

Teruel, Spanien

Bau von vier verschiedene Brücken per schrittweisem Vorschub mithilfe eines flexiblen Hydrauliksystems



Die neue Ringumgehung um Teruel in Spanien wird von Ingenieuren gebaut, die zusammen mit dem Experten Enerpac ein flexibles hydraulisches Vorschubsystem entwickelt haben, welches speziell auf den Vorschub aller vier Brücken in der neuen 16,6 km langen Umgehung der Autobahn zwischen Valencia und Zaragoza angepasst werden kann.

Die neue Umgehungsstraße wird Bestandteil der derzeit noch in der Bauphase befindlichen Autobahn von Valencia nach Zaragoza sein. Die Hauptarbeit besteht beim Bau dieser Autobahn darin, vorhandene einspurige Straßen auf Autobahnstandard zu bringen. In Teruel jedoch, wo die Straße geradewegs durch das Stadtzentrum führt, war eine Umgehungsstraße unbedingt erforderlich.

Als Einzelkonstruktionen scheint es nicht möglich, dass die vier neuen Brücken, die Bestandteil der Umgehungsstraße von Teruel im Nordosten von Spanien sind, per schrittweisem Vorschub gebaut werden. Sie sind von eher bescheidenen Ausmaßen, die längste Brücke ist gerade mal 325 m lang, auch wenn sie beide aus Doppel-Viadukten bestehen, einem für jede Fahrrichtung.

Ogleich sie ähnlich sind, sind sie dennoch nicht gleich – der Hauptunterschied besteht in ihrer Neigung, ihrem Quergefälle und ihrer Krümmung im Grundriss – darüber hinaus hat sich der Bauunternehmer Dragados entschieden, die Viadukte per schrittweisem Aufwärts-/Abwärtsvorschub zu bauen. Hierzu hat er sich die Zusammenarbeit von Enerpac gesichert, dem Spezialisten auf dem



Das flexible Brücken-Vorschubsystem mit den vier Hydraulikhebern mit Hohlkolben hinter dem Stützblock auf dem Druckfundament

gesichert, dem Spezialisten auf dem Gebiet der integrierten Hydrauliksysteme im Bauwesen, um somit ein einfaches und flexibles System zu entwickeln, welches an alle vier Konstruktionen angepasst werden kann.



Wie Carlos Polimon, der zuständige Vorschub-Manager von Drace (Dragados Construcción Especial), erklärt, sei das Gelände um Teruel etwas hügelig, was eine Vielzahl von Konstruktionen erforderlich macht – insgesamt gibt es fünf Brücken, obgleich nur vier per Vorschub gebaut werden – nicht zu vergessen all die Düker, Über- und Unterführungen.

Aufwärts-/Abwärtsvorschub von Brücken

Die vier vorgeschobenen Brücken - jede als Doppelkonstruktion, also acht Deckbrücken insgesamt – wurden so ähnlich wie möglich konstruiert, damit die Bewegung der Vorschubrüstung von einer Brücke zur nächsten so reibungslos wie möglich erfolgen konnte. Bei allen haben die einzelnen Segmente denselben Querschnitt und der Abstand zwischen den Pfeilern von 52 m ist bei jeder Konstruktion konstant.

Aber es gibt auch Unterschiede. Laut Polimon scheinen diese auf den ersten Blick nicht besonders groß zu sein, sie erweisen sich jedoch bei der Planung der Gussteile und beim Vorschub als überaus wichtig. Die Brücke Nr. 1 ist im Grundriss gerade, mit einer Seitenneigung von 4 % und einem Quergefälle von 2 % von der Innenkante zur Außenkante einer jeden Deckbrücke. Die Brücke Nr. 2 ist im Grundriss gebogen, mit einem Radius von 3200 m; die Brücken Nr. 3 und Nr. 4 sind ebenfalls gebogen, haben jedoch einen Radius von jeweils 5000 m. Bei diesen drei Brücken ist die Seitenneigung mit 1,3 % identisch, zwei von ihnen werden jedoch „aufwärts“, d.h. gegen die Neigung vorgeschoben, die dritte wird „abwärts“ vorgeschoben. Das Quergefälle bei der Brücke Nr. 2 beträgt 2,7 % bei beiden Deckbrücken, die zur Kurvenmitte abfallen. Dies gilt auch für die Brücken Nr. 3 und 4, wobei hier das Quergefälle auf 2 % vermindert ist.

Folglich wurde ein System von Drace und dem Zulieferer Enerpac, dem Spezialisten auf diesem Gebiet, entwickelt, das für alle vier Konstruktionen verwendet werden kann. Die gesamte „Fertigungsanlage“ – Gießplatz und Vorschubrüstung gleichermaßen – wird nach der Fertigstellung der jeweiligen Konstruktion von dem entsprechenden Standort zum nächsten bewegt. Es wurden zwei Ausrüstungssätze hergestellt, sodass beide Deckbrücken der jeweiligen Brücke gleichzeitig gefertigt und vorgeschoben werden können. Bei der Konstruktion der letzten beiden Brücken, die fast aneinander angrenzen, wird aufgrund der Platzeinschränkungen an den Druckfundamenten nur eine Deckbrücke

zurzeit gebaut.

Hydraulisches Druck- und Bremssystem

Platz ist das wesentliche Einschränkungskriterium, welches für Dragados bedeutet, dass nicht einfach alle Brücken gegen die Neigung (d.h. aufwärts) vorgeschoben werden können. Darüber hinaus erschweren die schlechten Bodenverhältnisse an den Druckfundamenten die Arbeit. Obgleich Polimon erklärt, er habe bereits an Konzepten mitgearbeitet, bei denen ein Abwärts-Vorschub erforderlich war, geschah dies nur über eine kurze Entfernung und stets zu Beginn eines Aufwärts-Vorschubs. Die Notwendigkeit eines Systems, welches so flexibel ist, dass es sowohl den Abwärts-Vorschub als auch den Standard-Aufwärts-Vorschub bewältigt, führte zur Entwicklung eines „positiveren“ Systems, welches sowohl Bremsheber als auch Druckheber umfasst. Jedes der Segmente ist 26 m lang. Die Deckbrücke wird auf überzeugend einfache Weise mit dem Vorschubsystem verbunden. Jedes Segment wird mit temporären Öffnungen im unteren und oberen Teil des Kastenträgers gegossen, durch die für den Vorschub die beiden sonderangefertigten Stahlständer geführt werden. Der untere Teil des Stahlständers, der sich bis unter das Segment erstreckt, ist mit den Vorschubhebern über eine Anzahl 6 mm langer und HS-Stahlstangen mit einem Durchmesser von 60 mm in Reihe verbunden.

Bei einem Standard-Aufwärts-Vorschub werden die Heber – die hierfür erforderliche Kraft wird von bis zu 4 Hochdruckhebern mit einer Kapazität von 150 Tonnen und einem Hub von 600 mm geliefert – auf die Druckfundamente hinter einem speziell entwickelten „Stützblock“ platziert. Zwei provisorische Stützen werden zwischen dem Druckfundament und der Gusszelle eingesetzt, über diese werden Gleitplatten platziert und auf den Pfeilern werden Stahlkappen über die Kapsellager gezogen, die dann in der korrekten Ausrichtung für den Vorschub fixiert werden. Wenn die Brücke fertig ist, wird die Deckbrücke angehoben, die Platten werden entfernt und die Lager für den normalen Betrieb gelöst.

Vor dem Vorschub berechnen Ingenieure das zu bewegendes Gesamtgewicht – die korrekte Anzahl Segmente plus den Vorschubsteg – sowie die zu überwindende Reibung. Anhand dieser Werte können die Ingenieure feststellen, wie viel Last sie für einen erfolgreichen Vorschub in den Hebern benötigen. Die vier Heber eines jeden Vorschubsystems können bis zu 600 Tonnen bereitstellen, aber das Team schätzt, dass nur max. 440 Tonnen erforderlich sein werden.

Für jeden Vorschub wird ein oberer (Maximum) und ein unterer (Minimum) Grenzwert festgelegt und in die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) für das Hydrauliksystem einprogrammiert. Der obere Grenzwert ist ebenso wichtig wie der untere Grenzwert, selbst bei einem Aufwärts-Vorschub. Sollte nämlich zu viel Last benötigt werden, kann dies ein Hinweis auf eine Störung oder einen außerplanmäßigen Verlauf sein. Wird der obere Grenzwert (Maximum) überschritten, ist das System so programmiert, dass es automatisch stoppt und die Ingenieure zu einer Kontrolle auffordert, mit der verifiziert werden soll, dass alles nach Plan

verläuft.

Auf jedem Pfeiler befindet sich ein Paar Seitenführungen, die dazu dienen, die korrekte Ausrichtung beim Vorschub sicherzustellen. Die Reibungswirkung von den Stützen und der ungleichmäßige Hub der Heber kann dazu führen, dass sich die Deckbrücke um bis zu 60 mm aus der geplanten Richtung verschiebt.



Jede Brücke des Umgehungsringes um Teruel besteht aus zwei Viadukten. Der Vorschub der acht Deckbrücken erfolgt mit dem wirtschaftlichen und flexiblen integrierten Hydrauliksystem von Enerpac. Das auf den Druckfundamenten installierte Vorschubsystem von Enerpac wird für den Aufwärts-Vorschub genutzt.

Carlos Polimon erklärt, dass das Team das System sehr bedienerfreundlich fand und dass somit ein Vorschub von einem Segment pro Woche auf jeder Deckbrücke erreicht werden kann – was insgesamt 52 m Deckbrücke entspricht. Der Vorschub erfolgt jeden Montag; das Gießen des Betons für das nächste Segment erfolgt jeweils den darauf folgenden Mittwoch und Freitag. Es wird eine Vorschubgeschwindigkeit von ungefähr 10 m/Stunde erreicht. Dies ist ein überaus positives Ergebnis im Vergleich zu vorherigen Projekten, wo die beste Vorschubrate bei 4,5 m/Stunde lag.

Ein Gießplatz wird hinter den Druckfundamenten der einzelnen Konstruktionen angelegt. Jeder Gießplatz verfügt über einen Verschalungssatz für das Gießen der 26 m langen Segmente. Ein Turmkran ist jeweils für einen Verschalungssatz zuständig; der Einsatz eines Turmkranes zwischen zwei Verschalungssätzen hätte keine ausreichende Flexibilität gewährleistet. Selbst die Verschalung – des Herstellers Peri – wurde so entwickelt, dass sie für alle Brücken wieder verwendet werden kann, ungeachtet der Unterschiede in der Krümmung im Grundriss. Die Verschalung wird in drei Modulen geliefert, um somit die volle Länge des jeweiligen Segments abzudecken, mit unterschiedlichen Verbindungselementen, um die Krümmung zu erreichen. Die Effizienz des Vorgangs begründet sich auf die Tatsache, dass das Auftreffen automatisiert ist – die äußere Verschalung klappt nach außen auf die hydraulischen Heber, die sie stützen; die innere Verschalung lässt sich auf einem kleinen Wagen, der auf einer temporären Schiene in der Mitte des Segments läuft, aus dem Segment befördern. Eine weitere Schwierigkeit für das Gießverfahren besteht darin, dass ein Nachspannen von außen erforderlich ist, die eine Anpassung der inneren Verschalung notwendig macht.

Die Konstruktion der ersten Brücken dient als „Warmlaufphase“ für die Deckbrücke, die abwärts vorgeschoben werden muss. Das Personal vor

Ort erhält somit die Gelegenheit, sich vertraut zu machen mit all den anderen Abschnitten des Konstruktionsverfahrens, bevor es sich mit dem geänderten Vorschubverfahren befassen muss. Für diesen der Einheit einfach auf die Reibungskraft zu verlassen.

Folglich werden die Heber neu angeordnet. Zwei bleiben, wie für den Standard-Vorschub, auf dem Druckfundament und die anderen beiden werden hinten am jeweils vorzuschiebenden Segment angebracht. Diese beiden fungieren als Bremsheber. Die Stahlstangen werden ganz von den Vorwärtshebern bis zu den Bremshebern und wieder zurück zu den Lasthebern hinter den Bremshebern geführt. Die Lasttransferheber dienen dazu, das Segment an Ort und Stelle zu halten, wenn die anderen Heber vollständig ausgefahren sind und gelöst werden müssen, sodass sie zurückgezogen werden können.

Stegaufnahmesystem

Neben dem Vorschubsystem ist zudem die Hydraulikausrüstung von Enerpac vorn am Vorschubsteg angebaut. Zwei Heber mit einer Kapazität von 40 Tonnen und einem Hub von 400 mm korrigieren die Abweichung von ungefähr 300 mm, wenn der Steg der Deckbrücke die Pfeiler erreicht. Die Abweichung entsteht durch die relativ lange Spanne von 52 m zwischen den Pfeilern.

Systemintegration – geniale Lösungen und praktische Fertigkeiten

Das Projekt des Umgehungsringes um Teruel zeigt sich als eindrucksvolles Beispiel für eine leistungsstarke Kombination eines Bauexperten und eines Hochdruckhydraulik-Spezialisten zur Entwicklung genialer Lösungen. Jede der vier Brücken mit ihren Doppel-Deckbrücken hat unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf Neigung, Quergefälle und Biegung, die Integration des Hydrauliksystems ist jedoch flexibel genug, um sich diesen Unterschiede anzupassen und diese zu bewältigen.



Diese Abbildung zeigt deutlich den Vorschubsteg auf einem der Pfeiler der ersten Brücke und die Seitenführung