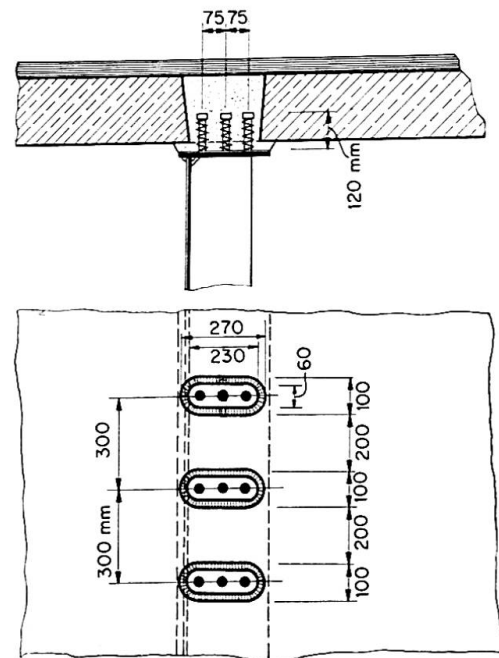


Fig. 10. Detail der Kopfbolzenverdübelung.

Ich glaube, mit obigen Unterlagen Anregungen und Grundlagen für die Weiterentwicklung von Verbundkonstruktionen gegeben zu haben und möchte abschließend Herrn Prof. Dr. techn. Tschsch, dem Vorstand der Materialprüfungsanstalt an der Grazer Technischen Hochschule — wo die Versuche durchgeführt wurden —, und seinen Herren, Doz. Dr. phil. Blümel und Doz. Dr. techn. Jaburek, für die Unterstützung und Förderung bei der Durchführung der Versuche danken, ebenso meinem Assistenten, Herrn Dipl.-Ing. Gsell, der mir bei der Vorbereitung der Versuche und Auswertung der Versuchsergebnisse wertvolle Hilfe geleistet hat.

Für die zur Verfügungstellung des Versuchsmaterials und die weitgehende Förderung der Versuche sei besonders gedankt: Herrn Dr.-Ing. Buße (Peco-Verkaufsgesellschaft, München), der Firma Waagner-Biro (Graz) und Herrn Dr. Ney (Walchstadt).

Schrifttumshinweis

1. K. SATTLER: «Betrachtungen über die Verwendung hochzugfester Schrauben bei Stahlträger-Verbundkonstruktionen.» Vorbericht IVBH 1960, S. 333.
2. K. SATTLER: «Betrachtungen über neuere Verdübelungen im Verbundbau.» Bauing. 37 (1962), S. 1 ff.

3. K. DÖRNEN und A. MEYER: «Die Ems-Brücke Hembergen in dübellosem Stahlverbund.» Stahlbau 29 (1960), S. 199ff.
4. H. KROSSE: «Hochstraßenkonstruktion in Fertigteil-Verbundbauweise.» Bauing. 36 (1961), S. 237ff.
5. K. NEY und J. POSTL: «Sinmast, ein Kunstharz für die Baustelle.» Bauing. 37 (1962), S. 441ff.
6. J. POSTL: «Klebung bei einer Verbundbrücke.» Bauing. 37 (1962), S. 390ff.

Zusammenfassung

Es wird über folgende Versuche berichtet:

Verbundträger mit Fertigbetonplatten und Kopfbolzenverdübelung; Klebung von Betonträgern zum Zwecke eines einheitlichen Zusammenwirkens.

Es wird abschließend darauf hingewiesen, wie die gewonnenen Versuchsergebnisse bei der Ausführung von Stadt-Hochstraßen und im Hochbau zweckmäßig Anwendung finden können und neue konstruktive Lösungen ermöglichen.

Summary

A report is given on the following tests:

Composite beams with prefabricated concrete slabs and stud shear connectors; bonding of concrete beams in order to render them integral.

In conclusion, some applications of the results of the tests to the design of elevated urban roads are indicated, together with new solutions of problems in structural engineering which they make possible.

Résumé

Il est rendu compte des essais suivants:

Poutres mixtes avec dalles en béton préfabriqué et goujons de liaison; collage de poutres en béton pour assurer leur solidarisation.

En conclusion, il est montré quelles applications les résultats des essais peuvent trouver et quelles solutions nouvelles ils peuvent apporter dans la réalisation de routes urbaines surélevées et de charpentes.

Leere Seite
Blank page
Page vide