

Ausführungsplanung für Verbauten, Massiv- und Rückbau der Brücke Duisburg-Neuenkamp Ersatzneubau Deutschlands größter freitragender Schrägseilbrücke

■ ■ ■ von Daniel Wingenfeld, Tamás Simon

Die Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp liegt im Zuge der Autobahn A 40 und verbindet das Ruhrgebiet mit dem Niederrhein und den Niederlanden. Aus dieser Lage ergibt sich eine große Bedeutung für die Infrastruktur und die örtliche Wirtschaft. Nach mehreren umfangreichen Instandsetzungen wurde Ende 2019 der achtstreifige Ausbau der Überführung begonnen: Die neue Rheinbrücke wird als zweihüftige Schrägseilbrücke mit zwei getrennten Überbauten ausgeführt und verlängert die ehemalige Gesamtstützweite von 777 m auf 802 m. Die beiden Bauwerke besitzen jeweils zwei Widerlager- und sieben Pfeilerachsen, wobei die Pylone in den Überbau eingespannt sind. Das Bauwerk wird aufgrund dieser Konstruktion Deutschlands größte freitragende Schrägseilbrücke sein, ihr erster Teil soll 2023 fertiggestellt sein.



1 Baugruben und Bestandsbauwerk
© Grassl Ingenieure

1 Gesamtmaßnahme

Die Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp liegt im Zuge der Autobahn A 40 und verbindet das Ruhrgebiet mit dem Niederrhein und den Niederlanden. Aus dieser Lage ergibt sich eine große Bedeutung für die Infrastruktur und die örtliche Wirtschaft. Das Bauwerk befindet sich innerhalb Duisburgs zwischen den Stadtteilen Duisburg-Neuenkamp und Duisburg-Homberg und überführt die sechsstreifige, aktuell auf vier Fahrstreifen reduzierte Autobahn über den Rhein. Seit der Errichtung im Jahre 1970 ist die Verkehrsbelastung von den angesetzten 30.000 Kfz/d inzwischen auf 100.000 angewachsen, wodurch die Brücke an die Grenzen ihrer Belastbarkeit gebracht wird.

Besonders der steigende Schwerverkehrsanteil und die hohe Belastung der Fahrzeuge führten zu Schädigungen sowie einer fortschreitenden Verschlechterung des Zustands des Bauwerks. Aufgrund dessen kam es 2017 zu einer zeitweisen Vollsperrung und im Jahr 2018 zur Einrichtung einer Wiegeanlage, an der die Überfahrt von Fahrzeugen über 40 t verhindert wird. Nach mehreren umfangreichen Instandsetzungen im Lauf der Jahre wurde Ende 2019 der achtstreifige Ausbau der Überführung begonnen (Bild 1). Neben den Fahrstreifen ist in beiden Richtungen ein Geh- und Radweg vorgesehen, die von der Autobahn durch eine Lärmschutzwand abgeschirmt werden.

Die neue Rheinbrücke wird als zweihöf-tige Schrägseilbrücke mit zwei getrennten Überbauten ausgeführt und verlängert die ehemalige Gesamtstützweite von 777 m auf 802 m. Die begehbaren Hohlkastenträger werden im Stromfeld als Stahlkonstruktion hergestellt, die Vorlandfelder sind dagegen in Stahlverbundbauweise geplant. Die beiden Bauwerke besitzen jeweils zwei Widerlager- und sieben Pfeilerachsen, wobei die 75 m hohen Pylone zur Aufhängung der Schrägseile über den Flusspfeilern im Überbau eingespannt sind. Die Brücke wird aufgrund dieser Konstruktion Deutschlands größte freitragende Schrägseilbrücke. Im Jahr 2023 wird ihr erster Teil voraussichtlich fertiggestellt werden. Die Errichtung erfolgt in abgerückter Lage und wird erst nach Freigabe des zweiten Bauwerks durch Querverschub in die endgültige Position gebracht. Der Fertigstellung des ersten Bauwerks schließt sich der Abbruch der Bestandsbrücke an, in deren Position der zweite Teil errichtet und 2026 vollendet werden soll.

Planung und Realisierung des Ersatzneubaus erfolgen durch die DEGES im Auftrag des Bundes und der Autobahn GmbH des Bundes. Der Auftrag zur Errichtung der neuen Rheinbrücke mit dem Ausbau des Streckenabschnitts der A 40 bis zur Anschlussstelle Duisburg-Häfen wurde im Mai 2020 an die Arbeitsgemeinschaft Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp, bestehend aus Hochtief Infrastructure GmbH und MCE GmbH zusammen mit Zwickauer Sonderstahlbau GmbH, Plauen Stahl Technologie GmbH, MCE Nyiregyháza Kft, MCE Slany s.r.o., vergeben.

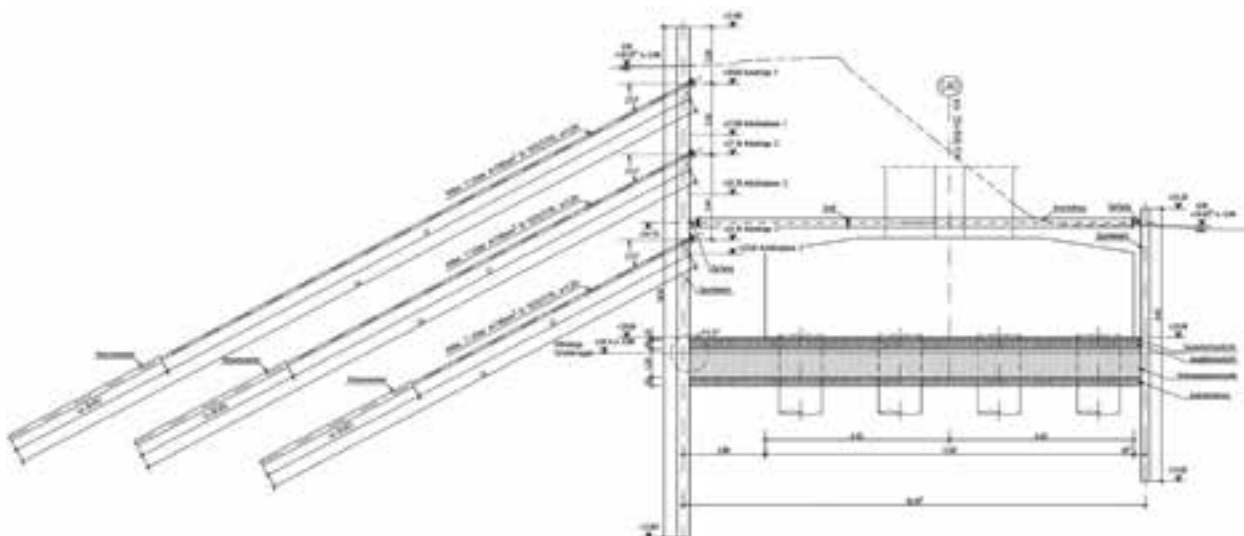
2 Allgemeines

Das Ingenieurbüro Grassl bearbeitet derzeit für die Arbeitsgemeinschaft Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp die Ausführungsplanung für die Verbauten, die Verschiebscheiben, die Unterbauten, den Rückbau des Bestandsbauwerks und eines Regenklärbeckens. Aufgrund der Terminalschiene für die Bauausführung und der umfassenden Materialdisposition musste mit der Planung unmittelbar begonnen werden. Dank eines leistungsstarken Teams wurde gerade die in der Anfangsphase erforderliche Parallelbearbeitung der Leistungen sichergestellt und der ambitionierte Planungszeitplan eingehalten, so dass mit der Bauausführung der Verbauten und Unterbauten fristgerecht begonnen werden konnte. Im Folgenden wird auf den aktuellen Bearbeitungsstand und auf wesentliche Aspekte bei der Ausführungsplanung der Verbauten, der Unterbauten, der Baubehelfe für Verschieb des Überbaus des ersten Teilbauwerks und des Rückbaus des Bestandsbauwerks eingegangen.

3 Verbauten

Für die Herstellung der Gründung und der Brückenpfeiler sind Baugrubensicherungen erforderlich, welche sich abhängig von den Randbedingungen an den jeweiligen Achsen in ihrer Ausführung unterscheiden. Während in der Achse 20 nur eine ausgesteifte Baugrube mit Trägerbohlwänden notwendig ist, müssen im Bereich des Rheinüberschwemmungsgebiets die Baugruben in den Achsen 40–80 durch wasserdichte Spundwandkästen mit Unterwasserbetonsohlen zur bauzeitlichen Abdichtung gegen das anstehende Grundwasser gesichert sein.

Für die Achse 30 ist bereits eine geböschte Baugrube ausreichend. Um eine Sicherung gegen Schiffsanprall für die Achse 40 (Pylonpfeilerachse) zu gewährleisten, ist eine Dalbenkonstruktion vorgesehen. Die Baugrubensicherung der Achse 40 ist aufgrund der unterschiedlichen Geländeneiveaus und des Abtrags des Bestandsgeländes zur Herstellung einer Bohrebene besonders komplex. Hier ist für die Errichtung der Pfeiler in Seiten- und Endlage des südlichen Überbaus ein 16 m x 38 m großer Spundwandkasten zu realisieren. Zunächst muss für die Herstellung von Bohrebene und Baustellenzufahrt die Bestandsböschung auf einer Länge von ca. 110 m abgetragen und das anstehende Gelände durch Spund- und Trägerbohlwände rückverankert werden. Da direkt an der Verbauwand eine Straße verläuft, welche auch als Zufahrt für die Baustellenfahrzeuge gedacht ist, war statisch mit deutlich höheren Lasten zu rechnen, als in den Regelwerken vorgesehen. Das Einsatzgewicht für das Bohrgerät der Großbohrpfähle beträgt 150 t und ist damit 80 t höher als das anzusetzende Maximalgewicht von Regelfahrzeugen. Für eine wirtschaftliche Lösung bezüglich der Spundwandlängen und -profile sowie der Wahl der Litzenanker wurde der tatsächliche Lastansatz mit der Baufirma abgestimmt und die Lastverteilung genau erfasst. Nach dem Einbringen der Bohrpfähle wird die Baugrube dicht umschlossen. Ein Teil der rückverankerten Spundwand wird somit im entstandenen Spundwandkasten verbaut (Bild 2), der zudem ausgesteift wird. Nach Realisierung des südlichen Überbaus wird die Baugrube für den nördlichen Teil erweitert.



2 Plananschnitt der Baugrube in Achse 40
© Grassl Ingenieure

Da die Spundwände über mehrere Jahre bestehen bleiben und Daueranker verwendet werden, ergeben sich zusätzliche statische und konstruktive Anforderungen. Im Bereich der freistehenden Trägerbohlwand wird deshalb ein biegeweiches Zugband zwischen den zwei Ankerlagen angebracht, welches bei einem Ankerausfall die Zugkräfte durch Bildung eines Hängewerks aufnimmt. Im Zuge der Berechnung ergaben sich weitere statische Herausforderungen. Je nach Aushub und Spundwandseite sind unterschiedliche Geländeneiveaus zu berücksichtigen, welche in vielen Schnitten erfasst und berechnet wurden. So erfolgte bei der flussseitigen Spundwand die Berechnung iterativ, da aufgrund des niedrigen Geländes je nach Aushub die Baugrubenseite sowohl als Erddruckaktivseite als auch -passivseite zu erfassen war. Für jede Berechnung wurde dabei eine Grenzfallbetrachtung für den Niedrig- und Hochwasserstand durchgeführt. Für eine deutliche Optimierung der Spundwandlängen wurde für den Nachweis zur Abtragung der Vertikalkräfte ebenfalls ein iteratives Berechnungsverfahren verwendet, bei welchem, ausgehend von der statisch erforderlichen Länge, eine beidseitige Mantelreibung angesetzt werden darf, bis der Nachweis erfüllt ist. Eine möglichst genaue Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen wurde mittels Bettungsmodulverfahren erzielt.



3 Ausgesteifte Baugrube in Achse 50
© Grassl Ingenieure

Um die Auftriebssicherheit der Unterwasserbetonsohle zu gewährleisten, wurde der durch die Bohrpfähle aktivierte Bodenblock rechnerisch in Ansatz gebracht. Durch Schubknaggen, die an jedem Berg der Spundbohlen angeordnet werden, wird die Kraftübertragung von der Sohle auf die Spundwand gewährleistet. Für die Achsen 50–80 ist die Betonage der Pfahlkopfplatten (PKP) gegen den Verbau vorgesehen (Bild 3). Aufgrund der einzuhaltenden Einbautoleranzen und der sich ergebenden Baugrubenabmessungen durch die Spundwandprofile entsteht ein auszufüllender Raum zwischen Spundwand und PKP. Durch Einsatz einer steifen Folie an den Abstandshaltern der Beweh-

runng wurde hier eine Trennung erzielt, die Rissbildungen vorbeugt und eine Betonage in einem Arbeitsgang ermöglicht. Um die gesamte Fundamentplatte in einem Zug sowie die Pfeiler in Seiten- und Endlage vor dem Längsverschub des Überbaus zu realisieren, werden in den Bereichen der endgültigen Pfeiler an den jeweiligen Achsen Teile des Kragarms des Bestandsbauwerks vorzeitig entfernt (Bild 4). Durch die Maßnahme wird die Herstellung der endgültigen Pfeiler durch eine Kranandienung von oben gewährleistet. Der Zwischenschritt eines Mittelschotts im Verbau kann somit entfallen, und eine abschnittsweise Herstellung des Baugrubenverbau wird vermieden.



4 Baugruben der Achsen 50–80 und Kragarm entfernt am Bestandsbauwerk
© Grassl Ingenieure

4 Unterbauten

Die Widerlager werden als massive begehbbare Kastenwiderlager mit biegesteif angeschlossenen Flügelwänden ausgebildet und getrennt für die beiden Teilbauwerke hergestellt. Als Verblendung der Wände und Flügel ist ein Natursteinmauerwerk vorgesehen, jedoch wird in die frontalen Sichtflächen eine Pfeilerstruktur eingelassen. Optisch wird diese analog zu den Pfeilern gestaltet und dient zur Auflagerung der Überbauten. Das Widerlager in Achse 10 erhält hinter der Kammerwand eine Garage für einen längs ausfahrbaren Brückenbesichtigungswagen. In der Pfeilerstruktur befindet sich dazu ein Tor mit integriertem Vogeleinflugschutz. Hinter den Widerlagern werden Vormontageplätze für einer zusätzlichen Einhausung für Korrosionsschutzarbeiten erforderlich. Resultierend aus diesen Anforderungen sowie dem Platzbedarf beim Einschleppen der Vorlandfelder, wird in den Widerlagerwänden eine Arbeitsfuge angeordnet. Die Anschlussbewehrung muss hier großflächig mit Muffenstößen umgesetzt werden. Im Anschluss an die Widerlager sind zur Geländeabfangung Stützwände geplant, die aufgrund ihrer zeitlich versetzten Herstellung den vorzeitigen Einbau von Fugenbändern erschweren. Somit bietet sich eine nachträgliche Ausbildung der Fugen an, die mit eingeklebten Fugenbändern realisiert wird. Im Vorlandbereich sind die Pfeiler in Massivbauweise als getrennte geeignete Stützen mit fünfkantigem Querschnitt konzipiert, die bis zur Hälfte durch eine Querwand verbunden sind. Die Köpfe der Pfeiler sowie der obere Teil der Querwände wird über eine Kratzputzstruktur verfügen. Darunter sind die Pfeiler glatt, die Querwände hingegen erhalten eine Sinuswellenstruktur. Die Strompfeiler sind abweichend von den anderen Pfeilern in ihrer Querschnittsgeometrie an den achtkantigen Pylon angelehnt. Die Einzelstützen werden aber nicht unter dem Überbau durch eine Querwand verbunden, sondern zwischen den beiden Teilbauwerken. Die beiden Teilbauwerke sind im Endzustand in allen Achsen auf einer durchgehenden Pfahlkopfplatte gegründet. Zur Gewährleistung eines durchgängigen äußeren Erscheinungsbilds der Pfeiler wird angestrebt, sie in einem Betoniervorgang zu realisieren. Unter Einsatz mehrerer Betonpumpen wird die Betonage der bis zu 340 m³ umfassenden Pfeiler erfolgreich durchgeführt.

Aufgrund der abgerückten Lage des ersten Teilbauwerks werden zusätzlich neben den endgültigen Pfeilern rechteckige temporäre errichtet, die mittels Kletterschalung in mehreren Betonierschnitten gefertigt werden.

Die temporären Pfeiler weisen aufgrund des Längsverschubs einen größeren Abstand zur Unterkante des Überbaus auf als die endgültigen, zum Höhenausgleich wurde hier ein Auflagersockel aus Stahl vorgesehen. Der Auflagersockel wird über Kopfbolzendübel mit den temporären Pfeilern verbunden, hierfür mussten Aussparungen vorgesehen werden.

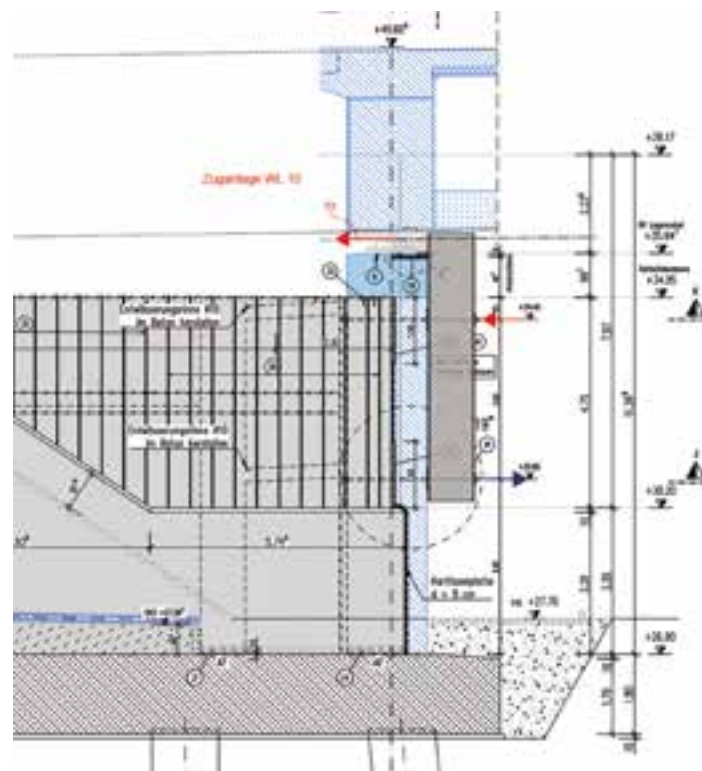
5 Baubehelfe für Quer- und Längsverschub

Der übergeordnete Bauablauf ergibt sich aus dem Verkehrsführungskonzept, welches für die Herstellung der Ersatzbauwerke und für den Rückbau der Bestandsbrücke die Aufrechterhaltung des Verkehrs fordert. In der ersten Bauphase wird das südliche Teilbauwerk in provisorischer Seitenlage mittels Taktschiebverfahren, kombiniert mit dem Freivorbau des Brückendecks über dem Rhein, errichtet.

Nach der Umlegung des Verkehrs auf das südliche Teilbauwerk erfolgen der Rückbau der Bestandsbrücke und die Herstellung des nördlichen Teilbauwerks in Endlage. Die Maßnahme wird durch den Querverschub des südlichen Teilbauwerks in seiner Endlage finalisiert.

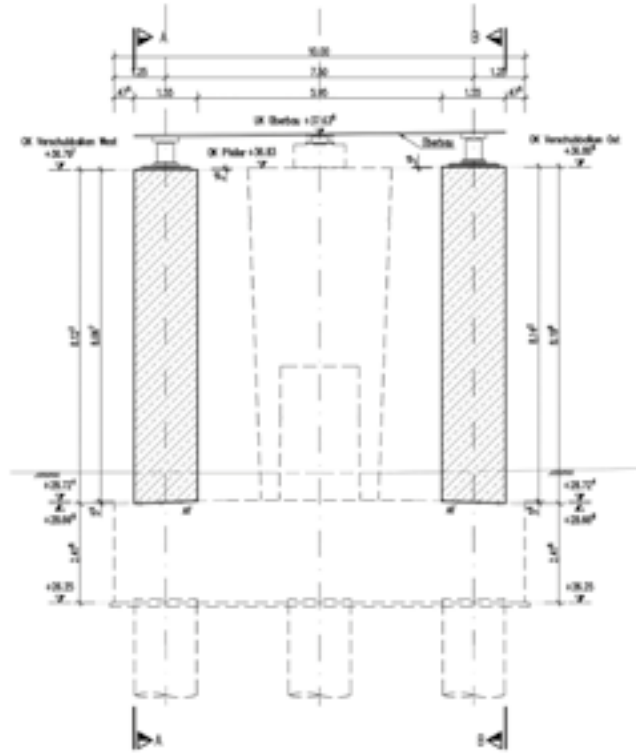
Der Einschub des südlichen Stahlüberbaus erfolgt beidseitig von den Widerlagern aus, wobei er über die auf den temporären Unterbauten angeordneten Verschiebewippen verschoben wird. Die weiteren für den Längsverschub benötigten Montageeinrichtungen wie Pressen, Einbauteile der Seitenführung und an den Widerlagern angeordnete Zuganlagen (Bild 5) wurden von der Arbeitsgemeinschaft vorgegeben und in enger Abstimmung in die Planung der temporären Unterbauten des südlichen Bauwerks integriert.

Nachdem das nördliche Teilbauwerk ebenfalls im Taktschiebverfahren hergestellt und für die Verkehrsführung 6+0 freigegeben ist, schließt sich der Querverschub des südlichen Teilbauwerks über eine Verschiebestrecke von ca. 14,50 m in seine endgültige Lage an.



5 Prinzipskizze der Zuganlage am Widerlager
© Grassl Ingenieure

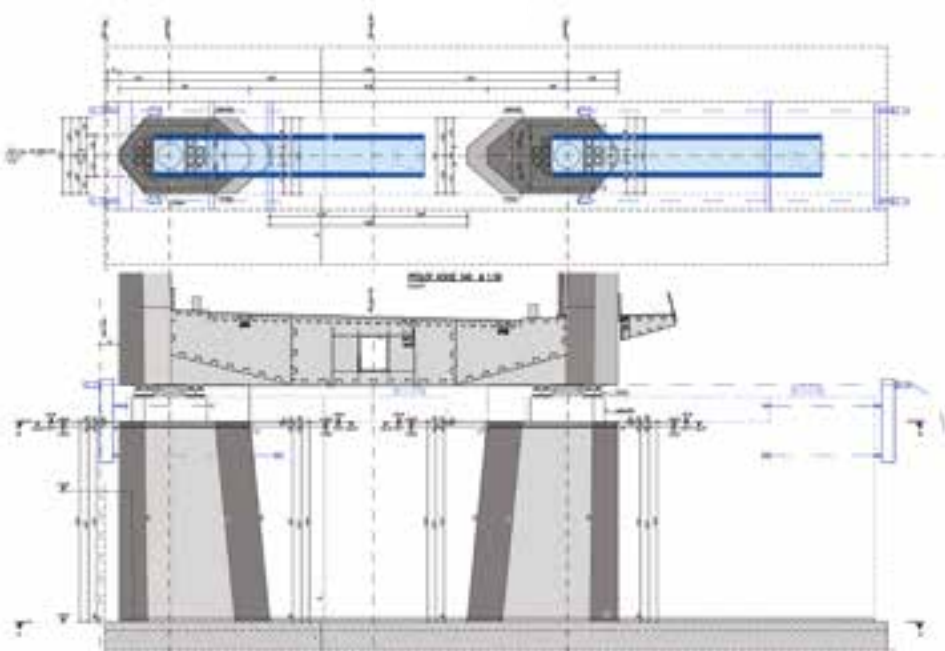
Mit Ausnahme der Pylonachsen werden für die Verschubbahnen, die aus einem System mit Grundplatten und Edelstahlbespannung bestehen, zusätzliche Hilfskonstruktionen erforderlich, die als Stahlbetonscheiben in Ortbetonbauweise ausgeführt und über Anschlussbewehrung mit den Pfahlkopfplatten der Pfeiler und Widerlager verbunden werden. Für die Pfeilerachsen im Vorlandbereich sind jeweils beidseitig Querverschubscheiben vorgesehen, die in 3,50 m Abstand von den Lagerachsen angeordnet werden (Bild 6). In den Widerlagerachsen wird jeweils eine Verschubscheibe vor der Widerlagerstirnwand errichtet. Der Vers Schub in den Vorland- und Widerlagerachsen erfolgt mittels Pressen, die auf Verschubschlitten mit unterseitig eingelassenen Teflonplatten stehen. Da keine temporären Festhaltekonstruktionen in diesen Achsen für den Querverschub eingeplant sind, werden die Wanddicken der Verschubscheiben so festgelegt, dass die Überbauverformungen, die im Bauzustand auftreten, über die Breiten jener Bahnen aufgenommen werden können. Aus Gründen des Bauablaufs werden die Verschubscheiben während der Unterbautenherstellung ausgeführt. Hinsichtlich der Höhenfestlegung der Verschubscheiben mussten daher die Verformungen des Vorbau schnabels, die während des Längsverschubs auftreten, berücksichtigt werden.



6 Schnitt: Querverschubscheiben in Pfeilerachse 30 © Grassl Ingenieure

Das Vers Schubkonzept in den Pylonachsen sieht einen Vers Schub über die temporären Unterbauten der Seitenlage vor, der hier auf den endgültigen Lagern erfolgt. Für den Einbau der Verschubschlitten unter den Kalottenlagern wird das Bauwerk in

den Pylonachsen um 100 mm angehoben. Zwischen den Lagersockeln der temporären und der endgültigen Unterbauten werden zusätzliche Stahlbetonbalken für den Einbau der Verschubbahnen errichtet (Bild 7).



7 Querverschubkonzept für die Pylonachsen © Grassl Ingenieure

6 Rückbau

Die Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp ist eine der ersten modernen Schrägseilbrücken, sowohl in Deutschland als auch weltweit. Sie ist aber auch eine der ersten Schrägseilbrücken dieser Größenordnung, die rückgebaut werden muss. Die Bestandsbrücke besteht auf der Westseite des Rheins aus vier Feldern mit Spannweiten von ca. 50 m, auf der Ostseite aus drei Feldern mit Spannweiten zwischen 60 m und 105 m sowie einem Stromfeld mit einer Spannweite von 350 m (Bild 8). Jeweils drei Seile pro Seite und Pylon werden verwendet, um das Stromfeld auf sieben Teilfelder mit Spannweiten zwischen 45 m und 70 m aufzuteilen. Die fächerförmigen Führungen der Seile aus zwei Ebenen liegen dicht genug aneinander, um sie als eine Seilebene betrachten zu können. Jedes Seil besteht aus neun einzelnen vollverschlossenen Einzelseilen, die jeweils zwischen 57 mm und 81 mm im Durchmesser betragen.

Eine ausreichende Torsionssteifigkeit wird durch den zweizelligen Hohlkasten gewährleistet. Die Pylone sind biegesteif mit dem Versteifungsträger verbunden und in Längsrichtung gelenkig gelagert. Der zweizellige Versteifungsträger mit einer Breite von 12,70 m und einer Höhe von 4,00 m ist längsversteift und begehbar. Die Breite der Fahrbahnplatte inklusive Geh- und Radweg beträgt 36,30 m. Die rechteckigen Pylone sind ebenfalls begehbar und als einzellige Hohlkästen ausgebildet. Gemessen über der Gradienten ragen die Pylone 49 m in die Höhe. Die Montage der Brücke erfolgte von beiden Seiten: linksrheinisch, vom Widerlager 0 ausgehend, über Hilfsstützen in den Achsen I, II, III und den Pylonpfeiler IV bis zur Mitte der Stromöffnung und gleichzeitig rechtsrheinisch vom Widerlager IX aus ebenfalls über Hilfsstützen in den Achsen VII und VIII und den Pylonpfeiler V zur Mitte der Stromöffnung. Rechtsrheinisch wurde der Bauablauf mit der Montage des ersten Abschnitts begonnen, er wurde auf dem Widerlager und einer Hilfsstütze aufgelegt. Die nachfolgenden Abschnitte wurden dann im Freivorbau montiert.

Die Montage linksrheinisch erfolgte analog, jedoch wurden aufgrund der größeren Feldlängen mehrere Hilfsstützen eingesetzt. Im Stromfeld wurden die Segmente im klassischen Freivorbau von einem Seil zum nächsten montiert. Die Rückbauplanung der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp ist eine besondere Herausforderung, da es kaum Erfahrungen mit vergleichbaren Schrägseilbrücken auf dem Gebiet gibt. Gleichartige Bauweise und Umstände liegen freilich beim Rückbau der Rheinbrücke Leverkusen vor, dessen Planung vom Ingenieurbüro Grassl bereits abgeschlossen wurde. Erfahrungswerte und Konzepte können daher unterstützend in die Rückbauplanung der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp einfließen. Sich auf die Bestandsstatik und den Bauablauf der Herstellung stützend, bietet der Rückbau in umgekehrter Reihenfolge eine naheliegende Variante. Bei jener Vorgehensweise muss man jedoch beachten, dass zum einen das heutige Sicherheitsniveau durch die Normenfortschreibung höher ist und zum anderen der Wissenstand besonders im Bereich der Stabilitätsnachweise sich weiter-

entwickelt hat. Des Weiteren sind die heutigen Montageverfahren nicht mehr dieselben wie vor 60 Jahren. Derzeit werden oft Autokräne zur Demontage der Stahlschüsse eingesetzt, welche wesentlich höhere Gewicht aufweisen und somit beim Einsatz auf dem Bauwerk auch höhere Belastungen verursachen als das damals übliche Montageverfahren. Ein Rückbau mit Hilfsseilen stellt eine weitere Variante dar. Sie hat den Vorteil, dass die neue Rheinbrücke möglichst schnell erstellt werden kann. Mit dem Rückbau der Vorlandbereiche wird an den Widerlagern begonnen und er dann in Richtung der Pylonachsen fortgesetzt, so dass sich während des Rückbaus bereits mit der Errichtung der Widerlager und sukzessive der Pfeiler beginnen lässt. Zudem bieten die Hilfsseile eine zusätzliche Kontrolle und Steuerung der Verformungen.

GRASSL
BERATENDE
INGENIEURE
BAUWESEN

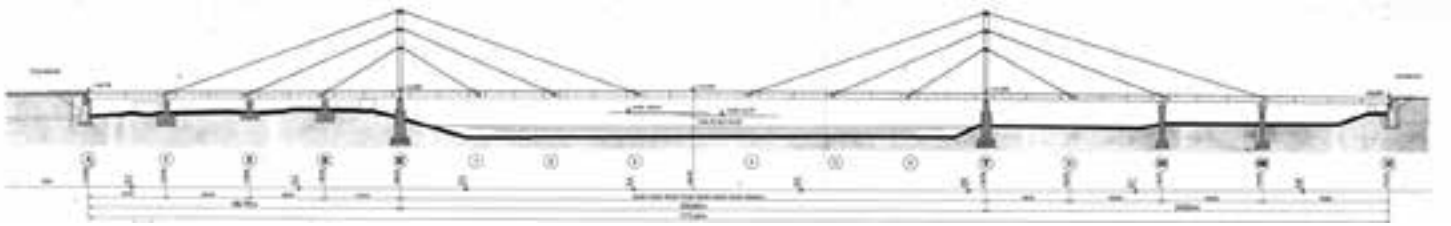
A 40 DUISBURG - NEUENKAMP

Deutschlands größte freitragende Schrägseilbrücke



Ausführungsplanung Ersatzneubau
Neubau Rheinbrücke - Verbauten und Massivbau
Rückbau bestehende Rheinbrücke





8 Übersicht über das Bestandsbauwerk
© Straßen NRW

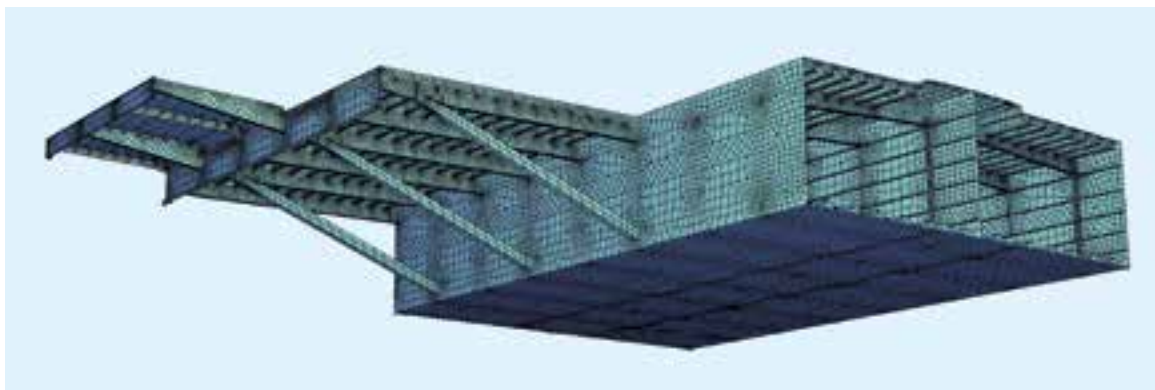
Für diese Rückbauvariante wird ein statisches Gesamtmodell mit detaillierten Modellierungen der einzelnen Bauteile angefertigt. Das Berechnungsmodell wird mit Stabelementen für den Versteifungsträger, die Seile und die Pylone definiert (Bild 9). Die Systemeingabe erfolgt achsenbasiert, das heißt mit Hilfe von vordefinierten Achsen und parametrisierten Regelquerschnitten. Die verwendeten Variablen ermöglichen die Beschreibung von veränderlichen Eigenschaften, zum Beispiel Blechdicken. Eine einfache Berechnung am Endzustand des fertiggestellten Bestandsbauwerks reicht hier nicht aus, deshalb müssen alle relevanten Bauzustände erfasst und die einzelnen Montageabschnitte verschiedenen Gruppen zugewiesen werden. Die Gruppen werden dann in der Berechnung aus- oder eingeschaltet. Damit ergibt sich für jeden Bauzustand ein eigenes statisches System, das von dem vorherigen und dessen Belastung abhängig ist. Auf jedem der Systeme werden auch veränderliche Lasten aufgebracht und berechnet. Dabei werden die Ausbaulasten wie Asphalt-schicht, Geländer, Querträger etc. sowie Autokran, Nutzlasten, Wind etc. als äußere Lasten aufgebracht. Im Gegensatz zur Systemeingabe für eine neue Brücke ist beim Rückbau der Endzustand Ausgangspunkt der Berechnung. In den weiteren Berechnungsschritten werden sukzessive Bauteile ausgeschaltet.

Für die Berechnung ist es daher erforderlich, die Schnittkräfte für den Endzustand einschließlich jener aus dem Bauzustand zu ermitteln. Dies wurde durch einen fiktiven Lastfall erreicht, in dem Krümmungen an ausgewählten Stellen aufgebracht wurden. Durch diese Vorgehensweise ließ sich eine Übereinstimmung mit den Schnittgrößen aus der Bestandsstatik von über 95 % erreichen.

Eine besondere Herausforderung bei der Berechnung des Rückbaus stellt die Berücksichtigung der Steifigkeitsänderung der Elemente dar. Die wenigen Statikprogramme, die Bauzustände mit Systemänderungen – neue Elemente werden eingebaut – und Steifigkeitsänderungen – Querschnittsteile werden zu verschiedenen Zeitpunkten eingebaut oder haben unterschiedliche



9 Globales Stabwerkmodell zur Berechnung der Rückbauzustände
© Grassl Ingenieure



10 Lokales Trussmodell zur Berechnung der Rückbauzustände
© Grassl Ingenieure

zeitabhängige Eigenschaften, zum Beispiel Verbundquerschnitte – rechnerisch erfassen, haben sich bis heute auf die Herstellung von Bauwerken und nicht deren Abbruch konzentriert. Demzufolge können im Statikmodell nur Querschnittsteile mit fortschreitendem Baufortschritt eingeschaltet werden. Eine umgekehrte Reihenfolge, bei der einzelne Querschnittsteile ausgeschaltet werden, ist derzeit noch nicht möglich. Beim Rückbau der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp wird dieses Problem umgangen, indem die Querschnittsteile jeweils als eigener Querschnitt definiert werden. Beispielsweise werden beim Versteifungsträger die Bereiche der Geh- und Radwege, die Konsolen und der Hohlkasten mit eigenen Querschnitten definiert und ihnen eigene Stäbe zugewiesen. Die Stäbe werden entlang ihrer gesamten Länge miteinander gekoppelt und wirken somit als ein Querschnitt. Die Querschnittsteile lassen sich dann sukzessive einzeln ausschalten. Eine solche Vorgehensweise erlaubt eine

Überlagerung der Schnittkräfte, da rechnerisch keine Eigenspannungen auftreten, und eine realistische Abbildung der Steifigkeiten mit dem Rückbaufortschritt. Dies ist vor allem für die möglichst genaue Ermittlung der Brückenverformung erforderlich, da der Schiffsverkehr unter dem Brückenbau nicht eingeschränkt werden soll.

Ein Nachteil jener Modellierung ist, dass nur Teilschnittgrößen ausgegeben werden und für die Ermittlung der Gesamtschnittgröße ein zusätzlicher Berechnungsschritt (Integration der Schnittgrößen aus den Stäben der Querschnittsteile) erforderlich ist.

Für die Beulnachweise, die Ermittlung der Lokalspannungen und der Spannungen in Querrichtung wird ein detailliertes Faltwerkmodell erarbeitet (Bild 10). In dem Faltwerkmodell werden für die Querschnittsteile Gruppen verwendet, die mit dem Rückbau auf der lokalen Ebene ausgeschaltet werden können. Mit dem Faltwerkmodell werden auch die Nachweise der lokalen Lasteinleitung geführt.

Autoren:
Dr.-Ing. Daniel Wingenfeld
Tamás Simon M.Sc.
Grassl Ingenieure,
München

Auftraggeber

DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin

Bauwerksentwurf

Leonhardt, Andrä und Partner,
Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart

Prüfingenieure

Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser, München
Prof. Dr.-Ing. Dieter Ungermann, Aachen

Ausführungplanung

Grassl Ingenieure GmbH, München
Leonhardt, Andrä und Partner,
Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart
(1. Teilbauwerk Überbau)

Ausführung

Arbeitsgemeinschaft:
Hochtief Infrastructure GmbH,
Niederlassung Deutschland West, Köln
MCE GmbH, Linz, Österreich
MCE Nyiregyhaza Kft., Nyiregyhaza, Ungarn
MCE Slany s.r.o, Slany, Tschechien
Zwickauer Sonderstahlbau GmbH, Zwickau
Plauen Stahl Technologie GmbH, Plauen



Gleitlager-Systemlösungen für den Brückenbau

Federal-Mogul DEVA entwickelt Lösungen zur Lagerung von Hängebrückenseilen mit Gleitlagern aus deva. bm und deva.metal. Die hohe Leistungsfähigkeit der selbstschmierenden Verbundgleitwerkstoffe, die auch unter Extrembedingungen ihre grundlegenden Funktionen behalten, ermöglicht ein sicheres Abfangen der Brückenseile sowie der Bewegungen durch Wind und Vibration. Gleitlagertechnologie von Federal-Mogul DEVA – bewährt in zahlreichen Brückenbauwerken weltweit.



Federal-Mogul DEVA GmbH · Schulstraße 20 · 35260 Stadtallendorf / Germany · Telefon +49 6428 701-0 · Fax +49 6428 701-108 · www.deva.de