

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 431/2017
(22) Anmeldetag: 07.11.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(51) Int. Cl.: **E01D 2/04** (2006.01)

(73) Patentinhaber:
Kollegger Johann Prof. Dr.-Ing.
3400 Klosterneuburg (AT)

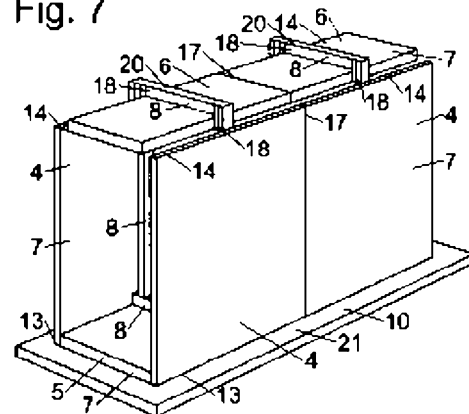
(72) Erfinder:
Kollegger Johann Prof. Dr.-Ing.
3400 Klosterneuburg (AT)
Fasching Stephan Dipl.Ing.
1100 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Brückenträgers einer Spannbetonbrücke**

(57) Das Verfahren zur Herstellung eines vorgespannten, statisch unbestimmt gelagerten Brückenträgers (1) mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten (3) umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Herstellen eines ersten Segments (3) aus Platten aus bewehrtem Beton, wobei die Platten (7) Rippen (8) aufweisen, die normal zur Mittelebene der Platten (7) ausgebildet werden;
- Herstellen von mindestens einem Querrahmen (20) in dem ersten Segment (3) durch die kraftschlüssige und biegesteife Verbindung der Rippen (8);
- Herstellen von weiteren Segmenten (3) in der gleichen Weise;
- Bewegen der Segmente zu einem Einbauort (11);
- Zusammenfügen der Segmente (3) zu einem Brückenträger (1);
- Bringen des Brückenträgers (1) in die endgültige Lage (12) und
- Aufbringen von Schichten (9) aus bewehrtem Beton auf die Platten (7) der Segmente (3).

Fig. 7



Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BRÜCKENTRÄGERS EINER SPANNBETONBRÜCKE

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Brückenträgers einer Spannbetonbrücke sowie nach diesem Verfahren hergestellte Brückenträger.

[0002] Brücken aus Spannbeton wurden in der Regel mit den endgültigen Betonquerschnitten hergestellt.

[0003] Die Errichtung von Brücken aus Ortbeton nach dem Freivorbauverfahren ist in der US 2,963,764 beschrieben. Der Brückenträger wird ausgehend von einem Pfeiler nach beiden Seiten in Abschnitten hergestellt. Üblicherweise werden in einer Woche zwei Abschnitte mit den endgültigen Querschnittsabmessungen betoniert.

[0004] Die Errichtung einer Brücke mit vorgefertigten Segmenten aus Stahlbeton ist in der US 5,577,284 beschrieben. Die trogförmigen Segmente weisen die endgültigen Querschnittsabmessungen auf und werden mit einem Kran auf Verlegeträgern platziert. Wenn alle trogförmigen Segmente montiert sind, werden Spannglieder innerhalb des Betonquerschnitts der Segmente eingebaut und angespannt. Das Anspannen der Spannglieder bewirkt, dass aus den einzelnen Segmenten ein tragfähiger Brückenträger gebildet wird.

[0005] Die Errichtung einer Brücke aus vorgefertigten Segmenten, die aus Platten aus ultrahochfestem Beton hergestellt werden, ist in der CN 205152771 U beschrieben. Zur Herstellung eines Segments werden zwei Wandplatten, die Bodenplatte und die Deckplatte in den Ecken des Segments mit Ortbeton miteinander verbunden. Nach dem Zusammenfügen der Segmente werden in den Segmentfugen innerhalb des Hohlkastens liegende Rahmenkonstruktionen ausgebildet. Der Brückenträger weist ein niedriges Eigengewicht auf, weil die Wandplatten aus ultrahochfestem Beton bestehen und deshalb sehr dünn ausgeführt werden können. Nachteilig bei der in der CN 205152771 U beschriebenen Bauweise ist, dass der Brückenträger als Einfeldträger ausgebildet wird und dass der Brückenträger mit den endgültigen Querschnittsabmessungen hergestellt wird. Bei der CN 205152771 U werden Querrahmen in den Segmentfugen ausgebildet. Das bedingt ein Herstellen der Querrahmen nach dem Zusammenfügen der Segmente zu einem Brückenträger. Diese Vorgangsweise ist aufwändiger als eine Herstellung der Rahmen bei der Herstellung der Segmente und stellt somit einen weiteren Nachteil der CN 205152771 U dar.

[0006] Nachteilig bei der Errichtung einer Brücke mit den endgültigen Querschnittsabmessungen ist, dass in den Bauzuständen bereits das gesamte Eigengewicht des Brückenträgers wirkt. Dies kann dazu führen, dass die Querschnittsabmessungen des endgültigen Brückenbauwerks auf Grund der Beanspruchungen in den Bauzuständen gewählt werden müssen. Nachteilig kann auch sein, dass die Unterstützungen des Brückenträgers im Bauzustand für das gesamte Eigengewicht des Brückenträgers ausgelegt werden müssen.

[0007] Um das Eigengewicht des Brückenträgers im Bauzustand zu reduzieren, sind auch Baumethoden für Brücken entwickelt worden, bei denen nach der Herstellung des Brückenträgers eine Querschnittsergänzung mit Ortbeton ausgeführt wird.

[0008] Die Errichtung einer Brücke aus dünnwandigen Fertigteilträgern mit trogförmigem Querschnitt ist in der Veröffentlichung „Building bridges using the balanced lift method“ von Johann Kollegger et. al. in der Zeitschrift „Structural Concrete“, Vol. 15, 2014, Seiten 281-291 beschrieben. Der trogförmige Querschnitt besteht aus zwei Wandplatten und einer Bodenplatte. In der Nähe der oberen Ränder der Wandplatten sind an den in den Wandplatten angeordneten Gitterträgern Bewehrungsstäbe angeschweißt. Die Verbindung der Wandplatten durch die Bewehrungsstäbe trägt zu einer Aussteifung des trogförmigen Querschnitts bei. Zusätzlich ist auf diesen Bewehrungsstäben ein Verband, der ebenfalls aus Bewehrungsstäben besteht, angeschweißt. Die dünnwandigen Fertigteilträger werden gemäß dem in der DE 10 2006 039551

beschriebenen Bauverfahren in vertikaler Lage montiert und durch einen Klappvorgang in eine horizontale Lage gebracht. Anschließend wird ein Füllbeton in die Fertigteilträger mit trogförmigem Querschnitt eingebracht und die Fahrbahnplatte wird mit einem Verbundschalwagen hergestellt.

[0009] Ein Träger mit trogförmigem Querschnitt wird auch in der Fig. 13 der WO 2016 037 864 gezeigt. Die Wandplatten des Trägers werden durch die beiden Platten einer Doppelwand gebildet. In der Nähe der oberen Ränder der Wandplatte ist ein Verbindungselement, das aus einem Stahlprofil mit winkelförmigen Querschnitt besteht, angeordnet. Dieses Verbindungselement dient zur Aufnahme des Betonierdrucks beim Einbringen des Füllbetons in den aus dünnwandigen Platten bestehenden Träger. Darüber hinaus dient dieses Verbindungselement zur Aussteifung des trogförmigen Querschnitts während der Transport- und Montagevorgänge.

[0010] Kastenförmige Querschnitte sind viel besser zur Aufnahme von Biege- und Torsionsbeanspruchungen geeignet als trogförmige Querschnitte. Deshalb wird in der Fig. 14 der WO 2016 037 864 auch ein kastenförmiger Querschnitt gezeigt, der zwei Stege aus Doppelwänden, eine Bodenplatte und eine Deckplatte aufweist. Eine Biegebeanspruchung infolge Eigengewicht kann von diesem kastenförmigen Querschnitt viel besser aufgenommen werden, als von einem trogförmigen Querschnitt. Nachteilig bei dem in Fig. 14 der WO 2016 037 864 gezeigten Querschnitt ist, dass die Stege aus vier Wandplatten gebildet werden. Das führt dazu, dass ein hoher Anteil des Querschnitts in der Nähe des Schwerpunkts angeordnet ist. Der Trägheitsradius des Querschnitts, der mit der Quadratwurzel des Quotienten aus dem Trägheitsmoment um die horizontale Schwerachse und der Fläche berechnet wird, weist deshalb keinen optimalen Wert auf.

[0011] Weitere Beispiele von Segmentbrücken bei denen eine Querschnittsergänzung in der endgültigen Lage erfolgt sind in der KR 10140525 B1, in der JP 20061159730 A und in der JP 2005023684 A beschrieben. Die KR 10140525 B1 zeigt ein Verfahren, bei dem durch die Verbindung von vorgefertigten Wandelementen ein Segment mit trogförmigem Querschnitt auf einem Montageplatz gebildet wird. Die einzelnen Segmente werden mit zwei Endblöcken, die die Spanngliedverankerungen enthalten, und Querrahmen in den Segmentfugen zu einem Einfeldträger zusammengefügt. In der endgültigen Lage erfolgt die Querschnittsergänzung durch das Herstellen einer Deckplatte aus einer Fertigteilplatte mit einer Aufbetonschicht.

[0012] Die JP 20061159730 A zeigt ein Verfahren bei dem zur Herstellung eines Segments zwei Wandplatten aufgestellt werden, eine Bodenplatte aus bewehrtem Beton zwischen den unteren Rändern der Wandplatte ausgebildet wird und die oberen Ränder der Wandplatten durch einen Querträger verbunden werden. Nach dem Zusammenfügen der Segmente zu einem Brückenträger wird in der endgültigen Lage eine Deckplatte aus bewehrtem Beton ausgebildet.

[0013] Die JP 2005023684 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer Brücke mit dem Taktschiebeverfahren. Auf einem Montageplatz werden in jedem Bauabschnitt zuerst die Bodenplatte, anschließend die Wandplatten, dann Querrahmen mit schrägen Druckstreben und abschließend der zwischen den Wandplatten angeordnete Teil der Deckplatte hergestellt. Nach der Erhärtung des Betons in dem zuletzt hergestellten Segment wird der ganze Brückenkörper in Längsrichtung so weit verschoben, dass der Montageplatz zur Herstellung des nächsten Segments frei wird. Nach dem Verschieben des gesamten Brückenträgers in die endgültige Lage werden die auskragenden Teile der Deckplatten auf den auskragenden Teilen der Querrahmen hergestellt.

[0014] Nachteilig bei dem in der KR 10140525 B1, in der JP 2006169730 und in der JP 2005023684 beschriebenen Verfahren ist, dass nur ein geringer Teil des gesamten Querschnitts durch die Ortbetonergänzung in der endgültigen Lage des Brückenträgers hergestellt wird.

[0015] Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen statisch unbestimmt gelagerten Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt zu schaffen, bei dem das Verhältnis

von dem Gewicht des Brückenträgers im Bauzustand zu dem Gewicht des Brückenträgers im Endzustand kleiner ist als bei den bekannten Ausführungsformen.

[0016] Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch das Bereitstellen eines Verfahrens zur Herstellung eines Brückenträgers gemäß Anspruch 1 sowie durch nach diesem Verfahren hergestellte Brücken gemäß Anspruch 21. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

[0017] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines vorgespannten, statisch unbestimmt gelagerten Brückenträgers mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten ist dadurch gekennzeichnet, dass

[0018] - zur Herstellung eines Segments mindestens zwei Wandplatten, die in einem Schnitt durch die Mittelebene eine vorzugsweise rechteckige Form aufweisen, aus bewehrtem Beton hergestellt werden,

[0019] - jede Wandplatte mit mindestens einer Rippe, die im Wesentlichen normal zu der Mittelebene der Wandplatte ausgebildet wird, kraftschlüssig verbunden wird,

[0020] - die mindestens zwei Wandplatten auf einem Montageplatz so aufgestellt werden, dass sie in einer Schnittebene normal zur Längsachse des Segments zueinander beabstandet sind und dass die Rippen in Schnittebenen angeordnet sind, die mit der Längsachse des Segments einen Winkel α zwischen 45° und 135° , vorzugsweise 90° , einschließen.

[0021] - eine Bodenplatte aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe, die mit der Bodenplatte kraftschlüssig verbunden wird, zwischen den unteren Rändern der Wandplatten ausgebildet wird, wobei die mindestens eine Rippe in der Bodenplatte so angeordnet wird, dass die mindestens eine Rippe der Bodenplatte und die Rippen der Wandplatten in einer Ebene liegen,

[0022] - die Wandplatten mit der Bodenplatte durch ein Verbinden der in den Wandplatten angeordneten Rippen mit der mindestens einen in der Bodenplatte angeordneten Rippe kraftschlüssig und biegesteif verbunden werden;

[0023] - eine Deckplatte aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe, die mit der Deckplatte kraftschlüssig verbunden wird, zwischen den oberen Rändern der Wandplatten ausgebildet wird, wobei die mindestens eine Rippe in der Deckplatte so angeordnet wird, dass die mindestens eine Rippe der Deckplatte und die Rippen der Wandplatten in einer Ebene liegen;

[0024] - die Wandplatten mit der Deckplatte durch einen Verbinder der in den Wandplatten angeordneten Rippen mit der mindestens einen in der Deckplatte angeordneten Rippe kraftschlüssig und biegesteif verbunden werden und durch diese Verbindung mindestens ein Querrahmen gebildet wird;

[0025] - mindestens ein weiteres Segment in der gleichen Weise hergestellt wird;

[0026] - die mindestens zwei Segmente zu einem Einbauort bewegt werden;

[0027] - die mindestens zwei Segmente an dem Einbauort zu einem Brückenträger zusammengefügt werden;

[0028] - der Brückenträger in die endgültige Lage gebracht wird und

[0029] - in der endgültigen Lage des Brückenträgers in mindestens einem Segment auf mindestens zwei Platten, vorzugsweise auf allen Platten, vorzugsweise in allen Segmenten, eine Schicht aus bewehrtem Beton aufgebracht wird.

[0030] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Brückenträger hergestellt werden, die im Bauzustand ein viel geringeres Gewicht als im Endzustand aufweisen. Das erfindungsgemäße Bauverfahren ist besonders vorteilhaft, wenn der Verlauf der Biegemomente im Brückenträger im Bauzustand während der Herstellung des Brückenträgers sich von dem Verlauf der Biege-

momente im Endzustand unterscheidet, wie dies zum Beispiel beim Taktschiebverfahren oder beim Brückenklappverfahren der Fall ist. Ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Brückenträger kann zum Beispiel im Bauzustand ein Gewicht aufweisen, das nur ein Fünftel des Gewichtes des Brückenträgers im Endzustand beträgt. Dadurch werden wesentliche Einsparungen bei der Anzahl der Spannglieder und bei Unterstützungen im Bauzustand ermöglicht.

[0031] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Segmente an dem Einbauort zu Teilstücken eines Brückenträgers zusammengefügt. Anschließend werden die Teilstücke des Brückenträgers in die endgültige Lage gebracht und miteinander verbunden. Das geringe Gewicht der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Segmente ist besonders vorteilhaft bei den Transport,- Hebe- und Montagevorgängen am Einbauort und bei den Bauvorgängen, die erforderlich sind, um den Brückenträger in die endgültige Lage zu bringen.

[0032] Bei der Herstellung der Segmente kann es vorteilhaft sein, die unteren Ränder der Wandplatten mit der Bodenplatte kraftschlüssig zu verbinden. Dadurch wird eine Übertragung von Schubkräften zwischen den Platten entlang der kraftschlüssig verbundenen Kanten ermöglicht.

[0033] Bei der Herstellung der Segmente kann es vorteilhaft sein, die oberen Ränder der Wandplatten mit der Deckplatte kraftschlüssig zu verbinden. Dadurch wird eine Übertragung von Schubkräften zwischen den Platten entlang der kraftschlüssig verbundenen Kanten ermöglicht.

[0034] Das Zusammenfügen der Segmente zu einem Brückenträger oder zu einem Teilstück eines Brückenträgers kann vorteilhaft durch das Anspannen von in Längsrichtung der Segmente angeordneten Spanngliedern erfolgen. Es wird besonders vorteilhaft sein, wenn mehr als zwei Segmente durch das Anspannen von Spanngliedern zusammengefügt werden.

[0035] Es wurde bereits erläutert, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren das Gewicht des Brückenträgers im Bauzustand viel geringer ist als im Endzustand. In der endgültigen Lage des Brückenträgers können Schichten aus bewehrtem Beton auf die Bodenplatten und/oder die Wandplatten und/oder die Deckplatten der Segmente aufgebracht werden, um die Fläche, das Trägheitsmoment und das Widerstandsmoment des Brückenträgers zu vergrößern. Durch diese Querschnittsergänzung werden die statischen Eigenschaften des Brückenträgers in der endgültigen Lage verbessert und er wird dadurch in die Lage versetzt Lasten aus Verkehr abzutragen.

[0036] Besonders vorteilhaft wird es sein, wenn die Schichten aus bewehrtem Beton auf die Oberseite der Bodenplatten und den Oberseiten der Deckplatten der Segmente aufgebracht werden. Die Schichten aus bewehrtem Beton können vorteilhaft auf der Innenseite oder der Außenseite der Wandplatten der Segmente aufgebracht werden. Vorteilhaft werden die Wandplatten im Match-Cast-Verfahren vorgefertigt und/oder die Bodenplatte und die Deckplatte bei der Herstellung eines Segments im Match-Cast-Verfahren betoniert.

[0037] Vorteilhaft werden die Fugen zwischen den Segmenten bei dem Zusammenfügen der Segmente als Vergussfugen mit einer Breite von 1mm bis 100mm, vorzugsweise 10 bis 30mm, hergestellt.

[0038] Vorteilhaft werden die Stirnseiten der Segmente gefräst und die Fugen zwischen den Segmenten bei dem Zusammenfügen der Segmente als trockene Fugen hergestellt.

[0039] Vorteilhaft werden mindestens zwei Platten eines Segments, vorzugsweise alle Platten eines Segments mit einer Dicke zwischen 25mm und 250mm, vorzugsweise 50mm bis 150mm, hergestellt.

[0040] Um Brückenträger mit veränderlicher Höhe oder veränderlicher Breite zu schaffen werden die Segmente so hergestellt, dass die Höhe und/oder die Breite innerhalb der Segmente veränderlich ist. Die Herstellung von Segmenten mit veränderlicher Höhe erfordert die Herstellung von Wandplatten, die in der Ansicht eine trapezförmige Form aufweisen.

[0041] Vorteilhaft werden die Rippen aus T-förmigen Stahlträgern hergestellt und die Stege der T-förmigen Stahlträger beim Betonieren der Platten teilweise in den Beton eingebettet.

[0042] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die T-förmigen Stahlträger mit Stegen aus Trapezblech oder Wellblech hergestellt.

[0043] Vorteilhaft werden in den Stegen der T-förmigen Stahlträger Aussparungen, die sich bis zu den Stegkanten, die nicht mit dem Flansch verbunden sind, erstrecken, angeordnet.

[0044] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Rippen aus Fachwerkträgern aus Stahl hergestellt und die Untergurte der Fachwerkträger beim Betonieren der Platten in den Beton eingebettet.

[0045] Um die Kosten für die Herstellung der Rippen aus Stahl einzusparen kann es vorteilhaft sein, die Rippen aus bewehrtem Beton herzustellen.

[0046] Um den Bauprozess zu beschleunigen, kann es vorteilhaft sein die in den Schichten aus bewehrtem Beton angeordnete Bewehrung zumindest teilweise, im Idealfall vollständig, am Montageplatz und/oder dem Einbauort zu verlegen. Vorteilhaft wird der Großteil dieser Bewehrung am Montageplatz verlegt und am Einbauort wird diese Bewehrung durch eine Zulagebewehrung an den Segmentfugen ergänzt.

[0047] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die Querrahmen einen Abstand zueinander auf, der mindestens 0,5m und höchstens 10m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0m und 3,0m liegt.

[0048] Ein erfindungsgemäßer, vorgespannter, statisch unbestimmt gelagerter Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brückenträger Querrahmen aufweist, wobei die Querrahmen einen Abstand voneinander aufweisen, der mindestens 0,5m und höchstens 10,0m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0m und 3,0m liegt.

[0049] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen jeweils in schematischen Darstellungen:

[0050] Fig. 1 einen Schnitt durch einen Brückenträger mit trogförmigem Querschnitt, die Spannungen infolge Eigengewicht und die Spannungen infolge einer Kombination von Eigengewicht und Vorspannung;

[0051] Fig. 2 einen Schnitt durch einen Brückenträger, dessen Stege durch Doppelwände gebildet werden, die Spannungen infolge Eigengewicht und die Spannungen infolge einer Kombination von Eigengewicht und Vorspannung;

[0052] Fig. 3 einen Schnitt durch einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Brückenträger, die Spannungen infolge Eigengewicht und die Spannungen infolge einer Kombination von Eigengewicht und Vorspannung;

[0053] Fig. 4 eine Ansicht von zwei Wandplatten gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0054] Fig. 5 eine Ansicht von vier Wandplatten gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0055] Fig. 6 eine Ansicht von vier Wandplatten und einer Bodenplatte einer erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0056] Fig. 7 eine Ansicht eines Segments gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0057] Fig. 8 eine Ansicht während des Einschlebens eines Brückenträgers einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

- [0058] Fig. 9 eine Ansicht nach dem Einschieben des Brückenträgers einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- [0059] Fig. 10 einen Schnitt längs der Linie X-X der Fig. 8 und der Fig. 9;
- [0060] Fig. 11 einen Schnitt entsprechend der Fig. 10 nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte;
- [0061] Fig. 12 einen Schnitt entsprechend der Fig. 11 nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Deckplatte;
- [0062] Fig. 13 einen Schnitt entsprechend der Fig. 12 nach dem Aufbringen von Schichten aus bewehrtem Beton auf den Wandplatten;
- [0063] Fig. 14 einen Schnitt entsprechend der Fig. 13 nach der Montage der Druckstreben und der Herstellung der Kragplatten;
- [0064] Fig. 15 eine Ansicht während der Herstellung von Teilstücken eines Brückenträgers gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- [0065] Fig. 16 einen Schnitt längs der Linie XVI-XVI der Fig. 15;
- [0066] Fig. 17 das Detail A der Fig. 16;
- [0067] Fig. 18 das Detail B der Fig. 16;
- [0068] Fig. 19 ein der Fig. 17 entsprechendes Detail nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte und nach der Montage von Fertigteilplatten;
- [0069] Fig. 20 einen Schnitt längs der Linie XX-XX der Fig. 19;
- [0070] Fig. 21 eine Ansicht während der Herstellung eines Segments gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- [0071] Fig. 22 eine Ansicht während der Montage eines Teilstücks eines Brückenträgers gemäß der dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- [0072] Fig. 23 einen Schnitt durch einen Brückenträger nach dem Aufbringen von Schichten aus bewehrtem Beton;
- [0073] Fig. 24 einen Schnitt gemäß der Linie XXIV-XXIV der Fig. 22;
- [0074] Fig. 25 einen Schnitt gemäß der Linie XXV-XXV der Fig. 23;
- [0075] Fig. 26 eine Ansicht während der Herstellung eines Segments gemäß einer vierten erfindungsgemäßen Ausführungsform und
- [0076] Fig. 27 einen Schnitt während der Herstellung eines Brückenträgers gemäß der vierten erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0077] Im Folgenden wird zunächst auf die Fig. 1 bis Fig. 3 Bezug genommen, in denen das statische Tragverhalten von unterschiedlichen Querschnitten für einen Brückenträger 1 untersucht wird. Die drei in den Fig. 1 bis Fig. 3 dargestellten Querschnitte weisen eine Höhe von 2,0m und eine Breite von 1,0m auf.

[0078] Fig. 1 zeigt einen trogförmigen Querschnitt eines Brückenträgers 1, entsprechend der Darstellung in der Fig. 13 in der WO 2016 037 864. Die Dicke der Wandplatten 4 beträgt 50mm. Die Dicke der Bodenplatte 5 ist gleich 200mm. Die Fläche dieses Querschnitts beträgt $0,380\text{m}^2$, das Trägheitsmoment $0,144\text{m}^4$, das Widerstandsmoment an der Oberseite der Wandplatte 4 - $0,101\text{m}^3$, das Widerstandsmoment an der Unterseite der Bodenplatte $0,251\text{m}^3$ und der Trägheitsradius $0,616\text{m}$. Der Schwerpunkt ist $0,574\text{m}$ von der Unterseite der Bodenplatte 5 entfernt. In der Bodenplatte 5 sind in einem Abstand von $0,15\text{m}$ von der Unterseite der Bodenplatte 5 zwei Spannglieder 15 in der Nähe der Wandplatten 4 angeordnet. Eine Positionierung der Spannglieder 15 in der Nähe der Wandplatten 4 ist günstig, weil auf diese Art Umlenkkräfte und

Verankerungskräfte der Spannglieder 15 mit nur geringen Biegebeanspruchungen der Bodenplatte 5 in die Wandplatten 4 eingeleitet werden können.

[0079] Das Gewicht des trogförmigen Querschnitts beträgt $9,5\text{kN/m}$, wenn die Wichte mit 25kN/m^3 angenommen wird. Für einen einfeldrigen Brückenträger 1 mit gelenkiger Lagerung an den Endpunkten, einer Länge von 40m und dem trogförmigen Querschnitt gemäß Fig. 1 ergibt sich infolge Eigengewicht in Feldmitte ein Biegemoment von 1900kNm . Die Spannungen infolge Eigengewicht in Feldmitte des Brückenträgers 1 betragen $-18,8\text{MPa}$ an der Oberseite und $+7,6\text{MPa}$ an der Unterseite. Eine mit den beiden Spanngliedern 15 aufgebrachte Vorspannkraft von 1750kN ist erforderlich, um zu erreichen, dass der Querschnitt in Feldmitte des Brückenträgers 1 infolge Eigengewicht keine Zugspannungen aufweist.

[0080] Fig. 1 zeigt, dass die Spannung infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung an der Unterseite gleich Null ist und an der Oberseite eine Druckspannung von $15,8\text{MPa}$ vorhanden ist.

[0081] Fig. 2 zeigt, einen Querschnitt mit vier Wandplatten 4, einer Bodenplatte 5 und einer Deckplatte 6 entsprechend der Darstellung in der Fig. 14 der WO 2016 037 864. Die Dicke der Wandplatten 4 beträgt 50mm . Die Dicken der Bodenplatte 5 und der Deckplatte 6 sind gleich 100mm . Die Fläche dieses Querschnitts beträgt $0,56\text{m}^2$, das Trägheitsmoment $0,278\text{m}^4$, das Widerstandsmoment an der Oberseite der Deckplatte 6 $-0,278\text{m}^3$, das Widerstandsmoment an der Unterseite der Bodenplatte 5 $0,278\text{m}^3$ und der Trägheitsradius $0,704\text{m}$. Der Schwerpunkt liegt in der halben Höhe des Querschnitts. In einem Abstand von $0,15\text{m}$ von der Unterseite der Bodenplatte 5 sind zwischen den Wandplatten 4 zwei Spannglieder 15 angeordnet. Eine Positionierung der Spannglieder 15 zwischen den Wandplatten 4 ist günstig, weil auf diese Art Umlenkkräfte und Verankerungskräfte der Spannglieder 15 über in der Fig. 2 nicht dargestellte Verankerungsblöcke direkt in die Wandplatten 4 eingeleitet werden können. Die Kopplung der Hüllrohre an den Fugen 16 zwischen den Segmenten 3 ist bei dem in der Fig. 2 dargestellten Beispiel allerdings mit erheblichen Aufwendungen verbunden, weil die Hüllrohre zwischen den Wandplatten 4 liegen und nicht zugänglich sind. Eine Kopplung der Hüllrohre könnte zum Beispiel durch in den Wandplatten 4 angeordnete Aussparungen erfolgen.

[0082] Das Gewicht des in Fig. 2 gezeigten Querschnitts beträgt $14,0\text{kN/m}$, wenn die Wichte des Baustoffs mit 25kN/m^3 angenommen wird. Für einen einfeldrigen Brückenträger 1 mit gelenkiger Lagerung an den Endpunkten, einer Länge von 40m und einem Querschnitt gemäß Fig. 2 ergibt sich infolge Eigengewicht in Feldmitte ein Biegemoment von 2800kNm . Die Spannungen infolge Eigengewicht in Feldmitte des Brückenträgers 1 betragen $-10,1\text{MPa}$ an der Oberseite und $10,1\text{MPa}$ an der Unterseite. Eine mit den beiden Spanngliedern 15 aufgebrachte Vorspannkraft von 2080kN ist erforderlich, um zu erreichen, dass der Querschnitt in Feldmitte des Brückenträgers 1 infolge Eigengewicht keine Zugspannungen aufweist.

[0083] Fig. 2 zeigt, dass die Spannung infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung an der Unterseite gleich null ist und an der Oberseite eine Druckspannung von $-7,4\text{MPa}$ vorhanden ist.

[0084] Fig. 3 zeigt einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitt mit zwei Wandplatten 4, einer Bodenplatte 5 und einer Deckplatte 6. Die Dicke der Wandplatten 4 beträgt 50mm . Die Dicken der Bodenplatte 5 und der Deckplatte 6 sind gleich 100mm . Die Fläche des Querschnitts beträgt $0,38\text{m}^2$, das Trägheitsmoment $0,229\text{m}^4$, das Widerstandsmoment an der Oberseite der Deckplatte 6 $-0,299\text{m}^3$, das Widerstandsmoment an der Unterseite der Bodenplatte 5 $0,229\text{m}^3$ und der Trägheitsradius $0,777\text{m}$. Der Schwerpunkt liegt in der halben Höhe des Querschnitts. In einem Abstand von $0,15\text{m}$ von der Unterseite der Bodenplatte 5 sind zwei Spannglieder 15 angeordnet.

[0085] Das Gewicht des in Fig. 3 gezeigten Querschnitts beträgt $9,5\text{kN/m}$, wenn die Wichte des Baustoffs mit 25kN/m^3 angenommen wird. Für einen einfeldrigen Brückenträger 1 mit gelenkiger Lagerung an den Endpunkten, einer Länge von 40m und dem Querschnitt gemäß Fig. 3 ergibt sich infolge Eigengewicht in Feldmitte ein Biegemoment von 1900kNm . Die Spannungen infolge

Eigengewicht in Feldmitte des Brückenträgers 1 betragen $-8,3\text{MPa}$ an der Oberseite und $8,3\text{MPa}$ an der Unterseite. Eine mit den beiden Spanngliedern 15 aufgebrachte Vorspannkraft von 1310kN ist erforderlich, um zu erreichen, dass der Querschnitt in Feldmitte des Brückenträgers 1 infolge Eigengewicht keine Zugspannungen aufweist.

[0086] Fig. 3 zeigt, dass die Spannung infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung an der Unterseite gleich Null ist und an der Oberseite eine Druckspannung von $-6,9\text{MPa}$ vorhanden ist.

[0087] Ein Vergleich des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitts gemäß Fig. 3 mit dem trogförmigen Querschnitt gemäß Fig. 1 zeigt, dass beide Querschnitte die gleiche Fläche und damit für das gewählte Beispiel des 40m langen Brückenträgers das gleiche Biegemoment infolge Eigengewicht in Feldmitte aufweisen. Zur Vorspannung des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitts ist aber nur eine Vorspannkraft von 1310kN erforderlich, um zu erreichen, dass in Feldmitte an der Unterseite des Querschnitts keine Zugspannungen bei einer Belastung durch Eigengewicht auftreten. Beim trogförmigen Querschnitt gemäß Fig. 1 beträgt die erforderliche Vorspannkraft 1750kN ($+34\%$). Die Spannungen an den Oberseiten der Querschnitte infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung betragen bei dem mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitt nur $-6,9\text{MPa}$ und bei dem trogförmigen Querschnitt $-15,8\text{MPa}$ ($+129\%$). Der höhere Spannstahlverbrauch und die höheren Druckspannungen sind nachteilig beim trogförmigen Querschnitt.

[0088] Ein Vergleich des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitts gemäß Fig. 3, mit dem Querschnitt gemäß Fig. 2 zeigt, dass der Querschnitt gemäß Fig. 2, wegen der zur Herstellung von Wandplatten 4 erforderlichen Mindestdicke von 50mm , ein höheres Eigengewicht und damit ein höheres Moment infolge Eigengewicht in Feldmitte aufweist. Deshalb ist zur Vorspannung des Brückenträgers 1 mit dem Querschnitt gemäß Fig. 2 eine viel höhere Vorspannkraft von 2080kN ($+59\%$) erforderlich. Die Spannungen an der Oberseite der Querschnitte infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannungen betragen bei dem mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitt nur $-6,9\text{MPa}$ und bei dem Querschnitt gemäß Fig. 2 $-7,4\text{MPa}$ ($+7\%$). Der höhere Spannstahlverbrauch und die höheren Druckspannungen sind nachteilig bei dem Querschnitt gemäß Fig. 2. Das hohe Gewicht des in Fig. 2 dargestellten Querschnitts ist ungünstig für Hebevorgänge und Montagevorgänge am Einbauort.

[0089] In den folgenden Ausführungsbeispielen ist die in den Platten 7 und den Schichten 9 aus bewehrtem Beton angeordnete Bewehrung der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Als Bewehrung können Betonstahl, textile Bewehrungen und Bauteile aus Stahl oder Edelstahl verwendet werden. Die Bewehrung kann vorgespannt sein. Auch Fasern aus Stahl oder Kunststoff können als Bewehrung eingesetzt werden.

[0090] In den folgenden Ausführungsbeispielen sind die Spannglieder 15 sowie die Verankerungen und Umlenkungen der Spannglieder 15 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Spannglieder 15 mit nachträglichem oder sofortigem Verbund, Spannglieder 15 ohne Verbund oder externe Spannglieder 15 können angeordnet werden.

[0091] Im Folgenden wird zunächst auf die Fig. 4 bis Fig. 14 Bezug genommen, in denen die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit einem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer ersten Ausführungsform beschrieben ist.

[0092] Zur Herstellung eines ersten Segments 3 werden gemäß Fig. 4 auf einem Montageplatz 10 zwei Wandplatten 4 in senkrechter Lage aufgestellt. In jeder Wandplatte 4 ist eine Rippe 8, die kraftschlüssig mit der Wandplatte 4 verbunden ist, angeordnet. Die Rippen 8 bestehen aus T-förmigen Stahlträgern 18, deren Stege 24 normal zu den Mittelebenen der Wandplatten 4 angeordnet werden. Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 5 zwei weitere Wandplatten 4 mit jeweils einer Rippe 8 auf dem Montageplatz 10 so aufgestellt, dass die Mittelebene dieser Wandplatten 4 parallel zur Mittelebene der im ersten Schritt aufgestellten Wandplatten 4 ist und

dass die Außenseiten der Wandplatten 4 einen Abstand zueinander aufweisen, der der Breite des Segments 3 entspricht. Die Fugen 17 zwischen den Wandplatten 4 werden anschließend mit einem Vergussmörtel verfüllt.

[0093] Im nächsten Schritt wird gemäß Fig. 6 zwischen den unteren Rändern 13 der Wandplatten 4 eine Bodenplatte 5 ausgebildet. Die Oberfläche des Montageplatzes 10 ist bei diesem Beispiel mit einer Schalung 21 ausgestattet, so dass die Bodenplatte 5 in Ortbeton auf dem Montageplatz 10 hergestellt werden kann. Die Wandplatten 4 weisen an den unteren Rändern 13 Anschlussbewehrungen auf, die durch Ortbeton mit der Bewehrung der Bodenplatte 5 verbunden werden. Die Verbindung der Wandplatten 4 mit der Bodenplatte 5 ist statisch vorteilhaft, weil dadurch Schubkräfte zwischen den unteren Rändern 13 der Wandplatten 4 und der Bodenplatte 5 übertragen werden können. In der Bodenplatte 5 angeordnete Rippen 8 werden mit den in den Wandplatten 4 angeordneten Rippen 8 kraftschlüssig und biegesteif verbunden.

[0094] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 7 zwei vorgefertigte Deckplatten 6 mit jeweils einer Rippe 8 montiert. Die Rippen 8 weisen jeweils eine Länge auf, die größer ist als die Breite der Deckplatten 6. Die Rippen 8 der Deckplatten 6 werden bei dem Montagevorgang auf den in den Wandplatten 4 angeordneten Rippen 8 aufgesetzt und mit diesen kraftschlüssig und biegesteif verbunden. Durch die biegesteife Verbindung der in den Wandplatten 4 angeordneten Rippen 8 mit den in den Bodenplatten 5 und in den Deckplatten 6 angeordneten Rippen 8 werden in dem Segment 3 zwei Querrahmen 20 gebildet. Diese Querrahmen 20 sind so steif, dass sie dem Segment 3 für spätere Hebe-, Transport- und Montagevorgänge eine ausreichende Steifigkeit verleihen. Die Übertragung von Schubkräften zwischen der Deckplatte 6 und den Wandplatten 4 erfolgt bei diesem Beispiel über die Querrahmen 20. Die Querrahmen 20 liegen bei diesem Beispiel in Ebenen, die mit der Längsachse des Segments 3 einen Winkel von 90° einschließen.

[0095] Der Übersichtlichkeit halber ist in der Fig. 4 bis Fig. 7 die Herstellung eines Segments 3 aus vier Wandplatten 4, zwei Bodenplatten 5 und zwei Deckplatten 6 dargestellt. Es wäre mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wegen der Verwendung vorgefertigter Platten 7 jedoch auch möglich ein viel längeres Segment 3 beispielsweise aus zwanzig Wandplatten 4, zehn Bodenplatten 5 und zehn Deckplatten 6 innerhalb einer Woche herzustellen. Unter Einhaltung des bei der Anwendung des Taktschiebeverfahrens üblichen Wochentakts könnte auf diese Weise die Bauzeit wesentlich verkürzt und die Anzahl der Kopplungen für die Spannglieder reduziert werden.

[0096] Fig. 8 zeigt die Herstellung eines Brückenträgers 1 mit Segmenten 3 aus dünnwandigen Platten 7 und Querrahmen 20 mit dem Taktschiebeverfahren. Die gemäß den in den Fig. 4 bis Fig. 7 dargestellten in Abschnitten hergestellten Segmente 3 werden am rechten Ende des Brückenträgers 1 positioniert und mit Spanngliedern an den bereits bestehenden Teil des Brückenträgers 1 angeschlossen. Anschließend wird der Brückenträger 1 um die Länge des zuletzt montierten Segments 3 nach links verschoben. Das Montieren der Segmente 3 und Verschieben des Brückenträgers 1 wird so oft wiederholt, bis das linke Ende des Brückenträgers 1 das in der Fig. 8 und der Fig. 9 auf der linken Seite angeordnete Widerlager 33 erreicht.

[0097] Besonders vorteilhaft bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei diesem Beispiel ist, dass das Gewicht des Brückenträgers 1 im Bauzustand, während des Verschiebens des Brückenträgers 1, klein ist, weil die Segmente 3 aus dünnwandigen Platten 7 bestehen, die durch Querrahmen 20 ausgesteift sind.

[0098] Der in der Fig. 10 dargestellte Querschnitt, ist trotz seines geringen Gewichts ausreichend steif ausgebildet, um die während des Einschlebens des Brückenträgers 1 auftretenden Beanspruchungen aufzunehmen. Sobald der Brückenträger 1 seine endgültige Lage 12 erreicht hat, kann mit dem Aufbringen von Schichten 9 aus bewehrtem Beton auf die Platten 7 begonnen werden. Gemäß Fig. 11 wird zunächst auf der Bodenplatte 5 eine Schicht 9 aus bewehrtem Beton in der statisch erforderlichen Dicke aufgebracht. Das Gewicht der Schicht 9 aus bewehrtem Beton wird von der Bodenplatte 5 des Segments 3 über Biegung in Längsrichtung des Brückenträgers 1 abgetragen und in die Querrahmen 20 eingeleitet. Über die Querrahmen 20

wird das Gewicht der Schicht 9 aus bewehrtem Beton in den Brückenträger 1 eingeleitet und über die auf den Pfeilern 34 und Widerlagern 33 angeordneten Lager abgetragen. Die Dicke der Bodenplatte 5 kann zum Beispiel mit 80mm ausgeführt werden, wenn die Querrahmen 20 einen Abstand von 2m aufweisen und die Summe der Dicken der Bodenplatte 5 und der Schicht 9 aus bewehrtem Beton 250mm beträgt.

[0099] Im nächsten Schritt wird gemäß Fig. 12 eine Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf die Deckplatte 6 aufgebracht. Die Abtragung des Gewichts der Schicht 9 aus bewehrtem Beton erfolgt vorteilhaft über die Deckplatte 6 in Längsrichtung des Brückenträgers 1 und anschließend über die Querrahmen 20. Nach dem Erhärten der Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf der Deckplatte 6 sind die Deckplatte 6 und die Schicht 9 aus bewehrtem Beton monolithisch miteinander verbunden und bilden ein Stück der Fahrbahnplatte 22.

[00100] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 13 auf den Innenseiten der Wandplatten 4 Schichten 9 aus bewehrtem Beton aufgebracht. Das Aufbringen des Betons kann beispielsweise mit Spritzbeton erfolgen. Alternativ kann im Inneren des Brückenträgers 1 eine Schalung aufgebaut werden und der Beton mittels einer Betonpumpe von der Oberseite der Fahrbahnplatte 22 eingefüllt werden. Der Druck des Frischbetons muss von der im Inneren des Brückenträgers 1 montierten Schalung und von den Wandplatten 4 aufgenommen werden. Die Wandplatten 4 leiten den Betonierdruck über Biegung zu den Querrahmen 20.

[00101] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 14 die Druckstreben 23 und die auskragenden Teile der Fahrbahnplatte 22 hergestellt. Abschließend wird auf der Oberseite der Fahrbahnplatte 22 eine Abdichtung aufgebracht und ein Fahrbahnbelag hergestellt.

[00102] Die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform ist in den Fig. 15 bis Fig. 20 dargestellt.

[00103] Die Fig. 15 zeigt die vertikale Montage von Segmenten 3 zur Herstellung von zwei Teilstücken 2 eines Brückenträgers 1 gemäß dem in der US 7,996,944 B2 beschriebenen Verfahren. Bei diesem Verfahren ist es von großer Bedeutung, dass das Gewicht der Teilstücke 2 des Brückenträgers 1 während des Klappvorganges möglichst klein ist, um die Gelenke und die Hubvorrichtungen wirtschaftlich herstellen zu können. Auch während der Hubvorgänge und vertikalen Montage der Segmente 3 ist ein geringeres Gewicht der Segmente 3 von Vorteil. Die Fugen 16 zwischen den Segmenten 3 können als trockene Fugen 16 ausgebildet werden, wenn die Stirnfläche der Segmente 3 durch einen Fräsvorgang so bearbeitet werden, dass sie eine passgenaue Oberfläche aufweisen.

[00104] Die Fig. 16 zeigt, dass die Teilstücke 2 des Brückenträgers 1 aus Segmenten 3 bestehen, die aus dünnwandigen Platten 7 gebildet werden. Die Bodenplatte 5, die Deckplatte 6 und die zwei Wandplatten 4 sind mit Rippen 8 verbunden. Durch die biegesteife Verbindung der Rippen 8 entsteht ein Querrahmen 20, der zur Aussteifung eines Segments 3 dient. Die Rippen 8 weisen Aussparungen 19 auf, die das Gewicht der Rippen 8 reduzieren und günstig für das Verlegen einer in Längsrichtung der Segmente 3 angeordneten und auf den Platten 7 verlegten Bewehrung sind.

[00105] Die Verbindung der Rippe 8 der Wandplatte 4 mit der Rippe 8 der Bodenplatte 5 in der linken unteren Rahmenecke 26 der Fig. 16 ist in der Fig. 17 in vergrößertem Maßstab dargestellt. Die Rippen 8 bestehen aus T-förmigen Stahlträgern 18, die in den Stegen 24 Aussparungen 19 aufweisen. Die Fig. 17 zeigt, dass die Stege 24 der T-förmigen Stahlträger 18 teilweise in den Beton der Wandplatte 4 und der Bodenplatte 5 eingebettet sind. Dadurch sind die Rippen 8 schubfest mit der Wandplatte 4 und der Bodenplatte 5 verbunden, was günstig für die Aufnahme von Biegemomenten in den Querrahmen 20 ist, weil die Rippen 8 und ein Teil der Platten 7 wie ein gemeinsamer Bauteil wirken. Zur besseren Verbindung der Stege 24 der T-förmigen Stahlträger 18 mit den Platten 7 können an dem im Beton eingebetteten Teil der Stege 24 Bewehrungsstäbe angeschweißt werden. In der Rahmenecke 26 des Querrahmens 20 werden die Rippen 8 mit zusätzlichen Stahlplatten 28 verschweißt. Mit Schraubverbindungen 27 und der in der Bodenplatte 5 eingebetteten Anschlussbewehrung aus der Wandplatte 4 ist es mög-

lich, eine biegesteife Rahmenecke 26 herzustellen, die sowohl positive als auch negative Biegemomente aufnehmen kann.

[00106] Die Verbindung der Rippe 8 der Wandplatte 4 mit der Rippe 8 der Deckplatte 6 in der linken oberen Rahmenecke 26 der Fig. 16 ist in der Fig. 18 in vergrößertem Maßstab dargestellt. Die Rippen 8 sind zur Ausbildung der Rahmenecke 26 mit zusätzlichen Stahlplatten 28 ausgestattet, die an den Rippen 8 angeschweißt werden. Mit Schraubverbindungen 27 kann eine biegesteife Verbindung der in der Wandplatte 4 angeordneten Rippe 8 mit der in der Deckplatte 6 angeordneten Rippe 8 hergestellt werden. Zur Ausbildung einer biegesteifen Rahmenecke 26, die zur Übertragung von positiven und negativen Momenten geeignet ist, wird es erforderlich sein, einen Teil der in der Wandplatte 4 und in der Deckplatte 6 angeordneten Bewehrung aus Betonstahl mit der Stahlplatte 28 zu verschweißen.

[00107] Die Fig. 19 zeigt ein der Fig. 17 entsprechendes Detail in einem späteren Bauzustand nach dem Ausklappen der Teilstücke 2 des Brückenträgers 1 und dem Aufbringen einer Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte 5. Zur Herstellung der Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf den Wandplatten 4 werden bei diesem Beispiel dünnwandige Fertigteileplatten 30 aus ultrahochfestem Beton mit einer textilen Bewehrung von der Oberseite des Brückenträgers 1 so eingeschoben, dass jede Fertigteileplatte 30 auf den Flanschen 25 von zwei T-förmigen Stahlträgern 18 aufliegt.

[00108] Ein Schnitt durch zwei Fertigteileplatten 30 und eine Wandplatte 4 ist in der Fig. 20 dargestellt. Es kann vorteilhaft sein, zwischen den Fertigteileplatten 30 und den Flanschen 25 der T-förmigen Stahlträger 18 Dichtungsbänder 29 anzuordnen, um zu gewährleisten, dass beim Herstellen der Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf den Wandplatten 4 kein Beton in das Innere des Brückenträgers 1 austreten kann. Das Einbringen des Betons in den durch die Wandplatten 4 und die Fertigteileplatten 30 gebildeten Hohlraum 31 kann mittels einer Betonpumpe von der Oberseite der Fahrbahnplatte 22 erfolgen. Der Druck des Frischbetons kann von den Wandplatten 4 und den Fertigteileplatten 30 aufgenommen und zu den Querrahmen 20 geleitet werden. Die Stege 24 der T-förmigen Stahlträger 18 weisen Verankerungselemente 32 auf, um eine sichere Aufnahme des Betonierdrucks in die Querrahmen 20 zu ermöglichen. Als Verankerungselemente 32 können Bewehrungsstäbe verwendet werden, die an den Steg 24 eines T-förmigen Stahlträgers 18 angeschweißt werden und in der Wandplatte 4 eingebettet sind.

[00109] Die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer dritten Ausführungsform ist in den Fig. 21 bis Fig. 25 beschrieben.

[00110] Die Wandplatten 4 werden bei diesem Beispiel im Match-Cast-Verfahren hergestellt. Bei diesem Verfahren dient die Stirnfläche des zuletzt hergestellten Bauteils als ein Teil der Schalung 21 für den nächsten Bauteil. Durch diese Herstellungsmethode ist es möglich, die Segmente 3 vorzufertigen und am Einbauort 11 mit einer trockenen Fuge 16 oder einer Fuge 16 mit einer dünnen Epoxidharzschicht aneinander zu fügen.

[00111] Die Fig. 21 zeigt einen Bauzustand bei dem zwei im Match-Cast-Verfahren hergestellte Wandplatten 4 aufgestellt und mit einer trockenen Fuge 16 an ein bereits fertiggestelltes Segment 3 angeschlossen werden. Die Bodenplatte 5 eines herzustellenden Segments 3 wurde gegen die Bodenplatte 5 des bereits fertiggestellten Segments 3 im Match-Cast-Verfahren betoniert. Die Rippen 8 werden bei diesem Beispiel aus bewehrtem Beton hergestellt. Nach der Herstellung der Bodenplatte 5 wird die mit der Bodenplatte 5 über eine Anschlussbewehrung verbundene Rippe 8 betoniert und mit den Rippen 8 der Wandplatten 4 kraftschlüssig und biegesteif verbunden.

[00112] Im nächsten Schritt wird die Deckplatte 6 im Match-Cast-Verfahren hergestellt. Gleichzeitig wird die mit der Deckplatte 6 verbundene Rippe 8 hergestellt. Die mit der Deckplatte 6 verbundene Rippe 8 ist bei diesem Beispiel unter der Deckplatte 6 angeordnet. Über eine in den Rippen 8 der Wandplatte 4 angeordnete Anschlussbewehrung wird die Rippe 8 der Deckplatte 6 kraftschlüssig und biegesteif mit den Rippen 8 der Wandplatte 4 verbunden.

[00113] Am Montageplatz 10 werden jeweils sechs Segmente 3 zu einem Teilstück 2 eines

Brückenträgers 1 mit in Längsrichtung des Brückenträgers 1 angeordneten Spanngliedern zusammengefügt. Die Fig. 22 zeigt einen Bauzustand bei dem ein Teilstück 2 des Brückenträgers 1 auf einem Widerlager 33 und dem Pfeiler 34 aufgelagert ist und das zweite Teilstück 2 des Brückenträgers 1 mit zwei Kränen, die der Übersichtlichkeit halber in Fig. 22 nicht dargestellt sind, eingehoben wird.

[00114] Die durch die Rippen 8 gebildeten Querrahmen 20 sind bei diesem Beispiel in Ebenen angeordnet, die einen Winkel α von 90° mit den Längsachsen 36 der Segmente 3 einschließen.

[00115] Die Fig. 23 zeigt einen Bauzustand, nach dem Aufbringen von Schichten 9 aus bewehrtem Beton auf den Bodenplatten 5 und den Deckplatten 6. Auf den Wandplatten 4 der Segmente 3 wird bei diesem Beispiel keine Schicht 9 aus bewehrtem Beton aufgebracht. Zur Herstellung einer Fahrbahnplatte 22 wird eine Schicht 9 aus bewehrtem Beton auf den Deckplatten 6 von allen Segmenten 3 aufgebracht. Auf die Bodenplatte 5 wird bei diesem Beispiel nur im Bereich des in der Mitte angeordneten Pfeilers 34 eine Schicht 9 aus bewehrtem Beton aufgebracht, um die Höhe der Druckzone im Bereich der negativen Momente zu vergrößern.

[00116] Die Fig. 24 zeigt einen Querschnitt durch ein Teilstück 2 des Brückenträgers 1, während des Einhebens. Die Segmente 3 des Teilstücks 2 bestehen aus Wandplatten 4, Bodenplatten 5 und Deckplatten 6 und sind durch Querrahmen 20 ausgesteift.

[00117] Die Fig. 25 zeigt einen Querschnitt durch den Brückenträger 1 in der endgültigen Lage 12 nach dem Aufbringen von Schichten 9 aus bewehrtem Beton auf die Deckplatten 6 in allen Segmenten 3 und den Bodenplatten 5 von zwei Segmenten 3.

[00118] Die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer vierten Ausführungsform ist in der Fig. 26 und der Fig. 27 dargestellt.

[00119] Die Fig. 26 zeigt die Herstellung eines Segments 3. Die Wandplatten 4 weisen in der Ansicht eine trapezförmige Form auf. Die Höhe der Wandplatten 4 ändert sich in Längsrichtung des Segments 3. Die Rippen 8 der Wandplatten 4 sind mit den Rippen 8 der Bodenplatte 5 verbunden. Die Rippen 8 liegen in einer Ebene, die nicht normal zu der Längsachse des Segments 3 ist.

[00120] Der Schnitt in Fig. 27 zeigt, dass die Rippen 8 unter einem Winkel α zu der Längsachse 36 der Segmente 3 geneigt sind. Der Winkel α in der Fig. 27 beträgt ca. 120° . Die Fig. 27 zeigt die Herstellung einer Spannbetonbrücke 35 nach dem Freivorbauverfahren. Vier Segmente 3 sind bereits montiert und bilden einen Teil des Brückenträgers 1. Bei diesem Beispiel entfällt der Arbeitsschritt in dem der Brückenträger 1 in die endgültige Lage 12 gebracht wird, weil die Segmente 3 in der endgültigen Lage 12 montiert werden. Die Segmente 3 könnten zum Beispiel mit am Boden positionierten Kränen angehoben werden, am Ende der Kragarme positioniert werden und mit Spanngliedern an den bereits hergestellten Teil des Brückenträgers 1 angeschlossen werden. Das geringe Gewicht der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Segmente 3 ist besonders günstig für die schnelle Durchführung der Hebearbeiten und für eine Verringerung der Anzahl der erforderlichen Spannglieder zur Fixierung der Segmente 3 im Vergleich zu dem herkömmlichen Segmentbauverfahren.

[00121] Eine mögliche Herstellungsvariante wäre das Zusammenfügen von mehreren Segmenten 3 zu einem Teilstück 2 eines Brückenträgers 1 und das Einheben und Montieren dieses Teilstücks 2. Dadurch könnte die Anzahl der Hebe- und Spannvorgänge verringert und der Bauablauf beschleunigt werden.

[00122] In den Beispielen wurde die Herstellung von vorgespannten, im Endzustand statisch unbestimmt gelagerten Brückenträgern 1, die einen hohlkastenförmigen Querschnitt aufweisen, mit dem Taktschiebeverfahren, dem Brückenklappverfahren, dem Freivorbau und mit einer Kranmontage beschrieben. Sinngemäß kann das erfindungsgemäße Verfahren auch zur Herstellung von Brückenträgern mit anderen Bauverfahren eingesetzt werden.

[00123] In den Beispielen wurden die Herstellung der Bodenplatte 5 vor der Herstellung der Deckplatte 6 beschrieben. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch möglich, die

Deckplatte 6 vor der Bodenplatte 5 oder die Bodenplatte 5 und die Deckplatte 6 gleichzeitig herzustellen.

[00124] In den Beispielen wurde die Herstellung von Platten 7 mit angeschlossenen Rippen 8 beschrieben. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch möglich die Rippen 8 innerhalb der Dicke der Platten 7 auszubilden.

[00125] In den Beispielen wurde das Herstellen der Schichten 9 aus bewehrtem Beton in einem Arbeitsgang beschrieben. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch möglich eine Schicht 9 durch das zeitlich versetzte Herstellen von mehreren dünnen Betonschichten herzustellen.

[00126] In den Beispielen wurde die Herstellung von Brückenträgern 1 beschrieben, die in ihrem statischen Tragverhalten einem Durchlaufträger entsprechen. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch möglich statisch unbestimmt gelagerte Brückenträger 1 zu bauen, die in ihrem statischen Tragverhalten einem Rahmenbauwerk entsprechen.

[00127] In den Beispielen wurde die Herstellung von Segmenten 3 mit konstanter und veränderlicher Höhe beschrieben, die in einem Schnitt normal zur Längsachse 36 des Segments 3 eine rechteckige Form aufweisen. Es ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch möglich Segmente 3 zu bauen, die in einem Schnitt normal zur Längsachse 36 des Segments 3 eine trapezförmige Form aufweisen. Ein derartiger trapezförmiger Querschnitt muss nicht symmetrisch sein.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN:

- 1 Brückenträger
- 2 Teilstück eines Brückenträgers
- 3 Segment
- 4 Wandplatte
- 5 Bodenplatte
- 6 Deckplatte
- 7 Platte
- 8 Rippe
- 9 Schicht aus bewehrtem Beton
- 10 Montageplatz
- 11 Einbauort
- 12 Endgültige Lage
- 13 Unterer Rand einer Wandplatte
- 14 Oberer Rand einer Wandplatte
- 15 Spannglied
- 16 Fuge zwischen zwei Segmenten
- 17 Fuge zwischen zwei Platten innerhalb eines Segments
- 18 T-förmiger Stahlträger
- 19 Aussparung in einer Rippe
- 20 Querrahmen
- 21 Schalung
- 22 Fahrbahnplatte
- 23 Druckstrebe
- 24 Steg eines T-förmigen Stahlträgers
- 25 Flansch eines T-förmigen Stahlträgers
- 26 Rahmenecke
- 27 Schraubverbindung
- 28 Stahlplatte
- 29 Dichtungsband
- 30 Fertigteilplatte
- 31 Hohlraum
- 32 Verankerungselement
- 33 Widerlager
- 34 Pfeiler
- 35 Spannbetonbrücke
- 36 Längsachse

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines vorgespannten, statisch unbestimmt gelagerten Brückenträgers mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - zur Herstellung eines ersten Segments (3) mindestens zwei Wandplatten (4), die in einem Schnitt durch die Mittelebene vorzugsweise eine rechteckige Form aufweisen, aus bewehrtem Beton hergestellt werden;
 - jede Wandplatte (4) mit mindestens einer Rippe (8), die im Wesentlichen normal zu der Mittelebene der Wandplatte (4) ausgebildet wird, kraftschlüssig verbunden wird;
 - die mindestens zwei Wandplatten (4) auf einem Montageplatz (10) so aufgestellt werden, dass sie in einer Schnittebene normal zur Längsachse des Segments (3) zueinander beabstandet sind und dass die Rippen (8) in Schnittebenen angeordnet sind, die mit der Längsachse des Segments (3) einen Winkel α zwischen 45° und 135° , vorzugsweise 90° , einschließen;
 - eine Bodenplatte (5) aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe (8), die mit der Bodenplatte (5) kraftschlüssig verbunden wird, zwischen den unteren Rändern der Wandplatten (13) ausgebildet wird, wobei die mindestens eine Rippe (8) in der Bodenplatte (5) so angeordnet wird, dass die mindestens eine Rippe (8) der Bodenplatte (5) und die Rippen (8) der Wandplatten (4) in einer Ebene liegen;
 - die Wandplatten (4) mit der Bodenplatte (5) durch ein Verbinden der in den Wandplatten (4) angeordneten Rippen (8) mit der mindestens einen in der Bodenplatte (5) angeordneten Rippe (8) kraftschlüssig und biegesteif verbunden werden;
 - eine Deckplatte (6) aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe (8), die mit der Deckplatte (6) kraftschlüssig verbunden wird, zwischen den oberen Rändern der Wandplatten (14) ausgebildet wird, wobei die mindestens eine Rippe (8) der Deckplatte (6) so angeordnet wird, dass die mindestens eine Rippe (8) der Deckplatte (6) und die Rippen (8) der Wandplatten (4) in einer Ebene liegen,
 - die Wandplatten (4) mit der Deckplatte (6) durch ein Verbinden der in den Wandplatten (4) angeordneten Rippen (8) mit der mindestens einen in der Deckplatte (6) angeordneten Rippe (8) kraftschlüssig und biegesteif verbunden werden und durch diese Verbindungen mindestens ein Querrahmen (20) gebildet wird;
 - mindestens ein weiteres Segment (3) in der gleichen Weise hergestellt wird,
 - die mindestens zwei Segmente (3) zu einem Einbauort (11) bewegt werden,
 - die mindestens zwei Segmente (3) an dem Einbauort (11) zu einem Brückenträger (1) zusammengefügt werden,
 - der Brückenträger (1) in die endgültige Lage (12) gebracht wird und
 - in der endgültigen Lage (12) des Brückenträgers (1) in mindestens einem Segment (3), vorzugsweise in allen Segmenten (3), auf mindestens zwei Platten (7) vorzugsweise auf allen Platten (7), eine Schicht (9) aus bewehrtem Beton aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils mindestens zwei Segmente (3) an dem Einbauort zu Teilstücken eines Brückenträgers (2) zusammengefügt werden, die Teilstücke des Brückenträgers (2) in die endgültige Lage (12) gebracht und miteinander verbunden werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandplatten (4) an den unteren Rändern (13) mit der Bodenplatte (5) kraftschlüssig verbunden werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandplatten (4) an den oberen Rändern (14) mit der Deckplatte (6) kraftschlüssig verbunden werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zusammenfügen der mindestens zwei Segmente (3) zu einem Brückenträger (1) oder einem Teilstück eines Brückenträgers (2) durch das Anspannen von vorzugsweise in Längsrichtung der Segmente (3) angeordneten Spanngliedern erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schicht (9) aus bewehrtem Beton auf der Deckplatte (6) aufgebracht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schicht (9) aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte (5) aufgebracht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schicht (9) aus bewehrtem Beton auf den Innenseiten der Wandplatten (4) aufgebracht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schicht (9) aus bewehrtem Beton auf den Außenseiten der Wandplatten (4) aufgebracht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandplatten (4) im Match-Cast-Verfahren vorgefertigt werden und die Bodenplatte (5) und die Deckplatte (6) bei der Herstellung eines Segments (3) im Match-Cast-Verfahren betoniert werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fugen zwischen den Segmenten (16) bei dem Zusammenfügen der Segmente (3) als Vergussfugen mit einer Breite von 1 mm bis 100 mm, vorzugsweise 10 bis 30 mm, hergestellt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stirnseiten der Segmente (3) gefräst werden und die Fugen zwischen den Segmenten (16) bei dem Zusammenfügen der Segmente (3) als trockene Fugen hergestellt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Platten (7) eines Segments (3), vorzugsweise alle Platten eines Segments (3), mit einer Dicke zwischen 25 mm und 250 mm, vorzugsweise 50 mm bis 150 mm, hergestellt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Segment (3) mit Wandplatten (4) mit einer nicht einheitlichen Höhe und/oder mit Bodenplatten (5) und/oder Deckplatten (6) mit einer nicht einheitlichen Breite hergestellt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rippen (8) aus T-förmigen Stahlträgern (18) hergestellt werden und die Stege der T-förmigen Stahlträger (24) beim Betonieren der Platten (7) teilweise in den Beton eingebettet werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die T-förmigen Stahlträger (18) mit Stegen aus Trapezblech oder Wellblech hergestellt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Stegen der T-förmigen Stahlträger (24) Aussparungen (19), die sich bis zu den Stegkanten, die nicht mit dem Flansch (25) verbunden sind, erstrecken, angeordnet werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rippen (8) aus Fachwerkträgern aus Stahl hergestellt werden und die Untergurte der Fachwerkträger beim Betonieren der Platten (7) in den Beton eingebettet werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rippen (8) aus bewehrtem Beton hergestellt werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in den Schichten (9) aus bewehrtem Beton angeordnete Bewehrung auf dem Montageplatz zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig verlegt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Querrahmen (20) einen Abstand voneinander aufweisen, der mindestens 0,5 m und höchstens 10 m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0 m und 3,0 m liegt.
22. Vorgespannter, statisch unbestimmt gelagerter Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten (3), wobei der Brückenträger (1) mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21 hergestellt wurde, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Brückenträger Querrahmen (20) aufweist, wobei die Querrahmen (20) einen Abstand voneinander aufweisen, der mindestens 0,5 m und höchstens 10 m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0 m und 3,0 m liegt.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 4

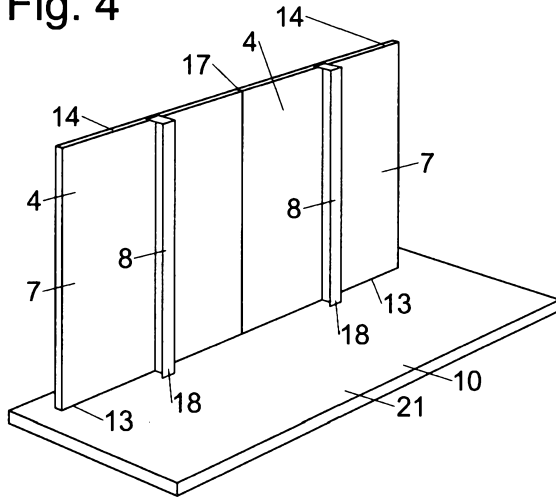


Fig. 5

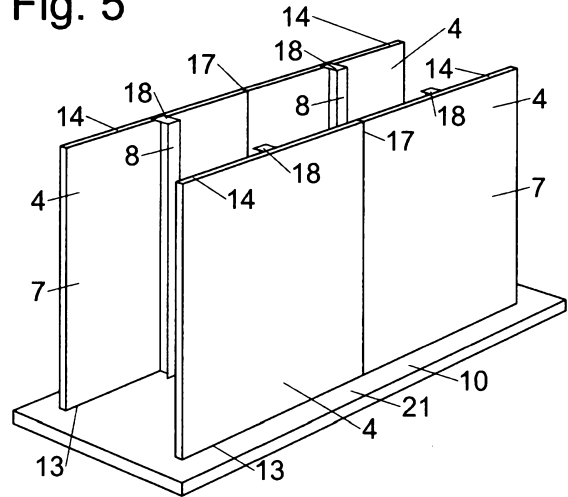


Fig. 6

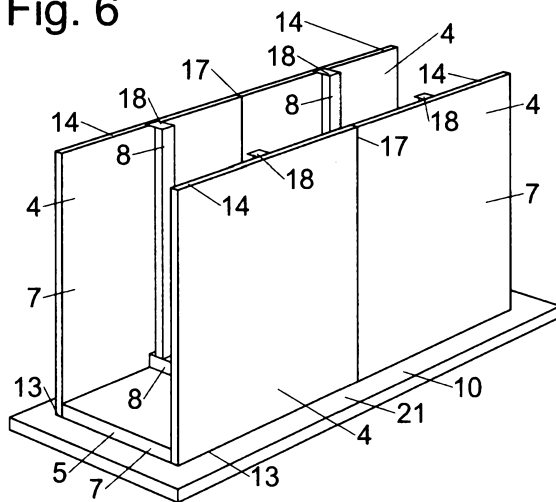


Fig. 7

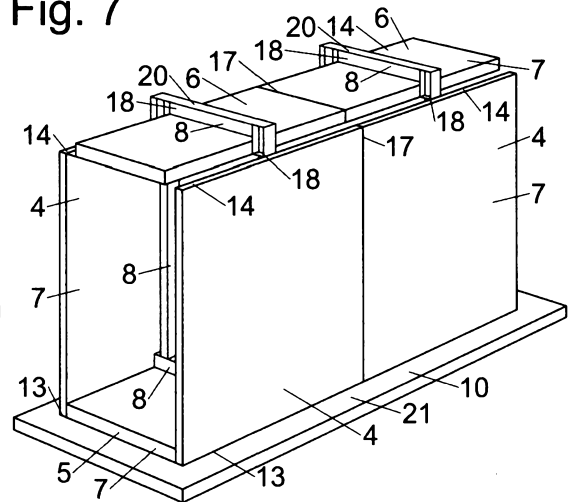


Fig. 8

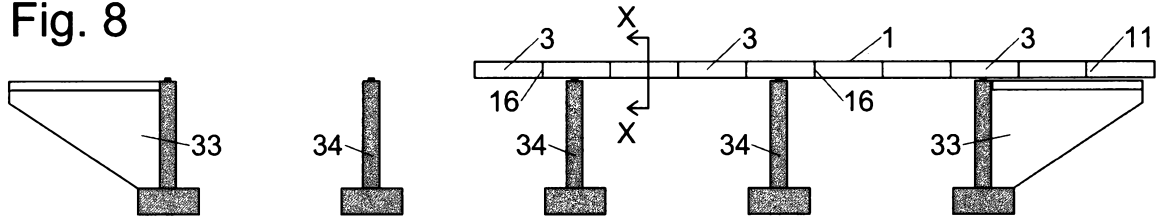


Fig. 9

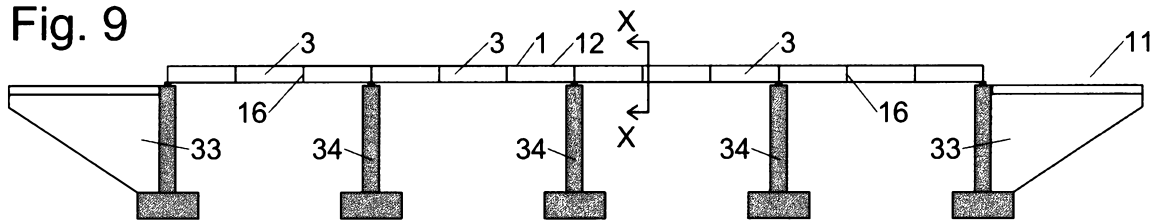


Fig. 10

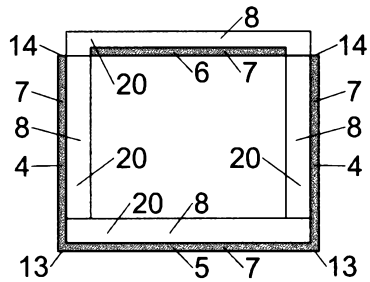


Fig. 11

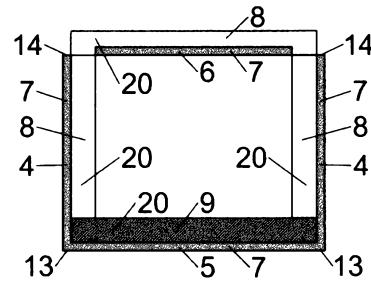


Fig. 12

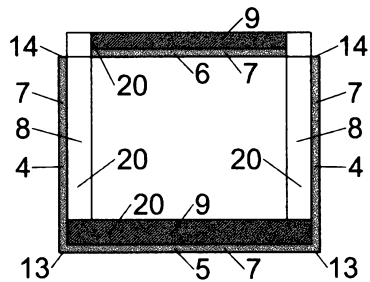


Fig. 13

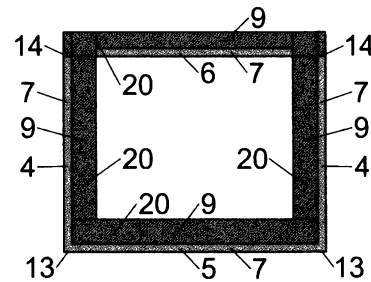


Fig. 14

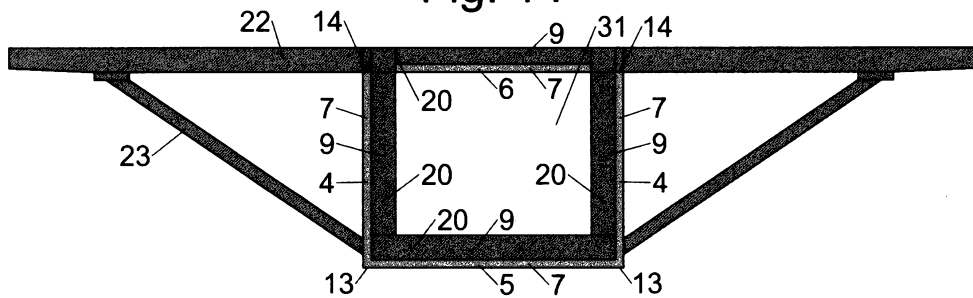


Fig. 15

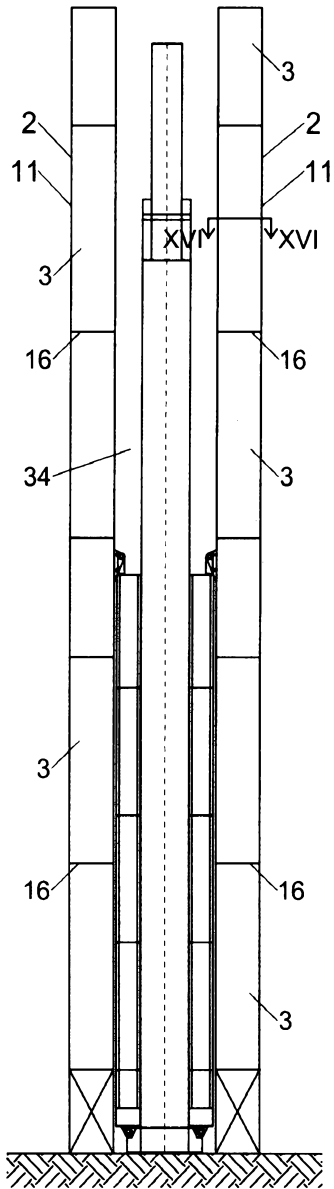


Fig. 17

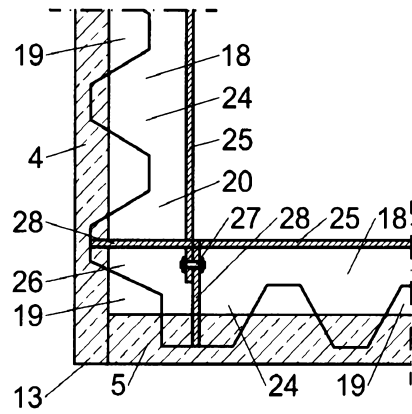


Fig. 18

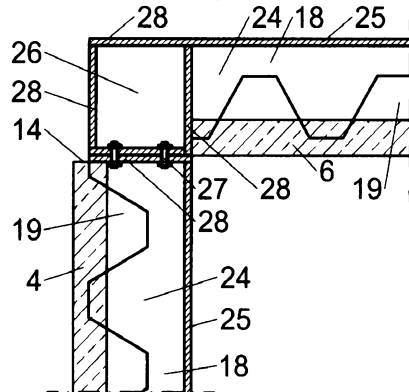


Fig. 19

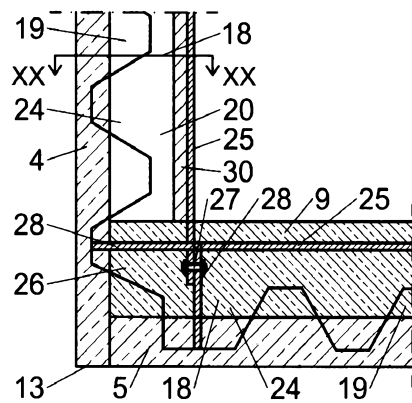


Fig. 20

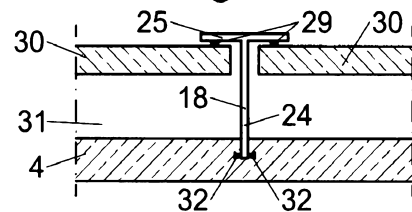


Fig. 16

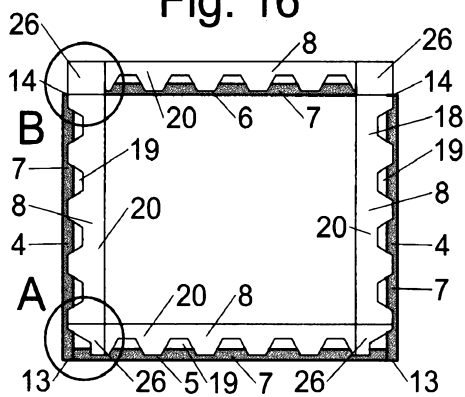


Fig. 21

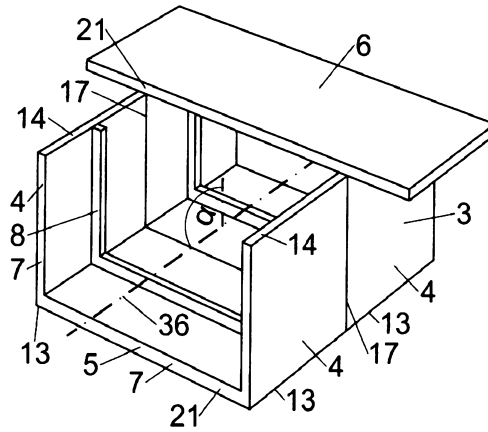


Fig. 22

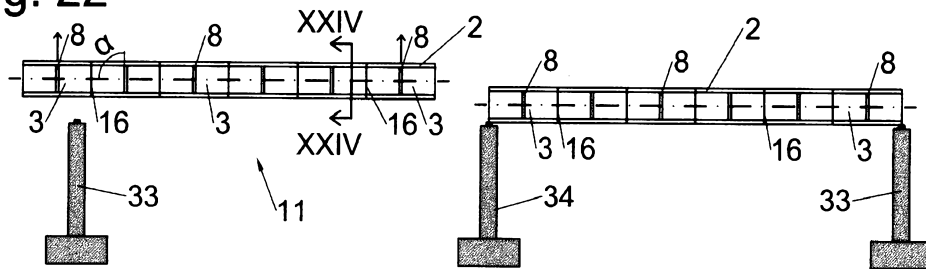


Fig. 23

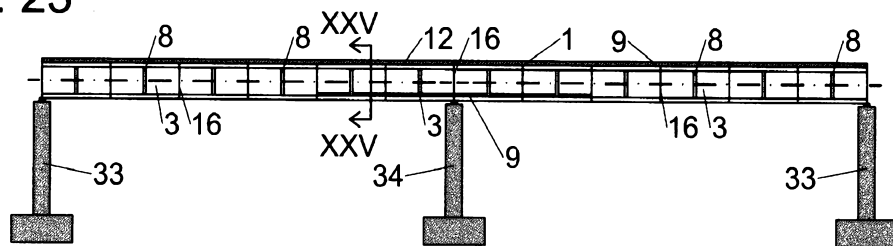


Fig. 24

