(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521261 B1 2019-12-15**

(12) # Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50759/2018
(22) Anmeldetag: 06.09.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: ***E01D 2/04*** (2006.01)
E01D 101/24 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
Kollegger GmbH
3400 Klosterneuburg (AT)

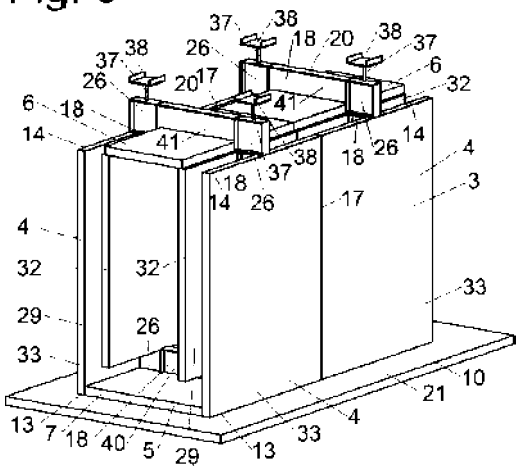
(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

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

(57) Verfahren zur Herstellung eines Brückenträgers (1) aus vorgefertigten Segmenten (3), umfassend folgende Arbeitsschritte:

- Herstellen eines ersten Segments (3) aus Doppelwänden (4) mit Rippen (8), mindestens einer Bodenplatte (5), die mit Rippen (40) verbunden ist, und mindestens einer Deckplatte (6), die mit Rippen (41) verbunden ist, aus bewehrtem Beton;
- Herstellen von mindestens einem Querrahmen (20) in dem ersten Segment (3) durch die Verbindung der Rippen (8) mit einer Rippe (40) der Bodenplatte (5) und einer Rippe (41) der Deckplatte (6) in Rahmenecken (26);
- 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
- Einfüllen von Beton in Hohlräume (29) der Doppelwände (4) und Aufbringen von Schichten (9) aus bewehrtem Beton auf die Bodenplatten (5) und Deckplatten (6).

Fig. 6



AT 521261 B1 2019-12-15

Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BRÜCKENTRÄGERS EINER SPANNBETON-BRÜCKE

[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 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 Wandplatten einer Doppelwand gebildet. In der Nähe der oberen Ränder der Wandplatten ist ein Verbindungselement, das aus einem Stahlprofil mit einem 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 beiden Wandplatten einer Doppelwand nur durch parallel zu den unteren und oberen Rändern der Doppelwand angeordnete Gitterträger miteinander verbunden sind. Die Gitterträger dienen als Verbindungselemente zwischen den beiden Wandplatten und sind so dimensioniert, dass sie den beim Einfüllen des Betons, in den zwischen den beiden Wandplatten vorhandenen Hohlraum, entstehenden Betonierdruck aufnehmen können.

[0011] Die Verbindungselemente werden üblicherweise auch für Beanspruchungen, die beim Anheben und Versetzen einer Doppelwand auftreten, dimensioniert. Der in der Fig. 14 der WO 2016 037 864 gezeigte Querschnitt ist aber nicht in der Lage Schubbeanspruchungen in den Stegen, die beispielsweise durch das Aufbringen einer Schicht aus bewehrten Beton auf der Bodenplatte oder der Deckplatte entstehen, aufzunehmen. Nachteilig bei dem in der Fig. 14 der WO 2016 037 864 gezeigten Querschnitt ist auch, dass die obere Bewehrung für eine Schicht aus bewehrten Beton, die auf der Bodenplatte aufgebracht wird, durch die inneren Wandplatten der Doppelwände hindurchgeführt werden muss, was mit einem erheblichen Aufwand für das Herstellen von Löchern oder Schlitzen in den inneren Wandplatten der Doppelwände verbunden ist.

[0012] Ein der Fig. 14 der WO 2016 037 864 entsprechender Querschnitt ist auch in der Figur 1 der Veröffentlichung „Bridge girders out of hollow wall elements and ultra-thin precast elements“, 10th International PhD Symposium in Civil Engineering, Quebec, Kanada, 2014 von Sara Foremniak dargestellt. Zwischen den unteren Rändern der Doppelwände ist eine Rippe, die mit der Bodenplatte verbunden ist, ausgebildet. Zwischen den oberen Rändern der Deckplatte ist eine Rippe, die mit der Deckplatte verbunden ist, ausgebildet. Die Wandplatten der Doppelwände sind nur an den unteren und oberen Rändern miteinander verbunden. In den Figuren dieser Veröffentlichung ist zu erkennen, dass die Wandplatten einer Doppelwand durch Verbindungsmittel, die in einem Segment als Gitterträger und in einem anderen Segment als Stahlwellen ausgebildet sind, miteinander verbunden sind. Gitterträger und Stahlwellen sind übliche Verbindungsmittel in einer Doppelwand, deren Funktion die Aufnahme des Betonierdrucks beim Einfüllen des Betons in den zwischen der inneren und der äußeren Wandplatte angeordneten Hohlraum ist. Der in dieser Veröffentlichung gezeigte Querschnitt ist nicht in der Lage Schubbeanspruchungen in den Stegen, die beispielsweise durch das Aufbringen einer Schicht aus bewehrten Beton auf der Bodenplatte oder der Deckplatte entstehen, aufzunehmen.

[0013] Nachteilig bei den in dieser Veröffentlichung gezeigten Segmenten ist auch, dass die unteren Ränder der inneren Wandplatten in der Bodenplatte angeordnet sind. Dadurch entsteht ein erheblicher Aufwand für das Durchführen einer oberen Bewehrung einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte durch die inneren Wandplatten in die Hohlräume zwischen

den inneren und den äußeren Wandplatten.

[0014] Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen in Längsrichtung vorgespannten Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt zu schaffen, der günstigere Querschnittswerte aufweist als die bekannten Brückenträger mit trogförmigen Querschnitten und der in der Lage ist, Beanspruchungen aus dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte oder auf der Deckplatte aufzunehmen.

[0015] 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 10. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines in Längsrichtung vorgespannten, Brückenträgers mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten, wobei

[0017] - zur Herstellung eines ersten Segments mindestens zwei Doppelwände, wobei jede Doppelwand mit einer inneren Wandplatte, einer von der inneren Wandplatte beabstandeten äußeren Wandplatte und Verbindungselementen, mit denen die innere Wandplatte mit der äußeren Wandplatte verbunden ist, hergestellt wird, aus bewehrtem Beton hergestellt werden;

[0018] - die mindestens zwei Doppelwände auf einem Montageplatz so aufgestellt werden, dass sie in einer Schnittebene normal zur Längsachse des Segments zueinander beabstandet sind;

[0019] - eine Bodenplatte aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe, die mit der Bodenplatte verbunden wird, zwischen den unteren Rändern der Doppelwände ausgebildet wird;

[0020] - die Doppelwände mit der Bodenplatte verbunden werden;

[0021] - eine Deckplatte aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe, die mit der Deckplatte verbunden wird, zwischen den oberen Rändern der Doppelwände ausgebildet wird;

[0022] - die Doppelwände mit der Deckplatte verbunden werden;

[0023] - mindestens ein weiteres Segment in der gleichen Weise hergestellt wird;

[0024] - die mindestens zwei Segmente zu einem Einbauort bewegt werden;

[0025] - die mindestens zwei Segmente an dem Einbauort zu einem Brückenträger zusammengefügt werden;

[0026] - der Brückenträger in die endgültige Lage gebracht wird; und

[0027] - in der endgültigen Lage des Brückenträgers in mindestens einem Segment die Doppelwände mit Beton verfüllt werden und auf den Bodenplatten und/oder den Deckplatten Schichten aus bewehrtem Beton aufgebracht werden;

[0028] ist dadurch gekennzeichnet, dass

[0029] - in jeder Doppelwand mindestens eine Rippe ausgebildet wird, die mindestens eine Rippe mit der inneren Wandplatte und mit der äußeren Wandplatte verbunden wird, und die Rippen in Schnittebenen angeordnet sind, die mit der Längsachse des Segments einen Winkel zwischen 45° und 135°, vorzugsweise 90°, einschließen;

[0030] - die Rippen in den Doppelwänden mit der mindestens einen Rippe in der Bodenplatte in Rahmenecken verbunden werden;

[0031] - die Rippen in den Doppelwänden mit der mindestens einen Rippe in der Deckplatte in Rahmenecken verbunden werden; und

[0032] - durch die Verbindungen der Rippen der Doppelwände mit der mindestens einen Rippe der Bodenplatte und der mindestens einen Rippe der Deckplatte in den Rahmenecken mindestens ein Querrahmen gebildet wird.

[0033] 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 sich der Verlauf der Biegemomente im Brückenträger im Bauzustand, während der Herstellung des Brückenträgers, von dem Verlauf der Biegemomente im Endzustand unterscheidet, wie dies zum Beispiel beim Taktschiebeverfahren 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.

[0034] 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.

[0035] Bei der Herstellung der Segmente kann es vorteilhaft sein, die unteren Ränder der äußeren Wandplatten der Doppelwände mit der Bodenplatte kraftschlüssig zu verbinden. Dadurch wird eine Übertragung von Schubkräften zwischen den Platten entlang der kraftschlüssig verbundenen Kanten ermöglicht.

[0036] Bei der Herstellung der Segmente kann es vorteilhaft sein, die oberen Ränder der inneren Wandplatten der Doppelwände mit der Deckplatte kraftschlüssig zu verbinden. Dadurch wird eine Übertragung von Schubkräften zwischen den Platten entlang der kraftschlüssig verbundenen Kanten ermöglicht.

[0037] 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.

[0038] 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 Deckplatten der Segmente aufgebracht und Beton in die Hohlräume der Doppelwände eingefüllt werden, um die Fläche, das Trägheitsmoment und das Widerstandmoment 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.

[0039] Besonders vorteilhaft wird es sein, wenn die Schichten aus bewehrtem Beton auf die Oberseiten der Bodenplatten und die Oberseiten der Deckplatten der Segmente aufgebracht werden.

[0040] Vorteilhaft werden die Fugen zwischen den Segmenten bei dem Zusammenfügen der Segmente als Vergussfugen mit einer Breite von 1 mm bis 100 mm, vorzugsweise 10 mm bis 30 mm, hergestellt.

[0041] Vorteilhaft werden die Stirnseiten der Segmente gefräst und die Fugen zwischen den Segmenten bei dem Zusammenfügen der Segmente als trockene Fugen hergestellt.

[0042] Vorteilhaft werden mindestens zwei Platten eines Segments, vorzugsweise alle Platten eines Segments mit einer Dicke zwischen 25 mm und 250 mm, vorzugsweise 50mm bis

150mm, hergestellt.

[0043] 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 Doppelwänden, die in der Ansicht eine trapezförmige Form aufweisen.

[0044] 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.

[0045] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die T-förmigen Stahlträger mit Stegen aus Trapezblech oder Wellblech hergestellt.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] Um die Kosten für die Herstellung der Rippen aus Stahl einzusparen kann es vorteilhaft sein, die Rippen aus bewehrtem Beton herzustellen.

[0049] Die äußeren Wandplatten der Doppelwände werden im Regelfall bis zur Unterseite der Segmente ausgebildet, um die an der Unterseite der Brücke in Längsrichtung zwischen den äußeren Wandplatten und der Bodenplatte verlaufenden Fugen nicht auf den Außenseiten der Stege anzuordnen. Es wird vorteilhaft sein, die inneren Wandplatten so herzustellen, dass sie einen Abstand, der der Dicke der Bodenplatte im Endzustand entspricht, zur Unterseite des Segments aufweisen. Um zu erreichen, dass die inneren Wandplatten teilweise in die Schicht aus bewehrtem Beton, die auf der Bodenplatte aufgebracht wird, einbinden, wird der Abstand zwischen dem unteren Ende der Wandplatte und der Unterseite des Segments um bis zu 50 mm kleiner eingestellt als die Dicke der Bodenplatte im Endzustand.

[0050] Die Außenseiten der äußeren Wandplatten werden durch Umwelteinwirkungen wie zum Beispiel wechselnde Feuchtigkeitsbedingungen höher beansprucht als die im Hohlkasten angeordneten Außenseiten der inneren Wandplatten. Deswegen kann die Betondeckung bei den Außenseiten der inneren Wandplatten kleiner gewählt werden als bei den äußeren Wandplatten. Das führt dazu, dass die Dicke der inneren Wandplatten kleiner als die Dicke der äußeren Wandplatten ausgeführt werden kann, was vorteilhaft im Hinblick auf die Herstellung möglichst leichter Segmente ist.

[0051] In der endgültigen Lage des Brückenträgers müssen noch Betonierarbeiten für das Einbringen des Betons in die Doppelwände und für das Aufbringen von Schichten aus bewehrtem Beton auf der Boden- und Deckplatte ausgeführt werden. Zur Unterstützung dieser Arbeiten ist es günstig, wenn ein Wagen für den Transport von Material und Arbeitskräften in Längsrichtung des Brückenträgers auf dem Brückenträger bewegt werden kann. Auf den oberen Rahmenecken können Auflagerkonstruktionen ausgebildet werden. Auf den Auflagerkonstruktionen, die beispielsweise so ähnlich wie die in der WO 2016 187 634 beschriebenen Auflagerkonstruktionen ausgeführt werden können, werden Verschublager montiert. Auf den Verschublagern kann ein ähnlich wie in der WO 2016 187 634 gestalteter Wagen in Längsrichtung der Brücke bewegt werden.

[0052] Die Rahmenecken können vorteilhaft aus Blechen und Profilen aus Stahl hergestellt werden, was günstig für die Herstellung einer schnellen Verbindung der Rippen der Doppelwände mit den Rippen der Bodenplatte und der Deckplatte ist. Die Rahmenecken können auch aus einem gießfähigen Baustoff wie zum Beispiel Beton oder einem Vergussmörtel hergestellt werden, wenn die Herstellungskosten eines Segments reduziert werden sollen und die Montagegeschwindigkeit von untergeordneter Bedeutung ist. Die Rippen in den Doppelwänden können vorteilhaft aus Stahlblechen, Trapezblechen, Wellblechen, Stahlprofilen, Fachwerkkonstruktionen oder Gitterträgern ausgebildet werden. Auch die Herstellung von Rippen aus Beton

zwischen der inneren und der äußeren Wandplatte einer Doppelwand ist möglich.

[0053] 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.

[0054] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die Querrahmen einen Abstand zueinander auf, der mindestens 0,5 m und höchstens 10 m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0 m und 3,0 m liegt.

[0055] Ein erfindungsgemäßer, in Längsrichtung vorgespannter Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brückenträger Querrahmen aufweist, wobei die Querrahmen einen Abstand voneinander aufweisen, der mindestens 0,5 m und höchstens 10,0 m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0 m und 3,0 m liegt.

[0056] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen jeweils in schematischen Darstellungen:

[0057] Fig. 1 einen Schnitt durch einen Brückenträger mit trogförmigem Querschnitt, die Spannungen infolge Eigengewicht und die Spannungen infolge einer Kombination von Eigengewicht und Vorspannung;

[0058] Fig. 2 einen Schnitt durch einen, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Brückenträger, dessen Stege durch Doppelwände gebildet werden, die Spannungen infolge Eigengewicht und die Spannungen infolge einer Kombination von Eigengewicht und Vorspannung;

[0059] Fig. 3 eine Ansicht von zwei Doppelwänden gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0060] Fig. 4 eine Ansicht von vier Doppelwänden gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0061] Fig. 5 eine Ansicht von vier Doppelwänden und einer Bodenplatte einer erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0062] Fig. 6 eine Ansicht eines Segments gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0063] Fig. 7 eine Ansicht während des Einschiebens eines Brückenträgers gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0064] Fig. 8 eine Ansicht nach dem Einschieben des Brückenträgers gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0065] Fig. 9 einen Schnitt längs der Linie IX-IX der Fig. 7 und der Fig. 8;

[0066] Fig. 10 einen Schnitt entsprechend der Fig. 9 nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte;

[0067] Fig. 11 einen Schnitt entsprechend der Fig. 10 nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Deckplatte;

[0068] Fig. 12 einen Schnitt entsprechend der Fig. 11 nach dem Einfüllen von Beton in die Doppelwände;

[0069] Fig. 13 einen Schnitt entsprechend der Fig. 12 nach der Montage der Druckstreben und der Herstellung der Kragplatten;

[0070] Fig. 14 eine Ansicht während der Herstellung von Teilstücken eines Brückenträgers gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0071] Fig. 15 einen Schnitt längs der Linie XV-XV der Fig. 14;

[0072] Fig. 16 das Detail A der Fig. 15;

[0073] Fig. 17 das Detail B der Fig. 15;

[0074] Fig. 18 ein der Fig. 16 entsprechendes Detail nach dem Aufbringen einer Schicht aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte;

[0075] Fig. 19 einen Schnitt längs der Linie XIX-XIX der Fig. 18;

[0076] Fig. 20 eine Ansicht während der Herstellung eines Brückenträgers gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0077] Fig. 21 eine der Fig. 20 entsprechende Ansicht nach der Positionierung eines Teilstücks am Einbauort;

[0078] Fig. 22 eine der Fig. 21 entsprechende Ansicht während des Verschiebens eines weiteren Teilstücks des Brückenträgers vom Montageplatz zum Einbauort;

[0079] Fig. 23 einen Schnitt längs der Linie XXIII-XXIII der Fig. 20; und

[0080] Fig. 24 das Detail C der Fig. 23, wobei der Schnitt zwischen den Wandplatten der Doppelwände geführt wurde.

[0081] Im Folgenden wird zunächst auf die Fig. 1 und die Fig. 2 Bezug genommen, in denen das statische Tragverhalten von zwei unterschiedlichen Querschnitten für einen Brückenträger 1 untersucht wird. Die zwei in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Querschnitte weisen eine Höhe von 2,0m und eine Breite von 1,0m auf.

[0082] 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 34 beträgt 50mm. Die Dicke der Bodenplatte 5 ist gleich 200mm. Die Fläche dieses Querschnitts beträgt 0,380m^2, das Trägheitsmoment 0,144m^4, das Widerstandsmoment an der Oberseite der Wandplatten 34 -0,101m^3, das Widerstandsmoment an der Unterseite der Bodenplatte 5 0,251m^3 und der Trägheitsradius 0,616m. Der Schwerpunkt ist 0,574m von der Unterseite der Bodenplatte 5 entfernt. In der Bodenplatte 5 sind in einem Abstand von 0,15m von der Unterseite der Bodenplatte 5 zwei Spannglieder 15 in der Nähe der Wandplatten 34 angeordnet. Eine Positionierung der Spannglieder 15 in der Nähe der Wandplatten 34 ist günstig, weil auf diese Art Umlenkkräfte und Verankerungskräfte der Spannglieder 15 mit nur geringen Biegebeanspruchungen der Bodenplatte 5 in die Wandplatten 34 eingeleitet werden können.

[0083] Das Gewicht des trogförmigen Querschnitts beträgt 9,5kN/m, wenn die Wichte mit 25kN/m3 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 -18,8MPa an der Oberseite der Wandplatten 34 und +7,6MPa an der Unterseite der Bodenplatte 5. 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.

[0084] Fig. 1 zeigt, dass die Spannung infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung an der Unterseite der Bodenplatte 5 gleich Null ist und an der Oberseite der Wandplatten 34 eine Druckspannung von -15,8MPa vorhanden ist.

[0085] Fig. 2 zeigt, einen Querschnitt mit vier Wandplatten 34, wobei jeweils zwei Wandplatten 34 eine Doppelwand 4 bilden, einer Bodenplatte 5 und einer Deckplatte 6 entsprechend der Darstellung in der Fig. 14 der WO 2016 037 864. Die Dicke der Wandplatten 34 beträgt 50mm. Die Dicken der Bodenplatte 5 und der Deckplatte 6 sind gleich 100mm. Die Fläche dieses

Querschnitts beträgt 0,56m^2, das Trägheitsmoment 0,278m^4, das Widerstandsmoment an der Oberseite der Deckplatte 6 -0,278m^3, das Widerstandsmoment an der Unterseite der Bodenplatte 5 0,278m^3 und der Trägheitsradius 0,704m. Der Schwerpunkt liegt in der halben Höhe des Querschnitts. In einem Abstand von 0,15m von der Unterseite der Bodenplatte 5 sind zwischen den Wandplatten 34 zwei Spannglieder 15 angeordnet. Eine Positionierung der Spannglieder 15 zwischen den Wandplatten 34 ist günstig, weil auf diese Art Umlenkkräfte und Verankerungskräfte der Spannglieder 15 über in der Fig. 2 nicht dargestellte Verankerungsblöcke direkt in die Wandplatten 34 eingeleitet werden können.

[0086] Das Gewicht des in Fig. 2 gezeigten Querschnitts beträgt 14,0kN/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 -10,1MPa an der Oberseite der Deckplatte 6 und 10,1MPa an der Unterseite der Bodenplatte 5. 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.

[0087] Fig. 2 zeigt, dass die Spannung infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung an der Unterseite der Bodenplatte 5 gleich null ist und an der Oberseite der Deckplatte 6 eine Druckspannung von -7,4MPa vorhanden ist.

[0088] Ein Vergleich des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitts gemäß Fig. 2 mit dem Querschnitt gemäß Fig. 1 zeigt, dass der Querschnitt gemäß Fig. 2, wegen der zur Herstellung von Wandplatten 34 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 um 19% höhere Vorspannkraft von 2080kN, verglichen mit 1750kN im Fall des trogförmigen Querschnitts, erforderlich. Die Spannung an der Oberseite der Deckplatte 6 infolge der Einwirkungen von Eigengewicht und Vorspannung beträgt bei dem mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Querschnitt nur -7,4MPa und die Spannung an der Oberseite der Wandplatten 34 bei dem Querschnitt gemäß Fig. 1 -15,8MPa. Die hohen Druckspannungen infolge Eigengewicht und Vorspannung sind nachteilig bei dem trogförmigen Querschnitt gemäß Fig. 1.

[0089] In den folgenden Ausführungsbeispielen ist die in den Bodenplatten 5 und den Deckplatten 6, die gemeinsam auch als Platten 7 bezeichnet werden, in den Doppelwänden 4 und in 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. 3 bis Fig. 13 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 gemäß Fig. 6 werden gemäß Fig. 3 auf einem Montageplatz 10 zwei Doppelwände 4 in senkrechter Lage aufgestellt. In jeder Doppelwand 4 ist eine Rippe 8, die kraftschlüssig mit der inneren Wandplatte 32 und der äußeren Wandplatte 33 verbunden ist, angeordnet. Die Rippen 8 bestehen aus T-förmigen Stahlträgern 18, deren Stege 24 normal zu den Mittelebenen der Doppelwände 4 angeordnet werden.

[0093] Bei der Herstellung einer Doppelwand 4 kann der Flansch 25 des T-förmigen Stahlträ-

gers 18 an die Bewehrung der zuerst hergestellten Wandplatte 34 angeschweißt werden. Nach dem Einfüllen und Erhärten des Betons zur Herstellung der ersten Wandplatte 34 einer Doppelwand 4, in horizontaler Lage, wird die Doppelwand gewendet und der Steg 24 des T- förmigen Stahlträgers 18 wird in den Frischbeton der zweiten Wandplatte 34 eingedrückt. Nach dem Erhärten des Betons der zweiten Wandplatte 34 sind die beiden Wandplatten 34 durch den T-förmigen Stahlträger 18 miteinander verbunden. Die dem Flansch 25 des T- förmigen Stahlträgers 18 gegenüberliegende Seite des Steges 24 kann als Dübelleiste mit einer Profilierung ausgebildet werden, um die Schubverbindung zwischen dem T-förmigen Stahlträger 18 und der zweiten Wandplatte 34 zu verbessern. Falls es zur Aufnahme des Betonierdrucks, der beim Einfüllen des Betons in den Hohlraum 29 zwischen der inneren Wandplatte 32 und der äußeren Wandplatte 33 entsteht, erforderlich ist, können bei der Herstellung der Doppelwand 4 noch zusätzliche Verbindungselemente eingebaut werden.

[0094] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 4 zwei weitere Doppelwände 4 mit jeweils einer Rippe 8 auf dem Montageplatz 10 so aufgestellt, dass die Mittelebenen dieser Doppelwände 4 parallel zu den Mittelebenen der im ersten Schritt aufgestellten Doppelwände 4 sind und dass die Außenseiten der äußeren Wandplatten 33 einen Abstand zueinander aufweisen, der der Breite des Segments 3 entspricht. Die Fugen 17 zwischen den Wandplatten 34 der Doppelwände 4 werden anschließend mit einem Vergussmörtel verfüllt.

[0095] Im nächsten Schritt wird gemäß Fig. 5 zwischen den unteren Rändern 13 der Doppelwände 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 äußeren Wandplatten 33 der Doppelwände 4 weisen an den unteren Rändern 13 Anschlussbewehrungen auf, die durch Ortbeton mit der Bewehrung der Bodenplatte 5 verbunden werden. Die Verbindung der Doppelwände 4 mit der Bodenplatte 5 ist statisch vorteilhaft, weil dadurch Schubkräfte zwischen den unteren Rändern 13 der Doppelwände 4 und der Bodenplatte 5 übertragen werden können. In der Bodenplatte 5 angeordnete Rippen 40 werden mit den in den Doppelwänden 4 angeordneten Rippen 8 in Rahmenecken 26 kraftschlüssig und biegesteif verbunden.

[0096] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 6 zwei vorgefertigte Deckplatten 6 mit jeweils einer Rippe 41 auf den inneren Wandplatten 32 aufgelegt und montiert. Die Rippen 41 mit den an den Enden angeordneten Rahmenecken 26 weisen jeweils eine Länge auf, die größer ist als die Breite der Deckplatten 6. Die Rippen 41 der Deckplatten 6 werden bei dem Montagevorgang auf den in den Doppelwänden 4 angeordneten Rippen 8 aufgesetzt und mit diesen in den Rahmenecken 26 kraftschlüssig und biegesteif verbunden. Durch die biegesteife Verbindung der in den Doppelwänden 4 angeordneten Rippen 8 mit den in den Bodenplatten 5 angeordneten Rippen 40 und den in den Deckplatten 6 angeordneten Rippen 41 in den Rahmenecken 26 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 Doppelwänden 4 erfolgt bei diesem Beispiel über die Querrahmen 20. Alternativ könnte auch eine Verbindung zwischen den Deckplatten 6 und den inneren Wandplatten 32 der Doppelwände 4 hergestellt werden, um Schubkräfte zwischen den Deckplatten 6 und den Doppelwänden 4 zu übertragen. Diese Verbindung könnte zum Beispiel durch das Verschweißen von in den Deckplatten 6 und in den inneren Wandplatten 32 der Doppelwände 4 eingelegten Einbauteilen erfolgen. Die Querrahmen 20 liegen bei diesem Beispiel in Ebenen, die mit der Längsachse des Segments 3 einen Winkel von 90° einschließen. Auf den oberen Rahmenecken 26, die bei diesem Ausführungsbeispiel aus Stahl bestehen, werden Auflagerkonstruktionen 37 befestigt. Die Auflagerkonstruktionen 37 können aus Stahlrohren bestehen und werden auf der Oberseite der oberen Rahmenecken 26 angeschweißt. Auf den Auflagerkonstruktionen 37 werden Verschublager 38 befestigt, die das in späteren Verfahrensschritten eingesetzte Bewegen eines Wagens 39 in Längsrichtung des Brückenträgers 1 ermöglichen.

[0097] Der Übersichtlichkeit halber ist in der Fig. 3 bis Fig. 6 die Herstellung eines Segments 3 aus vier Doppelwänden 4, einer Bodenplatte 5 und zwei Deckplatten 6 dargestellt. Es wäre mit

dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch möglich ein viel längeres Segment 3 beispielsweise aus zwanzig Doppelwänden 4, einer Bodenplatte 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.

[0098] Fig. 7 zeigt die Herstellung eines Brückenträgers 1 mit Segmenten 3 aus Doppelwänden 4, dünnwandigen Platten 7 und Querrahmen 20 mit dem Taktschiebeverfahren. Die gemäß den in den Fig. 3 bis Fig. 6 dargestellten, in Abschnitten hergestellten Segmente 3 werden am rechten Ende des Brückenträgers 1 positioniert und mit Spanngliedern 15 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. 7 und der Fig. 8 auf der linken Seite angeordnete Widerlager 30 erreicht.

[0099] Die Fig. 7 und Fig. 8 zeigen, dass auf dem Brückenträger 1 Auflagerkonstruktionen 37 und Verschublager 38 montiert sind. Auf den Verschublagern 38 kann gemäß Fig. 8 ein Wagen 39 in Längsrichtung des Brückenträgers 1 bewegt werden.

[00100] 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 Doppelwänden 4 und dünnwandigen Platten 7 bestehen, die durch Querrahmen 20 ausgesteift sind.

[00101] Der in der Fig. 9 dargestellte Querschnitt ist trotz seines geringen Gewichts ausreichend steif ausgebildet, um die während des Einschiebens 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. 10 wird zunächst auf der Bodenplatte 5 eine Schicht 9 aus bewehrtem Beton in der statisch erforderlichen Dicke aufgebracht. Zum Einbringen der Schicht 9 kann ein Wagen 39 für den Transport des Betons und der Arbeitskräfte verwendet werden. Der Wagen 39 wird dabei auf den Verschublagern 38 in der Längsrichtung des Brückenträgers 1 bewegt und am Einbauort 11 zur Durchführung der Betonierarbeiten positioniert. 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 31 und Widerlagern 30 angeordneten Lager 44 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.

[00102] Im nächsten Schritt wird gemäß Fig. 11 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 (Fig. 13).

[00103] Im nächsten Schritt wird gemäß Fig. 12 Beton in die Hohlräume 29 der Doppelwände 4 eingefüllt. Der Betonierdruck wird von den inneren Wandplatten 32 und den äußeren Wandplatten 33 aufgenommen und zu den Rippen 8 weitergeleitet. Falls es statisch erforderlich ist, können zusätzlich Verbindungselemente zwischen den inneren Wandplatten 32 und den äußeren Wandplatten 33 zur Aufnahme des Betonierdrucks vorgesehen werden.

[00104] Im nächsten Schritt werden gemäß Fig. 13 die Druckstreben 23 und die auskragenden Teile der Fahrbahnplatte 22 hergestellt. Auch für das Montieren der Druckstreben 23 und das Herstellen der auskragenden Teile der Fahrbahnplatte 22 kann der Einsatz des Wagens 39

vorteilhaft sein. Abschließend wird auf der Oberseite der Fahrbahnplatte 22 eine Abdichtung aufgebracht und ein Fahrbahnbelag hergestellt.

[00105] Die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform ist in den Fig. 14 bis Fig. 19 dargestellt.

[00106] Die Fig. 14 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 geringes 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.

[00107] Die Fig. 15 zeigt, dass die Teilstücke 2 des Brückenträgers 1 aus Segmenten 3 bestehen, die aus dünnwandigen Platten 7 und Doppelwänden 4 gebildet werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Doppelwände 4 und die dünnwandigen Platten 7 vorgefertigt, um die Montagegeschwindigkeit zu erhöhen. Die Fig. 15 zeigt, dass die mit der Bodenplatte 5 verbundene Rippe 40 und die mit der Deckplatte 6 verbundene Rippe 41 mit den Rippen 8 der Doppelwände 4 in den Rahmenecken 26 verbunden werden. Durch die biegesteife Verbindung der Rippe 40, der Rippe 41 und der Rippen 8 in den Rahmenecken 26 entsteht ein Querrahmen 20, der zur Aussteifung eines Segments 3 dient. Die Rippen 40, die mit den Bodenplatten 5, und die Rippen 41, die mit den Deckplatten 6 verbunden sind, weisen Aussparungen 19 auf, die das Gewicht der Rippen 40 und der Rippen 41 reduzieren und günstig für das Verlegen einer in Längsrichtung der Segmente 3 angeordneten und auf den Bodenplatten 5 und den Deckplatten 6 verlegten Bewehrung sind. Die Rippen 8 in den Doppelwänden 4 werden durch Gitterträger 36 gebildet. Der Durchmesser der Gitterträger 36 muss so groß gewählt werden, dass bei Druckbeanspruchungen in den Diagonalstäben kein Knicken auftreten kann. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die innere Wandplatte 32, bei der wegen der günstigeren Expositionsklasse gemäß Eurocode geringere Anforderungen an die Betonüberdeckung gestellt werden, mit einer geringeren Dicke als die äußere Wandplatte 33 hergestellt, um das Eigengewicht des Segments 3 zu verringern.

[00108] Die Verbindung der Rippe 8 der Doppelwand 4 mit der Rippe 40 der Bodenplatte 5 in der linken unteren Rahmenecke 26 der Fig. 15 ist in der Fig. 16 in vergrößertem Maßstab dargestellt. Die Rippe 40, die mit der Bodenplatte 5 verbunden ist, besteht aus einem T- förmigen Stahlträger 18, der in den Stegen 24 Aussparungen 19 aufweist. Die Fig. 16 zeigt, dass der Steg 24 des T-förmigen Stahlträgers 18 teilweise in den Beton der Bodenplatte 5 eingebettet ist. Dadurch ist die Rippe 40 schubfest mit der Bodenplatte 5 verbunden, was günstig für die Aufnahme von Biegemomenten im unteren Teil des Querrahmens 20 ist, weil die Rippe 40 und ein Teil der Bodenplatte 5 wie ein gemeinsamer Bauteil wirken. Zur besseren Verbindung des Steges 24 des T-förmigen Stahlträgers 18 mit der Bodenplatte 5 können an dem im Beton eingebetteten Teil des Steges 24 Bewehrungsstäbe angeschweißt werden. In der Rahmenecke 26 des Querrahmens 20 wird die Rippe 40 der Bodenplatte 5 mit einer zusätzlichen Stahlplatte 28 verschweißt. Am Ende der in der Doppelwand 4 angeordneten Rippe 8 wird eine Stahlplatte 28 im Beton der inneren Wandplatte 32 und der äußeren Wandplatte 33 eingebettet und verankert. Beim Anschluss der Bodenplatte 5 an die äußere Wandplatte 33 der Doppelwand 4 ist eine Längsfuge 35 ausgebildet, weil die beiden dünnwandigen Platten 7 vorgefertigt werden. Nach dem Zusammenfügen der Bodenplatte 5 und der äußeren Wandplatte 33 wird die Längsfuge 35 mit einem Vergussmörtel verfüllt. Mit Schraubverbindungen 27 ist es möglich, eine biegesteife Rahmenecke 26 herzustellen, die sowohl positive als auch negative Biegemomente aufnehmen kann.

[00109] Die Verbindung der Rippe 8 der Doppelwand 4 mit der Rippe 41 der Deckplatte 6 in der linken oberen Rahmenecke 26 der Fig. 15 ist in der Fig. 17 in vergrößertem Maßstab dar-

gestellt. Die Rippen 41 sind zur Ausbildung der Rahmenecke 26 mit zusätzlichen Stahlplatten 28 ausgestattet. Mit Schraubverbindungen 27 kann eine biegesteife Verbindung der in der Doppelwand 4 angeordneten Rippe 8 mit der in der Deckplatte 6 angeordneten Rippe 41 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 Doppelwand 4 und in der Deckplatte 6 angeordneten Bewehrung aus Betonstahl mit den Stahlplatten 28 zu verschweißen.

[00110] Die Fig. 18 zeigt ein der Fig. 16 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. Durch das Aufbringen der Schicht 9 aus bewehrtem Beton wird die Bodenplatte 5 mit der Doppelwand 4 biegesteif verbunden. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Abstand von der Unterseite der inneren Wandplatte 32 um 10mm kleiner als die Dicke der Bodenplatte 5 zuzüglich der Dicke der Schicht 9 aus bewehrtem Beton. Die innere Wandplatte 32 ist deshalb an ihrer Unterseite in die Schicht 9 aus bewehrtem Beton eingebettet.

[00111] Ein Schnitt durch die Doppelwand 4 ist in der Fig. 19 dargestellt. Das Einbringen des Betons in den durch die innere Wandplatte 32 und die äußere Wandplatte 33 gebildeten Hohlraum 29 kann mittels einer Betonpumpe von der Oberseite der Fahrbahnplatte 22 erfolgen. Der Druck des Frischbetons wird von der inneren Wandplatte 32 und der äußeren Wandplatte 33 aufgenommen und in den Gitterträger 36, der einen Teil des Querrahmens 20 bildet, eingeleitet.

[00112] Die Herstellung eines beispielhaften Brückenträgers 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einer dritten Ausführungsform ist in den Fig. 20 bis 24 beschrieben.

[00113] In diesem Beispiel wird die Herstellung eines Brückenträgers 1 mit einer Versetzmaschine 42 erläutert. In der englischen Sprache wird eine derartige Versetzmaschine 42 als launching gantry bezeichnet. Die Fig. 20 zeigt wie ein Teilstück 2 des Brückenträgers, das mit Zuggliedern 43 an der Versetzmaschine 42 befestigt ist, abgesenkt wird. Der Übersichtlichkeit halber sind die Segmente 3 und die Fugen 16 zwischen den Segmenten 3 in den Fig. 20 bis 22 nicht dargestellt. Das Teilstück 2 wird so abgesenkt, dass ein horizontaler Abstand a zwischen dem an der Versetzmaschine 42 abgehängten Teilstück 2 und dem zuletzt montierten Teilstück 2 verbleibt. Durch diesen horizontalen Abstand a zwischen den Stirnflächen der Teilstücke 2 wird ein Arbeitsraum geschaffen, der ein Koppeln der Spannglieder 15 ermöglicht. Die Spannglieder 15, die aus Spanndrahtlitzen 46, Übergangsstücken 48, Hüllrohren und Verankerungen bestehen sind in dem an der Versetzmaschine 42 abgehängten Teilstück 2 bereits eingebaut. Die Spanndrahtlitzen 46 ragen aus dem rechten Ende des Teilstücks 2 heraus. Nach dem Koppeln der Spannglieder 15 wird das an der Versetzmaschine 42 befestigte Segment 3 nach rechts bewegt und die Fuge 16 zwischen den Teilstücken 2 geschlossen.

[00114] Gemäß Fig. 21 werden im nächsten Arbeitsschritt zusätzliche Zugglieder 43 montiert. Die Zugglieder 43 können an den Auflagerkonstruktionen 37 befestigt werden. Im nächsten Arbeitsschritt werden Schichten 9 aus Beton auf die Bodenplatte 5 und die Deckplatte 6 aufgebracht und Beton in die Hohlräume 29 in den Doppelwänden 4 eingebracht. Die zusätzlichen Zugglieder 43 dienen zur Unterstützung des Teilstücks 2 während des Betoniervorgangs. Nach dem teilweisen Erhärten des am Einbauort eingebrachten Betons, nach einem Zeitraum von beispielsweise 6 bis 48 Stunden, werden die Zugglieder 43 entfernt und das Eigengewicht wird vom Brückenträger 1 aufgenommen.

[00115] Im nächsten Arbeitsschritt wird die Versetzmaschine 42 gemäß Fig. 22 um ein Feld nach links bewegt. Das Gewicht der Versetzmaschine 42 wird über Konsolen 45, die seitlich an den Pfeilern 31 montiert sind, in die Pfeiler 31 eingeleitet. Die Fig. 22 zeigt, dass ein weiteres Teilstück 2 angeliefert wird. Das Teilstück 2 wird während des horizontalen Verschubs entlang des Brückenträgers auf den an der Oberseite der Auflagerkonstruktionen 37 montierten Verschublagern 38 gelagert. Die Fig. 22 zeigt einen Zustand, bei dem an dem linken Ende des gerade angelieferten Teilstücks 2 Zugglieder 43 montiert werden. Die Zugglieder 43 werden nach der Montage auf eine vorgegebene Kraft angespannt, um während des folgenden Vor-

schubs das zuletzt mit Beton verfüllte Teilstück 2 des Brückenträgers möglichst wenig zu belasten. Anschließend wird das Teilstück 2 so weit nach links verschoben bis die Zugglieder 43 am rechten Ende des Teilstücks 2 montiert werden können. Nach der Montage der Zugglieder 43 am rechten Ende des Teilstücks 2 wird das Teilstück 2 angehoben und nach links transportiert bis eine der Fig. 20 entsprechende Lage erreicht wird.

[00116] Die Fig. 23 zeigt einen Schnitt durch ein Teilstück 2, das mit Zuggliedern 43 an der Versetzmaschine 42 befestigt ist. Der Querschnitt durch das Teilstück 2 zeigt einen Querrahmen 20 durch den die Doppelwände 4 mit der Bodenplatte 5 und der Deckplatte 6 verbunden sind. Auf der oberen Rahmenecke 26 sind Auflagerkonstruktionen 37 mit Verschublagern 38 befestigt. Die Auflagerkonstruktionen 37 können zur Befestigung der Zugglieder 43 verwendet werden. In der Fig. 23 ist auch zu sehen, dass die Stützen der Versetzmaschine 42 auf Konsolen 45 angeordnet sind. Die Konsolen 45 können aus Stahlprofilen bestehen, die mit Spannstangen seitlich am Pfeiler 31 befestigt sind. Die Konsolen 45 und die Spannstangen sind wiederverwendbare Elemente, die nach dem Überfahren mit dem Versetzwagen 39 demontiert werden können.

[00117] Die Fig. 24 zeigt einen Schnitt durch zwei Teilstücke 2 des Brückenträgers. Zwischen den Wandplatten 34 der Doppelwände 4 des rechten Teilstücks 2 wurde Beton eingebracht. Das rechte Teilstück 2 ist fast vollständig mit Schichten 9 aus bewehrtem Beton auf der Bodenplatte 5 und der Deckplatte 6 ausgestattet. Lediglich in einem Bereich mit der Länge b am linken Ende des bereits ausbetonierten Teilstücks 2 wurde noch kein Beton auf die Bodenplatte 5 und die Deckplatte 6 aufgebracht, weil in diesem Bereich die Anschlussbewehrung zwischen den beiden Teilstücken 2 untergebracht ist.

[00118] Im rechten Teilstück 2 der Fig. 24 ist zwischen den Wandplatten 34 der Doppelwände 4 ein Verankerungsblock 49 aus Beton mit einer Stahlplatte 28 und einem Übergangsstück 48 angeordnet. Bei dem Anspannen des im rechten Teilstück 2 angeordneten Spannglieds 15 wird die Vorspannkraft des Spannglied 15 auf die Stahlplatte 28 und von dieser auf den Verankerungsblock 49 übertragen. Das Koppeln der Spannglieder 15 erfolgt mit der üblichen Methode in dem Arbeitsraum, der durch den in Fig. 20 dargestellten Abstand a gebildet wird. Nach dem Koppeln der Spanndrahtlitzen 46 wird, wie bereits bei der Erläuterung der Fig. 20 beschrieben, das linke Teilstück 2 nach rechts bewegt. Bei dieser Bewegung findet eine Relativverschiebung zwischen den Spanndrahtlitzen 46 und dem Hüllrohr im linken Teilstück 2 statt. Der dichte Anschluss des Übergangsstücks 48 an das im rechten Teilstück 2 bereits einbetonierte Spannglied 15 wird dadurch erreicht, dass ein Stahlring 47, der im linken Teilstück 2 befestigt ist, an die Stahlplatte 28, die im rechten Teilstück 2 befestigt ist, angepresst wird. Es wäre auch möglich zwischen dem Stahlring 47 und der Stahlplatte 28 eine ringförmige Dichtung aus Moosgummi einzulegen, um das Herstellen einer dichten Verbindung zwischen den Spanngliedern 15 zu gewährleisten. Das Herstellen einer dichten Verbindung zwischen den Spanngliedern 15, die in dem linken und dem rechten Teilstück 2 angeordnet sind, ist wichtig, weil beim Einbringen des Betons in den Hohlraum 29 zwischen den Wandplatten 34 kein Beton in das Spannglied 15 eindringen darf.

[00119] In den Beispielen wurde 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.

[00120] 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.

[00121] 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.

[00122] In den Beispielen wurde die Herstellung von Segmenten 3 mit konstanter und veränderlicher Höhe beschrieben, die in einem Schnitt normal zur Längsachse 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 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	Doppelwand
5	Bodenplatte
6	Deckplatte
7	Platte
8	Rippe in einer Doppelwand
9	Schicht aus bewehrtem Beton
10	Montageplatz
11	Einbauort
12	Endgültige Lage
13	Unterer Rand einer Doppelwand
14	Oberer Rand einer Doppelwand
15	Spannglied
16	Fuge zwischen zwei Segmenten bzw. zwischen zwei Teilstücken
17	Fuge zwischen zwei Platten innerhalb eines Segments
18	T-förmiger Stahlträger
19	Aussparung
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	Hohlraum
30	Widerlager
31	Pfeiler
32	Innere Wandplatte
33	Äußere Wandplatte
34	Wandplatte
35	Längsfuge

LISTE DER BEZUGSZEICHEN (FORTSETZUNG):

36 Gitterträger
37 Auflagerkonstruktion
38 Verschublager
39 Wagen
40 Rippe, die mit einer Bodenplatte verbunden ist
41 Rippe, die mit einer Deckplatte verbunden ist
42 Versetzmaschine
43 Zugglied
44 Lager
45 Konsole
46 Spanndrahtlitze
47 Stahlring
48 Übergangsstück
49 Verankerungsblock

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines in Längsrichtung vorgespannten Brückenträgers mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten, wobei
   - zur Herstellung eines ersten Segments (3) mindestens zwei Doppelwände (4), wobei jede Doppelwand (4) mit einer inneren Wandplatte (32), einer von der inneren Wandplatte (32) beabstandeten äußeren Wandplatte (33) und Verbindungselementen, mit denen die innere Wandplatte (32) mit der äußeren Wandplatte (33) verbunden ist, hergestellt wird, aus bewehrtem Beton hergestellt werden;
   - die mindestens zwei Doppelwände (4) auf einem Montageplatz (10) so aufgestellt werden, dass sie in einer Schnittebene normal zur Längsachse des Segments (3) zueinander beabstandet sind;
   - eine Bodenplatte (5) aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe (40), die mit der Bodenplatte (5) verbunden wird, zwischen den unteren Rändern (13) der Doppelwände (4) ausgebildet wird;
   - die Doppelwände (4) mit der Bodenplatte (5) verbunden werden;
   - eine Deckplatte (6) aus bewehrtem Beton mit mindestens einer Rippe (41), die mit der Deckplatte (6) verbunden wird, zwischen den oberen Rändern (14) der Doppelwände (4) ausgebildet wird,
   - die Doppelwände (4) mit der Deckplatte (6) verbunden werden;
   - 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) die Doppelwände (4) mit Beton verfüllt werden und auf den Bodenplatten (5) und/oder den Deckplatten (6) Schichten (9) aus bewehrtem Beton aufgebracht werden,

   dadurch gekennzeichnet, dass
   - in jeder Doppelwand (4) mindestens eine Rippe (8) ausgebildet wird, die mindestens eine Rippe (8) mit der inneren Wandplatte (32) und mit der äußeren Wandplatte (33) verbunden wird, und die Rippen (8) in Schnittebenen angeordnet sind, die mit der Längsachse des Segments (3) einen Winkel zwischen 45° und 135°, vorzugsweise 90°, einschließen;
   - die Rippen (8) in den Doppelwänden (4) mit der mindestens einen Rippe (40) in der Bodenplatte (5) in Rahmenecken (26) verbunden werden;
   - die Rippen (8) in den Doppelwänden (4) mit der mindestens einen Rippe (41) in der Deckplatte (6) in Rahmenecken (26) verbunden werden und
   - durch die Verbindungen der Rippen (8) der Doppelwände (4) mit der mindestens einen Rippe (40) der Bodenplatte (5) und der mindestens einen Rippe (41) der Deckplatte (6) in den Rahmenecken (26) mindestens ein Querrahmen (20) gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in mindestens einer Doppelwand (4) am unteren Rand (13) die äußere Wandplatte (33) bis zur Unterseite des Segments (3) ausgebildet wird und die innere Wandplatte (32) so hergestellt wird, dass sie einen Abstand, der der Dicke der Bodenplatte im Endzustand entspricht, zur Unterseite des Segments aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in mindestens einer Doppelwand (4) der Abstand zwischen dem unteren Ende der inneren Wandplatte (32) und der Unterseite des Segments (3) um bis zu 50mm kleiner ist als die Dicke der Bodenplatte (5) im Endzustand.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die innere Wandplatte (32) mit einer kleineren Dicke als die äußere Wandplatte (33) hergestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf Rahmenecken (26) Auflagerkonstruktionen (37) mit an der Oberseite angeordneten Verschublagern (38) ausgebildet werden und auf den Verschublagern (38) ein Wagen (39) in Längsrichtung der Brücke (1) bewegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rahmenecken (26) aus Stahl oder aus einem Vergussmaterial hergestellt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Rippe (8) in einer Doppelwand (4) als Stahlblech, Trapezblech, Wellblech, Stahlprofil, Fachwerkkonstruktion, Gitterträger oder aus Beton ausgebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine äußere Wandplatte (33) einer Doppelwand (4) am unteren Rand (13) mit der Bodenplatte (5) kraftschlüssig verbunden wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine innere Wandplatte (32) einer Doppelwand (4) am oberen Rand (14) mit der Deckplatte (6) kraftschlüssig verbunden wird.

10. Vorgespannter Brückenträger mit hohlkastenförmigem Querschnitt aus vorgefertigten Segmenten (3), wobei der Brückenträger (1) mit einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt wurde, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Brückenträger Querrahmen (20) aufweist, wobei die Querrahmen (20) einen Abstand voneinander aufweisen, der mindestens 0,5m und höchstens 10m beträgt und vorzugsweise zwischen 1,0m und 3,0m liegt.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

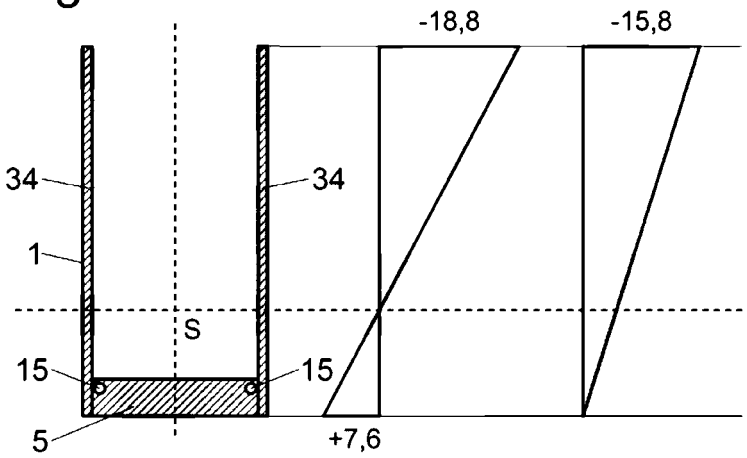


Fig. 2

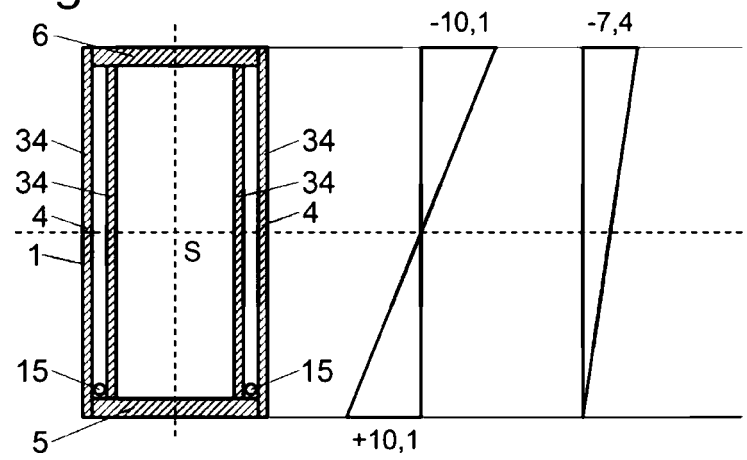


Fig. 3

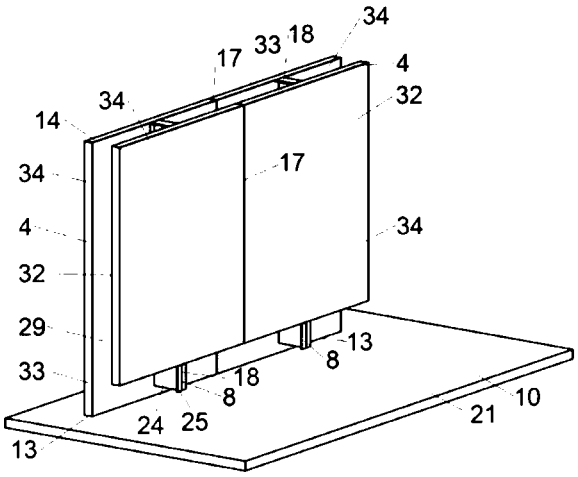


Fig. 4

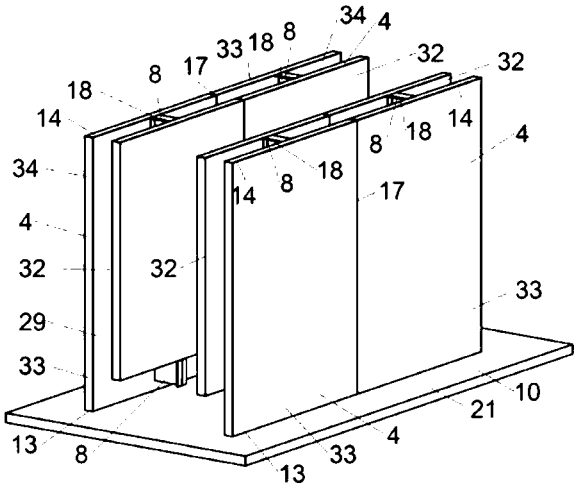


Fig. 5

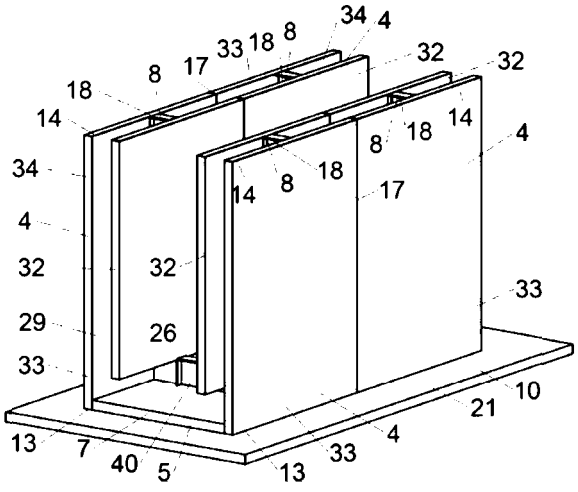


Fig. 6

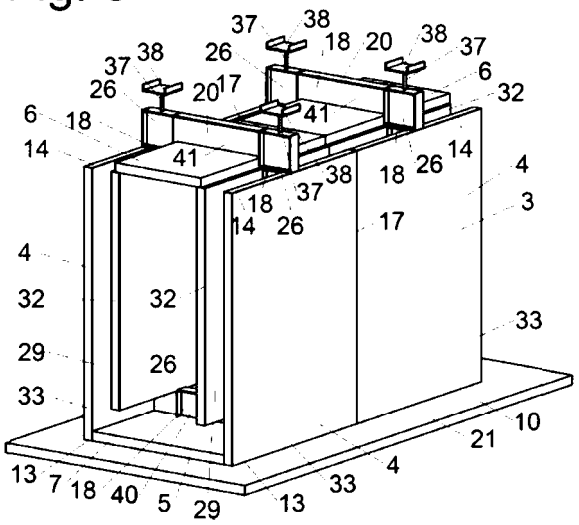


Fig. 7

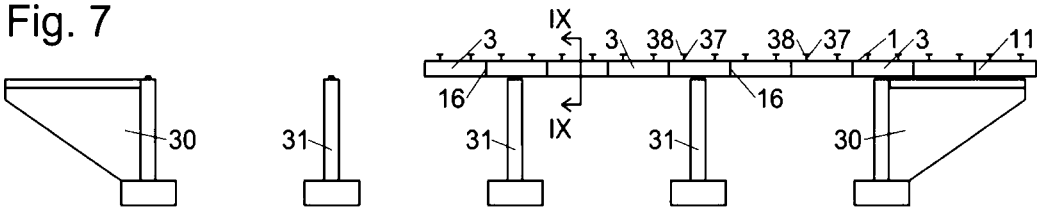


Fig. 8

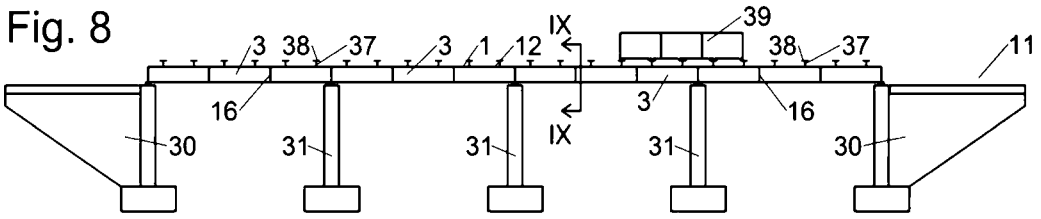


Fig. 9

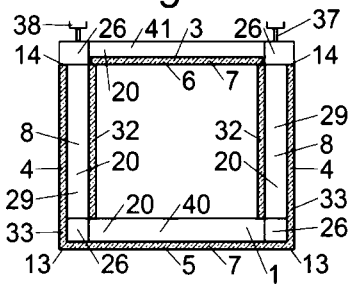


Fig. 10

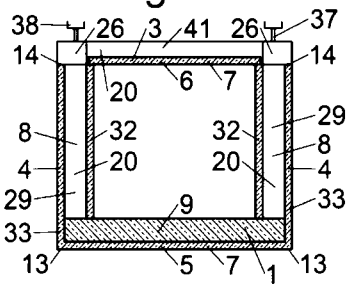


Fig. 11

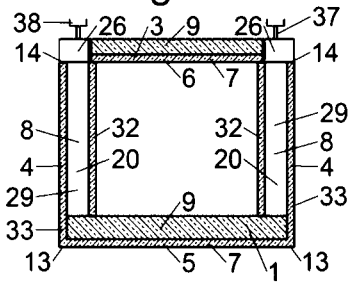


Fig. 12

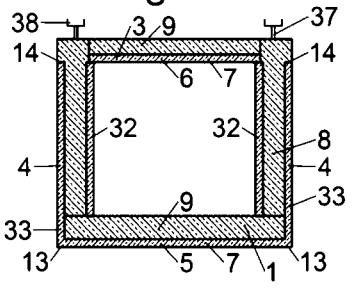


Fig. 13

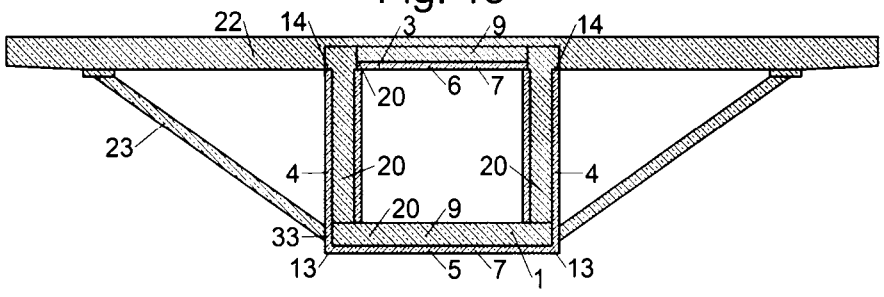


Fig. 14

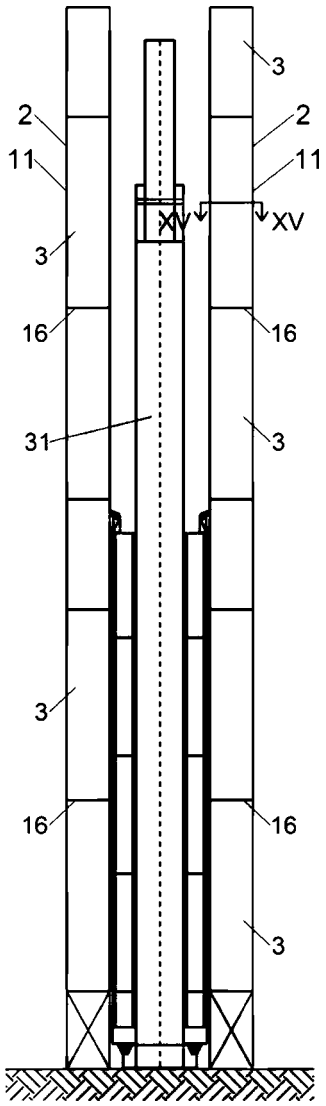


Fig. 15

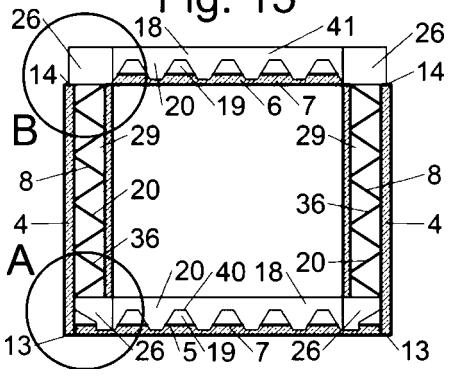


Fig. 16

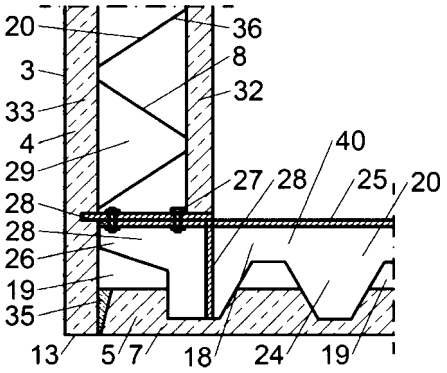


Fig. 17

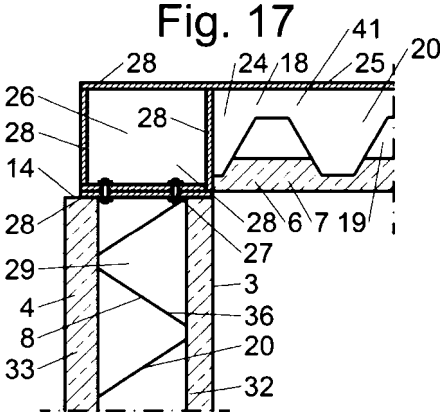


Fig. 18

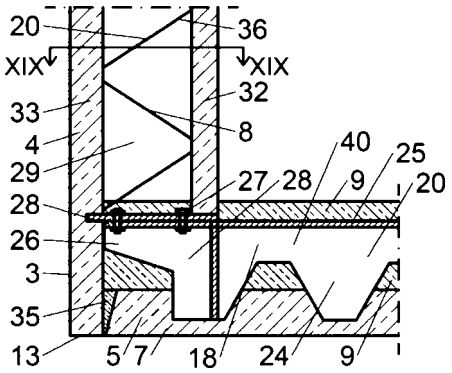


Fig. 19

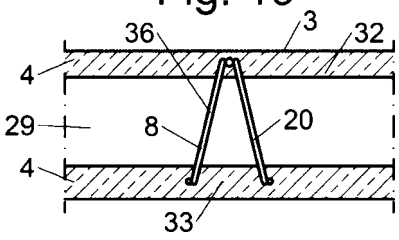


Fig. 20

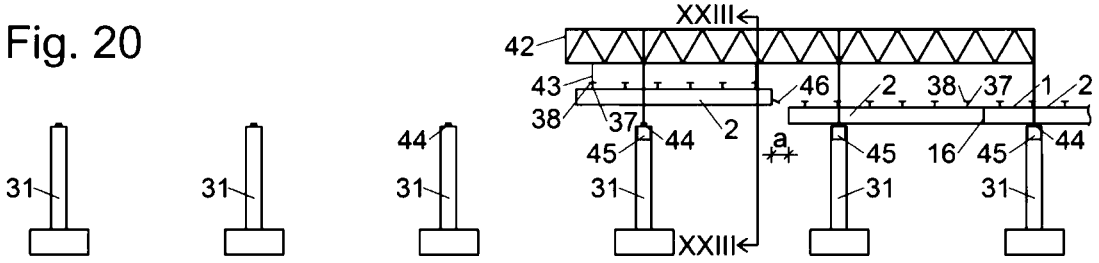


Fig. 21

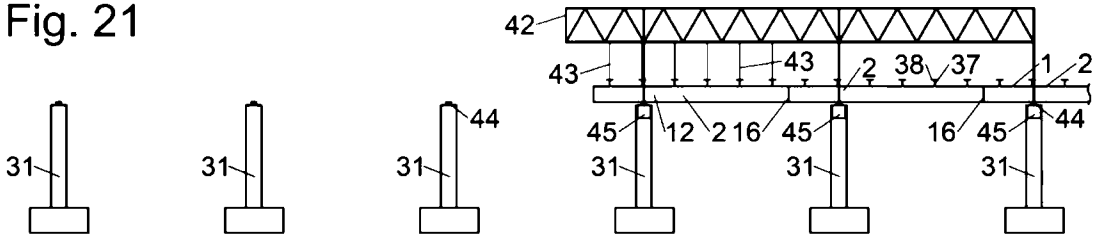


Fig. 22

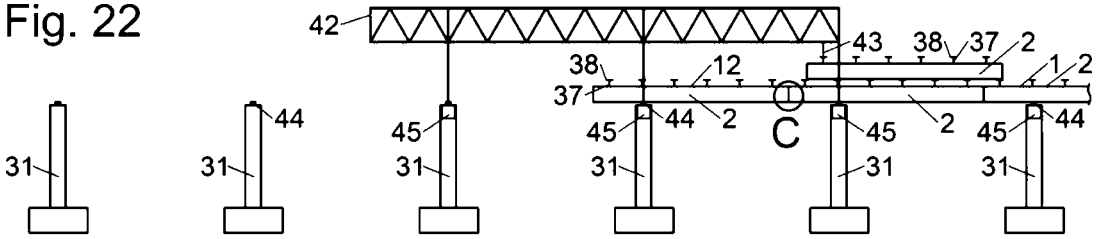


Fig. 23

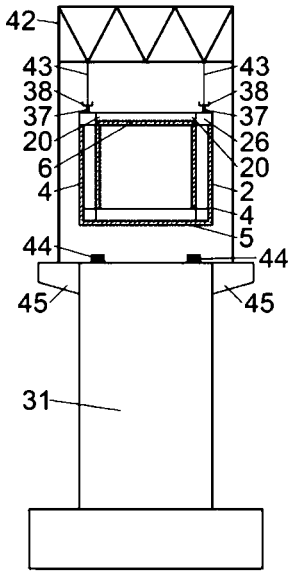


Fig. 24

