

Ce dernier renforcement est en cours d'exécution en 1928.¹

Les économies réalisées grâce à ces renforcements par rapport aux remplacements sont en nombre rond:

Pour le Viaduc de La VOULTE	2 millions $\frac{1}{2}$ frs.
Pour le Viaduc de CHASSE	3 millions $\frac{1}{2}$ frs.
Pour le Viaduc sur le RHÔNE	4 millions de frs.
Pour le Viaduc sur l'ISÈRE	3 millions de frs.
Économie Totale actuelle ... 13 millions de frs.	

D'autres études de renforcement sont en cours sur le Réseau P. L. M.

Plusieurs autres études de renforcements analogues ont été faites récemment en dehors du Réseau P. L. M. par la Société d'Études pour la construction et la réparation des ouvrages métalliques „Secrom“ dont M. de BOULONGNE est Ingénieur Conseil.

Un renforcement étudié par cette Société pour un pont route de 45 mètres d'ouverture vient d'être exécuté en Angleterre.

Un autre renforcement est en exécution près de PARIS pour un pont route sur la Seine, à SAINT-OUEN, qui comporte un ouvrage à 4 arches de 31 mètres d'ouverture chacune et un ouvrage à 2 arches de 32,50 m d'ouverture chacune.

M. de BOULONGNE signale, dans les notes descriptives qu'il a écrites au sujet de ces renforcements, que les études de renforcement de ce genre exigent une grande expérience et un grand soin pour le choix de tous les détails des dispositions et que l'exécution doit être aussi très soignée.

Oberbaurat Dr. techn. e. h. FRITZ EMPERGER, Wien:

Armierungen von Bogenrippen aus Eisenbeton²

Die „aufgelöste“ Bauweise, von Gewölben in der Form von Längsrippen, ermöglicht eine Verringerung des Eigengewichtes der Konstruktion, wie sie bei großen Spannweiten erforderlich ist, und verlangt eine Armierung dieser Rippen mit der Aufgabe, bei den Formänderungen des Beton ausgleichend mitzuwirken und auch die Festigkeit zu erhöhen. Um sich über die Mitwirkung dieser Eisen klar zu werden, wurden Versuche mit Bogenquerschnitten in einem Drittel der Naturgröße ausgeführter Bogenbrücken in Angriff genommen, welche gezeigt haben, daß bei schlaffen Rundeisenbewehrungen zwei zusammenhängende Erscheinungen auftreten. Es werden einerseits die Rundeisen unter Druck in den Beton hinein ausweichen und so nur unvollkommen mitwirken, andererseits ergibt sich die Gefahr, daß der Beton durch diese Ausweichung gesprengt wird.

Der österr. Eisenbetonausschuß hat die damit zusammenhängenden Fragen zu untersuchen unternommen. Der erste Schritt galt der Wirkung der Umschnürung (Heft XI der Berichte 1927). Als zweiter Schritt wurde die Wirkung des Bügelabstandes untersucht und gefunden, daß selbst bei ganz dichten Bügeln und sogar bei Umschnürungen die schlaffen Druckarmierungen seitlich ausweichen und daher nicht voll ausnutzbar sind (siehe Bauingenieur 1928, Heft 27). In Fortsetzung dieser Arbeiten wurde die Mitwirkung der Schale beim umschnürten Querschnitt untersucht und festgestellt, daß die Umschnürung, welche die Querdehnung des

¹ Depuis septembre 1928 la Cie. P. L. M. a terminé le renforcement du Viaduc sur l'ISÈRE à Montmélian et elle procède en ce moment au renforcement du Viaduc sur le RHÔNE à Saint-Rambert d'Albon, qui comporte 5 arches de 50 m d'ouverture à 1 voie.

Les travaux sont commencés depuis Juillet 1929. (Annotation de septembre 1929.)

² Der vollständige Vortrag erschien in der Zeitschrift „Beton und Eisen“, H. 3 v. 1929.

Querschnittes vermindert zur Folge hat, daß die Schale später abspringt als beim nicht umschnürten Querschnitt. Während nun bei einer Säule nach Abfallen der Schale mittelst starken Umschnürungen eine weitere Erhöhung der Festigkeit erreichbar ist und man dies deshalb in Kauf nimmt, so kommt dies beim Bogenquerschnitt nicht in Frage, weil mit Abfallen der Schale am gedruckten Rand (Abb. 1) eine solche Verminderung

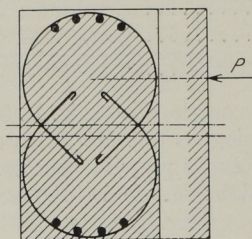


Abb. 1

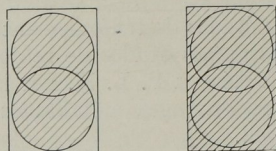


Abb. 2

des Trägheitsmomentes eintritt, daß die Festigkeit des Bogens in Frage gestellt wird. Es kommen daher im Bogenbau nur leichte Umschnürungen der Bogenquerschnitte in Frage, welche nicht zur Erhöhung der Gesamtfestigkeit dienen, sondern nur zur Sicherstellung des Zusammenhanges des gesamten Querschnittes. Diese Frage wurde zunächst in der Weise behandelt, daß man umschnürte Querschnitte ohne Längsarmierung (Abb. 2) untersucht hat und bei einer steigenden Betonfestigkeit jene Umschnürung ermittelt hat, welche den Zusammenhalt des ganzen Querschnittes bis zum Bruch zur Folge hat.

Es ergab sich die weitere Aufgabe, jene Form der beiden Armaturen zu ermitteln, durch welche

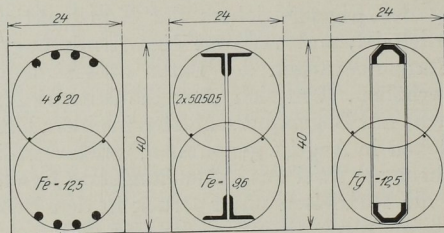


Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5

Bewehrung mit	St 37	Si St	St 37	Si St	Gußeisen
Bruchlast in t	222	210	237	270	269

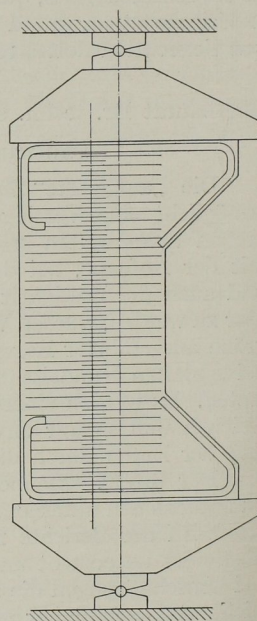


Abb. 6

auch die Mitwirkung der Längseisen sichergestellt erscheint. Dies geschah durch die in den Abb. 3 bis 5 dargestellten Versuche, bei denen man von der gewöhnlichen Verbügelung als dazu untauglich abgesehen und nunmehr Umschnürungen angewendet hat. Die Versuche wurden mit Längseisen von zweierlei Stahl ausgeführt, um zu ermitteln, ob sich der Unterschied in der Stahlqualität in der Bruchlast Geltung verschafft. Nachdem die Abmessungen soweit gleiche

sind, so geben die unter den Abb. 3 bis 5 angeschriebenen Bruchlasten bereits eine Übersicht über das erzielte Ergebnis. Wir sehen, daß bei der Rundeisenarmierung mit St. 37 (Fließgrenze bei 2100 kg/qcm) die Bruchlast 222 t, bei St. 48 (Fließgrenze bei 3000 kg/qcm) aber 210 t betragen hat, so zwar, daß das bessere Eisen eine geringe Bruchlast ergab. Es ist dies ein Beweis der Unzuverlässigkeit der Rundeisenarmierung, welche selbst durch die Umschnürung nicht ganz aufgehoben wird, weil die Rundeisen längst der Umschnürung ausweichen. Bei den Versuchen mit knicksteifen Querschnitten (Abb. 4), die etwas kleiner waren wie die Rundeisen, erhalten wir mit St. 37 eine Bruchlast von 237 t und mit St. 48 eine solche von 270 t. Der Zuwachs an Festigkeit entspricht hinreichend genau dem Qualitätsunterschied im Stahl. Die Abb. 5 zeigt auch einen Versuch mit Gußeisen und 269 t Bruchlast.

Die Versuche mit exzentrischen Lasten haben die Ergebnisse mit zentrischen Lasten bestätigt, wobei sich bekanntlich die Randspannung auf Biegung des Betons erhöht, abhängig von der Form des Querschnittes und der Größe der Exzentrizität. Um diese Variation auszuschneiden, wurden alle Versuche mit der gleichen Exzentrizität von 8 cm ausgeführt (Abb. 6), entsprechend der maximalen Ausweichung beim Bogen. Zur Kennzeichnung der Steigerung der Biegungsspannung auf Druck

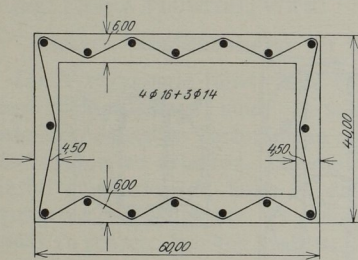


Abb. 7

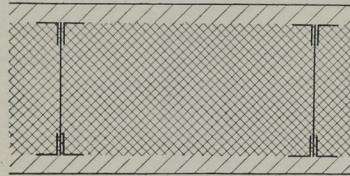


Abb. 8

dienen die folgenden Zahlen. Wenn wir annehmen, daß die Druckfestigkeit am Rande des Betons gleich seiner zentrischen Eigenfestigkeit wäre, so müßte durch diese Exzentrizität von 8 cm bereits ein Abfall von $1/2,2 = 0,48$ eintreten. Wenn wir weiterhin annehmen, daß beim Bruch die Schale abfällt, so müßte dieser Abfall sich auf $1/2,74 = 0,37$, also auf $3/4$ wie vorangehend erniedrigen. Bei unseren Versuchen mit gewöhnlichem Beton ergab sich aber anstatt der erwarteten Verminderung von 93 t zentrisch auf 45 t exzentrisch eine Bruchlast von 74 t, eine Erhöhung von 64%. Bei Versuchen mit umschnürtem Körper ohne Längsarmierung hätte also noch ein größerer Abfall wegen des Abbrechens der Schalen stattfinden sollen. Dagegen ergab sich anstatt dem rechnermäßigen Abfall von 118 t auf 54 t eine Erhöhung der Bruchlast auf 110 t, also eine noch viel größere Erhöhung von 104%, also um 40% mehr anstatt um 23% weniger als ohne Umschnürung. Unsere Anschauungen verlangen also noch eine Richtigstellung über die Wirkung der Umschnürung bei exzentrischem Druck. Ähnliche Ergebnisse zeigten die exzentrischen Versuche mit Längsarmierung. Obwohl der Umfang der Versuche ein für die Größe der Aufgabe kleiner genannt werden muß, so lassen sich doch bereits einige Gesichtspunkte als hinreichend geklärt bezeichnen.

1. Eine leichte Umschnürung der Bogenrippen erlaubt ihre Tragkraft soweit sicherzustellen, daß wir der Rechnung den gesamten Betonquerschnitt mit der Schale zugrunde legen können.

2. Die Umschnürung ermöglicht eine volle Ausnutzung der Tragkraft steifer Profile als Längseisen.

3. Es erscheint insbesondere möglich, auf diese Weise die Druckfestigkeit vom hochwertigen Stahl auszunützen.

Durch diese Regel wird ein Bindeglied zwischen dem reinen Eisenbau und dem gewöhnlichen Eisenbeton geschaffen, und kommt insbesondere bei weiten Spannweiten der Gebrauch von steifen Armierungen in Frage, welche auch zur Ersparung der Rüstungen herangezogen werden können.

Bei den neueren Bogenbrücken wurden zwei Wege eingeschlagen, um einen tragfähigen Querschnitt bei weiterer Verminderung des Eigengewichtes der Bogenrippen zu erzielen. Die eine besonders in Frankreich ausgebildete Form bestand in einer Ausdehnung in der Mitte des Bogenquerschnittes, sei es als Kastenform oder Fachwerk. Seine leichte Armatur spielt bei der Beurteilung der Tragfähigkeit dieser Bögen keine Rolle, es wäre denn, daß sie durch eine vorzeitige Sprengung die Wirkung des Querschnittes herabmindert. Einen Parallelversuch dieser Art zu Abb. 3 zeigt Abb. 7. Mangels ausführlicher Versuche auf diesem Gebiete sei erwähnt, daß manche dieser Kastenwände zu schlank dimensioniert sind, um eine verlässliche statische Mitarbeit erwarten zu lassen. Der andere eingeschlagene Weg bedient sich einer kräftigen Längsarmierung. Um ihre Zusammenarbeit mit der Betonhülle sicherzustellen, genügt der gewöhnliche Eisenbeton nicht. Ein im

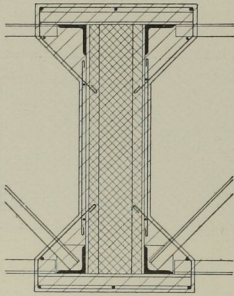


Abb. 9

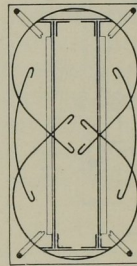


Abb. 10

Heft III der Berichte des österr. Eisenbetonausschusses ausgeführter Versuch zeigt, daß eine Gußeisensäule von 209 t Tragfähigkeit durch eine Umschnürung auf 267 bzw. 233 t erhöht werden kann, daß aber eine Ummantelung in Eisenbeton bei Gußeisen sogar einen Verlust an Tragfähigkeit bis 143 t bedeutet. Bei dieser Last wird der Zusammenhang der beiden Baustoffe gestört, die Last plötzlich auf das Gußeisen übertragen und so vorzeitig zum Bruch gebracht, wie dies bei dem spröden Baustoff verständlich ist, der durch die Umschnürung ebenso wie der Beton die Sprödigkeit verliert. An der Hand dieser Versuche wird an ausgeführten Verstärkungen von Gußeisenbrücken gezeigt, wie man diesbezüglich vorgehen soll und welche Fehler gemacht wurden. Doch selbst wenn eine solche Verminderung nicht eintritt, so ist zu bedenken, daß die rechnerische Einbeziehung von Eisenbetonhüllen aus gewöhnlichem Eisenbeton etwas sehr Fragwürdiges ist. Es scheint dies insbesondere, wenn diese Methode bei Neubauten angewendet wird, wobei man sich der unberechtigten Bezeichnung bedient, diese Anwendung als System „Melan“ anzusprechen. Die von Prof. MELAN vorgeschlagene Anwendung zeigt Abb. 8. Der zwischen den Flanschen eines I-Trägers eingeschlossene Betonbogen zeigt eine hinreichende Zusammenarbeit bis zum Bruch. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Abwendungen in Abb. 9, bei welchen höchstens der zwischen den Eisenträgern eingeschlossene Teil des Betons dauernd als mittragend anzunehmen ist. Vorsichtigerweise sollte man für die Bruchlast nur die Tragfähigkeit der Eisen-

träger allein in Betracht ziehen. Beim Versagen des Betons und bei den heute üblichen geringen Sicherheiten ergibt sich da ein bedenklicher Festigkeitsabfall. Zur Bestimmung der Sicherheit sollte man die zulässig erklärte Last bezogen auf die ganze Betonhülle mit der Bruchlast vergleichen, bei welcher die Betonhülle nicht mitwirkt.

Um die Mitwirkung der schweren Eisenquerschnitte zu sichern, bedarf es einer Umschnürung, mittels welcher der Beton in verlässlicher Weise (Abb. 10) an die Eisenträger befestigt ist, durch welche die Querverbindung des Betons vermindert und die Ausquickung der Eisen hintangehalten erscheint. Diese Zusammenarbeit zwischen Eisenträgerwerk und Betonquerschnitt wurde durch eine große Anzahl von zentrischen und exzentrischen Versuchen ermittelt. Die Umschnürung hat dabei keinesfalls die im Säulenbau übliche Aufgabe, die Festigkeit des Betons zu erhöhen, sie soll einerseits die Tragkraft und Rißfreiheit des Betons, andererseits die Mitarbeit der Längseisen aus hochwertigem Stahl gewährleisten. Es erscheint damit der Weg angegeben, wie man in verlässlicher Weise die Zusammenarbeit der beiden Bogenbaustoffe, Stahl und Beton, bis zum Bruch bei voller Ausnutzung ihrer Druckfestigkeiten erreichen kann.

Dr. Ing. FRANZ VISINTINI, Wien:

Neuere Ausführungen im Eisenbetonfachwerk „System Visintini“

Der Vortragende führte eine größere Anzahl Bilder von Brücken vor, die nach seinem System gebaut sind. In seinen einleitenden Worten sprach er davon, daß gerade der deutsche Techniker in der Nachkriegszeit bestrebt sein mußte, möglichst wirtschaftlich zu arbeiten. Obwohl bereits das Fachwerk den Mindestaufwand an Material gewährleistet, habe er die gezogenen Füllstäbe und besonders die Zuggurturen noch schlanker als üblich gehalten, um an Masse und damit an Eigengewicht zu sparen. Freilich mußten dafür eine erhöhte Betonzugspannung und für das bewaffnete Auge wahrnehmbare Risse in Kauf genommen werden. Letzterem Nachteil werde aber nach völligem Erhärten des Betons und nach stattgehabter Belastungsprobe wirksam durch Verkieselung der Betonoberfläche entgegengetreten.

Dr. VISINTINI führte weiter aus, daß sich bei Brücken größerer Spannweite als günstigste Hauptträgerform beim Eisenbetonfachwerk der Parabelträger erwiesen habe. Für die Parabel habe er nach vergleichsweiser Untersuchung mehrerer hundert Parabelträgerformen die wirtschaftlichste theoretische Höhe errechnet, welche sich als Funktion der Spannweite ergibt, vermehrt um eine Konstante, die jeweilig gleich der Querträgerhöhe ist. Die Formel für flach verlaufende Parabeln lautet $h = 0,15 l + h$ und für steilere $0,16 l + h$.

Der Vortragende zog in seinen weiteren Ausführungen einen Vergleich zwischen dem Eisenbetontragwerk und dem eisernen Tragwerk. Ersteres überrage, abgesehen von allzugroßen Spannweiten, bei Brücken in bezug auf Seitensteifigkeit, geringere Durchbiegung und absolute Tragfähigkeit. Besonders die absolute Tragfähigkeit werde immer zu wenig berücksichtigt. Ein Tragwerk soll theoretisch bis zum Bruch $3g + 4p$, d. i. 3faches Eigengewicht + 4fache Nutzlast tragen, wobei meistens zu ungunsten des Eisenbetons vergessen werde, daß der erste Summand bei Eisenbeton je nach Spannweite und Breite des Brückenobjektes, gegenüber einem eisernen Tragwerk gleicher Hauptabmessungen, ein bedeutend größerer ist.

Ausführungen nach System VISINTINI¹ finden sich außer in Österreich auch in Deutschland, Amerika und Rußland; vor dem Kriege wurden solche Brücken auch von der Kolonialregierung in Deutsch-Ostafrika mit Erfolg eingeführt.

¹ Abbildungen mehrerer dieser Ausführungen (Straßenbrücken) finden sich in einem in „Bauingenieur“, H. 9/10 d. J. erschienenen Aufsätze.