

ONDERWERP

Analyse archiefstudie Constructieve Veiligheid Eelwerderbrug

PROJECTNUMMER

D08041.000081

DATUM

24 februari 2021

ONZE REFERENTIE

D10020632:10

VAN

ing. W.A. (William) Klepper

AAN

Marco Rispens

Jelmer Struikma

Lukas Kruithof

Rutger Alblas

Aad van Hagen

Kenny Lie Hok Lien

Jonas Kramer

Inleiding

Ten behoeve van de opdracht 'risicobeoordeling Eelwerderbrug' wordt naast een beoordeling aan de Machinerichtlijn gevraagd om een analyse van de beschikbare ontwerpstukken ter beoordeling van de constructieve veiligheid, en of daar de constructieve veiligheid mee aangetoond kan worden. De ontwerpstukken bestaan uit ontwerptekeningen en -berekeningen. Daarnaast is op basis van de ontwerpstukken en een uitgevoerde opname op locatie, een globale beoordeling van de constructieve veiligheid gegeven. Onderdeel daarvan is een globaal advies voor eventuele nadere onderzoeken en aandachtspunten ter ondersteuning van het aantonen van de constructieve veiligheid. In dit memo worden de bevindingen van de analyse en het advies voor nadere onderzoeken/ aandachtspunten uiteengezet. Benadrukt wordt dat het niet de opdracht is om de constructieve veiligheid daadwerkelijk aan te tonen, maar om na te gaan of het mogelijk is met de huidige kennis.

Conform de uitvraag en gestelde vragen zijn door RWS de eisen ten aanzien van dit product (taalfouten aangepast)

Het uitvoeren van een beoordeling van de mechanische sterkte/ constructieve veiligheid, waaronder:

1. Bureau studie van de aangeleverde tekeningen en berekeningen inclusief een globale GAP-analyse;
2. Een verificatie bezoek op locatie door een materie deskundige, dus 1 persoon per discipline, zonder inzet van extra hulpmiddelen;
3. Het opstellen van een rapportage waarin stap 1 en 2 zijn uitgewerkt en een advies wordt gegeven over de te nemen vervolgstappen;

Voor (1) is een nadere invulling voorgeschreven (Nvl)

Het doel van deze opdracht is inzichtelijk hebben welke zakengedaan moeten worden om over te gaan tot CE-markering in de toekomst. Het product m.b.t. de constructieve beschouwing dient te leiden tot een overzicht van minimaal benodigde berekeningen i.h.k.v. constructieve veiligheid van statische en beweegbare delen van de brug (t/m grensvlak fundering met ondergrond/maaiveld). Uit het overzicht moet blijken:

- a. Welke (statische en dynamische) berekeningen van de bovengenoemde bouwdelen (binnen de grenzen van de machine) beschikbaar moeten zijn;
- b. Volgens welke norm deze berekeningen moeten worden uitgevoerd;
- c. Welke criterium hierbij moet worden aangehouden m.b.t. het resultaat van de berekening.

Het feitelijk uitvoeren van de berekeningen behoort niet tot de scope van deze opdracht.

In de globale GAP analyse moet duidelijk worden gemaakt welke van de benodigde berekeningen reeds beschikbaar zijn in de map areaalgegevens.

Noot: verondersteld wordt dat er niet daadwerkelijk een GAP analyse uitgevoerd hoeft te worden, dit is een type onderzoek specifiek voor markteconomische vraagstukken vanuit bedrijven. Verondersteld wordt dat er een 'verschil' analyse van de gegevens tussen nodig en beschikbaar wordt bedoeld.

Uitgevoerde opname

Ter ondersteuning van deze analyse is een werkbezoek bij de brug geweest. Deze heeft plaatsgevonden op 6 november 2020, tegelijk met de opname voor de Machineveiligheid.

Uit de opname volgen ten aanzien van de constructieve veiligheid geen bijzonderheden. Wel is duidelijk geworden dat de brug problemen heeft met de aandrijving, en die mechanische tekortkomingen kunnen een effect hebben op de constructieve veiligheid.

Aangeleverde ontwerpgegevens

In het project is een digitaal archief aangeleverd, waar de ontwerpgegevens in zijn opgenomen. Verwezen wordt naar de email met levering. Of dit daadwerkelijk alle bestaande stukken zijn is niet bekend, er moet in het kader van deze opdracht van uitgegaan worden dat dit de 'beschikbare' documenten zijn. Waar deze beschikbaar zijn en dus wat de herkomst is, is niet duidelijk. Voor de ontwerpgegevens is er grofweg een opdeling gemaakt van 'betonbouw' (civiel) en 'staal' (werktuigbouw), waaronder ook het val is opgenomen. Van elektrische component zijn geen ontwerpgegevens aangeleverd. Grofweg bestaat de aangeleverde informatiemap uit de volgende sub mappen en inhoud:

Submap	Inhoud	Bruikbaar voor constructieve veiligheid
01 Bestek en aanleginfo	Bestek	Hoogstens ter info. Bruikbaar als andere gegevens ontbreken
	Financiële gegevens en diversen	Nee
02 Tekeningen	Map met tekeningen betonwerk	Ja
	Map met tekeningen bovenbouw	Ja
	Tekeninglijst	Ja
03 Berekeningen	Hoofdberekening, detailberekening I en II stalen val en hoofddraaipunten	Ja
	Beschoeiing/damwand	Ja
04 Documentatie	Handleidingen en overzichten	Nee
05 Paspoort en factsheet (leeg)	Geen inhoud	Nee
06 Inspectie en Onderzoek	Diverse onderzoeken over voornamelijk bediening en besturing	Nee
07 Certificaten (leeg)	Geen inhoud	Nee
09 Functioneel Beheer	Aantal losse bestanden over de PLC en aantal onleesbare bestanden	Nee
Los bestand 97: L-03-03 (dwg)	Bestand (dwg) met vorm brug in schematisch bovenaanzicht en zijaanzicht	Nee, niet gemaaktvoerd dus niet betrouwbaar

Submap	Inhoud	Bruikbaar voor constructieve veiligheid
Los bestand: RWS_DR_HLD- #19443-v1-IVD_07F-108- 01_Eelwerderbrug	Integraal Veiligheidsdossier	Ne

Tabel 1, Overzicht aangeleverde informatie

Globale beoordeling archief

Civiel

Van de civiele onderdelen zijn vorm- en wapeningstekeningen, er zijn gegevens van de funderingspalen inclusief dieptes. Echter, er ontbreken alle gegevens ten aanzien van voorspanning en detailtekeningen van prefab (voorgespannen) delen zoals:

- Hoofdliggers en randliggers, voorspanning, voorspankracht, koppelwapening met druklaag ontbreekt.
- Prefab dakplaten van kelder, voorspanning, voorspankracht, koppelwapening met druklaag ontbreekt.

Van de totale civiele constructie ontbreken de constructieberekeningen. Daarom is ook niet duidelijk met welke voorspanning in de prefab delen is gerekend. Verder is niet duidelijk wat de uitgangspunten zijn ten aanzien van tijdsafhankelijke effecten, zoals vermoeiing. Met name voor dunne druklagen zoals op de hoofdoverspanning kan vermoeiing maatgevend zijn.

Omdat de gegevens van voorspanning in prefab werk (en overigens ook afmetingen van liggers) ontbreken, kunnen er geen toetsingen van die delen uitgevoerd worden. Tevens ontbreekt ook de oorspronkelijke berekening en daarmee ook de belastinguitgangspunten. Daardoor is niet duidelijk wat de veiligheid was bij het ontwerp en hoe de huidige constructieve veiligheid is. Het uitvoeren van nader onderzoek heeft geen nut, want prefab liggers zijn niet te onderzoeken op aanwezige voorspanning en de aangebrachte voorspankracht. Er kan hoogstens een zeer lage ondergrens aangehouden worden, maar de ervaring leert dat een brug hiermee niet gaat voldoen.

Staal

Van de stalen constructies, daaronder ook de trappen, bordessen, rijijzers, leuning etc., zijn gegevens aanwezig. Deze lijken compleet. Van het stalen val en de opleggingen en hoofddraaipunten zijn gegevens op tekening. Tevens zijn er diverse berekeningsrapporten van de stalen constructies. Omdat deze met de hand geschreven zijn, is het lastig deze te lezen en te interpreteren. Daarnaast is het lastig te zien of het compleet is.

- Van het val zijn berekeningen, echter lijkt de modellering van de brug te versimpeld omdat lokale dynamische effecten door het excentrisch openen en sluiten niet in rekening lijken te zijn gebracht.
- Vermoeiing door verkeersbelasting lijkt niet getoetst te zijn.

Vershil-analyse beschikbare informatie

In onderstaande tabel is uitgebreider aangegeven welke specifieke constructieberekeningen en -tekeningen voor verschillende onderdelen en onderwerpen er zouden moeten zijn om een beoordeling van de constructieve veiligheid uit te kunnen voeren. Tevens is aangegeven of deze ontbreken, en wat indien van toepassing, het criterium van berekeningen moet zijn. De beschikbaarheid van de informatie is met een kleur gearceerd (groen = positief, beschikbaar, rood = onvolledig), en van de onderdelen is aangegeven of deze binnen de grenzen van de machine vallen. Het is ondoenlijk om iedere regel van de aangeleverde informatie te beoordelen. Daarom is de beoordeling aanwezig/volledig gegeven in die situatie dat die gegevens aanwezig zijn die voldoende input zouden moeten leveren bij nodige uit te voeren toetsingen.

Onderdeel	Disc.	Binnen machine grens	Beschikbaarheid		Toelichting	Toetscriterium
			Tekening	Berekening		
Overzicht		Nvt	Aanwezig/volledig	nvt	Overzichtstekeningen beschikbaar voor inrichting weg/rijstroken	
Fundering	Geo-techniek	Ja (kelder)	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Onvoldoende gegevens van de paalfundering voor toetsing Sonderingen wel aangegeven op tekening As built gegevens fundering/ paalafwijkingen niet beschikbaar	Fundering moet in staat zijn om belastingen af te dragen
Stootplaten	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Onvoldoende gegevens van de stootplaten voor toetsing, stootplaten zijn echter uitwisselbaar, minder risico	Stootplaten moeten voldoende sterkte hebben en mogen niet zakken
Rijdek hoofdoverspanning	Civil	Nee	Onvoldoende	Ontbreekt	Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Rijdek moet voldoende constructieve sterkte en weerstand tegen vermoeiing hebben

Onderdeel	Disc.	Binnen machine grens	Beschikbaarheid		Toelichting	Toetscriterium
			Ontbreekt	Ontbreekt	Gegevens liggers ontbreken op rijdektekening	
Voorgespannen liggers hoofdo overspanning	Civiel	Nee			Tekeningen en detailberekeningen van prefab liggers ontbreken, daardoor is toetsing niet mogelijk. Voor de benodigde resultaten bestaan geen onderzoeken	Voorgespannen liggers moeten voldoende sterkte en weerstand tegen vermoeiing hebben
Rijdek kelder	Civiel	Ja			Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend. Gegevens liggers ontbreken op rijdektekening	Rijdek moet voldoende constructieve sterkte en weerstand tegen vermoeiing hebben
Voorgespannen platen rijdek kelder	Civiel	Ja			Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend. Gegevens liggers ontbreken op rijdektekening	Platen moeten voldoende sterkte en weerstand tegen vermoeiing hebben
Rijdek onderdoorgang	Civiel	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Rijdek moet voldoende sterkte hebben
Wanden onderdoorgang	Civiel	Nee	Aanwezig/volledig		Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Wanden moeten voldoende sterkte hebben
Vloer onderdoorgang	Civiel	Nee	Aanwezig/volledig		Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Vloer moet voldoende sterkte hebben

Onderdeel	Disc.	Binnen machine grens	Beschikbaarheid		Toelichting	Toetscriterium
Betonconstructie kelder	Civil	Ja	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Kelder moet voldoende sterkte hebben
Betonconstructie hoogspanningsruimte	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Constructieberekening ontbreekt, daardoor zijn de belastinguitgangspunten niet bekend.	Constructie moet voldoende sterkte hebben
Waterkering onder tunnel	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Onvolledig	Damwandgegevens ontbreken, er is een slecht leesbare ankerberekening beschikbaar	Constructie moet voldoende verticale draagkracht hebben, en voldoende grond kunnen keren
Algehele stabiliteitsbeschouwing	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Constructiegegevens ontbreken, toetsing geotechnische stabiliteit ontbreekt	Fundering moet voldoende vormvast zijn
Zettingen en voorbelasting	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Constructiegegevens ontbreken, toetsing geotechnische stabiliteit ontbreekt	Fundering moet voldoende vormvast zijn
Aanvaarvoorzieningen en remmingwerken	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Berekeningen van aanvaarvoorzieningen ontbreken, scheepsbelasting op brug is niet bekend	Aanvaarvoorzieningen moeten voldoende weerstand tegen scheepsbelastingen hebben waardoor scheepsbelastingen niet of acceptabel afdragen op de brug
Weerstand constructie tegen bijzondere belastingen (aardbeving, brand)	Civil	Nee	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Toetsing tegen bijzondere belastingen ontbreekt, met name belangrijk voor aardbevingen, omdat de brug volgens rekennormen in aardbevingsgevoelig gebied ligt	De brug moet voldoende weerstand hebben tegen bijzondere belastingen, met name tegen aardbevingen.

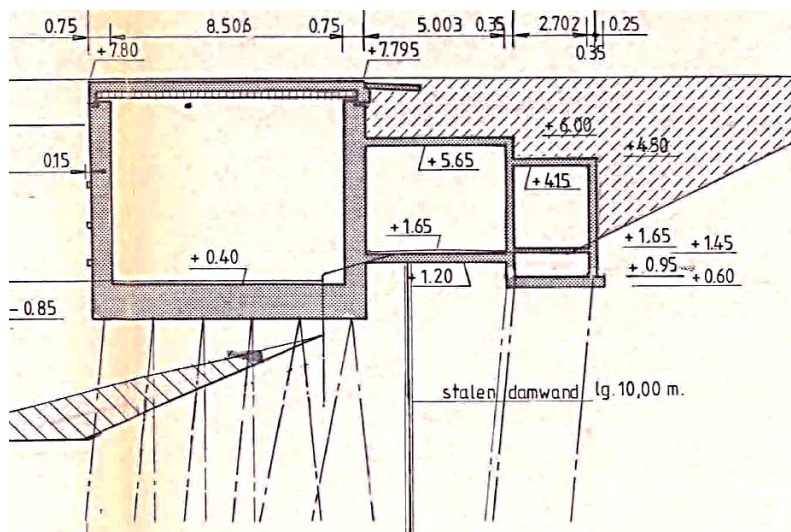
Onderdeel	Disc.	Binnen machine grens	Beschikbaarheid		Toelichting	Toetscriterium
Ankers stalen kolommen keldervloer	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De ankers moeten de belastingen over kunnen brengen op de ondergrond
Vastzetinrichting	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De vastzetinrichting moet voldoende sterk zijn
Buffer	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De buffer moet voldoende sterkte hebben
Trappen en leuning kelder	Staal / WTB	Ja	Ontbreekt	Ontbreekt	In de kelder zijn enkele bordessen aangepast, hiervan zijn geen constructiegegevens	De trappen en leuning in de kelder moeten constructief veilig zijn
Leuning op rijdek	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		
Stalen val	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Onvolledig	Toetsing van vermoeiing van het rijdek ontbreekt Dynamische effecten door het excentrisch openen lijken te ontbreken	Het val moet voldoende weerstand tegen vermoeiing hebben Het val moet voldoende sterkte hebben voor de dynamische effecten door excentrische aandrijfwerk.
Ballast en hoofdliggers	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Onvolledig	Dynamische effecten door het excentrisch openen lijken te ontbreken	De hoofdliggers en ballast moeten voldoende sterkte hebben voor de dynamische effecten door excentrische aandrijfwerk.
Overzicht oplegdrukken en reactie krachten/krachten veelhoek	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Ontbreekt	Overzichten van de oplegdrukken ontbreekt, een krachtenveelheid waaruit retardatie etc. blijkt, ontbreekt	Het overzicht is input voor afstellingen van het bewegingswerk

Onderdeel	Disc.	Binnen machine grens	Beschikbaarheid		Toelichting	Toetscriterium
Opleggingen oplegpijler	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De opleggingen moeten voldoende sterkte hebben
Bordessen oplegpijler	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De bordessen moeten voldoende sterkte en vormvast zijn
hoofddraaipunten	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De hoofddraaipunten moeten voldoende sterkte hebben
Flensplaten vijzel op liggers	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De flensplaten moeten voldoende constructieve sterkte hebben, en weerstand tegen vermoeiing door excentrische aandrijfwerk hebben
Verbinding vijzel op vloer	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De vijzels moeten de horizontaalkrachten en verticaalkrachten voldoende op de betonvloer kunnen afdragen
Vijzels	Staal / WTB	Ja	Aanwezig/volledig	Aanwezig/volledig		De vijzels moeten voldoende sterkte hebben, met name rekening houdend met knik.

Overige risico's ten aanzien van constructieve veiligheid

Onderstaande opmerkingen komen voort uit het werkbezoek en uit het doornemen van de constructieve stukken in het archief. Deze opmerkingen leiden voor de korte en lange termijn tot risico's voor de constructieve veiligheid.

- De toegepaste stootplaten zijn maar 2 meter lang. Zelfs voor een provinciaal kunstwerk is dit te weinig geweest in het ontwerp. Daarnaast is onvoldoende rekening gehouden met de slappe ondergronden. Bij de opname en uit eerdere meldingen is duidelijk sprake van verzakking van de aardebaan van de N33. De oorzaak is slappe ondergrond die is gaan zakken door het aanbrengen van het extra gewicht van de aardebaan. Daardoor is een onvoldoende geleidelijke overgang van aardebaan naar het kunstwerken. Ter vergelijking: bij vergelijkbare objecten van Rijkswaterstaat wordt zelfs een stootplaatlengte van 5,0 meter vereist (bron: NBD00750 Richtlijn overgangsconstructies (Stootplaten) [2006]). Gezien de grondgesteldheid en de verkeersbelasting was deze lengte zeker geadviseerd moeten zijn.
- Uit ontwerpgegevens blijkt dat de tunnel achter de kelder geen onderdeel is van de overspanning, maar dat deze eigenlijk als een doos tegen de onderzijde van de kelder is gebouwd. Hetzelfde geldt voor de hoogspanningsruimte. De overgangsconstructie aan deze zijde van de brug zit niet in het talud, bij de hoogspanningsruimte, maar boven de tunnel aan de achterzijde van de kelder. Dat is een afwijkende constructie als wat men zou verwachten. Het dak van de tunnel en de hoogspanningsruimte ligt lager, er ligt een groot grondpakket op het dak. Daarnaast is de fundering van het tunneldeel en de hoogspanningsruimte relatief erg slap vergeleken met de kelder. Het is zéér denkbaar dat er door deze stijfheidsverschillen, uiteindelijk zettingen kunnen ontstaan in de tunnel en de hoogspanningsruimte. Zie ook figuur 1.



Figuur 1 Doorsnede kelder, tunnel en hoogspanningsruimte

- Omdat de ontwerpberekeningen ontbreken, is niet duidelijk of er rekening is gehouden met verende ondersteuning (paalveren). Vanwege de slappe ondergrond is dat zeer aan te bevelen om herverdeling in de constructie door verende (zakkende) palen in rekening te brengen. Uit andere zaken is af te leiden dat de slappe grond onderschat is. Het is daarom denkbaar dat er geen rekening mee is gehouden. Dit kan
- De bevestiging van de stalen kolommen waar de hoofddraaipunten op bevestigd zijn, zijn met een grote voetplaat met veel ankers verbonden op de kelder. Bij geopende toestand, en mogelijk door excentriciteit bij gesloten toestand, geeft deze een relatief groot moment over in de betonnen vloer. Op wapeningstekeningen zijn niet extra wapeningstaven aangegeven. Mogelijk dat deze niet nodig zijn, maar dat kan niet aangetoond worden. Daarnaast lijkt het moment met een te gunstig belastinguitgangspunt te zijn bepaald. De verbinding van de stalen kolom op de keldervloer lijkt met de verkeerd gekozen maatgevende situatie bepaald te zijn. Gekozen is voor een situatie dat de brug in de vastzetinrichting staat. De horizontale reactie van wind op de hoofddraaipunten is in rekening gebracht. Echter bij een geopende toestand zonder vastzetinrichting, is de horizontaalkracht op het draaipunt beduidend groter en daarmee ook het werkelijke moment op de voetplaat/fundering.

- Uit de hoofdberekeningen van het val is niet op te maken of het val is berekend bij het openen met vijzels op één hoofdligger. Het is niet te herleiden uit de modellering en resultaten van het gebruikte rekenprogramma. Sowieso is het dynamische karakter van de berekening niet te herleiden. Het lijkt erop dat het dek in gesloten toestand is berekend. Lokale dwarseffecten in het dek, piekspanningen rondom de cilinders en wringing in het dek door de excentrische opening, lijken niet in rekening te zijn gebracht.
- De huidige gegevens zijn allen bestek gegevens, er zijn géén asbuilt gegevens beschikbaar. Omdat as-built gegevens ontbreken, moet ervan uit worden gegaan dat de brug exact is gebouwd zoals aangegeven op de ontwerptekeningen.
- Het val is getoetst op wisselbelastingen bij het openen en sluiten, maar is niet getoetst op vermoeiing door verkeersbelasting. Gezien het type rijdek, een plaat met troggen, in combinatie met een relatief dunne rijplaat, is het zeer voor de hand liggend dat hier de bekende vermoeiingsproblemen in het rijdek ontstaan. Daardoor scheuren de lassen van de troggen op de rijplaat, of zelfs kan de rijplaat zelf inscheuren. Als het dek onvoldoende weerstand tegen vermoeiing heeft, zal deze na verloop van tijd om veel herstel vragen door gescheurde lassen. Het rijdek heeft dan ook onvoldoende levensduur en zal tussentijds vervangen moeten worden. Versterken is vaak alleen mogelijk met een dikkere rijplaat en dat gaat gepaard met extra gewicht op het bewegingswerk.

Normen

Voor het toetsen van de brug aan constructieve veiligheid van de statische constructie staat voorop het Bouwbesluit, met daaruit voortkomend de verschillende Eurocodes met de Nederlandse Nationale Bijlages. Aangezien het bestaande bouw betreft, zijn er aanvullende normen voor de beoordeling, namelijk de NEN 8700 serie bestaande uit NEN 8700, NEN 8701, NEN 8707. Aangezien het een object van Rijkswaterstaat betreft zijn aanvullend van toepassing RBK, en daarmee samenhangend ROK.

Advies

Om voldoende beschikking te hebben over constructieve gegevens voor toetsing van de brug, wordt het volgende geadviseerd:

- Achterhalen aanvullende gegevens rijdek: geadviseerd wordt om aanvullende gegevens van de prefab delen van het rijdek te achterhalen. Dat zijn de prefab liggers in de hoofdoverspanning, en de prefab platen in het kelderdek/rijdek. Met die gegevens is het mogelijk om een constructieve analyse dan wel herberekening te maken. De gegevens die achterhaald moeten worden, is informatie over de voorspanning dat wil zeggen strengen, aantal strengen en de spankracht, verder dwarskrachtwapening, betonsterktekwaliteit, en uitstekende wapening/beugels waarmee de verbinding met druklagen is gemaakt (ook wel koppelwapening genoemd).

Het achterhalen van de constructieberekeningen van de civiele delen is aan te randen, en wenselijk, maar de tekeningen geven voldoende informatie om eventueel een herberekening mee uit te voeren. Met die opmerking dat bovenstaande gegevens wél worden aangeleverd.

Bij het achterwege blijven van de gegevens van de voorspanning, kan wel een berekening van de brug uitgevoerd worden – echter kunnen de voorgespannen onderdelen niet getoetst worden. Overige delen wel.